



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ**  
**ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ**  
**ΤΜΗΜΑ ΧΗΜΕΙΑΣ**

**Γνωστικές και Συναισθηματικές προσεγγίσεις της διδασκαλίας μετακλασικών και  
σύγχρονων θεμάτων των φυσικών επιστημών στο Λύκειο**

**Σωτήριος Θ. Χαρτζάβαλος**

**ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ**

**2014**



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ**  
**ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ**  
**ΤΜΗΜΑ ΧΗΜΕΙΑΣ**

**Γνωστικές και Συναισθηματικές προσεγγίσεις της διδασκαλίας μετακλασικών και  
σύγχρονων θεμάτων των φυσικών επιστημών στο Λύκειο**

**Σωτήριος Θ. Χαρτζάβαλος**

**ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ**

**2014**



«Η έγκριση της διδακτορικής διατριβής από το Τμήμα Χημείας της Σχολής Θετικών Επι-  
στημών, του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων δεν υποδηλώνει αποδοχή των γνώμων του συγ-  
γραφέα Ν. 5343/32, άρθρο 202, παράγραφος 2»



Ημερομηνία αίτησης του κ. Σωτηρίου Χατζζάβαλου: 11 – 05 – 2006

Ορισμός Τριμελούς Συμβουλευτικής Επιτροπής από τη Γ.Σ.Ε.Σ.: 642<sup>Α</sup>/ 12 – 05 – 2006

Μέλη Τριμελούς Συμβουλευτικής Επιτροπής:

Επιβλέπων:

Γεώργιος Τσαπαρλής, καθηγητής

Μέλη:

Ματθαίος Καμαράτος, αναπληρωτής καθηγητής

Βασίλειος Μελισσάς, αναπληρωτής καθηγητής.

Ημερομηνία ορισμού θέματος: 642<sup>Α</sup>/ 12 – 05 – 2006

Θέμα: «Γνωστικές και Συναισθηματικές προσεγγίσεις της διδασκαλίας μετακλασικών και σύγχρονων θεμάτων των φυσικών επιστημών στο Λύκειο»

ΟΡΙΣΜΟΣ ΕΠΤΑΜΕΛΟΥΣ ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗΣ από τη Γ.Σ.Ε.Σ.:

876<sup>Α</sup>/07 – 02 – 2014

1. Γεώργιος Τσαπαρλής, Καθηγητής, Επιβλέπων Καθηγητής
2. Ματθαίος Καμαράτος, αναπληρωτής καθηγητής
3. Βασίλειος Μελισσάς, αναπληρωτής καθηγητής
4. Κωνσταντίνος Κώτσης, καθηγητής
5. Αθανάσιος Βλεσσίδης, αναπληρωτής καθηγητής
6. Αικατερίνη Πλακίτση, αναπληρώτρια καθηγήτρια
7. Δημήτριος Σταμοβλάσης, λέκτορας

Έγκριση Διδακτορικής Διατριβής με βαθμό «Άριστα» στις 08 – 04 – 2014

Ο Πρόεδρος του Τμήματος Χημείας  
Τσίκαρης Βασίλειος, Καθηγητής

Η Γραμματέας του Τμήματος  
Ελένη Αδαμαντίου



## ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Τον Μάρτιο του 2003, δεκαεννέα ακριβώς χρόνια μετά την αποφοίτησή μου από το Τμήμα Φυσικής του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων, η συμμετοχή μου στο Μεταπτυχιακό Πρόγραμμά του με τίτλο «*Νέες Τεχνολογίες και Έρευνα στη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών*», μου έδωσε τη δυνατότητα να ασχοληθώ πιο συστηματικά και μεθοδικά με το αντικείμενο της διδακτικής των Φυσικών Επιστημών.

Αποτέλεσε μια σημαντική εμπειρία, όχι βέβαια γιατί ειδικά στο πρώτο εξάμηνο σπουδών έπρεπε να μετακινούμαι σε καθημερινή βάση από την Κέρκυρα, αφού δεν ήταν δυνατόν τη συγκεκριμένη χρονική περίοδο να μου δοθεί εκπαιδευτική άδεια, αλλά γιατί βρέθηκα στη θέση του *εκπαιδευόμενου εκπαιδευτικού*. Ήδη, είχα σχεδόν δεκαπέντε χρόνια διδακτική εμπειρία σε γυμνάσια και λύκεια και θεωρώ ως ιδανική αυτή τη χρονική συγκυρία.

Το θέμα της μεταπτυχιακής μου διατριβής ήταν «*Μια διδακτική πρόταση για τη διδασκαλία της Κβαντομηχανικής στο Λύκειο*», με επιβλέποντα τον αείμνηστο Περικλή Τσέκερη, αναπληρωτή καθηγητή του Τμήματος Φυσικής του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων, αντιπροσώπευε το γενικότερο ενδιαφέρον μου για τη διδακτική σύγχρονων και μετακλασικών θεμάτων φυσικής στο λύκειο.

Αυτά τα δεδομένα με οδήγησαν στον καθηγητή κύριο Γεώργιο Τσαπαρλή, τον οποίο είχα πρωτογνωρίσει το 1978 ως πρωτοετής φοιτητής κατά τη διάρκεια των εργαστηρίων Χημείας, τμήμα υποχρεωτικού μαθήματος του τότε προγράμματος σπουδών, και τον οποίο είχα τη χαρά να συναντώ κατά τα επόμενα χρόνια, σε διάφορα συνέδρια και σεμινάρια θεμάτων Διδακτικής Φυσικών επιστημών. Με την πλούσια εμπειρία του και έχοντας ιδιαίτερη συμβολή στο αντικείμενο της Διδακτικής, ο κύριος Τσαπαρλής ως επιβλέπων της διδακτορικής αυτής διατριβής, όλα αυτά τα χρόνια μου έδωσε την καθοδήγηση, τη βοήθεια και τις απαραίτητες συμβουλές για την ολοκλήρωσή της. Οι λέξεις είναι πραγματικά πολύ φτωχές για να εκφράσω τις πολλές ευχαριστίες μου προς το πρόσωπό του.

Θα ήθελα επίσης να ευχαριστήσω θερμά τα μέλη της τριμελούς συμβουλευτικής επιτροπής αναπληρωτή καθηγητή κ. Ματθαίο Καμαράτο και αναπληρωτή καθηγητή κ. Βασίλειο Μελισσά, για τις ιδιαίτερα χρήσιμες παρατηρήσεις και σχόλιά τους για την ολοκλήρωση της διατριβής.

Ιδιαίτερη αναφορά με τις αντίστοιχες θερμές ευχαριστίες πρέπει να κάνω στο αρχικό μέλος της συμβουλευτικής επιτροπής, καθηγητή κ. Ιωάννη Δημητρόπουλο.

Ευχαριστώ επίσης:



Τον καθηγητή του Παιδαγωγικού Τμήματος Δημοτικής Εκπαίδευσης κ. Αναστάσιο Μικρόπουλο για όλες τις συμβουλές που μου πρόσφερε στα πλαίσια της μακρόχρονης φιλίας μας που έχει τις ρίζες της στα φοιτητικά μας χρόνια.

Τον τέως Σχολικό Σύμβουλο Δρα Δημήτριο Τσαούση που, όλα αυτά τα χρόνια των μεταπτυχιακών σπουδών, μου συμπαραστάθηκε τα μέγιστα στις προσπάθειές μου μέσω εποικοδομητικών συζητήσεων και χρήσιμων παρατηρήσεων.

Να ευχαριστήσω ακόμη

Όλους τους ανώνυμους φοιτητές και φοιτήτριες που έλαβαν μέρος στις έρευνες.

Τους συναδέλφους και φίλους μου στην Κέρκυρα και στα Ιωάννινα, που βοήθησαν με κάθε τρόπο για την ολοκλήρωση αυτής της διατριβής .

Τους μαθητές μου, πρώην και νυν, του Λυκείου Καστελλάνων, για την πολύτιμη συμπαράστασή τους όλα αυτά τα χρόνια και το κουράγιο που μου έδωσαν.

Τέλος, όχι όμως και ως τελευταίο, να ευχαριστήσω τη σύζυγό μου, τους γονείς μου και τον αδελφό μου για όλη τη συμπαράστασή τους και την υπομονή που έκαναν όλο αυτό το διάστημα.

Κέρκυρα, Απρίλης 2014

Σωτήρης Θ. Χατζάβαλος

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

|                                                                                                                                      |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>ΕΙΣΑΓΩΓΗ</b>                                                                                                                      | 1  |
| <b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ</b>                                                                                                   | 5  |
| <b>1.1 ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟΣ ΑΛΦΑΒΗΤΙΣΜΟΣ</b>                                                                                                |    |
| Εισαγωγή                                                                                                                             | 5  |
| Πότε χαρακτηρίζεται κανείς ως Επιστημονικά εναλφάβητος;                                                                              | 6  |
| Αξιολόγηση του Επιστημονικού Αλφαριθμητισμού                                                                                         | 10 |
| Επίπεδα του Επιστημονικού Αλφαριθμητισμού                                                                                            | 12 |
| <b>1.2 Ο ΓΝΩΣΤΙΚΟΣ ΚΑΙ Ο ΣΥΝΑΙΣΘΗΜΑΤΙΚΟΣ ΤΟΜΕΑΣ ΣΤΗ ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ ΤΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ</b>                                              |    |
| Εισαγωγή                                                                                                                             | 17 |
| Ο γνωστικός τομέας κατά Bloom                                                                                                        | 17 |
| Η αναθεωρημένη ταξινόμια του Bloom (το μοντέλο Anderson, 2001)                                                                       | 21 |
| Ο συναισθηματικός τομέας                                                                                                             | 28 |
| Στοχοταξινόμια του Gagné                                                                                                             | 31 |
| Η ταξινόμια του Klopfer                                                                                                              | 33 |
| <b>1.3 ΟΙ ΑΤΥΠΕΣ ΠΗΓΕΣ ΜΑΘΗΣΗΣ</b>                                                                                                   |    |
| Τυπική και άτυπη εκπαίδευση                                                                                                          | 35 |
| Η σημασία των άτυπων μορφών εκπαίδευσης                                                                                              | 35 |
| Χρήση άρθρων του τύπου για κατάρτιση ερωτηματολογίου                                                                                 | 37 |
| <b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. ΧΗΜΙΚΟΣ ΑΛΦΑΒΗΤΙΣΜΟΣ (Εφαρμογή της προσέγγισης Hofstein, Shwartz και Ben-Zvi για Νανοτεχνολογία – Πράσινη Χημεία)</b> |    |
| <b>2.1 ΘΕΩΡΗΤΙΚΑ ΠΛΑΙΣΙΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ ΤΩΝ HOFSTEIN, SHWARTZ ΚΑΙ BEN-ZVI</b>                                                    | 39 |
| Χημικός αλφαριθμητισμός                                                                                                              | 39 |
| Πολυδιάστατος επιστημονικός αλφαριθμητισμός                                                                                          | 41 |
| Κριτική ανάγνωση ενός μικρού άγνωστου κειμένου                                                                                       | 41 |
| Η εφαρμογή της προσέγγισης των Hofstein, Shwartz και Ben-Zvi σε Έλληνες πρωτοετείς φοιτητές                                          | 42 |
| <b>2.2 ΠΡΑΣΙΝΗ ΧΗΜΕΙΑ</b>                                                                                                            | 44 |
| 1. Οι κεντρικές ιδέες που συζητούνται στο άρθρο                                                                                      | 46 |
| 2. Φτιάξτε ένα κατάλογο λέξεων – κλειδιών στο άρθρο                                                                                  | 48 |

|                                                                                                                                                          |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 3. Απαριθμήστε τις έννοιες των οποίων η σημασία δεν είναι σαφής σε σας                                                                                   | 49 |
| 4. «Δεν υπάρχει κανένα αγαθό χωρίς κακό»; Τι είναι «καλό»; Τι είναι «κακό»;                                                                              | 51 |
| 5. Οξείδωση υδρογονανθράκων                                                                                                                              | 53 |
| Παρατήρηση στη δραστηριότητα 5 - Η οξείδωση στις <u>πειραματικές</u> δραστηριότητες στο Λύκειο                                                           | 58 |
| 6. Γιατί οι υδρογονάνθρακες δεν αντιδρούν συνήθως με το οξυγόνο στη θερμοκρασία δωματίου                                                                 | 58 |
| 7. Τι είναι καταλύτης; Ποιος είναι ο ρόλος των καταλυτών στο παράδειγμα που δίνεται στο κείμενο;                                                         | 61 |
| Η κατάλυση στα σχολικά συγγράμματα του Λυκείου                                                                                                           | 61 |
| Αποτελέσματα και Σχολιασμός - 1 <sup>η</sup> Ερώτηση: «Τι είναι καταλύτης»                                                                               | 63 |
| 2 <sup>η</sup> Ερώτηση: «Ποιος είναι ο ρόλος του καταλύτη στο κείμενο;»                                                                                  | 67 |
| 8. Γιατί είναι τα πλάσματα που ζουν στη γη τυχερά;                                                                                                       | 68 |
| 9. Γιατί νομίζεις ότι αποτελεί περιβαλλοντικό κίνδυνο η παραγωγή του NaCl ως παραπροϊόντος στην παραπάνω διαδικασία;                                     | 71 |
| 10. Γράψε μέχρι τρεις (3) απορίες που σου δημιουργήθηκαν μετά από το διάβασμα του άρθρου αυτού                                                           | 74 |
| <b>2.3 ΑΝΘΡΩΠΟΤΗΤΑ ΚΑΙ ΥΛΙΚΑ ΜΕΣΩ ΤΗΣ ΙΣΤΟΡΙΑΣ – NANOTEΧΝΟΛΟΓΙΑ</b>                                                                                      | 77 |
| 1. Σημειώστε τις κεντρικές ιδέες που συζητούνται στο άρθρο                                                                                               | 79 |
| 2. Φτιάξτε ένα κατάλογο λέξεων – κλειδιών στο άρθρο                                                                                                      | 81 |
| 3. Απαριθμήστε τις έννοιες των οποίων η σημασία δεν είναι σαφής σε σας                                                                                   | 82 |
| 4. «..η ανθρώπινη ιστορία σαν μια σκάλα που ανέρχεται από το παρελθόν στο μέλλον..» Δώστε ένα παράδειγμα διαφόρων τέτοιων βημάτων στην ανθρώπινη ιστορία | 83 |
| 5. Από ποιο υλικό είναι φτιαγμένο το σκαλοπάτι που περιγράφει την εποχή μας; Εξηγήστε την επιλογή σας και δώστε παραδείγματα                             | 87 |
| 6. Α. Ποια είναι η πηγή του ορυκτού που χρησιμοποιήθηκε ως πρώτη ύλη;                                                                                    | 90 |
| 6. Β. Τι συνέβη στο ορυκτό κατά τη διάρκεια της θερμικής κατεργασίας                                                                                     | 91 |
| 6. Γ. «Σε τι είναι διαφορετικό το μέταλλο από το ορυκτό που χρησίμευσε ως πρώτη ύλη; Εξηγήστε, από άποψη της δομής και από άποψη των ιδιοτήτων»          | 93 |
| 6. Δ. Κατά τη γνώμη σου, τι εννοεί ο συγγραφέας λέγοντας «το μέταλλο ... προσπάθησε με όλη του τη δύναμη να ξαναγίνει ορυκτό»                            | 96 |

7. ...γιατί η επιστήμη που περιγράφεται στην τελευταία παράγραφο καλείται νανοτεχνολογία 98

8. Ποια είναι η ουσιαστική διαφορά μεταξύ της μεταβολής των υλικών στους αρχαίους καιρούς και της μεταβολής των υλικών με τη νανοτεχνολογία; 100

9. Γράψε μέχρι τρεις (3) απορίες που σου δημιουργήθηκαν μετά από το διάβασμα του άρθρου αυτού 103

**Συμπεράσματα και προτάσεις 105**

**ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3. ΣΥΓΧΡΟΝΑ ΘΕΜΑΤΑ ΦΥΣΙΚΗΣ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΣΧΕΤΙΚΑ ΜΕ ΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ, ΤΗΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΤΗΝ ΚΟΙΝΩΝΙΑ: Η περίπτωση της Πυρηνικής Επιστήμης**

**3.1. Η ΤΑΥΤΟΤΗΤΑ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ 107**

Γιατί έρευνα σε θέματα πυρηνικής φυσικής; 107

Η έρευνα για τα θέματα του ερωτηματολογίου 108

Η επιλογή των άρθρων 109

Παράδειγμα 1 110

Παράδειγμα 2 112

Η τελική επιλογή 115

Το υποκείμενο της έρευνας 116

Η πραγματοποίηση της έρευνας 117

Η μέθοδος αξιολόγησης των απαντήσεων 119

Η επεξεργασία των απαντήσεων 120

Ομαδοποίηση μερικών ερωτήσεων 120

**3.2 ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ Α:**

**ΑΠΕΜΠΛΟΥΤΙΣΜΕΝΟ ΟΥΡΑΝΙΟ – ΤΟ ΠΥΡΗΝΙΚΟ ΑΠΟΒΛΗΤΟ ΠΟΥ ΦΕΡΝΕΙ ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΗ 122**

**Αναλυτική παρουσίαση των αποτελεσμάτων**

**3.2.1 ΟΙ ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ ΤΩΝ ΦΟΙΤΗΤΩΝ ΑΝΑ ΕΡΩΤΗΣΗ – ΣΧΟΛΙΑ**

«Χαρακτηριστικοί αριθμοί του ατόμου – συμβολισμός» (ερ.1Α και 1Β) 126

«Πυρηνικός αντιδραστήρας» (ερ.2Α, 2Β και 2Γ) 130

«Πυρηνικές αντιδράσεις» (ερ.2Δ και 2Ε) 140

«Ημιζωή» (ερ.3 και 4Β) 145

«Ραδιενεργό υλικό – Ραδιενέργεια» (ερ.4Α) 151

«Πυρηνικά απόβλητα» (ερ.5) 153

|                                                            |     |
|------------------------------------------------------------|-----|
| «Το ουράνιο στην τροφική αλυσίδα» (ερ.6)                   | 156 |
| «Φυσική ραδιενέργεια» (ερ.7)                               | 159 |
| «Είδη ακτινοβολιών» (ερ.8Α, 8Β, 8Γ, 8Δ)                    | 162 |
| Συνολική αξιολόγηση της δραστηριότητας «Είδη ακτινοβολιών» | 169 |
| «Συνέπειες της ραδιενέργειας» (ερ.9)                       | 170 |
| «Πυρηνική φυσική και ιατρική» (ερ.10)                      | 174 |
| «Το όριο της ακτινοβολίας» (ερ.11)                         | 178 |
| «Λέξεις – κλειδιά»                                         | 181 |
| «Ασαφείς έννοιες»                                          | 184 |

### **3.3 ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ Β: ITER – Ο ΑΝΤΙΔΡΑΣΤΗΡΑΣ ΠΟΥ ΘΑ ΑΛΛΑΞΕΙ ΤΟΝ ΚΟΣΜΟ**

186

#### **3.3.1 ΟΙ ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ ΤΩΝ ΦΟΙΤΗΤΩΝ ΑΝΑ ΕΡΩΤΗΣΗ – ΣΧΟΛΙΑ**

|                                                                                                                               |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| «Θερμοπυρηνικός αντιδραστήρας» (ερ.1)                                                                                         | 191 |
| «Αντίδραση σύντηξης» (ερ.2)                                                                                                   | 194 |
| «Εξήγηση της μεγάλης ποσότητας ενέργειας» (ερ.3)                                                                              | 196 |
| Η συνολική κριτική των ερωτήσεων 2Γ του ερωτηματολογίου του ‘απεμπλουτισμένου ουρανίου’ και της 3 του ερωτηματολογίου ‘ITER’  | 198 |
| «Πυρηνική σύντηξη και Ήλιος» (ερ.4)                                                                                           | 199 |
| «Μη ειρηνική χρήση της πυρηνικής ενέργειας» (ερ.5)                                                                            | 201 |
| «Η σχάση του ουρανίου» (ερ.6Α)                                                                                                | 204 |
| Η συνολική κριτική των ερωτήσεων 2Δ του ερωτηματολογίου του ‘απεμπλουτισμένου ουρανίου’ και της 6Α του ερωτηματολογίου ‘ITER’ | 207 |
| «Εμπλουτισμένο – απεμπλουτισμένο ουράνιο» (ερ.6Β)                                                                             | 209 |
| «Έννοια μαγνητικού πεδίου» (ερ.7)                                                                                             | 212 |
| «Πλάσμα» (ερ.8Α, 8Β)                                                                                                          | 215 |
| «Ιδιότητα πλάσματος» (ερ.9)                                                                                                   | 220 |
| «Πυρηνικός αντιδραστήρας και ατομική βόμβα»                                                                                   |     |
| «Εκρηξη» (ερ.10Α)                                                                                                             | 222 |
| «Ραδιενεργά κατάλοιπα» (ερ.10Β)                                                                                               | 225 |
| «Πλεονεκτήματα χρήσης της πυρηνικής ενέργειας (υποστηρικτές)» (ερ.10Γ)                                                        | 227 |
| «Ηλεκτρόλυση» (ερ.11)                                                                                                         | 230 |
| «Λέξεις – κλειδιά»                                                                                                            | 233 |
| «Ασαφείς έννοιες»                                                                                                             | 235 |

|                                                                                                                                                                  |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>3.4. ΚΑΤΗΓΟΡΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΩΝ ΕΡΩΤΗΣΕΩΝ</b>                                                                                                                        | 238 |
| <b>3.5. ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΕΣ ΙΔΕΕΣ – ΠΑΡΑΝΟΗΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΙΣ ΕΝΝΟΙΕΣ ΤΗΣ ΠΥΡΗΝΙΚΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ</b>                                                                               |     |
| 3.5.1 Εισαγωγή – Οι παρανοήσεις στις φυσικές επιστήμες                                                                                                           | 245 |
| 3.5.2 Έρευνες για παρανοήσεις σε θέματα πυρηνικής φυσικής                                                                                                        | 247 |
| 3.5.3 Οι κυριότερες παρανοήσεις σχετικές με θέματα της καθημερινής ζωής που καταγράφηκαν κατά την έρευνα των θεμάτων πυρηνικής φυσικής από τους Έλληνες φοιτητές | 253 |
| A. Οι ακτίνες X και η ιατρική                                                                                                                                    | 253 |
| B. Η έκρηξη της ατομικής βόμβας και του πυρηνικού αντιδραστήρα                                                                                                   | 254 |
| Γ. Τα όρια της ακτινοβολίας και η «ανοσία» των πυρηνικών εργατών                                                                                                 | 255 |
| Δ. Τι είναι το απεμπλουτισμένο ουράνιο                                                                                                                           | 256 |
| E. Ποια είναι η σημασία του όρου «ραδιενεργά κατάλοιπα»                                                                                                          | 256 |
| Στ. Το Τσέρνομπιλ και η μη ειρηνική χρήση της πυρηνικής ενέργειας                                                                                                | 257 |
| Z. Η φυσική ραδιενέργεια και η προέλευσή της                                                                                                                     | 258 |
| 3.5.4 Συμπεράσματα και Προτάσεις                                                                                                                                 | 258 |
| <b>3.6 ΠΟΣΟΤΙΚΗ ΔΙΑΣΤΑΣΗ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ – ΜΙΑ ΠΕΡΙΓΡΑΦΙΚΗ και ΕΠΕΞΗΓΗΜΑΤΙΚΗ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΤΩΝ ΣΥΝΟΛΙΚΩΝ ΕΠΙΔΟΣΕΩΝ</b>                                                  |     |
| 3.6.1 Εισαγωγή                                                                                                                                                   | 261 |
| 3.6.2. Συγκεντρωτική παρουσίαση – Επεξεργασία των αποτελεσμάτων                                                                                                  |     |
| A. Ερωτηματολόγιο απεμπλουτισμένου ουρανίου                                                                                                                      | 262 |
| Σύγκριση συνολικών αποτελεσμάτων των κατευθύνσεων προέλευσης                                                                                                     | 268 |
| B. Ερωτηματολόγιο αντιδραστήρα ITER                                                                                                                              | 270 |
| Σύγκριση συνολικών αποτελεσμάτων των κατευθύνσεων προέλευσης                                                                                                     | 275 |
| <b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4. Η ΕΡΓΑΣΙΑ ΤΗΣ ΠΥΡΗΝΙΚΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΣΤΗΝ ΤΟΥΡΚΙΑ</b>                                                                                                  |     |
| <b>4.1 Εισαγωγή: Το πυρηνικό πρόγραμμα της Τουρκίας</b>                                                                                                          | 277 |
| <b>4.2 Η έρευνα για τα θέματα της πυρηνικής φυσικής στην Τουρκία</b>                                                                                             | 278 |
| 4.2.1 Ο σχεδιασμός της έρευνας                                                                                                                                   | 279 |
| 4.2.2 Παρατηρήσεις από το πρώτο δείγμα – Μερικές διαφορές στη βαθμολόγηση                                                                                        | 280 |
| 4.2.3 Παρατηρήσεις σε άλλες ερωτήσεις – απαντήσεις                                                                                                               | 287 |
| 4.2.4 Έλεγχος συμφωνίας βαθμολογητών                                                                                                                             | 291 |
| 4.2.5 Τα ευρήματα της σύγκρισης των δύο δειγμάτων (Ελλάδας και Τουρκίας)                                                                                         | 294 |

|                                                                                                                            |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 4.2.6 Η κατηγοριοποίηση των ερωτήσεων                                                                                      | 298 |
| 4.2.7 Συμπεράσματα                                                                                                         | 306 |
| 4.2.8 Συνέπειες για έρευνα και διδασκαλία                                                                                  | 309 |
| <b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5.</b>                                                                                                         |     |
| <b>ΔΙΔΑΚΤΙΚΕΣ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΜΕΣΩ ΤΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ PARSEL</b>                                                                   |     |
| <b>5.1 Το πρόγραμμα PARSEL</b>                                                                                             | 311 |
| Οι κύριοι στόχοι του προγράμματος PARSEL                                                                                   | 311 |
| Τι εννοείται με τον όρο συνάφεια (Relevance)                                                                               | 312 |
| <b>5.2 Οι διδακτικές προτάσεις πυρηνικής φυσικής με τη φιλοσοφία του προγράμματος PARSEL</b>                               | 313 |
| <b>5.2.1 ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ ΕΝΟΤΗΤΑ</b> «Εσύ, θα είχες ρίξει την ατομική βόμβα?»                                                    | 315 |
| <b>5.2.2 ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ ΕΝΟΤΗΤΑ</b> «Μπορεί η πυρηνική ενέργεια να αποτελεί αποδεκτή εναλλακτική λύση στο ενεργειακό πρόβλημα;» | 324 |
| <b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6. ΣΥΖΗΤΗΣΗ, ΓΝΩΣΤΙΚΗ ΣΥΓΚΡΟΥΣΗ ΚΑΙ ΕΝΝΟΙΟΛΟΓΙΚΗ ΑΛΛΑΓΗ ΣΤΟ ΜΑΘΗΜΑ ΤΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ</b>                   |     |
| <b>6.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ: Η ΕΝΝΟΙΟΛΟΓΙΚΗ ΑΛΛΑΓΗ</b>                                                                                 | 337 |
| 6.1.1 Το αναλυτικό πλαίσιο                                                                                                 | 339 |
| 6.1.2 Διδακτικοί στόχοι                                                                                                    | 340 |
| 6.1.3 Περιεχόμενο των αλληλεπιδράσεων στην τάξη                                                                            | 341 |
| 6.1.4 Επικοινωνιακή προσέγγιση                                                                                             | 342 |
| 6.1.5 Πρότυπα διαλόγου                                                                                                     | 343 |
| 6.1.6 Παρεμβάσεις του δασκάλου                                                                                             | 344 |
| <b>6.2 ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ - ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ ΤΩΝ MORTIMER ΚΑΙ SCOTT</b>                                          | 344 |
| Μια σύντομη περιγραφή του διδακτικού «επεισοδίου» των Mortimer και Scott                                                   | 345 |
| Ανάλυση του επεισοδίου σε όρους σύμφωνα με το πλαίσιο των Mortimer και Scott                                               | 346 |
| <b>6.3 ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ ΤΩΝ MORTIMER ΚΑΙ SCOTT ΣΤΗ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑ ΤΗΣ ΕΝΝΟΙΑΣ ΤΟΥ ΑΤΟΜΙΚΟΥ ΤΡΟΧΙΑΚΟΥ 1s</b>                | 347 |
| 6.3.1 ΑΤΟΜΙΚΗ ΣΥΝΕΝΤΕΥΞΗ 1                                                                                                 | 351 |
| Σχολιασμός της 1 <sup>ης</sup> ατομικής συνέντευξης                                                                        | 355 |
| 6.3.2 ΑΤΟΜΙΚΗ ΣΥΝΕΝΤΕΥΞΗ 2                                                                                                 | 357 |
| Σχολιασμός της 2 <sup>ης</sup> ατομικής συνέντευξης                                                                        | 358 |

|                                                                                                                                             |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 6.3.3 ΑΤΟΜΙΚΗ ΣΥΝΕΝΤΕΥΞΗ 3                                                                                                                  | 359 |
| Σχολιασμός της 3 <sup>ης</sup> ατομικής συνέντευξης                                                                                         | 363 |
| 6.3.4 ΑΤΟΜΙΚΗ ΣΥΝΕΝΤΕΥΞΗ 4                                                                                                                  | 365 |
| Σχολιασμός της 4 <sup>ης</sup> ατομικής συνέντευξης                                                                                         | 366 |
| 6.3.5 ΑΤΟΜΙΚΗ ΣΥΝΕΝΤΕΥΞΗ 5                                                                                                                  | 366 |
| Σχολιασμός της 5 <sup>ης</sup> ατομικής συνέντευξης                                                                                         | 370 |
| 6.3.6 ΟΜΑΔΙΚΗ ΣΥΝΕΝΤΕΥΞΗ 1                                                                                                                  | 373 |
| Σχολιασμός της 1 <sup>ης</sup> ομαδικής συνέντευξης                                                                                         | 383 |
| 6.3.7 ΟΜΑΔΙΚΗ ΣΥΝΕΝΤΕΥΞΗ 2                                                                                                                  | 387 |
| Σχολιασμός της 2 <sup>ης</sup> ομαδικής συνέντευξης                                                                                         | 392 |
| 6.3.8 ΟΜΑΔΙΚΗ ΣΥΝΕΝΤΕΥΞΗ 3                                                                                                                  | 395 |
| Σχολιασμός της 3 <sup>ης</sup> ομαδικής συνέντευξης                                                                                         | 400 |
| 6.3.9 ΟΜΑΔΙΚΗ ΣΥΝΕΝΤΕΥΞΗ 4                                                                                                                  | 403 |
| Σχολιασμός της 4 <sup>ης</sup> ομαδικής συνέντευξης                                                                                         | 408 |
| 6.3.10 ΟΜΑΔΙΚΗ ΣΥΝΕΝΤΕΥΞΗ 5                                                                                                                 | 412 |
| Σχολιασμός της 5 <sup>ης</sup> ομαδικής συνέντευξης                                                                                         | 420 |
| <b>6.4 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ</b>                                                                                                                     | 424 |
| ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι – Το γνωστικό «προφίλ» των φοιτητών με τις περισσότερες αποδεκτές απαντήσεις για τη δραστηριότητα του απεμπλουτισμένου ουρανίου | 427 |
| ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ – Το γνωστικό «προφίλ» των φοιτητών με τις περισσότερες αποδεκτές απαντήσεις για τη δραστηριότητα του αντιδραστήρα σύντηξης    | 433 |
| ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙΙ – Απαντήσεις για τη δραστηριότητα του απεμπλουτισμένου ουρανίου που χαρακτηρίστηκαν ως «αποδεκτές»                            | 439 |
| ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙV – Απαντήσεις για τη δραστηριότητα του αντιδραστήρα σύντηξης που χαρακτηρίστηκαν ως «αποδεκτές»                                 | 446 |
| <b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ</b>                                                                                                                         | 451 |





## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η μάθηση στις Φυσικές Επιστήμες (ΦΕ) αποτελεί μια δύσκολη διαδικασία για την πλειονότητα των μαθητών (Johnstone, 2006). Υπεύθυνοι για το γεγονός αυτό θεωρούνται ότι είναι τόσο γνωστικοί όσο και συναισθηματικοί παράγοντες. Όσον αφορά τους γνωστικούς παράγοντες, η αφηρημένη φύση των ΦΕ είναι αυτή στην οποία οφείλεται κατά κύριο λόγο η δυσκολία για την κατανόηση των εννοιών. Από την άλλη, η ιδιαίτερη έμφαση που δίνεται στη θεωρία και η απουσία γενικότερου πλαισίου που οδηγεί σε γενικότερη έλλειψη συνειδητοποίησης της σύνδεσης των αντικειμένων με την καθημερινή ζωή και την κοινωνία, προσθέτει συναισθηματικούς παράγοντες στη δυσκολία της κατανόησης των εννοιών και προκαλεί αρνητική στάση των μαθητών απέναντι στα μαθήματα των ΦΕ.

Τα μαθήματα των ΦΕ που διδάσκονται ή προορίζονται για διδασκαλία στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση, η λεγόμενη και «σχολική επιστήμη» (*school science*), παραδοσιακά αποτελούνται απλώς από αποσπάσματα πανεπιστημιακών προγραμμάτων και συγγραμμάτων, κατάλληλα προσαρμοσμένα (διδασκτική μεταφορά - *transposition didactique*). Είναι η λεγόμενη *φορμαλιστική* σχολική επιστήμη. Οι έρευνες όμως στη διδασκτική των ΦΕ καταδεικνύουν ότι τέτοιου είδους προσεγγίσεις δεν έχουν ικανοποιητικά αποτελέσματα και προτείνουν νέες δομές μαθημάτων που θα λαμβάνουν υπόψη τους τις αρχές της διδασκτικής και γνωστικής ψυχολογίας, καθώς και τις διάφορες θεωρίες διδασκτικής των ΦΕ (Johnstone, 2000). Η σύγχρονη διδασκτική, ενώ εξακολουθεί να τονίζει τους γνωστικούς στόχους της διδασκαλίας των ΦΕ, θεωρεί εξίσου σημαντικούς τους συναισθηματικούς παράγοντες. Οι φορμαλιστικές προσεγγίσεις της σχολικής επιστήμης, όπως είναι φυσικό, δεν δίνουν καμία βαρύτητα στον συναισθηματικό τομέα.

Οι μαθητές ξεκινούν τη σχολική τους διαδρομή έχοντας περιέργεια για τον κόσμο γύρω τους. Οι ΦΕ, εάν διδαχθούν σωστά, είναι συνήθως ένα από τα αγαπημένα μαθήματα στη στοιχειώδη εκπαίδευση καθώς επιτρέπει στους μαθητές να εξερευνούν και να κατανοούν το φυσικό κόσμο. Κατά κάποιο τρόπο, κατά τη διάρκεια του γυμνασίου και πολύ περισσότερο αργότερα του λυκείου, το περιεχόμενο της διδασκαλίας των ΦΕ αντικαθιστά αυτό το ενδιαφέρον με μια γενικότερη αρνητική στάση απέναντι στις ΦΕ καθώς δυσκολεύει και είναι για πολύ λίγους. Επιπρόσθετα, κατά τις τελευταίες τάξεις του λυκείου αρχίζει μια σειρά από ανατροπές, καθώς οι μαθητές επιλέγουν κατευθύνσεις σπουδών που βασικός, αν όχι μοναδικός, προορισμός τους είναι η εισαγωγή σε σχολές της τριτοβάθμιας εκπαίδευσης. Μετά από αυτή την επιλογή, παρατηρείται γενικά η τάση από τους μαθητές

που επιλέγουν την θεωρητική κατεύθυνση να απομακρύνονται από τα αντικείμενα των ΦΕ, ενώ όσοι μαθητές επιλέγουν τη θετική ή την τεχνολογική κατεύθυνση να εστιάζουν αποκλειστικά στην εξεταστέα ύλη και στην επίλυση επιλεγμένων θεμάτων της, αδιαφορώντας για τις έννοιες και τα αντικείμενα που δεν αποτελούν τμήμα της. Σε αυτό το πλαίσιο θυσιάζεται το μάθημα της Χημείας, το οποίο, σύμφωνα με το αναλυτικό πρόγραμμα, δεν αποτελεί αντικείμενο διδασκαλίας για τους μαθητές της τεχνολογικής κατεύθυνσης.

Ένας τρόπος επομένως ώστε να παρακινηθούν οι μαθητές και να αυξηθεί το ενδιαφέρον τους για τα μαθήματα των ΦΕ, είναι η υιοθέτηση ενός αναλυτικού προγράμματος βασισμένου, όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, σε ένα γενικότερο πλαίσιο. Τέτοια προγράμματα σπουδών προσεγγίζουν τα αντικείμενα των ΦΕ δίνοντας ως σημεία εκκίνησης για την ανάπτυξή τους εφαρμογές μέσα από πραγματικά θέματα ή από σενάρια της καθημερινής ζωής. Η επιτυχία τους μπορεί να αποδοθεί, τουλάχιστον εν μέρει, στο γεγονός ότι οι μαθητές μέσω αυτών των προγραμμάτων και με την αντίληψη της σχετικότητας που έχουν αυτά με τα διδασκόμενα αντικείμενα, δείχνουν υψηλότερα επίπεδα ενδιαφέροντος ενώ αποκτούν περισσότερα κίνητρα για να ασχοληθούν με τα αντίστοιχα θέματα των ΦΕ (Gutwill-Wise 2001).

Στη σύγχρονη κοινωνία, ο μέσος πολίτης καλείται να πάρει θέση σε διάφορα καίρια και περίπλοκα θέματα που πολλές φορές σχετίζονται με επιστημονικά και τεχνολογικά επιτεύγματα. Συνήθως, κυρίως λόγω άγνοιας, τα θέματα αυτά περιβάλλονται και από ένα μανδύα ιδεολογικών προκαταλήψεων. Επομένως, απαραίτητη προϋπόθεση για μια κοινωνία να καταλήξει σε ορθές επιλογές είναι να υπάρχει, απ' όσο το δυνατόν ευρύτερο κύκλο ανθρώπων, μια στοιχειώδης κατανόηση των συναφών τεχνικών θεμάτων και των επιστημονικών εννοιών. Η κατανόηση αυτή θα επιτρέψει στον πολίτη να εξάγει τα δικά του συμπεράσματα, να έχει τη δική του άποψη και κριτική σκέψη. Με αυτό τον τρόπο, οι αποφάσεις που θα πάρει, εάν κληθεί να αποφασίσει για οποιοδήποτε ζωτικό θέμα, είναι πολύ πιθανό να κινηθούν σε ορθή κατεύθυνση.

Στην παρούσα εργασία ερευνήθηκε η γνώση βασικών εννοιών σύγχρονων θεμάτων ΦΕ από πρωτοετείς φοιτητές, με προεκτάσεις και σε θέματα ειρήνης και αειφόρου ανάπτυξης. Ως ερευνητικά εργαλεία χρησιμοποιήθηκαν άρθρα τα οποία συνοδεύονταν από κατάλληλα δομημένα ερωτηματολόγια. Στην περίπτωση του πρώτου μέρους της διατριβής (περίπτωση Πράσινης Χημείας και Νανοτεχνολογίας), τα άρθρα είχαν συνταχθεί από τους συγγραφείς αντίστοιχης έρευνας του Ινστιτούτου Φυσικών Επιστημών Weizmann στο Rehovot του Ισραήλ. Αυτό το πρώτο μέρος ήταν η αφορμή και η έμπνευση για την κατα-

σκευή των δραστηριοτήτων του επόμενου κεφαλαίου. Στο δεύτερο μέρος, που αφορά έννοιες που σχετίζονται με την Πυρηνική Φυσική, τα άρθρα προέρχονταν από τον *τύπο*, ώστε να τονιστεί η σημασία των πηγών άτυπης γνώσης στην εκπαιδευτική έρευνα και – εάν ήταν δυνατόν – η συναισθηματική διάστασή της.

Οι στόχοι της έρευνας και για τα δυο αυτά μέρη ήταν:

- Η μελέτη του επιπέδου του Επιστημονικού Αλφαριθμητισμού αποφοίτων λυκείου και σύγχρονα θέματα ΦΕ, σε συγκεκριμένες ομάδες φοιτητών και ειδικότερα στην περίπτωση των θεμάτων Πυρηνικής Φυσικής, ένα χρόνο μετά την διδασκαλία τους στην τελευταία τάξη του λυκείου.
- Να διαπιστωθεί εάν υπάρχουν ποιοτικές και ποσοτικές διαφορές στις απαντήσεις μεταξύ των φοιτητών που προέρχονταν από διαφορετικές κατευθύνσεις και από διαφορετικά τμήματα
- Να μελετηθεί η σχέση μεταξύ των απαντήσεων που έδωσαν οι φοιτητές και της σχολικής – κυρίως – βιβλιογραφίας
- Να ερευνηθούν οι *απόψεις* πρωτοετών φοιτητών για ζητήματα *καθημερινής εμπειρίας* που σχετίζονται έμμεσα ή άμεσα με την πυρηνική φυσική, την πράσινη χημεία, την νανοτεχνολογία και η *ικανότητα περιγραφής* τους
- Να αναζητηθούν οι τυχόν *παρανοήσεις* και *εναλλακτικές αντιλήψεις* για τα θέματα κυρίως της πυρηνικής φυσικής, να καταγραφούν και να συγκριθούν με αυτές που εμφανίζονται στη διεθνή βιβλιογραφία
- Να ερευνηθεί πιθανή επίδραση άτυπων μορφών εκπαίδευσης στις αντιλήψεις των φοιτητών
- Μέσω των ευρημάτων να γίνουν διδακτικές προτάσεις σχετικές με τα αντικείμενα της έρευνας σε επίπεδο λυκείου

Μετά την ολοκλήρωση της έρευνας στα θέματα Πυρηνικής Φυσικής, τα άρθρα που είχαν επιλεγεί και οι ερωτήσεις που τα συνόδευαν, μεταφράστηκαν στα αγγλικά, όσο το δυνατόν πιο πιστά στα αρχικά κείμενα και δόθηκαν για αντίστοιχη έρευνα στο Πανεπιστήμιο το Balıkesir της Τουρκίας, υπο την επίβλεψη της καθηγήτριας κ. Canan Nakiboğlu. Ένα μέρος των αποτελεσμάτων της έρευνας αυτής, αυτό που αφορούσε την αξιολόγησή του και όχι κυρίως το περιεχόμενό του, υποβλήθηκε σε σύγκριση με τα αντίστοιχα των ελλήνων φοιτητών.

Στο τελευταίο ερευνητικό μέρος της διατριβής, γίνεται μια απόπειρα ταξινόμησης δέκα συνεντεύξεων, ατομικών και ομαδικών πρωτοετών φοιτητών σχετικά με την έννοια του τροχιακού 1s, σύμφωνα με πρότυπο που προτάθηκε από την ερευνητική ομάδα των E. Mortimer και P. Scott. Τα δεδομένα προέκυψαν από προηγούμενη διδακτορική διατριβή που εκπόνησε ο συνάδελφος εκπαιδευτικός χημικός Γεώργιος Παπαφώτης υπό την επίβλεψη του καθηγητή κ. Γ.Τσαπαρλή (Tsaparlis & Papaphotis, 2009). Η έμφαση στο μέρος αυτό της δικής μας έρευνας είναι στον γνωστικό τομέα. Σκοπός μας ήταν να αναδείξουμε σύγχρονες διδακτικές προσεγγίσεις αφηρημένων εννοιών της επιστήμης που στοχεύουν στην εννοιολογική αλλαγή.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

### **ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ: Επιστημονικός αλφαριθμητισμός – Ο γνωστικός και ο συναισθηματικός τομέας στη διδακτική των Φυσικών Επιστημών – Οι άτυπες μορφές μάθησης**

#### **1.1 ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟΣ ΑΛΦΑΡΙΘΗΤΙΣΜΟΣ**

##### **Εισαγωγή**

Από τα μέσα του 20ου αιώνα, τα περισσότερα κοινωνικά και πολιτικά θέματα που έχουν έρθει στο προσκήνιο και έχουν απασχολήσει την ανθρωπότητα βασίζονται σε ισχυρά επιστημονικά θεμέλια. Θέματα που αφορούν μεταξύ άλλων ιατρικές τεχνολογίες, περιβάλλον, ενέργεια αλλά και στρατιωτικές εφαρμογές. Από τη βιονική στη νανοτεχνολογία, από την τηλεόραση υψηλής ευκρίνειας στη χειρουργική με λέιζερ, αλλά και από τα πυρηνικά όπλα στους κατασκοπευτικούς δορυφόρους και τους κατευθυνόμενους πυραύλους, πολλά από αυτά που πληροφορούν, ψυχαγωγούν, τρέφουν, φροντίζουν αλλά και αποτελούν εν δυνάμει απειλή για την παγκόσμια ειρήνη, είναι το αποτέλεσμα της έκρηξης της επιστημονικής γνώσης του τελευταίου αιώνα. Η επιστήμη και η τεχνολογία έχουν βελτιώσει το βιοτικό επίπεδο στις περισσότερες σύγχρονες κοινωνίες, ταυτόχρονα όμως δεν έχουν λείψει και οι προβληματισμοί. Καθώς η επιστήμη και η τεχνολογία μπαίνουν ολοένα και περισσότερο στη ζωή των ανθρώπων, τόσο επηρεάζουν και τα πρακτικά, κοινωνικά και ηθικά θέματα τα οποία οι πολίτες ως μέλη των κοινωνιών καλούνται να αντιμετωπίσουν. Αν δεν έχουν την κατανόηση της επιστήμης που βρίσκεται πίσω από αυτά τα θέματα, δεν θα είναι σε θέση να τα κρίνουν σωστά. Επιπρόσθετα, έχοντας αδυναμία παρακολούθησης και συμμετοχής σε μια λογική συζήτηση, ο επιστημονικά αναλφάβητος πολίτης είναι πιο εύκολο να πέσει θύμα αυτών που θα εκμεταλλευτούν ποικιλοτρόπως τον αναλφαριθμητισμό του.

Από τα παραπάνω γίνεται σαφές ο λόγος για τον οποίο ένας από τους κύριους στόχους της σύγχρονης διδακτικής των φυσικών επιστημών είναι η επίτευξη *επιστημονικού αλφαριθμητισμού* για όλους τους μαθητές. Ο επιστημονικός αλφαριθμητισμός (που συναντάται και με τον εναλλακτικό όρο *επιστημονικός εγγραμματισμός*) αποτελεί έναν ευρύ όρο που πρωτοεμφανίστηκε στη βιβλιογραφία στα τέλη της δεκαετίας του '50 (Hurd, 1958) και ενσωματώνει επιστημονικές ιδέες και έννοιες που αφορούν τους διάφορους επιστημονικούς

κλάδους, καθώς και τις επιστημονικές μεθόδους και πρακτικές. Έχουν δοθεί διάφοροι προσδιορισμοί και ερμηνείες για το τι εκφράζει ακριβώς ο όρος (Laugksch & Spargo, 1996). Σύμφωνα, για παράδειγμα, με τα πρότυπα του οργανισμού National Science Education<sup>1</sup> των ΗΠΑ, **επιστημονικός αλφαριθμητισμός** «είναι η γνώση και η κατανόηση των επιστημονικών εννοιών και των διαδικασιών που απαιτούνται για τη λήψη αποφάσεων, τη συμμετοχή σε κοινωνικά και πολιτιστικά θέματα και την οικονομική παραγωγικότητα».

Το γεγονός ότι δεν υπάρχει ένας σαφής ορισμός για τον επιστημονικό αλφαριθμητισμό έχει οδηγήσει τα τελευταία χρόνια στην τάση της αφαίρεσής του ως στόχου στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών (Fensham, 2008) ή ακόμη και στην αμφισβήτησή του ως έννοια (Shamos, 1995). Όμως καταγράφεται και η άλλη άποψη, η οποία δέχεται τον επιστημονικό αλφαριθμητισμό ως απαραίτητο στόχο της μαθησιακής διαδικασίας, συσχετίζοντάς τον με τη φύση της επιστήμης, τις προσωπικές μαθησιακές ικανότητες και ιδιότητες, όπως οι στάσεις απέναντι στα διδακτικά αντικείμενα, καθώς και την ανάπτυξη των κοινωνικών αξιών (Holbrook και Rannikmae, 2007). Έτσι, αποκτά σημασία η σχετικότητα των αντικειμένων, ενώ τα διδακτικά υλικά χρειάζεται να εμπεριέχουν ένα κοινωνικό πλαίσιο, εισαγωγή των εννοιών των φυσικών επιστημών στη βάση του «πρέπει να γνωρίζεις» και την κοινωνικοεπιστημονική κατάσταση που παρέχει τη σχέση για τη δημιουργία ενός υπεύθυνου πολίτη (Holbrook, 2008).

Παρά την έλλειψη ενός «απόλυτου» ορισμού, υπάρχει μια γενική αποδοχή πως ο όρος «επιστημονικός αλφαριθμητισμός» χρησιμοποιείται κατά κάποιο τρόπο και μεταφορικά. Δεν αφορά μόνο την έννοια της ανάγνωσης ή της γραφής (ενός επιστημονικού κειμένου) και λίγοι θα μπορούσαν να ισχυριστούν ότι αναφέρεται μόνο στη δυνατότητα να διαβάζει κανείς επιστημονικά περιοδικά (Hand, 1999; Klein, 2006). Αυτή η μεταφορική χρήση του όρου εξυπηρετεί στο να καταδεικνύει τις προθέσεις της διδακτικής των φυσικών επιστημών (Norris & Philips, 2003).

### **Πότε χαρακτηρίζεται κανείς ως επιστημονικά εναλφάβητος;**

Η εξέλιξη της σημασίας του Επιστημονικού Αλφαριθμητισμού από τα τέλη της δεκαετίας του '50 έως τη σύγχρονη εποχή, καθώς και της σχέσης του με την ταυτόχρονη εξέλιξη της διδακτικής των φυσικών επιστημών, έχει γίνει αντικείμενο μελέτης από πολλούς ερευνητές σε αυτό το επιστημονικό πεδίο (Deboer, 2000). Σύμφωνα και με τα πρότυπα του

---

<sup>1</sup> [http://www.nap.edu/openbook.php?record\\_id=4962](http://www.nap.edu/openbook.php?record_id=4962)

φορέα National Science Education (NSES, 1996), ένα επιστημονικά εναλφάβητο άτομο διαθέτει τα παρακάτω χαρακτηριστικά (Miller, 1998, Norris and Phillips, 2003, Lau, 2009):

*A) Έχει επαρκή εννοιολογική γνωστική βάση ώστε να είναι σε θέση να αναγνωρίζει ένα ευρύ φάσμα επιστημονικών θεμάτων, να σκέπτεται και να συζητά για αυτά.*

*B) Γνωρίζει και κατανοεί τις επιστημονικές έννοιες και τις διαδικασίες που απαιτούνται για συμμετοχή στην κοινωνία της ψηφιακής εποχής.*

*Γ) Μπορεί να αναζητήσει ή και να βρει απαντήσεις σε ερωτήσεις που προκύπτουν από την περιέργεια για θέματα της σύγχρονης ζωής.*

*Δ) Έχει τη ικανότητα να περιγράφει, να εξηγεί και να προσδιορίζει φυσικά φαινόμενα.*

*Ε) Είναι ικανό να διαβάζει και να κατανοεί επιστημονικά άρθρα στον καθημερινό τύπο και να παίρνει μέρος σε κοινωνικές συζητήσεις σχετικά με την αξιοπιστία των συμπερασμάτων.*

*Στ) Μπορεί να προσδιορίσει επιστημονικά θέματα που αφορούν εθνικές και τοπικές αποφάσεις και εκφράζει απόψεις που είναι επιστημονικά και τεχνολογικά ενημερωμένες. Περιβαλλοντικά θέματα, διαχείριση του εδάφους, θέματα ενέργειας κλπ, απαιτούν ικανότητα λήψης αποφάσεων που σε ένα μεγάλο βαθμό σχετίζονται με την ποιότητα των επιστημονικών δεδομένων και συζητήσεων.*

*Ζ) Είναι σε θέση να αξιολογήσει την ποιότητα της επιστημονικής πληροφορίας στη βάση της και τις μεθόδους που χρησιμοποιήθηκαν για να τη δημιουργήσουν.*

*Η) Έχει την ικανότητα να αντιμετωπίζει και να αξιολογεί συζητήσεις βασιζόμενος σε στοιχεία και να εξάγει σωστά συμπεράσματα από τέτοιου είδους συζητήσεις.*

*Θ) Αναγνωρίζει τα οφέλη και τους κινδύνους της επιστήμης.*

*Ι) Κατανοεί τη φύση της επιστήμης συμπεριλαμβανόμενης της σχέσης της με τον πολιτισμό.*

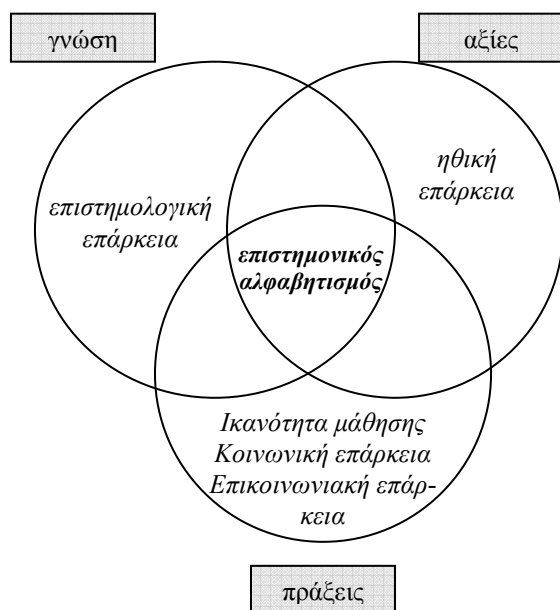
*ΙΑ) Λαμβάνει υπόψη του τις πολιτικές, οικονομικές και ηθικές πλευρές της επιστήμης και της τεχνολογίας.*

Όλα τα προηγούμενα απαιτούν όχι μόνο ένα ικανοποιητικό εκπαιδευτικό υπόβαθρο στα αντικείμενα των ΦΕ, αλλά και την προδιάθεση του μαθητή να συνεχίσει τη μάθηση σχετικά με την επιστήμη και στη συνέχεια της ζωής του ως πολίτης. Ένας από τους στόχους της αποτελεσματικής διδασκαλίας των ΦΕ πρέπει επομένως να είναι η μετάδοση στους μαθητές της *ικανοποίησής* του να απαντούν σε σημαντικές ερωτήσεις μέσω της επιστήμης και να τους επιτρέπουν να βιώνουν μια σε βάθος κατανόηση των κεντρικών εννοιών, χωρίς να τους παγιδεύουν στις μικρολεπτομέρειες των γεγονότων, σε γλωσσικά και χωρίς νόημα διαγράμματα που θα τους προκαλέσουν αποστροφή για κάθε επαφή με τις



ΦΕ στο μέλλον. Οι κύριες στρατηγικές που χρησιμοποιούν οι επιστήμονες είναι: πειραματισμός, επαλήθευση της θεωρίας, αυστηρές και συστηματικές συγκρίσεις. Αυτές έχουν χρήσεις και στην προσωπική και επαγγελματική ζωή του καθενός, από την απλή επιλογή π.χ. μιας συσκευής, έως τη συμμετοχή σε αποφάσεις που σχετίζονται με θέματα υγείας και έως τις αποφάσεις που πρέπει να ληφθούν για τα εφόδια και τον εξοπλισμό μιας επιχείρησης, η γνώση των επιστημονικών διαδικασιών και οι δυνατότητες της χρήσης τους μπορούν να κάνουν μια σημαντική διαφορά στη ζωή μας. Επομένως, ο στόχος που αναφέρθηκε στην αρχή μπορεί να εκφραστεί ως επιστημονικός ή *επιστημονικός και τεχνολογικός* αλφαριθμητισμός (ICASE, 2003)<sup>2</sup>. Η τελευταία φράση έχει σημειωθεί και σε έκθεση της UNESCO (1993)<sup>3</sup>, η οποία, υιοθετώντας τον γαλλικό όρο «*la culture scientifique et technologique*», καταδεικνύει και τον πολιτισμικό παράγοντα αναγνωρίζοντας ότι επιστημονικά και τεχνολογικά εναλφάβητο άτομο είναι αυτό που μπορεί να λειτουργήσει μέσα στην κοινωνία συνολικά, και όχι απλώς ως επιστήμονας σε εργαστήριο.

Ένα άλλο ενδιαφέρον μοντέλο για τον επιστημονικό αλφαριθμητισμό έχει παρουσιάσει ο Gräber (2001) και το οποίο σχηματικά είναι το εξής:



Από το σχήμα αυτό διαπιστώνεται ότι το μοντέλο του Gräber αναθεωρεί την ισορροπία μεταξύ των διαφόρων ικανοτήτων (επάρκειες). Θεωρεί ότι η ανάγκη για επιστημονικό αλ-

<sup>2</sup> ICASE. (2003). *The way forward*. Document adopted by participants at the World Conference on the Relevance of Science and Technology Education for All. Malaysia, Penang: ICASE (International Council of Associations for Science Education) & RECSAM (Regional Education Centre for Science and Mathematics).

<sup>3</sup> United Nations Educational, Scientific and Cultural Organisation. (1993). *Final Report: International forum on scientific and technological literacy for all*. Paris: UNESCO.

φαβητισμό είναι πέρα από την απλή γνώση και ενσωματώνει το στοιχείο της μάθησης των αξιών ως ένα απαραίτητο στοιχείο της διδακτικής των φυσικών επιστημών.

Το πρόγραμμα **Project 2061** της Αμερικανικής Ένωσης για την Πρόοδο της Επιστήμης (AAAS: American Association for the Advancement of Science) προσδιορίζει ως Επιστημονικό Αλφαβητισμό τον όρο που περιλαμβάνει τη γνώση σχετικά με τα **σημαντικά επιστημονικά γεγονότα** και **αρχές**, τα **χαρακτηριστικά** της επιστήμης, τις **αλληλεπιδράσεις** μεταξύ επιστήμης και κοινωνίας και τέλος, τις **εφαρμογές** της επιστήμης στην καθημερινή ζωή, που θα πρέπει να κατέχει ένας υπεύθυνος πολίτης στον κόσμο του σήμερα.

Στο σημείο αυτό έχει ενδιαφέρον να γίνει μια ιδιαίτερη αναφορά στον επιστημονικό αλφαβητισμό όπως αυτός προσδιορίζεται από το πρόγραμμα **PISA** (Program for International Student Assessment), λόγω της ιδιαίτερης προβολής που είχε το πρόγραμμα – τα τελευταία κυρίως χρόνια – από διάφορους φορείς της εκπαίδευσης, σε σχέση με τον επαναπροσδιορισμό των αναλυτικών προγραμμάτων και την αξιολόγηση των μαθητών και έμμεσα και του εκπαιδευτικού έργου. Σύμφωνα με το πρόγραμμα PISA<sup>4</sup>, επιστημονικός αλφαβητισμός είναι:

*A) Η επιστημονική γνώση ενός ατόμου και η ικανότητα χρήσης της γνώσης αυτής για την αναγνώριση ερωτημάτων (που σχετίζονται με τις ΦΕ), την εξήγηση φυσικών φαινομένων, την εξαγωγή τεκμηριωμένων συμπερασμάτων και την απόκτηση νέας γνώσης*

*B) Η ικανότητα κατανόησης των βασικών χαρακτηριστικών των φυσικών επιστημών ως μια μορφή γνώσης και έρευνας, και η επίγνωση ότι η επιστήμη και η τεχνολογία διαμορφώνουν το υλικό, πνευματικό και πολιτισμικό περιβάλλον*

*Γ) Η προθυμία του ατόμου για ενασχόληση με ζητήματα σχετικά με τις φυσικές επιστήμες, ως στοχαζόμενος πολίτης*

Και άλλοι εκπαιδευτικοί φορείς, όπως το Εθνικό Συμβούλιο Έρευνας (NRC: National Research Council) στις ΗΠΑ, έθεσαν νέα πρότυπα και σημεία αναφοράς για το περιεχόμενο, την παιδαγωγική και την αξιολόγηση του επιστημονικού αλφαβητισμού, αλλά και των επιμέρους κλάδων του όπως για παράδειγμα η προσπάθεια καθορισμού των διαφόρων διαστάσεων του **βιολογικού** αλφαβητισμού (*Biological Sciences Curriculum Study - BSCS*) (Bybee, 1993). Ιδιαίτερα για τον **χημικό** αλφαβητισμό και τον καθορισμό ενός θεωρητικού του πλαισίου έχουν παρουσιαστεί εργασίες των Holman (2002), Atkins

---

<sup>4</sup> OECD (2006). Assessing Scientific, Reading and Mathematical Literacy. A Framework for PISA 2006. OECD Publications

(2005), Shwartz, Ben-Zvi και Hofstein (2005). Το πλαίσιο που καθόρισαν οι τελευταίοι χρησιμοποιήθηκε, όπως θα περιγραφεί στη συνέχεια, για τις εργασίες της Πράσινης Χημείας και της Νανοτεχνολογίας, ενώ αποτέλεσε πηγή έμπνευσης για το κεφάλαιο της διατριβής που αφορά την Πυρηνική Φυσική, τις έννοιές της στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση και των Επιστημονικό Αλφαριθμητισμό πρωτοετών φοιτητών.

### **Αξιολόγηση του Επιστημονικού Αλφαριθμητισμού**

Η αξιολόγηση χωρίς αμφιβολία αποτελεί ένα σημαντικό παράγοντα για τη μελέτη και τη μάθηση. Αν θεωρηθεί ότι κύριος διδακτικός στόχος είναι η επίτευξη επιστημονικού αλφαριθμητισμού, τότε η αξιολόγησή του είναι εξίσου σημαντική. Δύο από τα πλέον γνωστά και εκτενή προγράμματα αξιολόγησης του επιστημονικού αλφαριθμητισμού είναι: Το PISA, που συζητήθηκε και προηγουμένως, του Οργανισμού Οικονομικής Συνεργασίας και Ανάπτυξης (ΟΟΣΑ) και το TIMMS (Trends in Mathematics and Science Studies). Η κύρια διαφορά τους έγκειται στο γεγονός ότι το TIMMS εστιάζεται κυρίως στην *ανάκληση διδασχθείσας γνώσης*, ενώ το PISA τείνει να επικεντρωθεί στη *πρακτική γνώση σε δράση*, δηλαδή την αναγνώριση ερωτήσεων ως επιστημονικές, τον προσδιορισμό συναφών στοιχείων, την κριτική αξιολόγηση των συμπερασμάτων και τις συγκοινωνούσες επιστημονικές ιδέες (OECD/PISA, 2005; Fensham & Harlen 1999; Backer, 2001; Harlen 2001).

Οι άξονες τους οποίους χρησιμοποιεί το πρόγραμμα PISA για την οργάνωση των θεμάτων με τα οποία *αξιολογεί* τον επιστημονικό αλφαριθμητισμό είναι:

Το **πλαίσιο**: Αφορά την αναγνώριση των καταστάσεων της καθημερινής ζωής που έχουν σχέση με την επιστήμη και την τεχνολογία (η επιστήμη απέναντι στη ζωή και στην υγεία, η επιστήμη για τη Γη και το περιβάλλον και η επιστήμη στην τεχνολογία).

Η **γνώση**: Διακρίνεται σε γνώση της επιστήμης (γνώση του περιεχομένου της επιστήμης, δηλαδή των επιστημονικών εννοιών) και σε γνώση για την επιστήμη (γνώση των μεθόδων και των πρακτικών της επιστήμης).

Οι **επιστημονικές δεξιότητες**: Διακρίνονται στην αναγνώριση των επιστημονικών ερωτημάτων, στην επιστημονική εξήγηση των φαινομένων και στην εξαγωγή συμπερασμάτων από δεδομένα.

Οι **στάσεις** και οι **απόψεις**: Περιλαμβάνουν το ενδιαφέρον για τις ΦΕ, τη θετική στάση για την επιστημονική έρευνα και την προτροπή για υπεύθυνη στάση σε ζητήματα που αφορούν το περιβάλλον και τους φυσικούς πόρους.

(Οι πληροφορίες για το πρόγραμμα PISA, προέρχονται κατά ένα μεγάλο μέρος, από την εισήγηση της ομάδας PISA του Κέντρου Εκπαιδευτικής Έρευνας (ΚΕΕ) όπως παρουσιάστηκε στο 10<sup>ο</sup> Κοινο Συνεδρίο Ενώσεων Ελλήνων και Κυπρίων Φυσικών (*Κέρκυρα, 2007, Πρακτικά εργασιών, τόμος 1<sup>ος</sup>, σελ. 85-93*), από την ιστοσελίδα του προγράμματος (<http://www.pisa.oecd.org/home>) και από την ιστοσελίδα <http://nces.ed.gov/> του NCES (National Center for Education Statistics – Εθνικό κέντρο στατιστικής της εκπαίδευσης) του υπουργείου Παιδείας των ΗΠΑ)

Τα διάφορα ερευνητικά εργαλεία που έχουν σχεδιαστεί στην προσπάθεια αξιολόγησης του επιστημονικού αλφαριθμητισμού, συνήθως εστιάζουν σε:

Α) Μέτρηση της ανάκλησης της γνώσης που έχει προκύψει από τη διδασκαλία των ΦΕ στο σχολείο. Στα πλαίσια του επιστημονικού αλφαριθμητισμού η γνώση του περιεχομένου είναι που συνήθως θεωρείται ως σημαντική και επομένως αποτελεί τον παράγοντα που αξιολογείται περισσότερο από τους δασκάλους και τους καθηγητές που διδάσκουν τις ΦΕ (Laugksch και Spargo, 1996a, 1996b).

Β) Μέτρηση της ικανότητας εφαρμογής επιστημονικών αρχών έξω από τα σχολικά ή γενικότερα εκπαιδευτικά πλαίσια. Τα κύρια χαρακτηριστικά τέτοιων εργαλείων είναι ο σχεδιασμός δραστηριοτήτων που αναφέρονται σε πραγματικές καταστάσεις (όπως το να διαβάζει κανείς την πληροφορία σε ένα λογαριασμό κατανάλωσης φυσικού αερίου ή ηλεκτρικού ρεύματος) και στην αξιολόγηση των επιδόσεων ενός συστήματος (π.χ. μιας συσκευής ή ενός συνόλου συσκευών). Σε αυτή την προσέγγιση η ανάκληση της γνώσης του επιστημονικού περιεχομένου είναι δευτερεύουσα και η αξιολόγηση εστιάζεται στις **προφανείς δεξιότητες** (Champagne & Newell (1992), Zuzovsky (1997), Kouba & Champagne (1998), Fensham & Harlen (1999)).

Γ) Μέτρηση της **ικανότητας** των μαθητών να διαβάσουν, να γράψουν, να δικαιολογήσουν και να αναζητήσουν περισσότερη πληροφορία (Wandersee, 1988, Champagne 1997; Duschl & Osborne, 2002; Norris & Philips, 2003, Simon, Erduran, & Osborne, 2006). Κάποια παραδείγματα αυτής της προσέγγισης αξιολογούν την ικανότητα των μαθητών ή των σπουδαστών να αναφέρονται σε άρθρα επιστημονικής έρευνας στα μέσα ενημέρωσης (Norris & Philips (1994), Champagne et al (1997), Korpan, Bisnaz, & Bisnaz (1997)).

Δ) Μέτρηση της κατανόησης της **φύσης** της επιστήμης (Nature of Science, NOS) από τους μαθητές και η κατανόηση της επιστήμης και των στάσεων απέναντι σε αντικείμενα Επιστήμης - Τεχνολογίας – Κοινωνίας (Science-Technology-Society, STS). Για πα-

ράδειγμα μπορεί να αναφερθεί το VOSTS (Views On Science-Technology-Society) που σχεδιάστηκε και τεκμηριώθηκε από τους Aikenhead και Ryan (1992).

### **Επίπεδα του Επιστημονικού Αλφαριθμητισμού**

Όπως διαπιστώνεται από την βιβλιογραφία υπάρχουν διάφορα επίπεδα και εκφράσεις του επιστημονικού αλφαριθμητισμού και έχουν γίνει αρκετές προσπάθειες προς την κατεύθυνση αυτή, δηλαδή για τον καθορισμό των διαφόρων επιπέδων του. Για παράδειγμα, οι Shen (1975), Scribner (1986), Shamos (1995) σε ξεχωριστές έρευνές τους προτείνουν επίπεδα, κατά κανόνα παραπλήσια, το χαμηλότερο των οποίων συνήθως ορίζεται ως **πρακτικός ή λειτουργικός αλφαριθμητισμός** και αναφέρεται στην ικανότητα ενός ατόμου να λειτουργεί φυσιολογικά στην καθημερινή του ζωή, ως καταναλωτής και χρήστης επιστημονικών και τεχνολογικών προϊόντων. Περιλαμβάνει τις βασικές ανθρώπινες ανάγκες, όπως η τροφή, η υγεία και η στέγη. Σε υψηλότερα επίπεδα αλφαριθμητισμού, περιλαμβάνεται ο **αστικός (πολιτικός) αλφαριθμητισμός** (ή αλφαριθμητισμός ως δύναμη), που αναφέρεται στην ικανότητα ενός ατόμου να συμμετέχει με σύνεση και επιχειρήματα σε μια κοινωνική συζήτηση για θέματα που σχετίζονται με επιστήμη ή τεχνολογία. Ο **πολιτιστικός ή ιδεώδης αλφαριθμητισμός**, εμπεριέχει εκτίμηση για την επιστημονική προσπάθεια και την αντίληψη της επιστήμης ως μια σημαντική διανοητική δραστηριότητα. Ακόμη, ο Shamos (1998) πρότεινε μια κλίμακα «παθητική σε ενεργή», που διαφοροποιεί την ανάκληση της γνώσης και την απομνημόνευση από την επικοινωνία και τη χρήση επιστημονικών ιδεών.

Οι Bybee (1997) και το BSCS (1993) πρότειναν μια αναλυτική θεωρητική κλίμακα που είναι πιο βολική για την αξιολόγηση του επιστημονικού αλφαριθμητισμού κατά τη διάρκεια των μαθημάτων των ΦΕ στο σχολείο, μια και η ιεράρχησή της μπορεί εύκολα να μεταφερθεί στους διδακτικούς στόχους. Η κλίμακα αυτή, που χρησιμοποιήθηκε ως ένα από τα θεωρητικά πλαίσια για την παρούσα έρευνα, προτείνει τα ακόλουθα επίπεδα επιστημονικού αλφαριθμητισμού:

**Επιστημονικός αναλφαριθμητισμός:** Σε αυτό το επίπεδο οι μαθητές δεν μπορούν να *απαντήσουν* σε μια απλή ερώτηση σχετική με φυσικές επιστήμες ή δεν μπορούν να *συσχετίσουν* μια ερώτηση με τις φυσικές επιστήμες Δεν έχουν το λεξιλόγιο, τις έννοιες, τα πλαίσια ή ακόμη τη νοητική δυνατότητα να προσδιορίσουν μια ερώτηση ως επιστημονική.

**Ονομαστικός επιστημονικός αλφαριθμητισμός:** Οι μαθητές αναγνωρίζουν μια έννοια ως σχετική με την επιστήμη, αλλά το επίπεδο κατανόησης δείχνει καθαρά ότι υπάρχουν *πα-*  
*ρανοήσεις*

**Λειτουργικός επιστημονικός αλφαριθμητισμός:** Οι μαθητές μπορούν να περιγράψουν σωστά ένα φαινόμενο, αλλά έχουν περιορισμένη κατανόησή του.

**Εννοιολογικός επιστημονικός αλφαριθμητισμός:** Οι μαθητές αναπτύσσουν κάποια κατανόηση των κυριότερων εννοιολογικών σχημάτων ενός αντικειμένου και συσχετίζουν αυτά τα σχήματα με τη γενική κατανόησή τους για τις φυσικές επιστήμες. Σε αυτό το επίπεδο αλφαριθμητισμού περιλαμβάνονται ακόμη μεθοδολογικές ικανότητες και κατανόηση των διαδικασιών της επιστημονικής έρευνας και τεχνολογικού σχεδιασμού.

**Πολυδιάστατος επιστημονικός αλφαριθμητισμός:** Αυτή η διάσταση του επιστημονικού αλφαριθμητισμού ενσωματώνει κατανόηση των φυσικών επιστημών που εκτείνεται πέρα από τις έννοιες των επιμέρους αντικειμένων και των μεθόδων επιστημονικής έρευνας. Περιλαμβάνει φιλοσοφικές, ιστορικές και κοινωνικές διαστάσεις της επιστήμης και της τεχνολογίας. Στον πολυδιάστατο ΕΑ, οι μαθητές αναπτύσσουν κάποια κατανόηση και εκτίμηση της επιστήμης και της τεχνολογίας σχετικά με τη σχέση τους με την καθημερινή ζωή τους. Πιο συγκεκριμένα, αρχίζουν να κάνουν συνδέσεις μεταξύ των επιστημονικών αλλά και μεταξύ της επιστήμης, της τεχνολογίας και των μεγαλύτερων θεμάτων που απασχολούν την κοινωνία.

O Bybee (1997) αναφερόμενος σε αυτό το πλαίσιο, το περιγράφει ως:

*«Μια μοναδική διάσταση που δίνει κατεύθυνση σε αυτούς που είναι υπεύθυνοι για το αναλυτικό πρόγραμμα, την αξιολόγηση, την έρευνα, τον επαγγελματικό προσανατολισμό και τη διδασκαλία των ΦΕ σε ένα ευρύ φάσμα μαθητών»*

Είναι βέβαια αξιοσημείωτο πως ο Bybee αναγνωρίζει ότι η επίτευξη πολυδιάστατου επιστημονικού αλφαριθμητισμού σε όλα τα επιστημονικά πεδία είναι πιθανόν **αδύνατη**, ή μια προσπάθεια μιας ολόκληρης ζωής και η οποία πιθανόν να μην επιτευχθεί **ποτέ**. Μπορεί κάποιος να φτάσει σε ένα υψηλό επίπεδο αλφαριθμητισμού, σχετικά με ένα πολύ συγκεκριμένο αντικείμενο (ακόμη και χωρίς να έχει γίνει ειδήμονας σε αυτό, μιλώντας με επαγγελματικούς όρους: για παράδειγμα, κάποιος που φτιάχνουν μοντέλα αεροσκαφών σαν χόμπι μπορεί να επιτύχουν μια σε βάθος κατανόηση της φυσικής της πτήσης), αλλά χαμηλότερο επίπεδο σε άλλα αντικείμενα, όπως η μοριακή γενετική.

Η ταξινόμηση των επιπέδων του επιστημονικού αλφαριθμητισμού, δεν προτείνει μια συγκεκριμένη διδακτική σειρά, καθώς κάτι τέτοιο αποτελεί ένα περισσότερο σύνθετο θέμα. Η ανάπτυξη του λειτουργικού αλφαριθμητισμού, με την διεύρυνση το λεξιλογίου των μαθητών, θα έπρεπε να γίνεται με ένα τρόπο που θα αύξανε ακόμη και τον εννοιολογικό αλφαριθμητισμό με την κατανόηση των συνδέσεων μεταξύ των βασικών ιδεών και των εννοιών

που βρίσκονται πίσω από τις λεπτομέρειες. Ένας κύριος στόχος κατά το σχεδιασμό εκπαιδευτικού υλικού είναι η αναγνώριση και η αναβάθμιση όλων των επίπεδων του αλφαριθμητικού σε σχέση με την *προσωπική ανάπτυξη* και τα *ενδιαφέροντα* των μαθητών.

Το δεύτερο ζήτημα που πρέπει να ληφθεί υπόψη κατά την αξιολόγηση του επιστημονικού αλφαριθμητικού, ειδικά για νεαρούς μαθητές, είναι η κατανόηση ότι η επίτευξη του επιστημονικού αλφαριθμητικού θα είναι μια διαδικασία που θα διαρκέσει για όλη τη ζωή (Solomon and Thomas, 1999). Σε αυτό το πλαίσιο το εθνικό ίδρυμα έρευνας των ΗΠΑ (National Research Council - NRC) έχει δοθεί η άποψη (1996) ότι:

*«Ο επιστημονικός αλφαριθμητισμός έχει διάφορα επίπεδα και μορφές. Εκτείνεται και εμβαθύνεται κατά τη διάρκεια της ζωής και όχι μόνο κατά τα σχολικά χρόνια. Όμως οι στάσεις και οι αξίες που θεμελιώνονται απέναντι στις φυσικές επιστήμες κατά τα πρώτα χρόνια (της εκπαίδευσης) είναι αυτά που θα διαμορφώσουν την εξέλιξη του επιστημονικού αλφαριθμητισμού ενός ατόμου όταν αυτός θα είναι πια ενήλικας»*

Είναι φανερό ότι η αξιολόγηση του επιστημονικού αλφαριθμητικού κατά τα σχολικά χρόνια δεν καθορίζει το τελικό επίπεδο αλφαριθμητισμού στο οποίο θα φτάσει κάποιος. Ο σκοπός της είναι μόνο να μετρά το πόσο αποτελεσματική είναι η μελέτη των φυσικών επιστημών στη θεμελίωση στάσεων, αξιών, βασικών ικανοτήτων, γνώσης και κατανόησης της επιστήμης. Επομένως, η αξιολόγηση του επιστημονικού αλφαριθμητικού κατά τη διάρκεια των μαθητικών χρόνων δείχνει εάν οι «σπόροι του αλφαριθμητισμού» έχουν βρει τη θέση τους στο μυαλό των μαθητών και τίποτε άλλο.

Φυσικά, υπάρχει μεγάλη συζήτηση για το ακριβές νόημα του όρου «*Επιστημονικός αλφαριθμητισμός*», αλλά επαρκής συμφωνία ώστε να χρησιμοποιείται (Miller, 1983 – Hand et al, 2004a). Γενικότερα, και ίσως έξω από τα στενά σχολικά πλαίσια, ο επιστημονικός αλφαριθμητισμός αντιμετωπίζεται ως ένα όχημα για την κατανόηση επιστημονικών θεμάτων από τους «αυριανούς ενήλικες» (Gräber και Bolte, 1997). Βασική ιδέα είναι ότι η διδακτική των ΦΕ θα πρέπει να στοχεύει στη βελτίωση της κατανόησης των «εννοιών κλειδιών» σχετικά με τη φύση της επιστήμης και τις εφαρμογές της καθώς και των γενικών συμπερασμάτων που προκύπτουν μέσω αυτής. Όπως σημειώνει ο Shamos (1995), ένα μορφωμένο άτομο του 21<sup>ου</sup> αιώνα πρέπει να γνωρίζει «κάτι» από επιστήμη, να αποτελεί με άλλα λόγια μέρος της κουλτούρας του, όπως (πρέπει) να ισχύει και με τη λογοτεχνία και με την τέχνη.

## 1.2 Ο ΓΝΩΣΤΙΚΟΣ ΚΑΙ Ο ΣΥΝΑΙΣΘΗΜΑΤΙΚΟΣ ΤΟΜΕΑΣ ΣΤΗ ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ ΤΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

### Εισαγωγή

Στη διαδικασία της μάθησης και της διδασκαλίας υπάρχει παραδοσιακά διάκριση ανάμεσα στο γνωστικό (*cognitive*) και το συναισθηματικό (*affective*) πλαίσιο. Η γνώση σχετίζεται με δεξιότητες και διαδικασίες όπως η σκέψη και η επίλυση προβλημάτων (*problem solving*), ενώ ο συγκινησιακός παράγοντας αφορά το συναισθηματικό τομέα που περιλαμβάνει δείκτες όπως κίνητρα, στάσεις και αντιλήψεις.

Οι περισσότερες μελέτες που έχουν πραγματοποιηθεί στο παρελθόν, επικεντρώνονται κυρίως στα γνωστικά ζητήματα, εξαιρώντας τους συναισθηματικούς παράγοντες από τις εκτιμήσεις τους, ή στην καλύτερη περίπτωση μελετώντας τους ξεχωριστά από το γνωστικό τομέα. Σύμφωνα με τους Jones & Issroff, (2004) οι συναισθηματικοί παράγοντες (*affective factors*) έχουν γενικά αντιμετωπιστεί στις έρευνες που αφορούν τη μάθηση και τη διδασκαλία ως κάτι ξεχωριστό από τις γνωστικές ικανότητες και διαδικασίες, χωρίς όμως να παραγνωρίζεται η σημασία τους. Αυτό θεωρείται ως αποτέλεσμα της επιρροής του συμπεριφορισμού (*behaviourism*) στην εκπαιδευτική ψυχολογία. Εντούτοις, λόγω της μεγαλύτερης αποδοχής των εποικοδομητικών θεωριών μάθησης (*constructivist learning*) κατά τα τελευταία χρόνια, ο συναισθηματικός παράγοντας έχει αναδειχθεί ως σημαντική και αναπόσπαστη από τη γνώση πτυχή της μάθησης. Η διεθνής βιβλιογραφία έχει δείξει ότι οι συναισθηματικές πλευρές της μάθησης όπως οι πεποιθήσεις, οι στάσεις, τα κίνητρα, οι προσδοκίες, τα συναισθήματα και το μαθησιακό στυλ επηρεάζουν τη διαδικασία της μάθησης (Lee et al, 2004).

### Ο γνωστικός τομέας κατά Bloom

Σύμφωνα με τον Bloom (1956), οι διδακτικοί στόχοι ταξινομούνται σε τρεις τομείς: τον *γνωστικό*, τον *συναισθηματικό* και τον *ψυχοκινητικό*. Οι τρεις αυτοί τομείς συνδέονται και είναι δυνατόν να αλληλεπικαλύπτονται. Ο γνωστικός τομέας, που είναι και ο αρτιότερα ανεπτυγμένος, αφορά τη γνώση και την ανάπτυξη των νοητικών ικανοτήτων και δεξιοτήτων. Περιλαμβάνει τις πληροφορίες και τις γνώσεις που λαμβάνει ο μαθητής από τη διδασκαλία και αφορά την αναγνώριση ή την ανάκληση συγκεκριμένων γεγονότων, την αφομοίωση γνώσεων, προτύπων και εννοιών που χρησιμεύουν στην ανάπτυξη αυτών των ικανοτήτων. Έξι κύριες κατηγορίες ή υποτομείς περιλαμβάνονται σε αυτόν τον



τομέα και οι οποίες μπορούν να ταξινομηθούν κατά σειρά αύξουσας πολυπλοκότητας ως εξής:

*Γνώση, κατανόηση, εφαρμογή, ανάλυση, σύνθεση, αξιολόγηση*

Στη συνέχεια περιγράφονται περιληπτικά οι κατηγορίες αυτές, παρατίθενται ρήματα που χαρακτηρίζουν την κάθε μια, καθώς και παραδείγματα **αξιολόγησης** κάθε υποτομέα.

**A. Γνώση (knowledge):** Μπορεί να είναι μια απλή ανάκληση κάποιων δεδομένων ή κάποιας πληροφορίας. Αποτελεί το χαμηλότερο επίπεδο, στο οποίο το ζητούμενο είναι ουσιαστικά ο **έλεγχος της ικανότητας απομνημόνευσης** και η **δυνατότητα άρτιας παρουσίασης και απόδοσης**

Ρήματα που χαρακτηρίζουν αυτόν τον υποτομέα:

*Ορίζω, περιγράφω, αναγνωρίζω, γνωρίζω, απαριθμώ, κατονομάζω, προσδιορίζω, ταξινομώ, ταιριάζω, ονομάζω, διαβάζω, καταγράφω, αναπαράγω, επιλέγω, δηλώνω, βλέπω, γράφω*

Παραδείγματα: Να δώσεις τον ορισμό ... – Ποια είναι η αντιστοιχία ... - Η αντίδραση μεταξύ (π.χ.) οξέος και βάσης δίνει .... – Ποιες από τις επόμενες προτάσεις είναι σωστές / λάθος – Πόσα ... υπάρχουν σε ... – Να σχεδιάσεις ... – Συμπλήρωσε τα κενά στην παρακάτω πρόταση επιλέγοντας τις κατάλληλες λέξεις ... – Τι εννοούμε με τον όρο ... – Από τι αποτελείται το ... – Ποιος είναι ο τύπος ..., Ποια είναι τα κριτήρια ώστε .... κλπ

**B. Κατανόηση (comprehension):** Ο μαθητής κατανοεί το νόημα, είναι σε θέση να ερμηνεύσει ένα πρόβλημα και τις οδηγίες που δίνονται για την επίλυσή του και ακόμη να περιγράψει το πρόβλημα χρησιμοποιώντας «δικά» του λόγια. Μπορεί να εξηγήσει *γιατί* συμβαίνει ένα φαινόμενο και να κατατάξει σε κατηγορίες οργανώνοντας και επιλέγοντας γεγονότα και ιδέες, χωρίς να κάνει συσχετισμούς με άλλες γνώσεις και δίχως ιδιαίτερη διερεύνηση. Η κατανόηση απαιτεί νοητική λειτουργία ανώτερη από τη γνώση.

Ρήματα που χαρακτηρίζουν αυτόν τον υποτομέα:

*Κατανοώ, μετατρέπω, υποστηρίζω, διακρίνω, εκτιμώ, εξηγώ, γενικεύω, επεκτείνω, δίνω παράδειγμα, συμπεραίνω, ερμηνεύω, παραφράζω, προβλέπω, επαναγράφω, συνοψίζω, μεταφράζω, συζητώ, διασαφηνίζω*

Παραδείγματα: Μπορείς να γράψεις με *δικά σου* λόγια ... – Να κάνεις μια μικρή περίληψη του κειμένου (που διάβασες) – Τι θα συμβεί στο προηγούμενο πρόβλημα εάν ... (Τι νομίζεις πως θα γίνει εάν... ) – Ποια ήταν η κύρια ιδέα (π.χ. του άρθρου)– Ποιες είναι οι έννοιες κλειδιά (π.χ. του άρθρου) – Μπορείς να κάνεις διάκριση (μεταξύ των...) – Ποιες είναι

οι διαφορές – Να δώσεις ένα παράδειγμα για την έννοια που αναφέρεις – Πώς θα όριζες εσύ το ... - Σύμφωνα με τα ζεύγη τιμών των μεγεθών A και B να σχεδιάσεις το διάγραμμα  $A = f(B)$  – Ποιες θα ήταν οι συνέπειες (π.χ. ενός ατυχήματος σε ένα πυρηνικό εργοστάσιο παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας) κλπ

**Γ. Εφαρμογή (*application*):** Είναι η χρήση αφαίρεσης και αφηρημένων εννοιών ή γενίκευσης σε νέες καταστάσεις και πλαίσια, είναι η εφαρμογή της γνώσης που έχει αποκτηθεί από το μάθημα στο σχολείο, σε χώρους έξω από αυτό. Ο μαθητής επιλύει, χρησιμοποιεί αρχές σε *πραγματικές* καταστάσεις, *προβλέπει* το αποτέλεσμα. Απαραίτητη προϋπόθεση, επομένως, αυτού του υποτομέα είναι η γνώση και η κατανόηση. Εξετάζεται η ικανότητα της χρήσης της γνώσης, όχι απλά ως απομνημόνευση αλλά *και* ως εργαλείο μετά την κατανόησή της από τον μαθητή, για την επίλυση ζητούμενων θεμάτων, αφού η απλή κατανόηση μιας αρχής (έννοιας ή ενός νόμου, για παράδειγμα) *δεν συνεπάγεται απαραίτητα* τη δυνατότητα εφαρμογής της. Ο υποτομέας αυτός αφορά την επίλυση προβλημάτων στα μαθήματα των φυσικών επιστημών.

Ρήματα που χαρακτηρίζουν αυτόν τον υποτομέα:

*εφαρμόζω, μεταβάλλω, υπολογίζω, δομώ, παρουσιάζω, ανακαλύπτω, διαχειρίζομαι, τροποποιώ, λειτουργώ, προβλέπω, προετοιμάζω, παράγω, συσχετίζω, δείχνω, επιλύω, χρησιμοποιώ, εκφράζω, διδάσκω, καθιερώνω, αναπτύσσω*

Παραδείγματα: Γνωρίζεις κάποια *άλλη* περίπτωση όπου ... – Θα μπορούσε να συμβεί αυτό στην περίπτωση που ... - Μπορείς να ομαδοποιήσεις βάσει των χαρακτηριστικών όπως ... - Ποιους παράγοντες θα άλλαζες εάν ... - Μπορείς να εφαρμόσεις τη μέθοδο που χρησιμοποιήθηκε για κάποια δική σου εμπειρία ...; - Τι ερωτήσεις θα μπορούσες να κάνεις για ...; - Από τις πληροφορίες που δίνονται μπορείς να αναπτύξεις μια σειρά οδηγιών για το πρόβλημα; - Θα ήταν αυτή η πληροφορία χρήσιμη εάν είχες ένα άλλο πρόβλημα με ...;

**Δ. Ανάλυση (*analysis*):** Αφορά τη διάκριση των επιμέρους συστατικών μερών ενός προβλήματος και την κατανόηση της οργανωτικής τους δομής ώστε να κάνει με αυτόν τον τρόπο το αντικείμενο πιο σαφές και να αναδείξει την ιεράρχηση των δεδομένων και τη σχέση τους. Διακρίνει μεταξύ γεγονότων και συμπερασμάτων και συχνά τροποποιεί την αρχική αντίληψη. Η ικανότητα ανάλυσης είναι σε ένα ανώτερο επίπεδο από την κατανόηση και την εφαρμογή.

Ρήματα που χαρακτηρίζουν αυτόν τον υποτομέα:

*αναλύω, διαχωρίζω, συγκρίνω, αντιπαραβάλλω, αναπαριστώ με διάγραμμα, αποδομώ, διαφοροποιώ, διακρίνω, κάνω διακρίσεις, προσδιορίζω, επεξηγώ, συμπεραίνω, συσχετίζω, επιλέγω, υποδιαιρώ*

Παραδείγματα: Τι θα είχε συμβεί εάν ... - Γιατί αυτό το αποτέλεσμα είναι παρόμοιο με ... - Ποια άλλα αποτελέσματα θα ήταν πιθανά – Για ποιο λόγο συνέβησαν αυτές οι αλλαγές – Μπορείς να συγκρίνεις την απάντησή σου με αυτή που έδωσε ο συγγραφέας – Μπορείς να εξηγήσεις τι θα συνέβαινε εάν .. – Μπορείς να κάνεις διάκριση μεταξύ ... - Ποιες ήταν οι αιτίες πίσω από το ... - Με τι κριτήρια διακρίνονται τα αποτελέσματα σε ...

**Ε. Σύνθεση (synthesis):** Αφορά την ικανότητα του μαθητή να χτίζει ένα νέο νοητικό σχήμα ή μια δομή από διάσπαρτα στοιχεία. Αποτελεί ουσιαστικά την *αντίστροφη* πορεία της ανάλυσης. Βάζοντας και οργανώνοντας μαζί τα επιμέρους μέρη δίνει έμφαση στη δημιουργία μια νέας έννοιας ή δομής.

Ρήματα που χαρακτηρίζουν αυτόν τον υποτομέα:

*κατηγοριοποιώ, συνδυάζω, συντάσσω, συνθέτω, δημιουργώ, επινοώ, σχεδιάζω, εξηγώ, γενικεύω, τροποποιώ, οργανώνω, σχεδιάζω, ανακατανέμω, αναδομώ, συσχετίζω, αναδιοργανώνω, μοντελοποιώ, αναθεωρώ, επαναγράφω, συνοψίζω, λέω, γράφω, καθιστώ έγκυρο*

Παραδείγματα: Μπορείς να σχεδιάσεις ένα ... (π.χ. ηλεκτρικό κύκλωμα με συγκεκριμένη λειτουργία) – Μπορείς να δεις μια πιθανή λύση για το πρόβλημα ... - Εάν είχες πρόσβαση σε όλες τις δυνατές πηγές πως θα διαχειριζόσουν ... - Μπορείς να επινοήσεις ένα τρόπο για να εξετάσεις ... - Τι θα συμβεί εάν ... - Πόσους τρόπους μπορείς να χρησιμοποιήσεις για να .. – Μπορείς να βρεις νέες χρήσεις για ... -

**ΣΤ. Αξιολόγηση (evaluation):** Είναι το *υψηλότερο* επίπεδο στην ταξινομία του Bloom. Η ιδιαιτερότητα της πηγάζει από το γεγονός ότι υπεισέρχεται σε όλες τις προηγούμενες κατηγορίες τις οποίες όμως *προϋποθέτει*. Σε αυτόν τον υποτομέα ο μαθητής εκτιμά μια άποψη, της ασκεί ενδεχομένως κριτική, μπορεί να θέσει επιχειρήματα απέναντι σε μια πρόταση και διατυπώνει αξιολογικές κρίσεις. Οι ερωτήσεις κρίσεως αποσκοπούν ακριβώς σε αυτή την κατεύθυνση, όμως πρέπει να γίνονται με προσεκτικό τρόπο στοχεύοντας στην κρίση και όχι στη γνώμη του μαθητή

Ρήματα που χαρακτηρίζουν αυτόν τον υποτομέα:

*αξιολογώ, συγκρίνω, συμπεραίνω, αντιπαραβάλλω, ασκώ κριτική, συνηγορώ, περιγράφω, διακρίνω, αποτιμώ, εξηγώ, ερμηνεύω, δικαιολογώ, συσχετίζω, συνοψίζω, υποστηρίζω*

Παραδείγματα: Υπάρχει κάποια καλύτερη λύση για ... - Κρίνε την αξία του ... - Μπορείς να υποστηρίξεις τη θέση σου σχετικά με ... - Ποια είναι η γνώμη σου για το ... - Πως θα διαχειριζόσουν ... – Τι αλλαγές θα πρότεινες ... – Πιστεύεις ότι ... – Τι επίδραση θα έχει ... -

### **Η αναθεωρημένη ταξινόμια του Bloom (το μοντέλο Anderson, 2001)**

Παρότι αρκετοί ερευνητές θεωρούν το μοντέλο του Bloom έως και παρωχημένο (Marzano, 2000), με ανάγκη περαιτέρω αναθεώρησής του, το σύστημα κατηγοριοποίησης που προτείνει εξακολουθεί να είναι χρήσιμο εργαλείο για τη σχεδίαση ενός μαθήματος και την εξέλιξη ενός αναλυτικού προγράμματος. Ο Marzano χαρακτηριστικά αναφέρει ότι η ιεραρχική ταξινόμια υπονοεί πως κάθε ανώτερη ικανότητα συντίθεται από τις κατώτερές της (η σύνθεση προϋποθέτει γνώση, η εφαρμογή προϋποθέτει σύνθεση και ούτω καθεξής), κάτι το οποίο δεν είναι – σύμφωνα πάντα με τον Marzano – αληθές για μια ταξινόμια γνωστικών διαδικασιών όπως αυτή του Bloom. Η Anderson (2001) συμφωνεί ότι σχεδόν όλες οι σύνθετες μαθησιακές δραστηριότητες απαιτούν τη χρήση πολλών διαφορετικών γνωστικών ικανοτήτων.

Όπως κάθε θεωρητικό μοντέλο, η ταξινόμια του Bloom έχει τις αδυναμίες της και τα πλεονεκτήματά της. Το σημαντικότερο πλεονέκτημα του συγκεκριμένου μοντέλου είναι, σύμφωνα με την Anderson, ότι «έφτιαξε μια δομή γύρω από το πολύ σημαντικό αντικείμενο της σκέψης που είναι χρήσιμη για τους εκπαιδευτικούς». Από την άλλη πλευρά όμως, υπάρχει μικρή συμφωνία για το τι περιλαμβάνουν οι όροι όπως «ανάλυση» ή «αξιολόγηση». *Ακόμη, πολλές αξιόλογες δραστηριότητες, όπως τα προβλήματα και οι εργασίες δεν μπορούν να τοποθετηθούν σε αυτή την ταξινόμια και εάν αποπειραθεί κάτι τέτοιο, τους μειώνει τη δυναμική τους ως διδακτικές προοπτικές.*

Ο γνωστικός τομέας του Bloom υπέστη σημαντική αναθεώρηση από τα μέσα της δεκαετίας του '90 έως το 2000, μετά από μεθοδική εργασία από την ερευνητική ομάδα της L. Anderson (2001), που αφορούσε κυρίως:

*Α) την αλλαγή των ονομάτων των έξι κατηγοριών από ουσιαστικά σε ρήματα (αλλαγή στην ορολογία), Β) τη μικρή αναδιάταξή τους και Γ) την αλλαγή στην έμφαση*

Α) Η αλλαγή από ουσιαστικά σε ρήματα αποβλέπει στην κατάδειξη της σκέψης ως *ενεργού* διαδικασίας. Σύμφωνα με τον Pohl (2000), η αλλαγή ήταν απαραίτητη καθώς τα ρήματα είναι αυτά που περιγράφουν *δράση* και όχι τα ουσιαστικά.

Η κατηγορία «γνώση» μετονομάστηκε σε «θυμάμαι». Ο λόγος είναι ότι η γνώση είναι το αποτέλεσμα, το προϊόν της σκέψης και όχι μια αυτή καθεαυτή μορφή σκέψης. Κατά συνέπεια η λέξη «γνώση» δεν θεωρήθηκε ως η κατάλληλη να περιγράψει μια κατηγορία σκέψης και αντικαταστάθηκε.

Οι κατηγορίες «κατανόηση» και «σύνθεση» αντικαταστάθηκαν από τις λέξεις «αντίληψη» και «δημιουργία» αντίστοιχα, ώστε να αντικατοπτρίζουν καλύτερα τη φύση της σκέψης που προσδιορίζεται σε κάθε κατηγορία. Ως «αντίληψη» αποδίδεται εδώ η λέξη «understanding». Είναι λεπτή η γραμμή, εάν υπάρχει, μεταξύ «comprehension» και «understanding»

Β) Κατά την αναθεώρηση, άλλαξε η σειρά μεταξύ της «σύνθεσης» («δημιουργώ») και της «αξιολόγησης» («αξιολογώ»). Η αλλαγή αυτή έγινε χάριν της διαδεδομένης αντίληψης ότι εφόσον η ταξινόμια του Bloom αφορά τη σειρά αυξημένης πολυπλοκότητας, η **δημιουργική σκέψη** (δηλαδή το επίπεδο «δημιουργώ» στη νέα ταξινόμια) είναι μια πιο σύνθετη μορφή σκέψης από την **κριτική σκέψη** (δηλαδή το επίπεδο «αξιολογώ» στην αναθεωρημένη ταξινόμια). Ο λόγος είναι απλός: μπορεί κανείς να κάνει κριτική χωρίς να είναι δημιουργικός, να κρίνει δηλαδή μια ιδέα και να αιτιολογεί τις επιλογές του, όμως συνήθως η δημιουργία *απαιτεί* κριτική σκέψη. Κατά τις φάσεις δημιουργίας μιας καινούργιας ιδέας ή ενός καινούργιου τρόπου εξέτασης των πραγμάτων, κάποιες ιδέες *κρίνονται* και γίνονται αποδεκτές και κάποιες απορρίπτονται.

Στον πίνακα που ακολουθεί στην επόμενη σελίδα φαίνονται οι αλλαγές που συζητήθηκαν προηγουμένως:

| ΑΡΧΙΚΗ ΤΑΞΙΝΟΜΙΑ ΤΟΥ BLOOM | ΑΝΑΘΕΩΡΗΜΕΝΗ ΤΑΞΙΝΟΜΙΑ<br>ΤΗΣ ANDERSON |
|----------------------------|----------------------------------------|
|----------------------------|----------------------------------------|

|            |                    |
|------------|--------------------|
| Γνώση      | Θυμάμαι            |
| Κατανόηση  | Καταλαβαίνω        |
| Εφαρμογή   | Εφαρμόζω           |
| Ανάλυση    | Αναλύω             |
| Σύνθεση    | Αξιολογώ           |
| Αξιολόγηση | Σχεδιάζω / Συνθέτω |

Άλλες αλλαγές που αφορούν τη δομή:

Η *μονοδιάστατη* μορφή της αρχικής ταξινομίας αλλάζει σε *διδιάστατο* πίνακα με την προσθήκη των προϊόντων της σκέψης (δηλαδή τις διάφορες μορφές της γνώσης). Ως μορφές της γνώσης απαριθμούνται η *πραγματική*, η *εννοιολογική*, η *διαδικαστική* και η *μεταγνωστική* (Pohl, 2000).

*Αλλαγές στην έμφαση.* Η κύρια εστίαση της αναθεώρησης της ταξινομίας είναι στη χρήση της. Αυτό ουσιαστικά σημαίνει ότι η αναθεωρημένη ταξινομία αποτελεί ένα πιο «γνήσιο» εργαλείο για τον σχεδιασμό αναλυτικών προγραμμάτων, την εκπαιδευτική πράξη και την αξιολόγηση.

*Η αναθεώρηση στοχεύει σε ευρύτερο κοινό.* Η ταξινομία του Bloom παραδοσιακά αντιμετωπιζόταν ως εργαλείο με καλύτερη εφαρμογή στα *πρώτα* στάδια της σχολικής ζωής, δηλαδή στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση. Η αναθεωρημένη μορφή είναι *πιο καθολική* και εύκολα εφαρμόζεται σε πρωτοβάθμιο, δευτεροβάθμιο και ακόμη και σε τριτοβάθμιο επίπεδο εκπαίδευσης.

Στον πίνακα που ακολουθεί δίνεται μια περιεκτική περιγραφή των κατηγοριών και υποκατηγοριών (πρώτη στήλη), υποδείγματα αρχής προτάσεων (δεύτερη στήλη) και παραδείγματα δραστηριοτήτων και «προϊόντων» (τρίτη και τελευταία στήλη) σύμφωνα με το *αναθεωρημένο* μοντέλο.

| ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ – | ΥΠΟΔΕΙΓΜΑΤΑ ΑΡ- | ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΔΡΑ- |
|-------------|-----------------|-------------------|
|-------------|-----------------|-------------------|

| <i>υποκατηγορία</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | <b>ΧΗΣ ΠΡΟΤΑΣΕΩΝ</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | <b>ΣΤΗΡΙΟΤΗΤΩΝ</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><b>ΘΥΜΑΜΑΙ</b></p> <p><i>Αναγνώριση</i></p> <p>Προσδιορισμός της διδαγμένης γνώσης στη μνήμη<br/>(<i>Συνώνυμα: προσδιορίζω</i>)</p> <p><i>Ανάκληση</i></p> <p>Ανάκτηση της σχετικής γνώσης από μακροπρόθεσμη μνήμη<br/>(<i>Συνώνυμα: ανακτώ, ονομάζω</i>)</p>                                                                                                                                                                              | <p>Τι συνέβη μετά ...;</p> <p>Πόσα ...;</p> <p>Τι είναι ...;</p> <p>Ποιος ήταν στο ...;</p> <p>Μπορείς να ονομάσεις ...;</p> <p>Να βρεις το νόημα ...</p> <p>Να περιγράψεις τι συνέβη μετά ...</p> <p>Ποιος είπε το ...</p> <p>Ποιο από τα επόμενα είναι σωστό / λάθος</p> <p>Να προσδιορίσεις τον ...</p> <p>Να ονομάσεις όλα τα ...</p>                                      | <p>Να κάνεις ένα κατάλογο με τα κύρια γεγονότα της ιστορίας ...</p> <p>Κάνε μια χρονική σειρά των γεγονότων..</p> <p>Κάνε ένα πίνακα των γεγονότων</p> <p>Να φτιάξεις ένα κατάλογο των πληροφοριών που μπορείς να θυμηθείς</p> <p>Ποιοι ήταν στην ιστορία .</p> <p>Κάνε ένα πίνακα που να δείχνει ..</p> <p>Φτιάξε μια ακροστιχίδα</p> <p>Να απαγγείλετε ένα ποίημα</p> |
| <p><b>ΚΑΤΑΛΑΒΑΙΝΩ</b></p> <p><i>Ερμηνεία</i></p> <p>Αλλαγή από μια μορφή αναπαράστασης σε άλλη<br/>(<i>Συνώνυμα: παραφράζω, μεταφράζω, αναπαριστώ, διευκρινίζω</i>)</p> <p><i>Παράθεση παραδείγματος</i></p> <p>Εύρεση ενός συγκεκριμένου παραδείγματος ή απεικόνισης μιας έννοιας ή μιας αρχής<br/>(<i>Συνώνυμα: αναφέρω, εξιστορώ</i>)</p> <p><i>Ταξινόμηση</i></p> <p>Καθορισμός ότι κάτι ανήκει σε μια κατηγορία (π.χ. έννοια ή αρχή)</p> | <p>Μπορείς να γράψεις με δικά σου λόγια ...;</p> <p>Πως θα εξηγούσες ...;</p> <p>Μπορείς να γράψεις μια μικρή περίληψη;</p> <p>Τι νομίζεις ότι θα μπορούσε να συμβεί στη συνέχεια ..;</p> <p>Ποια ήταν η κύρια ιδέα;</p> <p>Φτιάξε το σχεδιάγραμμα μιας ιστορίας, ενός «σεναρίου»</p> <p>Να διευκρινίσεις το ...</p> <p>Να εξιστορήσεις ...</p> <p>Είναι έτσι όπως θα ...;</p> | <p>Φτιάξε ή αποκόψε εικόνες για να δείξετε ένα ιδιαίτερο γεγονός</p> <p>Να εξηγήσεις με παραδείγματα την κατά τη γνώμη σου κύρια ιδέα</p> <p>Να φτιάξεις μια σειρά από σκίτσα που να δείχνουν τη σειρά των γεγονότων</p> <p>Να γράψεις και να αποδώσεις ένα έργο βασισμένο στην ιστορία</p> <p>Πες την ιστορία με δικά σου λόγια</p>                                    |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                           |                                                                                                                                                                                                                   |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>(Συνώνυμα: κατηγοριοποιώ, ταξινομώ σε υποκατηγορίες)</p> <p><b>Συμπέρασμα</b></p> <p>Εξαγωγή λογικού συμπεράσματος από την πληροφορία που δόθηκε</p> <p>(Συνώνυμα: υπολογίζω προσεγγιστικά, σχολιάζω, προβλέπω, συμπεραίνω)</p> <p><b>Συνόψιση</b></p> <p>Περίληψη ενός γενικού θέματος ή ενός σημαντικού σημείου</p> <p>(Συνώνυμα: συνοψίζω, γενικεύω)</p> <p><b>Σύγκριση</b></p> <p>Ανίχνευση σχέσεων μεταξύ ιδεών, αντικειμένων, κλπ.</p> <p>(συνώνυμα: αντιπαραβάλλω, ταιριάζω, εκθέτω)</p> <p><b>Εξήγηση</b></p> <p>Κατασκευή ενός μοντέλου αιτίου – αποτελέσματος για ένα σύστημα</p> <p>(συνώνυμα: μοντελοποιώ)</p> | <p>Για ποιο λόγο ο ... αντέδρασε ...;</p> | <p>Γράψε μια περίληψη για το γεγονός</p> <p>Να ετοιμάσεις ένα διάγραμμα ροής για να παραθέσεις τη σειρά των γεγονότων</p>                                                                                         |
| <p><b>ΕΦΑΡΜΟΖΩ</b></p> <p><b>Εκτέλεση</b></p> <p>Εφαρμογή της γνώσης (συνήθως διαδικαστική) σε μια τυπική δοκιμασία</p> <p>(συνώνυμα: υλοποιώ)</p> <p><b>Εφαρμογή</b></p> <p>Εφαρμογή της γνώσης (συνήθως διαδικαστική) σε μια</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                           | <p><b>(Εκτέλεση)</b></p> <p>Να διαιρέσεις έναν αριθμό με έναν άλλο, και οι δυο με πολλά ψηφία</p> <p><b>(Χρήση)</b></p> <p>Να καθορίσεις τις καταστάσεις στις οποίες μπορεί να χρησιμοποιηθεί ο νόμος του ...</p> |



|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| μη συνηθισμένη δοκιμασία<br>(συνώνυμα: χρησιμοποιώ)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| <p><b>ΑΝΑΛΥΩ</b></p> <p><b>Διαφοροποίηση</b></p> <p>Διάκριση του υλικού που παρουσιάστηκε σε σχετικό και μη σχετικό μέρος<br/>(συνώνυμα: διακρίνω, επιλέγω, εστιάζω, διαφοροποιώ)</p> <p><b>Οργάνωση</b></p> <p>Καθορισμός του πως τα στοιχεία ενός συνόλου, μιας δομής, ταιριάζουν λειτουργικά<br/>(συνώνυμα: σκιαγραφώ, δομώ, ολοκληρώνω, βρίσκω ειρμό)</p> <p><b>Απόδοση</b></p> <p>Καθορισμός της άποψης, της προκατάληψης, των αξιών ή των σκοπών που υπόκεινται στο υλικό που παρουσιάστηκε<br/>(συνώνυμα: αποδομώ, αποσυναρμολογώ)</p> | <p>Ποια γεγονότα θα μπορούσαν να μην έχουν συμβεί; Εάν είχε συμβεί το ... ποιο θα μπορούσε να ήταν το τέλος;</p> <p>Πως το ... είναι παρόμοιο με ...</p> <p>Τι άλλο βλέπεις ως πιθανό αποτέλεσμα;</p> <p>Γιατί συνέβησαν οι αλλαγές ... αυτές;</p> <p>Τι είναι αυτά τα .. ή τα προβλήματα από...</p> <p>Μπορείς να ξεχωρίσεις μετὰξού...</p> <p>Ποια ήταν μερικά από τα κίνητρα πίσω από ...</p> <p>Ποιο ήταν το κρίσιμο σημείο;</p> <p>Ποιο ήταν το πρόβλημα με ...</p> | <p>Σχεδίασε ένα ερωτηματολόγιο για την απόκτηση πληροφορίας</p> <p>Φτιάξε μια διαφήμιση για να προβάλλεις ένα νέο προϊόν</p> <p>Φτιάξε ένα πίνακα ροής για να δείξεις τα κρίσιμα στάδια</p> <p>Να κατασκευάσεις ένα διάγραμμα για να παρουσιάσεις την επιλεγμένη πληροφορία</p> <p>Φτιάξε ένα διάγραμμα τύπου «οικογενειακό δένδρο» για να δείξεις τις σχέσεις</p> <p>Να σχεδιάσεις ένα έργο σχετικό με το πεδίο έρευνας</p> <p>Γράψε τη βιογραφία ενός προσώπου που μελετήθηκε</p> <p>Ετοίμασε μια αναφορά σχετικά με το πεδίο της έρευνας</p> |
| <p><b>ΑΞΙΟΛΟΓΩ</b></p> <p><b>Έλεγχος</b></p> <p>A. Ανίχνευση αντιφάσεων ή εσφαλμένων αντιλήψεων σε μια διαδικασία</p> <p>B. Προσδιορισμός εάν μια διαδικασία διέπεται από εσωτερική συνοχή<br/>(συνώνυμα: ελέγχω, ανιχνεύω)</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | <p>Υπάρχει κάποια καλύτερη λύση για. ...</p> <p>Εκτίμησε την αξία του ... Τι νομίζεις για ...;</p> <p>Μπορείς να υποστηρίξεις την άποψή σου σχετικά με ...</p> <p>Τι νομίζεις ... είναι καλό ή κακό;</p> <p>Πως θα χειριζόσουν ...;</p>                                                                                                                                                                                                                                  | <p>Να οργανώσεις μια συζήτηση σχετικά με ένα θέμα ειδικού ενδιαφέροντος</p> <p>Να κάνεις ένα φυλλάδιο με μερικούς (π.χ. πέντε) κανόνες που θεωρείς σημαντικούς.</p> <p>Προσπάθησε να πείσεις τους άλλους</p> <p>Φτιάξε μια ομάδα για να συ-</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>ω, εξετάζω, παρακολουθώ)</p> <p><b>Κριτική</b></p> <p>Ανίχνευση της καταλληλότητας μιας διαδικασίας για ένα πρόβλημα ή μια δοκιμασία<br/>(συνώνυμα: κρίνω)</p>                                                                                                                       | <p>Τι αλλαγές θα πρότεινες ...;</p> <p>Πιστεύεις πως ... Πως θα αισθανόσουν αν ...</p> <p>Πόσο αποτελεσματικό είναι ...</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | <p>ζητήσετε τις απόψεις σας</p> <p>Γράψε μια επιστολή στον ... προτείνοντας αλλαγές που χρειάζονται</p> <p>Γράψε μια αναφορά για ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα δραστηριοτήτων</p> <p>Προετοίμασε μια κατάσταση για να παρουσιάσεις την άποψή σου σχετικά με ...</p>                                                                                                                                                                             |
| <p><b>ΔΗΜΙΟΥΡΓΩ</b></p> <p>Παραγωγή</p> <p>Θέτω σε συζήτηση εναλλακτικές προτάσεις ή υποθέσεις που είναι βασισμένες σε κριτήρια<br/>(Συνώνυμα: υποθέτω)</p> <p>Προγραμματισμός</p> <p>Σχεδιάζω μια διαδικασία για να ολοκληρώσω μια δοκιμασία<br/>(Συνώνυμα: καταστρώνω, εφευρίσκω)</p> | <p>Μπορείς να σχεδιάσεις ένα ... για ...</p> <p>Διαβλέπεις κάποια πιθανή λύση για το ...</p> <p>Αν είχες πρόσβαση σε όλες τις πηγές, πως θα χειρίζο-<br/>σουν το ...</p> <p>Γιατί δεν σχεδιάζεις το δικό σου τρόπο για ...</p> <p>Τι θα συνέβαινε εάν</p> <p>Πόσους τρόπους μπορείς να χρησιμοποιήσεις για ...</p> <p>Μπορείς να δημιουργήσεις νέες και ασυνήθιστες χρήσεις για ...</p> <p>Μπορείς να αναπτύξεις μια πρόταση με την οποία θα μπορούσες να ...</p> | <p>Να επινοήσεις μια συσκευή που να κάνει μια συγκεκριμένη λειτουργία</p> <p>Σχεδιάσε ένα κτίριο για να στεγάσεις τη μελέτη σου</p> <p>Δημιούργησε ένα νέο προϊόν. Δώσε του όνομα και σχεδιάσε μια εμπορική διαφήμισή του</p> <p>Γράψε ένα έργο για τηλεόραση, ένα παιχνίδι ρόλων, ένα τραγούδι ή μια παντομίμα για ένα θέμα</p> <p>Σχεδιάσε το εξώφυλλο ενός βιβλίου, δίσκου ή περιοδικού για το ... θέμα</p> <p>Σχεδιάσε ένα τρόπο για να ...</p> |

Ένα στοιχείο που διαφοροποιεί το αναθεωρημένο μοντέλο από το αρχικό του Bloom έγκειται στο γεγονός ότι τα στοιχεία του νέου είναι διατυπωμένα με σαφέστερο τρόπο και

οι γνωστικές διαδικασίες μπορούν ευκολότερα να ανιχνευθούν και να καταγραφούν, με αποτέλεσμα να είναι πιο σαφής και εύκολη η αξιολόγηση και η αυτοαξιολόγηση.

### **Ο συναισθηματικός τομέας**

Ο συναισθηματικός τομέας (Krathwohl, Bloom, Masia, 1973) περιλαμβάνει τους τρόπους με τον οποίο ο μαθητής αντιμετωπίζει τις συγκινησιακές καταστάσεις που προκαλούνται σε αυτόν κατά τη διάρκεια της διδασκαλίας, όπως τα *συναισθήματα*, οι *αξίες*, η *εκτίμηση*, οι *ανταποκρίσεις*, οι *αντιδράσεις*, οι *ενθουσιασμοί*, τα *κίνητρα* και οι *στάσεις*. Υπάρχουν πέντε κύριες κατηγορίες που ταξινομούνται από την απλούστερη συμπεριφορά έως την πιο πολύπλοκη:

**A. Πρόσληψη φαινομένων (*Receiving Phenomena*):** αφορά την *συνειδητοποίηση*, την δεκτικότητα, την επιλεκτική προσοχή. Εκφράζει ότι κάτι υποπίπτει στην αντίληψη του ατόμου ή την ευαισθησία του στην ύπαρξη ορισμένων ιδεών, υλικών ή φαινομένων και την επιθυμία της ανοχής σε αυτά. Για παράδειγμα, να διαφοροποιήσει, να δεχθεί, να ακούσει και να αποκριθεί

Τα ρήματα που χαρακτηρίζουν αυτή την κατηγορία:

*ρωτώ, επιλέγω, περιγράφω, ακολουθώ, δίνω, συγκρατώ, προσδιορίζω, εντοπίζω, ονομάζω, δείχνω, κάθομαι, σηκώνομαι, απαντώ, χρησιμοποιώ*

Παράδειγμα: Ο μαθητής ή η μαθήτρια ακούει τους άλλους με προσοχή. Θυμάται ένα καινούργιο όνομα. Διαβάζει ένα άρθρο για το πυρηνικό ατύχημα στο Τσέρνομπιλ και τις επιπτώσεις του στην Ελλάδα – Αναγνωρίζει ότι το θέμα της πυρηνικής ενέργειας δεν είναι απλά μια «ακόμη είδηση»

**B. Ανταπόκριση στα φαινόμενα (*Responding to Phenomena*):** Αφορά την εκδήλωση διάθεσης συμμετοχής του μαθητή στη διδακτική διαδικασία. Παρακολουθεί και αντιδρά σε ένα συγκεκριμένο φαινόμενο. Τα μαθησιακά αποτελέσματα μπορεί να δίνουν έμφαση στην προθυμία για απάντηση, στην υποχρέωση για απάντηση ή στην ευχαρίστηση για απάντηση (κίνητρο). Συνήθως, τα μαθησιακά αποτελέσματα και οι διδακτικοί στόχοι συγχέονται μεταξύ τους και χρησιμοποιούνται συνώνυμα ενώ δεν έχουν το ίδιο περιεχόμενο. Οι διδακτικοί στόχοι «*αφορούν τη διδασκαλία και τις προθέσεις του διδάσκοντα ενώ τα μαθησιακά αποτελέσματα αφορούν τη μάθηση*» (Adam, 2004). Ο Moon (2002) διακρίνει τα μαθησιακά αποτελέσματα από τους διδακτικούς στόχους υποδεικνύοντας ότι οι τελευταίοι «*δείχνουν το γενικό περιεχόμενο, την κατεύθυνση και τις προθέσεις από την πλευρά του δασκάλου ή του σχεδιαστή του διδακτικού αντικειμένου*». Το άτομο δεσμεύεται κατά κάποιο

τρόπο στις ιδέες, τα υλικά ή τα φαινόμενα με τα οποία εμπλέκεται, ανταποκρινόμενος ενεργά σε αυτά. Για παράδειγμα, συμμορφώνεται σε κάτι, ακολουθεί, σχολιάζει, αναλαμβάνει με δική του πρωτοβουλία, αφιερώνει σε κάτι τον ελεύθερο χρόνο του, αναγνωρίζει και επιδοκιμάζει

Τα ρήματα που χαρακτηρίζουν αυτή την κατηγορία:

*απαντώ, βοηθώ, ενισχύω, συμμορφώνομαι, προσαρμόζομαι, συζητώ, χαιρετώ, συντρέχω, χαρακτηρίζω, αποδίδω, μελετώ, παρουσιάζω, διαβάζω, εκθέτω, επιλέγω, αφηγούμαι, γράφω*

Παράδειγμα: Συμμετέχει σε συζητήσεις στην τάξη – Κάνει παρουσίαση μιας εργασίας – Κάνει ερωτήσεις πάνω σε νέες έννοιες, ιδέες, μοντέλα, με σκοπό την καλύτερη κατανόηση – Γνωρίζει τους κανόνες ασφαλείας σε ένα εργαστήριο και τους εφαρμόζει – Αναζητά πληροφορίες για λέξεις / έννοιες / γεγονότα που συνάντησε κατά τη διάρκεια της ανάγνωσης του άρθρου – Ερευνά για περισσότερα άρθρα σχετικά με τα πυρηνικά εργοστάσια – Συμμετέχει ενεργά στις δραστηριότητες μιας συνθετικής εργασίας (project)

**Γ. Εκτίμηση αξιών ή αποτίμηση (Valuing):** Αφορά την αξία ή την τιμή που προσδίδει ο μαθητής σε ένα συγκεκριμένο αντικείμενο, φαινόμενο ή συμπεριφορά. Μπορεί να είναι μια απλή αποδοχή, μια προτίμηση και μια δέσμευση ή υποχρέωση απέναντι σε μια αξία. Η εκτίμηση βασίζεται στη εσωτερίκευση μιας ομάδας συγκεκριμένων αξιών οι οποίες συνήθως είναι αναγνωρίσιμες καθώς εκτίθενται μέσω της προφανούς συμπεριφοράς του μαθητή. Το άτομο επιθυμεί να αντιμετωπίζεται από εξωτερικούς παρατηρητές, ότι αποδέχεται συγκεκριμένες ιδέες, υλικά ή φαινόμενα και τα αντιμετωπίζει με σταθερότητα. Τα παραδείγματα περιλαμβάνουν την εξέταση πολλών απόψεων για ένα θέμα ώστε να έχει την καλύτερη εικόνα γι αυτό, να συζητά για αμφισβητούμενα θέματα υποστηρίζοντας τις απόψεις του και να έχει πίστη στις μεθόδους της συζήτησης.

Τα ρήματα που χαρακτηρίζουν αυτή την κατηγορία:

*ολοκληρώνω, παρουσιάζω, διαφοροποιώ, εξηγώ, ακολουθώ, σχηματίζω, ξεκινώ, προσκαλώ, ενώνω, δικαιολογώ, προτείνω, διαβάζω, αναφέρω, επιλέγω, μοιράζομαι, μελετώ, εργάζομαι*

Παράδειγμα: Εκδηλώνει εμπιστοσύνη στη δημοκρατική διαδικασία – Είναι ευαίσθητος/η σε θέματα ατομικών και πολιτισμικών διαφορών (ποικιλομορφία αξιών) - Δείχνει ικανότητα να επιλύει προβλήματα – Προτείνει ένα σχέδιο για κοινωνική βελτίωση και το ακολουθεί με προσήλωση – Ενημερώνει τη διεύθυνση ή τον καθηγητή για θέματα που απασχολούν – Αναγνωρίζει ότι η πυρηνική ενέργεια αποτελεί εναλλακτική λύση στο ενεργειακό πρόβλημα, αλλά και ότι ταυτόχρονα αποτελεί και «οικολογική» βόμβα – Μελετά την περίπτωση εκμετάλλευσης ενέργειας από πυρηνική σύντηξη και τα πλεονεκτήματά της απέ-

ναντι στην ενέργεια από σχάση – Επιδεικνύει ευαισθησία σε περιβαλλοντικά θέματα που αφορούν ραδιενεργή μόλυνση

**Δ. Οργάνωση (Organization):** Αντιπαραθέτει διάφορες αξίες θέτοντας τις σε προτεραιότητες και τις οργανώνει επιλύοντας τις συγκρούσεις μεταξύ τους και δημιουργώντας ένα ενιαίο σύστημα αξιών. Η έμφαση είναι στη *σύγκριση, συσχέτιση και σύνθεση* αξιών. Αφορά τη συσχέτιση της αξίας με αυτές που ήδη έχουν καταξιωθεί και την οργάνωση τους σε ένα ολοκληρωμένο σύστημα. Παραδείγματα είναι η συζήτηση, η υπόθεση, η δημιουργία, η ισορροπία, η εξέταση. Στην κατηγορία αυτή το άτομο αρχίζει να ασκεί κριτική σε θέματα που αφορούν την κοινωνία του.

Τα ρήματα που χαρακτηρίζουν αυτή την κατηγορία:

*εμμένω, αλλάζω, τακτοποιώ, συνδυάζω, συγκρίνω, ολοκληρώνω, υπερασπίζομαι, εξηγώ, διατυπώνω, γενικεύω, προσδιορίζω, ενοποιώ, τροποποιώ, κατατάσσω, οργανώνω, προετοιμάζω, συσχετίζω, συνθέτω*

Παράδειγμα: Αναγνωρίζει την ανάγκη για ισορροπία μεταξύ ελευθερίας και υπεύθυνης συμπεριφοράς – Αποδέχεται την ευθύνη για τη συμπεριφορά του/της – Εξηγεί το ρόλο της συστηματικής σχεδίασης στην επίλυση προβλημάτων – Δέχεται επαγγελματικά ηθικά πρότυπα – Διευθετεί το χρόνο για την αποτελεσματική αντιμετώπιση των αναγκών του – Αφιερώνει τον περιορισμένο ελεύθερο χρόνο του στον εθελοντισμό σε μια περιβαλλοντική εκστρατεία ή πιο απλά ενημερώνοντας άτομα του εγγύς ή του ευρύτερου περιβάλλοντός του – Αναγνωρίζει την ανάγκης ύπαρξης ισορροπίας ανάμεσα στην ελευθερία και την υπεύθυνη συμπεριφορά – Εκφέρει γνώμη για ένα σημαντικό θέμα (π.χ. τον βιολογικό πόλεμο)

**Ε. Αξιολογικός χαρακτήρας:** Το σύστημα προσωπικών αξιών διαμορφώνει την προσωπική φιλοσοφία, τα ιδανικά και την κοσμοθεωρία. Ο τρόπος ζωής του ατόμου και η συμπεριφορά του είναι συνεπής με αυτά και χαρακτηριστική. Είναι η οργάνωση των αξιών που έχουν εσωτερικοποιηθεί σε ένα γενικευμένο σύστημα που περιλαμβάνει και κρίνει τα φαινόμενα. Παραδείγματα είναι η βελτίωση της εικόνας για ένα ερώτημα που αφορά τον φυσικό κόσμο, η απαίτηση για το προηγούμενο, η συνειδητοποίηση των αντιλήψεών του, η αποφυγή καταστάσεων, η αντίσταση σε δυσάρεστες καταστάσεις κ.α.

Τα ρήματα που χαρακτηρίζουν αυτή την κατηγορία:

*Ενστερνίζομαι, επαληθεύω, δρω, τροποποιώ, υπερασπίζομαι, εθίζω, πρεσβεύω, διατυπώνω, κρίνω*

Παράδειγμα: Ευαισθητοποιείται σε θέματα προστασίας του περιβάλλοντος, δεσμεύεται για αυτά και συμπεριφέρεται ανάλογα – Προσανατολίζεται σε επάγγελμα σχετικό με το περιβάλλον, ώστε να είναι σε θέση να το προστατέψει – Ενεργοποιείται σε οργανώσεις και συλλόγους που υπηρετούν τις αξίες που προσβέβει.

### **Στοχοταξινόμια του GAGNÉ**

Ο Gagné (1970), σε ένα άλλο σύστημα ταξινόμησης, προσπάθησε να συνενώσει σε ένα ενιαίο σύνολο γνωστικούς, συναισθηματικούς και ψυχοκινητικούς στόχους. Η ταξινόμια του Gagné χαρακτηρίζεται ως η πλέον δημοφιλής στο πεδίο του εκπαιδευτικού σχεδιασμού, σύμφωνα με τον Reigeluth (1983). Το γεγονός αυτό οφείλεται κυρίως στη δυνατότητα της ταξινόμιας να διακρίνει καθαρά ανάμεσα στους αφηρημένους και συγκεκριμένους ορισμούς της μάθησης (Seels & Glasgow, 1990). Κατατάσσει έτσι τους στόχους σε πέντε (5) επίπεδα μάθησης:

α) *Πληροφορίες και γνώσεις* για γεγονότα, πράγματα, καταστάσεις, αρχές και γενικεύσεις. Αναφέρονται στην ικανότητα του ατόμου να κατονομάσει ένα αντικείμενο ή γεγονός ή να δώσει απάντηση σε μια ερώτηση που του τίθεται. Η απάντηση μπορεί να περιλαμβάνει σειρά γεγονότων και να είναι γραπτή ή προφορική. Για παράδειγμα να απαντά σε ερώτηση σχετική με το που και πότε χρησιμοποιήθηκε η ατομική βόμβα ή ποιο ήταν το ατομικό πρότυπο του Bohr. Σε αυτό το επίπεδο μάθησης περιλαμβάνεται και το σώμα των γεγονότων που αναφέρεται στην ικανότητα του ατόμου να ανακαλεί ένα σύνολο συνδεδεμένων μεταξύ τους γεγονότων, όπως για παράδειγμα η αναφορά στα μοντέλα που διατυπώθηκαν για τη φύση του φωτός από την αρχαιότητα έως την θεωρία του Planck.

β) *Νοητικές δεξιότητες* : Αφορούν τη διάκριση ερεθισμάτων, το σχηματισμό εννοιών και ορισμών, την κατάταξη εννοιών, τον σχηματισμό και χρησιμοποίηση κανόνων στη λύση προβλημάτων. Για παράδειγμα, ζητείται από τον μαθητή να φτιάξει ένα διάγραμμα ροής, μια μεθοδολογία, με άλλα λόγια, των ενεργειών του προκειμένου να επιλύσει ένα πρόβλημα. Είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθούν κατά τη διαδικασία αυτή κανόνες που ανάλογα με το αποτέλεσμα που θα έχουν στο πρόβλημα, να υιοθετούνται ή να απορρίπτονται.

γ) *Γνωστικές στρατηγικές*: Είναι οι εσωτερικές λειτουργίες που επιτρέπουν στο μαθητή να κατευθύνει τις γνωστικές λειτουργίες του. Για παράδειγμα, να αυτοαξιολογηθεί με ένα τεστ έτσι ώστε να διαπιστώσει πόση μελέτη απαιτείται για να καλύψει ένα αντικείμενο ή να γνωρίζει τι είδη ερωτήσεων να κάνει ώστε να προσδιορίσει καλύτερα ένα τομέα της

γνώσης. Ακόμη αφορούν την ικανότητα να δημιουργεί ένα νοητικό μοντέλο του προβλήματος.

δ) *Ψυχικές στάσεις*: Αφορά μια εσωτερική κατάσταση που επηρεάζει την επιλογή του ατόμου προς μια δράση απέναντι σε ένα αντικείμενο, ένα πρόσωπο ή ένα γεγονός. Για παράδειγμα, η επιλογή να επισκεφθεί ένα μουσείο τέχνης, να γράψει ένα κείμενο αναζητώντας μια αιτία για ένα γεγονός.

ε) *Κινητικές δεξιότητες*: συντονισμός δράσης εγκεφάλου, αισθήσεων και μυϊκού συστήματος. Αναφέρονται σε κινήσεις του σώματος που περιλαμβάνουν μυϊκή δραστηριότητα.

Οι Chia et al (2006), σε εργασία τους για τη σύνδεση μεταξύ συναισθηματικής και γνωστικής προσέγγισης στη διδασκαλία της χημείας, χρησιμοποιούν τη στοχοταξινόμια του Gagné και τονίζουν ότι:

*«Η Χημεία μπορεί να εγείρει ενδιαφέρον, αντιπάθεια ή αδιαφορία στους μαθητές. Είτε συναρπάζονται από τα πειράματα επίδειξης ή τα πειράματα στο εργαστήριο, είτε αντιμετωπίζουν δυσκολίες στην κατανόηση αφηρημένων αντικειμένων όπως η ατομική δομή και η έννοια του mole, η χημεία είναι πέρα από κάθε αμφισβήτηση σπουδαία τόσο για τους μαθητές όσο και για το κοινό. Πολλά σημαντικά και ωφέλιμα επιτεύγματα έχουν προέλθει από τη χημεία, από την ανακάλυψη των στοιχείων έως τις πρόσφατες φασματοσκοπικές έρευνες της επιφάνειας του εδάφους του Άρη. Ταυτόχρονα, καταγράφονται αρνητικές επιπτώσεις, όπως ατυχήματα στη χημική βιομηχανία ή η χρήση χημικών όπλων μαζικής καταστροφής. Οι καθηγητές που διδάσκουν χημεία πρέπει να προετοιμάσουν τους μαθητές για εξετάσεις και ταυτόχρονα θα πρέπει να δημιουργούν διδακτικά περιβάλλοντα και πρακτικές που να στοχεύουν στον συναισθηματικό παράγοντα της μάθησης. Με αυτόν τον τρόπο είναι δυνατόν να κερδίσουν και να διατηρήσουν το ενδιαφέρον των μαθητών στο μάθημα της χημείας».*

Τα αναλυτικά προγράμματα σε αρκετές χώρες εστιάζουν σε αυτή την κατεύθυνση, όπως για παράδειγμα στην Σιγκαπούρη, που το αναλυτικό πρόγραμμα παρέχει τη δυνατότητα ολοκληρωμένης προσέγγισης τόσο γνωστικής όσο και συναισθηματικής στα μαθήματα των ΦΕ. Μακροπρόθεσμα, αυτό μπορεί να βοηθήσει στη δόμηση μιας κοινωνίας που να εκτιμά ή τουλάχιστον να κατανοεί την επίδραση της χημείας και των υπόλοιπων ΦΕ στην καθημερινή ζωή.

## **Η ταξινόμια του Klopfer**

Η ταξινόμια του Klopfer (1971), παρότι δεν είναι ευρύτατα διαδεδομένη, θεωρείται ως μια από τις πληρέστερες για τις φυσικές επιστήμες, περιλαμβάνοντας και τους τρεις τομείς (γνωστικό, συναισθηματικό και ψυχοκινητικό).

### **Οι κατηγορίες της ταξινόμιας του Klopfer<sup>1</sup>**

Α. Γνώση και κατανόηση ορολογίας, εννοιών, μεγεθών, αρχών, νόμων, κατανόηση μιας γνώσης, ερμηνεία μιας γνώσης από μια συμβολική αρχή σε άλλη, κ.λ.π.. Είναι η γνώση που δίνεται με συμβατικές μεθόδους, όπως η ανάγνωση συγγραμμάτων και η παρακολούθηση μαθημάτων ως μέρος αναλυτικού προγράμματος. Δεν αφορά εμπειρικές διαδικασίες όπως οι εργαστηριακές δραστηριότητες. Σχετίζεται με την κατά Bloom ταξινόμια στον τομέα «ανάκληση πληροφορίας».

Β. Παρατήρηση – μέτρηση. Αφορά την ικανότητα της περιγραφής παρατηρήσεων με την κατάλληλη ορολογία, της λήψης μετρήσεων και της επιλογής του κατάλληλου οργάνου για αυτές.

Γ. Εντοπισμός ενός προβλήματος και αναζήτηση τρόπων για την επίλυση του. Περιλαμβάνει την ικανότητα διατύπωσης της υπόθεσης εργασίας, την επιλογή των δοκιμασιών που θα χρησιμοποιηθούν για την επαλήθευση ή όχι της υπόθεσης και την επιλογή της κατάλληλης πειραματικής διαδικασίας.

Δ. Ερμηνεία δεδομένων και γενίκευση. Αφορά την ικανότητα λήψης των πειραματικών δεδομένων, κατασκευής διαγραμμάτων και ερμηνείας τους σύμφωνα με τα πειραματικά αποτελέσματα, επαλήθευσης ή απόρριψης των υποθέσεων και τη διατύπωση γενικεύσεων.

Ε. Κατασκευή, έλεγχος και τροποποίηση ενός θεωρητικού μοντέλου. Σε αυτή την κατηγορία περιλαμβάνεται η αναγνώριση από πλευράς του μαθητή, της αναγκαιότητας ενός θεωρητικού μοντέλου και η δημιουργία του για την προσαρμογή γνωστών φαινομένων και αρχών. Περιλαμβάνει επίσης την παραγωγή καινούργιων υποθέσεων, που προκύπτουν από αυτό το θεωρητικό μοντέλο και τις πειραματικές δραστηριότητες που θα πρέπει να πραγματοποιηθούν ώστε με τα αποτελέσματα τους να γίνει ο έλεγχος του μοντέλου.

ΣΤ. Εφαρμογή επιστημονικών μεθόδων και γνώσεων. Αποτελεί ένα ανώτερο επίπεδο στο οποίο ζητείται η εφαρμογή των μεθόδων σε νέα προβλήματα στον ίδιο και σε διαφορετικό τομέα της επιστήμης ή και της τεχνολογίας

---

<sup>1</sup> (Τα στοιχεία που αφορούν την ταξινόμια του Klopfer προέρχονται στην πλειονότητά τους από το βιβλίο των Ζησιμόπουλου Γ., Καφετζόπουλου Κ., Μουτζούρη – Μανούσου Ε. και Παπασταματίου Ν. «Θέματα Διδακτικής για τα μαθήματα των Φυσικών Επιστημών», εκδ. Πατάκη, 2002)



Ζ. Έλεγχος ψυχοκινητικού τομέα. Αφορά τις δεξιότητες στη χρήση και στο χειρισμό των εργαστηριακών οργάνων, όπως μικροσκόπια, πολύμετρα, φασματοσκόπια. κλπ

Η. Έλεγχος συναισθηματικού τομέα. Αναφέρεται στον συναισθηματικό τομέα και ακολουθεί την ταξινόμια του Krathwohl. Περιλαμβάνει θετική στάση απέναντι στην επιστήμη, αποδοχή ως μεθόδου σκέψης τη μέθοδο στην επιστημονική έρευνα και την υιοθέτηση της επιστημονικής μεθοδολογίας, την ανάπτυξη ενδιαφέροντος για επιστημονικές δραστηριότητες εκτός μαθημάτων και επαγγελματικής ενασχόλησης με αυτές.

Θ. Κατεύθυνση – προσανατολισμός. Συσχετίζει και διακρίνει μεταξύ διαφόρων τύπων επιστημονικής δραστηριότητας, αναγνωρίζει τα όρια των επιστημονικών εφαρμογών, την ιστορική εξέλιξη των επιστημονικών ιδεών και την αλληλεπίδραση επιστήμης τεχνολογίας κοινωνίας. Στην κατηγορία αυτή συναντώνται και τα ηθικά θέματα που προκύπτουν από την επιστημονική έρευνα.

### 1.3. ΟΙ ΑΤΥΠΕΣ ΠΗΓΕΣ ΜΑΘΗΣΗΣ

#### Τυπική και άτυπη εκπαίδευση

Ως **τυπική εκπαίδευση** (*formal learning*) ορίζεται το οργανωμένο, ιεραρχικά δομημένο και χρονικά διαβαθμισμένο εκπαιδευτικό σύστημα, που περιλαμβάνει τόσο τις γενικές ακαδημαϊκές σπουδές όσο και τα εξειδικευμένα προγράμματα και θεσμούς ολοκληρωμένης επαγγελματικής και τεχνικής εκπαίδευσης (Jeffs & Smith, 1999). Η τυπική εκπαίδευση παρέχεται στο πλαίσιο του τυπικού εκπαιδευτικού συστήματος και περιλαμβάνει όλες τις βαθμίδες εκπαίδευσης, από την πρωτοβάθμια έως το πανεπιστήμιο.

Με τον όρο «**άτυπη εκπαίδευση**» (*informal education*) μπορούμε να χαρακτηρίσουμε την δια βίου διαδικασία μέσω της οποίας κάθε άτομο αποκτά στάσεις, αξίες, δεξιότητες και γνώσεις από την καθημερινή εμπειρία και τις εκπαιδευτικές επιρροές του περιβάλλοντός του (π.χ. εργασία, οικογένεια, ελεύθερες ασχολίες, βιβλιοθήκες, μουσεία, ΜΜΕ, κινηματογράφος κ.λ.π) (Jeffs and Smith, 1990). Η άτυπη εκπαίδευση προκύπτει από καθημερινές δραστηριότητες οι οποίες σχετίζονται με την εργασία, την οικογένεια ή τον ελεύθερο χρόνο και δεν είναι διαρθρωμένη από άποψη μαθησιακών στόχων, χρόνου μάθησης ή διδακτικής υποστήριξης.

Οι **άτυπες πηγές μάθησης** συναντώνται σε περιβάλλοντα τόσο σχολικά όσο και εξω-σχολικά, χρησιμοποιώντας μέσα μαζικής ενημέρωσης, όπως εξωσχολικά βιβλία, εφημερίδες, περιοδικά, τηλεόραση, διαδίκτυο, μουσεία κ.ά. (Collins & Bodmer, 1986, Kariotoglou et al., 1999, Wellington, 1991).

#### Η σημασία των άτυπων μορφών εκπαίδευσης

Οι άτυπες μορφές εκπαίδευσης, κυρίως μέσω του μηχανισμού της εκλαΐκευσης, έχουν ιδιαίτερη αξία, καθώς συνήθως συνεισφέρουν (Παπανικολοπούλου, Χαλκιά, 2009):

- στην ευαισθητοποίηση των πολιτών και των μαθητών σε θέματα του φυσικού και τεχνολογικού περιβάλλοντος,
- στην πρόκληση ενδιαφέροντος για ένα επιστημονικό θέμα (π.χ. αναζήτηση πληροφοριών για μια εναλλακτική μορφή παραγωγής ενέργειας)
- στη δυνατότητα της μετάβασης από την κατάσταση του περιστασιακού ενδιαφέροντος για ένα θέμα, στην κατάσταση της ενεργού ανάμειξης σ' αυτό και
- στη δυνατότητα **αυτομόρφωσης** σ' ένα συγκεκριμένο πεδίο δράσης.

Οι Hofstein και Rosenfeld (1996) θεωρούν ότι η μάθηση που προέρχεται από άτυπες πηγές γνώσης, συμπεριλαμβανομένου του τύπου και των ηλεκτρονικών μέσων, είναι καλύτερα να ενσωματώνεται στην τυπική μορφή γνώσης και κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι η άτυπη γνώση μπορεί να συνεισφέρει στους μαθητές, δίνοντάς τους τις κατάλληλες δυνατότητες μάθησης και κίνητρα ώστε να διδαχθούν επιστημονικά θέματα τόσο εντός όσο και εκτός σχολικών πλαισίων.

Οι Parkinson και Adendorff (2004) αναφέρουν ότι τα εκλαϊκευμένα επιστημονικά άρθρα μπορούν να διαδραματίσουν ένα χρήσιμο ρόλο στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών και να τις κάνουν πιο βατές στους μαθητές. Ιδιαίτερα, τα εκλαϊκευμένα επιστημονικά άρθρα αντιμετωπίζουν τις επιστημονικές ανακαλύψεις περισσότερο ως προσωρινά παρά ως αναμφισβήτητα γεγονότα, όπως παρουσιάζονται σε σχολικά συγγράμματα ή όπως εμφανίζονται να παρουσιάζονται σε ερευνητικά άρθρα. Οι Oliveras, Marquez και Sanmarti (2011) προσδιόρισαν τις δυσκολίες που αντιμετώπισαν μαθητές (K-10) με την κριτική ανάγνωση άρθρων εφημερίδων που είχαν επιστημονικό περιεχόμενο και βρήκαν ότι οι δραστηριότητες που είχαν σχεδιάσει βοήθησαν τους μαθητές και φάνηκαν χρήσιμες στην κριτική ανάγνωση. Το ερευνητικό εργαλείο που χρησιμοποιήθηκε βοήθησε τους συγγραφείς να ανιχνεύσουν τις πτυχές της κριτικής σκέψης όπου οι μαθητές αντιμετώπισαν τις περισσότερες δυσκολίες και αφορούσε τον προσδιορισμό του σκοπού του συγγραφέα και την αναζήτησή στοιχείων στο κείμενο. Ακόμη, φάνηκε ότι η θέση που παρουσιαζόταν στα άρθρα είχε επίδραση στα αποτελέσματα.

Οι Lijnse et al. (1990) συμφωνούν ότι η πληροφορία που προέκυψε από τα MME για τη ραδιενέργεια που ήταν συνέπεια του ατυχήματος στο Chernobyl ήταν σημαντική ως σημείο εκκίνησης για τη διδασκαλία θεμάτων που σχετίζονται με αυτό το αντικείμενο. Ακόμη, οι Henriksen και Jorde (2001) ανέφεραν ότι μια επίσκεψη σε μια έκθεση με περιβαλλοντικά θέματα που σχετίζονται με ακτινοβολία παρείχε μαθησιακά οφέλη για την πλειοψηφία των μαθητών. Εν τούτοις, σημειώνουν, οι μαθητές που είχαν ισχυρές παρανοήσεις σχετικά με τα θέματα της έκθεσης, βρήκαν δυσκολία στο να ερμηνεύσουν σωστά τις νέες έννοιες που συνάντησαν σε αυτή.

Στις άτυπες πηγές μάθησης συναντάται ένα ευρύ και ποικίλο φάσμα επιστημονικών θεμάτων, όπως αυτά που αφορούν ιατρικά θέματα, υγεία και διατροφή, περιβάλλον, ενέργεια, νέα υλικά, αστρονομία και διάστημα. Αυτού του είδους η γνώση συμβάλλει αποφασιστικά στον Επιστημονικό Αλφαριθμητισμό των πολιτών και στις στάσεις που αυτοί υιοθετούν απέναντι στην επιστήμη, τα επιστημονικά θέματα και τα επιστημονικά προβλήματα

(Wellington, 1991, Jenkins, 1999, Halkia et al., 2001b, Χαλκιά & Φισφή, 2007). Τα θέματα τα σχετικά με την πυρηνική φυσική λόγω της ιδιότυπης σχέσης της με την κοινωνία (ειρηνικές και στρατιωτικές εφαρμογές, κίνδυνος ατυχημάτων) δεν είναι σπάνια.

Οι Ratcliff και Fullick (2001) τονίζουν την όλο και περισσότερη ανάγκη διερεύνησης μιας καλύτερης κατανόησης για το πώς οι μαθητές αναπτύσσουν τις δεξιότητές τους στο να αξιολογούν τις πληροφορίες για επιστημονικά θέματα που ανακοινώνονται σε κείμενα των MME).

Σύμφωνα με τον Κουλαϊδή (2000) η άτυπη μορφή γνώσης που αναγνωρίζεται ότι συμβάλλει ευρύτατα στον αλφαριθμητισμό της κοινωνίας είναι η «**επιστήμη του τύπου**».

Υπάρχουν δυο κύριες προσεγγίσεις σε αυτή την «επιστήμη του τύπου»: η πρώτη αφορά *επιστήμονες* (που ανήκουν κυρίως στην πανεπιστημιακή κοινότητα), δηλαδή ανθρώπους με μεγάλες και εξειδικευμένες γνώσεις πάνω σε συγκεκριμένα αντικείμενα. Οι επιστήμονες αυτοί, είτε περιστασιακά είτε σε ιδιαίτερες στήλες, διαπραγματεύονται επιστημονικά θέματα, πολλές φορές με εκλαϊκευμένο τρόπο ώστε αυτά να γίνονται κατανοητά ακόμη και από όσους αναγνώστες δεν έχουν το κατάλληλο θεωρητικό υπόβαθρο, δίχως αυτή η εκλαϊκευση να είναι σε βάρος της επιστημονικής ορθότητας. Η δεύτερη προσέγγιση είναι «δημοσιογραφική» (Laugksch, 2000), δηλαδή αφορά μια εντελώς *επιδερμική* προσέγγιση των επιστημονικών θεμάτων, η οποία πολλές φορές περιλαμβάνει – ενδεχομένως και σοβαρά – *επιστημονικά λάθη*.

### **Χρήση άρθρων του τύπου για κατάρτιση ερωτηματολογίου**

Οι περισσότερες έρευνες στη διδακτική των φυσικών επιστημών ασχολούνται με την τυπική εκπαίδευση, ενώ σαφώς λιγότερες είναι οι έρευνες που μελετούν τον ρόλο που μπορεί να παίξει η άτυπη εκπαίδευση στην επίτευξη Επιστημονικού Αλφαριθμητισμού στους μαθητές. Η χρήση άρθρων από επιστημονικές στήλες εφημερίδων για κατάρτιση ερωτηματολογίου είναι μια πρακτική όχι ιδιαίτερα διαδεδομένη σε αυτό το επίπεδο (πρωτοετείς φοιτητές), ενώ ακόμη ελάχιστες έρευνες ασχολούνται με το **ρόλο** των πηγών της άτυπης εκπαίδευσης. Σε έρευνα των Jarman και McClune (2002), αναφέρεται η εκτεταμένη χρήση άρθρων εφημερίδων και επιστημονικών περιοδικών από καθηγητές δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης στη Βόρεια Ιρλανδία, ως υποστηρικτικό υλικό για τη διδασκαλία. Τα αποτελέσματα της έρευνας δηλώνουν ακόμη πως η χρήση των άρθρων δεν είναι συστηματική, αλλά μάλλον περιστασιακή. Η πλέον κοινή τάση ήταν η επισήμανση των *δεσμών* μεταξύ της σχολικής επιστήμης και της καθημερινής ζωής. Λίγοι καθηγητές ανέφεραν πως χρησιμο-

ποίησαν τα άρθρα των εφημερίδων για να αναπτύξουν στους μαθητές τους την ικανότητα και την έφεση να διαβάζουν με κριτική σκέψη τα επιστημονικά άρθρα στα μέσα. Τέτοιου είδους ευρήματα θεωρούνται σημαντικά στα πλαίσια των συζητήσεων που αφορούν τα αναλυτικά προγράμματα και τον επιστημονικό αλφαριθμητισμό. Σε άλλο άρθρο («Newspaper Science, school science: Friends or enemies?», J. Wellington) του ίδιου περιοδικού, δέκα χρόνια νωρίτερα, είχε σχολιαστεί η ανίχνευση της σχέσης μεταξύ της επιστήμης που προβάλλεται από τον τύπο και της επιστήμης που διδάσκεται στο σχολείο. Αναφέρεται πως η μάθηση μέσω των εφημερίδων θεωρείται ως περίπτωση άτυπης μορφής επιστημονικής γνώσης, μια περιοχή μάθησης που είναι εμφανώς δύσκολο να αξιολογηθεί και η σχέση της με την τυπική μάθηση είναι δύσκολο να διευκρινιστεί. Η ικανότητα κατανόησης και αξιολόγησης ειδήσεων και άρθρων που σχετίζονται με τις φυσικές επιστήμες συχνά αναφέρεται ως ιδιότητα ενός επιστημονικά εναλφάβητου ατόμου (Elliot, 2006). Η ανάπτυξη τεχνικών μελέτης ενός επιστημονικού άρθρου έχει, όπως σημειώνει ο τελευταίος, μεγαλύτερη εφαρμογή και αποτελεσματικότητα σε μαθήματα που σχετίζονται με βιοτεχνολογία και παραπλήσια κοινωνικο – επιστημονικά θέματα. Είναι αποδεκτό πως η επιστήμη που παρουσιάζεται στις εφημερίδες μπορεί να έχει αξία στην τυπική εκπαίδευση εάν χρησιμοποιηθεί προσεκτικά και με κριτικό τρόπο. Παρόλα αυτά, υπάρχουν και αδυναμίες που προέρχονται από την ελλιπή παρουσίαση του τεχνολογικού και επιστημονικού αντικειμένου και των εσωτερικών μηχανισμών που οδηγούν στην αντίστοιχη γνώση (Dimopoulos, K., Koulidis, V., 2003). Κατά συνέπεια, προτείνεται το υλικό που παρέχει ο τύπος, να μπορεί να χρησιμοποιηθεί συμπληρωματικά στο ήδη υπάρχον συμβατικό διδακτικό υλικό, έτσι ώστε να *«φωτίσει κρίσιμες πλευρές της επιστήμης και της τεχνολογίας που φαίνονται να λείπουν από τον επίσημο παιδαγωγικό διάλογο της διδασκαλίας των ΦΕ»*. Γενικότερα, προτείνεται πως ένας από τους στόχους του αναλυτικού προγράμματος των φυσικών επιστημών θα πρέπει να αναπτύσσει στους μαθητές την ικανότητα και την τάση να μελετούν επιστημονικά άρθρα στις εφημερίδες με κατανόηση και υγιή σκεπτικισμό.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

### ΧΗΜΙΚΟΣ ΑΛΦΑΒΗΤΙΣΜΟΣ – ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΗΣ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗΣ HOFSTEIN, SHWARTZ ΚΑΙ BEN-ZVI ΓΙΑ NANOTEXΝΟΛΟΓΙΑ – ΠΡΑΣΙΝΗ ΧΗΜΕΙΑ

#### 2.1 ΘΕΩΡΗΤΙΚΑ ΠΛΑΙΣΙΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ ΤΩΝ HOFSTEIN, SHWARTZ ΚΑΙ BEN-ZVI

Η μελέτη των Hofstein et al σχεδιάστηκε υπό το πρίσμα δύο θεωρητικών πλαισίων. Το πρώτο είναι τα διάφορα επίπεδα του επιστημονικού αλφαριθμητισμού που προτάθηκαν από τους Bybee (1997) και BSCS (1993), όπως περιγράφηκε στην αντίστοιχη ενότητα. Στο δεύτερο θεωρητικό πλαίσιο παρουσιάζονται οι ιδιαίτερες διαστάσεις του *χημικού αλφαριθμητισμού* (Shwartz, 2004, Shwartz, Ben-Zvi & Hofstein, 2005). Οι διαστάσεις αυτές φαίνονται στην παράγραφο που ακολουθεί και που περιλαμβάνει τα κύρια σημεία όπως συμφωνήθηκαν μετά από εκτεταμένη έρευνα που σχεδιάστηκε και εξελίχθηκε πάνω σε αυτό το θέμα με τη συμμετοχή επιστημόνων (κυρίως χημικών), παιδαγωγών και καθηγητών χημείας δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης.

#### **Χημικός αλφαριθμητισμός**

Οι Shwartz, Ben-Zvi & Hofstein, σε εργασία τους του 2006, ερεύνησαν τη χρήση της ταξινόμησης του επιστημονικού αλφαριθμητισμού για την αξιολόγηση της ανάπτυξης χημικού αλφαριθμητισμού μαθητών λυκείου. Για την έννοια του χημικού αλφαριθμητισμού έθεσαν ως πρότυπα τα ακόλουθα:

#### **1. Γνώση επιστημονικού και χημικού περιεχομένου**

Ένα χημικά *εναλφάβητο* άτομο κατανοεί τις παρακάτω ιδέες:

##### **1α. Γενικές επιστημονικές ιδέες**

- Η χημεία είναι μια πειραματική επιστήμη. Οι χημικοί οργανώνουν επιστημονικές έρευνες, κάνουν γενικεύσεις, προτείνουν θεωρίες ώστε να εξηγήσουν τον φυσικό κόσμο.

- Η χημεία παρέχει γνώση που χρησιμοποιείται να εξηγεί φαινόμενα και σε άλλα πεδία, όπως οι επιστήμες της γης και οι επιστήμες της ζωής.

### **1β. Χαρακτηριστικά της χημείας (ιδέες κλειδιά)**

- Η χημεία προσπαθεί να εξηγήσει μακροσκοπικά φαινόμενα σε όρους μοριακής δομής της ύλης
- Η χημεία ερευνά τη δυναμική των διαδικασιών και των αντιδράσεων
- Η χημεία ερευνά τις ενεργειακές αλλαγές κατά τη διάρκεια μιας χημικής αντίδρασης.
- Η χημεία στοχεύει στην κατανόηση και ερμηνεία της ζωής σε όρους χημικών δομών και διαδικασιών των ζώντων συστημάτων.
- Οι χημικοί χρησιμοποιούν μια συγκεκριμένη γλώσσα. Ένα εναλφάβητο άτομο δεν χρειάζεται να χρησιμοποιεί αυτή τη γλώσσα αλλά θα πρέπει να εκτιμά τη συνεισφορά της στην ανάπτυξη της επιστήμης.

### **2. Η χημεία σε ένα γενικότερο πλαίσιο**

Ένα χημικά εναλφάβητο άτομο είναι σε θέση να:

- Αναγνωρίζει τη σημασία της χημικής γνώσης για την εξήγηση των καθημερινών φαινομένων.
- Χρησιμοποιεί την κατανόησή του/της στη χημεία στην καθημερινή του/της ζωή, ως καταναλωτής νέων προϊόντων και τεχνολογιών, στη λήψη αποφάσεων και στη συμμετοχή σε μια δημόσια συζήτηση που αφορά θέματα που σχετίζονται με τη χημεία.
- Αντιλαμβάνεται τις σχέσεις μεταξύ καινοτομιών στη χημεία και σε κοινωνιολογικές διαδικασίες.

### **3. Μαθησιακές ικανότητες υψηλότερης τάξης**

Ένα χημικά εναλφάβητο άτομο είναι σε θέση να

- Διατυπώσει μια ερώτηση, να ψάξει για πληροφορίες και να τις συσχετίσει με αυτήν, όταν χρειαστεί.
- Μπορεί να αναλύσει τα οφέλη ή τις ζημιές σε κάθε συζήτηση.

### **4. Συναισθηματικές διαστάσεις**

Ένα χημικά εναλφάβητο άτομο

- Έχει αμερόληπτη και ρεαλιστική άποψη για τη χημεία και τις εφαρμογές της. Επί πλέον, μπορεί να εκφράζει ενδιαφέρον για χημικά θέματα, ειδικά

σε μη εκπαιδευτικά πλαίσια (όπως για παράδειγμα, ένα τηλεοπτικό πρόγραμμα).

## **Πολυδιάστατος επιστημονικός αλφαριθμητισμός**

### **Διαβάζοντας και αναλύοντας ένα άρθρο (ένα μικρό άγνωστο κείμενο)**

Ο πολυδιάστατος επιστημονικός αλφαριθμητισμός σημαίνει, όπως αναφέρθηκε στην ενότητα του επιστημονικού αλφαριθμητισμού, ότι οι μαθητές έχουν αναπτύξει κάποια κατανόηση και εκτίμηση της επιστήμης και της τεχνολογίας σε σχέση με την καθημερινή τους ζωή. Σε αυτό το στάδιο οι μαθητές αρχίζουν να κάνουν συνδέσεις ανάμεσα στους επιστημονικούς κλάδους, και μεταξύ της επιστήμης, της τεχνολογίας και των μεγαλύτερων ζητημάτων που αποτελούν τις προκλήσεις για την κοινωνία μας (Bybee, 1997). Η αξιολόγηση όλων των διαστάσεων του επιστημονικού αλφαριθμητισμού είναι πιθανόν πολύ περίπλοκη και πιθανόν υπερβαίνει τους σκοπούς αυτής της εργασίας. Η αξιολόγηση επομένως αυτού του επιπέδου του επιστημονικού αλφαριθμητισμού περιορίζεται σε μια πολύ *συγκεκριμένη* πλευρά του και που είναι η ικανότητα των μαθητών (ή των φοιτητών, στη δική μας περίπτωση) να διαβάζουν και να κατανοούν ένα μικρό άρθρο που συνδέει την χημεία με προσωπικές και κοινωνικές απόψεις ή ακόμη και ιστορικές προσεγγίσεις. Η ικανότητα της ανάγνωσης, της κατανόησης, της συσχέτισης της νέας πληροφορίας με την προηγούμενη γνώση, της κριτικής και της πρόκλησης νέων επιπρόσθετων ερωτήσεων είναι σημαντικά συστατικά που απαιτεί ο προσδιορισμός του χημικού αλφαριθμητισμού, σε ότι αφορά τη διάσταση των απαιτούμενων δεξιοτήτων του.

### **Κριτική ανάγνωση ενός μικρού άγνωστου κειμένου**

Στην έρευνα που οργανώθηκε από τους Schwartz, Ben-Zvi & Hofstein, του Ινστιτούτου Φυσικών Επιστημών Weizmann στην πόλη Rehovot του Ισραήλ και που συζητήθηκε στην προηγούμενη παράγραφο, έγινε προσπάθεια αξιολόγησης των διαφόρων *διαστάσεων* του Επιστημονικού Αλφαριθμητισμού και πιο συγκεκριμένα του Χημικού Αλφαριθμητισμού. Η έρευνα αποτελούνταν από αρκετά σκέλη, το *τελευταίο* των οποίων αποτελούνταν από τη δραστηριότητα «**Κριτική Ανάγνωση ενός μικρού Άγνωστου Κειμένου**», που συνοδευόταν από ένα ερωτηματολόγιο και στόχευε στην ανίχνευση του *ανώτερου επιπέδου του ΕΑ* με την αξιολόγηση της ικανότητας φοιτητών συγκεκριμένων τμημάτων να αναλύσουν ένα κείμενο που περιέχει χημική πληροφορία.



Αυτή η διάσταση θεωρείται μέρος του εννοιολογικού και πολυδιάστατου χημικού αλφαριθμητισμού. Για την αξιολόγηση της εκδήλωσης των υψηλής τάξης γνωστικών δεξιοτήτων (ανάλυση, σύνθεση και ερμηνεία της πληροφορίας) σε ένα χημικό πλαίσιο, δόθηκαν σε πρωτοετείς φοιτητές δυο μικρά κείμενα. Το πρώτο, «**Πράσινη Χημεία**» παρουσιάζει το ρόλο της χημείας στη μείωση των προβλημάτων ρύπανσης και αποβλήτων. Στο δεύτερο, «**Ανθρωπότητα και υλικά διαμέσου της Ιστορίας**», γίνεται μια ανασκόπηση της χρήσης και της παραγωγής των υλικών από τον άνθρωπο ως μια συνάρτηση της αυξανόμενης κατανόησης της δομής της ύλης, αρχίζοντας από την Λίθινη Εποχή και την Εποχή του Σιδήρου και καταλήγοντας στην **νανοτεχνολογία** θέτοντάς την ως επόμενο επιστημονικό ορίζοντα. Τα κείμενα στην αρχική τους μορφή επεξεργάστηκαν και διαμόρφωσαν τα μέλη της ερευνητικής ομάδας του Ισραήλ, έτσι ώστε, όπως ομόφωνα αποφάνθηκαν, να ήταν κατανοητά από μαθητές επιπέδου *λυκείου* και οι οποίοι θα ήταν σε θέση να απαντήσουν στις ερωτήσεις που τα συνόδευαν. Τα κείμενα ακολουθούνταν από ερωτήσεις ανοικτού τύπου που μπορούν να ταξινομηθούν σε τέσσερις κατηγορίες:

- Κατανόηση της πληροφορίας που περιλαμβάνεται στο κείμενο (κατανόηση ανάγνωσης)
- Συσχέτιση με προηγούμενη χημική γνώση
- Λήψη αποφάσεων ή συλλογισμός
- Πρόκληση περαιτέρω ερωτήσεων

### **Η εφαρμογή της προσέγγισης των Hofstein, Shwartz και Ben-Zvi σε Έλληνες πρωτοετείς φοιτητές**

Οι παραπάνω δραστηριότητες μεταφράστηκαν από το πρωτότυπο αγγλικό κείμενο στα ελληνικά από την κ. Αικατερίνη Βλάχου, τότε μεταπτυχιακή φοιτήτρια του καθηγητή Γ. Τσαπαρλή και μοιράστηκαν σε ένα **σύνολο**  $N = 168$  πρωτοετών φοιτητών και μαθητών γ' λυκείου θετικής κατεύθυνσης. Οι φοιτητές προέρχονταν από τρία πανεπιστημιακά τμήματα και συγκεκριμένα από Τμήμα Χημείας (XHM) ( $N = 68$ ), Τμήμα Βιολογικών Εφαρμογών και Τεχνολογίας (BET) ( $N = 58$ ), και Τμήμα Μηχανικών Διαχείρισης Φυσικών Πόρων (ΜΔΦΠ) ( $N = 31$ ), ενώ το (μικρό) δείγμα μαθητών προέρχονταν από πειραματικό λύκειο επαρχιακής πόλης πρωτεύουσας νομού ( $N = 11$ ). Από τους συμμετέχοντες, ο μεγαλύτερος αριθμός είχε ακολουθήσει την θετική κατεύθυνση (ΘΕΤ) ( $N = 136$  ή 80%), ενώ οι υπόλοιποι ( $N = 32$  ή 20%) την τεχνολογική (ΤΕΧΝ). Κάθε φοιτητής ή μαθητής ασχολήθηκε με *ένα* μόνο από τα δυο κείμενα, ενώ αυτά μοιράστηκαν τυχαία.

Έχει σημασία στο σημείο αυτό να δοθεί και ένα επιπλέον στοιχείο για το ερευνητικό δείγμα, και το οποίο είναι οι βάσεις εισαγωγής των φοιτητών που συμμετείχαν στην έρευνα στα τμήματα των σχολών τους και οι οποίες είναι οι ακόλουθες:

Πίνακας 2.1 Φοιτητές ανά τμήμα, κατεύθυνση προέλευσης και οι βάσεις εισαγωγής ανά τμήμα

| ΤΜΗΜΑ                                        | ΑΡΙΘΜΟΣ ΣΥΜ-<br>ΜΕΤΕΧΟΝΤΩΝ<br>(ανά τμήμα) | ΑΡΙΘΜΟΣ ΣΥΜΜΕΤΕ-<br>ΧΟΝΤΩΝ<br>(ανά κατεύθυνση) |             | Βάση εισα-<br>γωγής<br>(2007) |
|----------------------------------------------|-------------------------------------------|------------------------------------------------|-------------|-------------------------------|
|                                              |                                           | Θετική                                         | Τεχνολογική |                               |
| Βιολ. Εφαρμογών<br>Τεχν.                     | 58                                        | 56                                             | 2           | <b>16445</b>                  |
| Χημείας                                      | 68                                        | 63                                             | 5           | <b>15629</b>                  |
| Μηχ. Διαχ. Φυσ.<br>Πόρων                     | 31                                        | 6                                              | 25          | <b>17337</b>                  |
| Πειραματικό λύ-<br>κειο Παν. Μακε-<br>δονίας | 11                                        | 11                                             | 0           | -                             |
| <b>Σύνολο</b>                                | <b>168</b>                                | <b>136</b>                                     | <b>32</b>   |                               |

Η αξιολόγηση των απαντήσεων έγινε από τον γράφοντα, ενώ ένα μικρό δείγμα απαντήσεων δόθηκε προς αξιολόγηση αρχικά σε *τρεις* καθηγητές χημείας δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης, ώστε να ελεγχθεί η αξιοπιστία της κριτικής του ερευνητή. Όπου χρειάστηκε η συνδρομή και εκπαιδευτικών άλλης ειδικότητας, αναφέρεται στη συνέχεια. Διαπιστώθηκε πολύ ικανοποιητική σύμπτωση μεταξύ της αξιολόγησης του ερευνητή και των καθηγητών. Η δομή και η φιλοσοφία των ερωτήσεων των δύο δραστηριοτήτων ήταν τέτοια που δεν ήταν δυνατόν να βαθμολογηθούν με ακρίβεια. Έτσι, η αξιολόγηση ή καλύτερα η κριτική και ταξινόμηση των απαντήσεων σε κατηγορίες έχει περισσότερο *ποιοτικό* χαρακτήρα και όπου κρίθηκε απαραίτητο υπάρχει ο ανάλογος σχολιασμός.

## 2.2 ΠΡΑΣΙΝΗ ΧΗΜΕΙΑ

Στη δραστηριότητα αυτή συμμετείχαν 85 φοιτητές, των οποίων η κατανομή ανά τμήμα σπουδών και ανά κατεύθυνση προέλευσης φαίνεται στον ακόλουθο πίνακα 2.2

Πίνακας 2.2: Συμμετοχή ανά τμήμα και ανά κατεύθυνση για τη δραστηριότητα «Πράσινη χημεία»

| ΤΜΗΜΑ                                 | ΑΡΙΘΜΟΣ ΣΥΜΜΕΤΕ-<br>ΧΟΝΤΩΝ<br>(ανά τμήμα) | ΑΡΙΘΜΟΣ ΣΥΜΜΕΤΕΧΟ-<br>ΝΤΩΝ<br>(ανά κατεύθυνση) |             |
|---------------------------------------|-------------------------------------------|------------------------------------------------|-------------|
|                                       |                                           | Θετική                                         | Τεχνολογική |
| Βιολ. Εφαρμογών Τεχν.                 | 29                                        | 28                                             | 1           |
| Χημείας                               | 34                                        | 31                                             | 3           |
| Μηχ. Διαχ. Φυσ. Πόρων                 | 16                                        | 3                                              | 13          |
| Πειραματικό λύκειο Παν.<br>Μακεδονίας | 6                                         | 6                                              | 0           |
| <b>Σύνολο</b>                         | <b>85</b>                                 | <b>68</b>                                      | <b>17</b>   |

Το κείμενο ήταν το ακόλουθο:

### Πράσινη Χημεία

Ο προϊστορικός άνθρωπος χρησιμοποίησε μόνο τα υλικά που βρήκε στα περίχωρά του – ξύλο, πέτρα, κλπ. Από τότε η ανθρωπότητα έχει μάθει να επεξεργάζεται και να παράγει τα υλικά, και ακόμη και να συνθέτει υλικά που δεν υπάρχουν στη φύση. Αυτά τα υλικά περιλαμβάνουν τα φάρμακα, τα λιπάσματα, τα πλαστικά υλικά, και άλλα. Είναι δύσκολο να φανταστούμε τη ζωή μας στον 21ο αιώνα χωρίς όλα τα υλικά που χρησιμοποιούμε και που αναπτύχθηκαν μέσω της γνώσης που αποκτήσαμε από τη χημική έρευνα.

Αλλά «δεν υπάρχει κανένα καλό χωρίς κακό». Η διαδικασία παραγωγής πολλών υλικών έχει ως αποτέλεσμα πολλές ανεπιθύμητες παρενέργειες και απόβλητες ουσίες (παραδείγματος χάρι, διαλύτης μετά τη χρήση του). Αυτά τα απόβλητα θάβονται στο έδαφος, ρέουν μέσα στις θάλασσες και τους ποταμούς, ή απελευθερώνονται ως αέρια στην ατμόσφαιρα.

Η διατήρηση του περιβάλλοντος και της φύσης είναι ένα σημαντικό πρόβλημα που η χημική βιομηχανία προσπαθεί και έχει υποχρέωση να αντιμετωπίσει. Στο παρελθόν οι προσπάθειες εστίασαν στον περιορισμό του επιτρεπόμενου ποσού περιβαλλοντικής ρύπανσης, αλλά τα τελευταία χρόνια ένας νέος τρόπος σκέψης εμφανίστηκε: να αποφύγουμε τις βλαβερές και ρυπογόνες δραστηριότητες. Αυτή η ιδέα αποτελεί τη βάση ενός σχετικά νέου επιστημονικού κλάδου, ο οποίος καλείται «πράσινη χημεία».

Οι κατευθυντήριες αρχές της «πράσινης χημείας» είναι:

- Να βρει νέους τρόπους παραγωγής που θα αποτρέψουν εντελώς το σχηματισμό ουσιών που ρυπαίνουν το περιβάλλον,
- Να αναπτύξει τεχνολογίες για την καλύτερη εκμετάλλευση της ενέργειας και τη μείωση της χρήσης του πετρελαίου,
- Να αναπτύξει τεχνολογίες που είναι βασισμένες σε διαδικασίες που συμβαίνουν στη φύση.

Παρακάτω θα εστιάσουμε στο παράδειγμα της οξείδωσης υδρογονανθράκων:

Η οξείδωση υδρογονανθράκων είναι ένας γενικός όρος για ένα μεγάλο αριθμό χημικών διαδικασιών, στις περισσότερες από τις οποίες ένα άτομο οξυγόνου προστίθεται σε ένα μόριο υδρογονάνθρακα ή πρόσθετοι χημικοί δεσμοί σχηματίζονται ανάμεσα στο άτομο του άνθρακα και στο άτομο του οξυγόνου. Οι διαδικασίες οξείδωσης των υδρογονανθράκων χρησιμεύουν στο να συνθέτονται πολλές χημικές ουσίες που χρησιμοποιούνται π.χ. για την παραγωγή φαρμάκων και ποικίλων πλαστικών υλικών.

Η αντίδραση καύσης είναι ένας ακραίος τύπος οξείδωσης στον οποίο τα μόρια υδρογονάνθρακα διασπώνται πλήρως, μέσω της αντίδρασης με το οξυγόνο και λαμβάνονται νέα προϊόντα. Όπως είναι γνωστό, ο αέρας που αναπνέουμε περιέχει οξυγόνο περίπου 21%. Είναι ευτύχημα για τα πλάσματα που ζουν στην επιφάνεια της Γης ότι το οξυγόνο του αέρα δεν τείνει να αντιδράσει με τους υδρογονάνθρακες στις θερμοκρασίες που επικρατούν στο κλιματολογικό μας σύστημα. Όμως, στις υψηλές θερμοκρασίες οι υδρογονάνθρακες αντιδρούν με το οξυγόνο και ακόμη και καίγονται. Οι ελεγχόμενες διαδικασίες οξείδωσης/καύσης έχουν ως αποτέλεσμα την παραγωγή μεγάλων ποσοτήτων ανεπιθύμητων παραπροϊόντων.

Ένας από τους δηλωμένους στόχους της πράσινης χημείας είναι να αναπτύξει ελεγχόμενες συνθήκες για την οξείδωση υδρογονανθράκων, με τις οποίες δεν θα παράγονται ανεπιθύμητα παραπροϊόντα. Παραδείγματος χάρη, χλωριούχες ενώσεις (ανάμεσα τους και το NaCl) παράγονται ως δευτερεύοντα προϊόντα στην παρούσα διαδικασία παραγωγής του προπυλενοξειδίου (που χρησιμεύει ως η πρώτη ύλη για την παραγωγή των δίσκων CD, ως καλύμματα για τα θερμοκήπια, και πολλά άλλα). Περίπου εκατό χιλιάδες τόνοι των χλωριούχων ενώσεων που παράγονται κατά τη διαδικασία μεταφέρονται κάθε χρόνο στους τόπους διάθεσης αποβλήτων, προκαλώντας με αυτό τον τρόπο ένα σοβαρό περιβαλλοντικό κίνδυνο. Ένα από τα προγράμματα που η ομάδα του καθ. Roni Neuman μελετά, στο ίδρυμα Weizmann Institute του Ισραήλ, είναι η ανάπτυξη μιας καθαρής διαδικασίας παραγωγής προπυλενοξειδίου. Αυτή η διαδικασία βασίζεται στη χρησιμοποίηση της αντίδρασης με το οξυγόνο στον αέρα προσθέτοντας έναν καταλύτη. Έτσι, η χρήση χλωριούχων ενώσεων αποφεύγεται εντελώς. Το παραπροϊόν σε αυτήν την αντίδραση είναι το νερό.

Έχοντας διαβάσει το παραπάνω κείμενο, απαντήστε στις ακόλουθες ερωτήσεις:

1. Σημειώστε τις κεντρικές ιδέες που συζητούνται στο άρθρο

2. Φτιάξτε ένα κατάλογο λέξεων – κλειδιών στο άρθρο
3. Απαριθμήστε τις έννοιες των οποίων η σημασία δεν είναι σαφής σε σας
4. Τι εννοεί ο συγγραφέας με τη χρησιμοποίηση της έκφρασης «δεν υπάρχει κανένα αγαθό χωρίς κακό»; Τι είναι «καλό»; Τι είναι «κακό»;
5. Σύμφωνα με το κείμενο, τι είναι η οξείδωση υδρογονανθράκων; Είσαι εξοικειωμένος /η με μια διαφορετική ερμηνεία της διαδικασίας οξείδωσης; Να εξηγήσεις και να δώσεις ένα παράδειγμα οξείδωσης που γνωρίζεις
6. «...το οξυγόνο του αέρα δεν τείνει να αντιδράσει με τους υδρογονάνθρακες στις θερμοκρασίες που επικρατούν στο κλιματολογικό μας σύστημα. Όμως, στις υψηλές θερμοκρασίες οι υδρογονάνθρακες αντιδρούν με το οξυγόνο και ακόμη και καίγονται...»  
Εξηγήστε γιατί οι υδρογονάνθρακες δεν αντιδρούν συνήθως με το οξυγόνο στη θερμοκρασία δωματίου, αλλά αντιδρούν σε υψηλή θερμοκρασία
7. Τι είναι καταλύτης; Ποιος είναι ο ρόλος των καταλυτών στο παράδειγμα που δίνεται στο κείμενο;
8. Τι εννοούσε ο συντάκτης στην παρατήρηση ότι «Είναι ευτύχημα για τα πλάσματα που ζουν στην επιφάνεια της Γης ότι το οξυγόνο του αέρα δεν τείνει να αντιδράσει με τους υδρογονάνθρακες στις θερμοκρασίες που επικρατούν στο κλιματολογικό μας σύστημα...»  
Γιατί είναι τα πλάσματα που ζουν στη γη τυχερά;
9. Το NaCl, που σημειώνεται στο άρθρο, είναι το επιτραπέζιο αλάτι, γνωστό σε όλους μας. Γιατί νομίζεις ότι αποτελεί περιβαλλοντικό κίνδυνο η παραγωγή του ως παραπροϊόντος στην παραπάνω διαδικασία;
10. Γράψε μέχρι τρεις (3) απορίες που σου δημιουργήθηκαν μετά από το διάβασμα του άρθρου αυτού

## 1. Οι κεντρικές ιδέες που συζητούνται στο άρθρο

Σε αυτή την πρώτη δραστηριότητα ζητούνταν η καταγραφή των κεντρικών ιδεών του άρθρου. Από την επεξεργασία των ερωτηματολογίων προέκυψε ότι εκτός από 6 φοιτητές που δεν σημείωσαν τίποτε, όλοι οι υπόλοιποι έγραψαν από **μια** έως **πέντε** κεντρικές ιδέες ή έγραψαν μια εκτενή περίληψη του άρθρου, ενώ παρατηρήθηκαν και ελάχιστες περιπτώσεις μη αποδεκτής ή άσχετης απάντησης. Η πρώτη αυτή δραστηριότητα μπορεί επομένως να χαρακτηριστεί **πολύ επιτυχής**. Μερικές χαρακτηριστικές απαντήσεις με δυο ή περισσότερες κεντρικές ιδέες με λεπτομερή περιγραφή:

*«Η χημεία έχει συμβάλλει στην παραγωγή χρήσιμων αγαθών. Η παραγωγή χρήσιμων αγαθών συνέβαλε στη μόλυνση του περιβάλλοντος. Στόχος της πράσινης χη-*

μείας η αποτροπή της παραγωγής ρυπογόνων προϊόντων με νέες μεθόδους », BET23

«Οι ανεπιθύμητες παρενέργειες της χημικής μεθόδου. Ο τρόπος αντιμετώπισης των παραπροϊόντων. Αναφορά σε ουσιαστικά παραδείγματα στην καθημερινή μας ζωή», BET27

«Η προσπάθεια παραγωγής προϊόντων με φυσικούς τρόπους. Μέσα από αυτή τη διαδικασία δεν θα παράγονται βλαβερά παραπροϊόντα προς τους έμβιους οργανισμούς. Αλλά και δεν θα ρυπαίνεται το περιβάλλον», ΜΔΦΠ01

«Επιτακτική ανάγκη η ανεύρεση νέων φιλικότερων προς το περιβάλλον διαδικασιών για την παραγωγή αγαθών όπως για παράδειγμα "πράσινη χημεία"», ΧΗΜ21

«Ο άνθρωπος παράγει πλήθος προϊόντων. Η παραγωγή τους έχει ως αποτέλεσμα την παραγωγή πολλών παραπροϊόντων που πολλές φορές είναι βλαβερά για το περιβάλλον. Η πράσινη χημεία προσπαθεί να βρει τρόπους για την αποφυγή ρυπογόνων διαδικασιών », ΛΥΚ02

Να σημειωθεί ότι ένας μικρός αριθμός φοιτητών έδωσε επιγραμματικές απαντήσεις, όπως:

«Αρχές πράσινης χημείας, στόχοι πράσινης χημείας», ΧΗΜ33

«Η πράσινη χημεία - Τρόποι παραγωγής υλικών χωρίς μόλυνση του περιβάλλοντος », BET28

«Η ρύπανση του περιβάλλοντος - Η χρησιμότητα της πράσινης χημείας - Η επικινδυνότητα της κατάστασης» ΜΔΦΠ14

Οι απαντήσεις που δεν ανταποκρίνονταν στο περιεχόμενο του κειμένου ή δείχνουν ότι οι φοιτητές δεν το μελέτησαν καλά, ήταν όπως προαναφέρθηκε ελάχιστες και της μορφής:

«Πρέπει να βρούμε τρόπο για να κάνουμε οξείδωση των υδρ/κων που βρίσκονται στον **αέρα** και δεν αντιδρά με το οξυγόνο», ΜΔΦΠ08

«Οι πολλαπλές καύσεις υδρ/κων είναι καταστροφικό για τον άνθρωπο», BET25

Η εικόνα από την πρώτη δραστηριότητα είναι επομένως πολύ ικανοποιητική

## 2. Φτιάξτε ένα κατάλογο λέξεων – κλειδιών στο άρθρο

Κατά την διαδικασία της επεξεργασίας των απαντήσεων στα ερωτηματολόγια της δραστηριότητας που αφορούσε την «Πράσινη Χημεία», διαπιστώθηκε ότι οι έννοιες που επιλέχθηκαν από τους φοιτητές ως «έννοιες κλειδιά» για το κείμενο, ήταν οι ακόλουθες:

Πίνακας 2.3: Λέξεις – κλειδιά και συχνότητα εμφάνισής τους ανά τμήμα και ανά κατεύθυνση

| α/α | Έννοια                    | Συχνότητα | Τμήμα        |              |              |              | Κατεύθυνση   |              |
|-----|---------------------------|-----------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
|     |                           |           | BET          | ΜΔΦΠ         | ΧΗΜ          | ΛΥΚ          | ΘΕΤ          | ΤΕΧΝ         |
| 1   | Πράσινη χημεία            | 68        | 27<br>(93,1) | 12<br>(75,0) | 23<br>(67,6) | 6<br>(100,0) | 56<br>(82,4) | 12<br>(70,6) |
| 2   | Οξείδωση υδρογονανθράκων  | 54        | 19<br>(65,5) | 10<br>(62,5) | 23<br>(67,6) | 2            | 44<br>(64,7) | 10<br>(58,8) |
| 3   | Περιβάλλον                | 50        | 17<br>(58,6) | 7<br>(43,8)  | 24<br>(70,6) | 2            | 40<br>(58,8) | 10<br>(58,8) |
| 4   | Ανεπιθύμητες παρενέργειες | 48        | 20<br>(69,0) | 5<br>(31,3)  | 19<br>(55,9) | 4            | 41<br>(60,3) | 7<br>(41,2)  |
| 5   | Απόβλητα                  | 42        | 10<br>(34,5) | 7<br>(43,8)  | 22<br>(64,7) | 3            | 36<br>(52,9) | 6<br>(35,3)  |
| 6   | Παραπροϊόντα              | 38        | 12<br>(41,4) | 6<br>(37,5)  | 18<br>(52,9) | 2            | 30<br>(44,1) | 8<br>(47,1)  |
| 7   | Καταλύτης                 | 19        | 5<br>(17,2)  | 2<br>(12,5)  | 10<br>(29,4) | 2            | 16<br>(23,5) | 3<br>(17,6)  |
| 8   | Χλωριούχες ενώσεις        | 15        | 6<br>(20,7)  | 4<br>(25,0)  | 3<br>(8,8)   | 2            | 12<br>(17,6) | 3            |

- Να σημειωθεί ότι και τα δύο κείμενα δόθηκαν πριν από την επεξεργασία τους από τον γράφοντα σε τρεις καθηγητές δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης (φυσικό, χημικό και φιλόλογο) και από τους οποίους ζητήθηκε να τα διαβάσουν προσεκτικά και να σημειώσουν τις λέξεις – φράσεις «κλειδιά». Υπήρξε *ταύτιση* μεταξύ των επιλογών των καθηγητών και των φοιτητών.

Διαπιστώνεται από τον προηγούμενο πίνακα ότι η πρώτη έννοια «κλειδί» που επέλεξε η πλειονότητα των φοιτητών ήταν και ο *τίτλος* του κειμένου. Υπήρξαν και μερικές ακόμη έννοιες – κλειδιά («υδρογονάνθρακας», «νερό») σύμφωνα με τους φοιτητές, όμως η συχνότητά τους ήταν πολύ *μικρότερη* σε σχέση με αυτές που παρατίθενται. Κάτι άλλο που

φαίνεται από τον πίνακα είναι ότι από τις έννοιες αυτές, μόνο οι τρεις είναι καθαρά έννοιες *χημείας*, ή *καλύτερα* έννοιες που *οι φοιτητές τις έχουν συναντήσει μέσω των αναλυτικών προγραμμάτων από την ύλη του σχολείου: οξείδωση, καταλύτες και χλωριούχες ενώσεις*. Οι υπόλοιπες – προφανώς – είναι και αυτές έννοιες που σχετίζονται με χημεία, αλλά δείχνουν περισσότερο προς την κατεύθυνση των περιβαλλοντικών προβλημάτων (*περιβάλλον, ανεπιθύμητες παρενέργειες, απόβλητα*). Δυο σημεία ακόμη που ενδεχομένως αξίζουν την προσοχή είναι:

- Ο **μικρός** αριθμός (2/16) φοιτητών του τμήματος ΜΔΦΠ που επέλεξαν την έννοια του **καταλύτη** ως έννοια κλειδί, γεγονός που – όπως φαίνεται στη συνέχεια – έχει τις ρίζες του στην κατεύθυνση προέλευσης των φοιτητών (οι 12 από τους 16 προέρχονταν από την *τεχνολογική*)
- Η πολύ **χαμηλή** προτίμηση στην έννοια «*χλωριούχες ενώσεις*», από την πλειοψηφία των φοιτητών, ιδιαίτερα (μόνο 3 στους 34!) του τμήματος *χημείας*.

Στον πίνακα που ακολουθεί εμφανίζεται ο αριθμός των εννοιών που κατέγραψαν οι φοιτητές. Ο μεγαλύτερος αριθμός (ποσοστό 55,3%) κατέγραψε από 3 έως 5 έννοιες κλειδιά. Στις δυο πρώτες κατηγορίες (έως και 2 και από 3-5) η αναλογία των φοιτητών θετικής και τεχνολογικής είναι σχεδόν **3 προς 1**. Όμως, στους φοιτητές που σημείωσαν πάνω από 6 έννοιες κλειδιά, η αναλογία φοιτητών θετικής και τεχνολογικής γίνεται **10 προς 1** περίπου.

Πίνακας 2.4: Αριθμός κομβικών εννοιών ανά τμήμα και ανά κατεύθυνση

| Αριθμός εννοιών | ΣΥΝΟΛΟ     | BET | ΜΔΦΠ | ΧΗΜ | ΛΥΚ | ΘΕΤ | ΤΕΧΝ |
|-----------------|------------|-----|------|-----|-----|-----|------|
| Έως και 2       | 17 (20%)   | 5   | 5    | 6   | 1   | 13  | 4    |
| 3-5             | 47 (55,3%) | 17  | 9    | 18  | 3   | 36  | 11   |
| 6-7             | 21 (24,7%) | 7   | 2    | 10  | 2   | 19  | 2    |

### 3. Απαριθμήστε τις έννοιες των οποίων η σημασία δεν είναι σαφής σε σας

Από την επεξεργασία των δραστηριοτήτων προέκυψε ότι οι έννοιες που χαρακτηρίστηκαν ως «ασαφείς» από τους φοιτητές ήταν:

- **Προπυλενοξείδιο**
- **Οξείδωση υδρογονανθράκων**



Αρκετές ακόμη φράσεις χαρακτηρίστηκαν ως «ασαφείς», αλλά δεν μπορούν να αποτελέσουν χωριστές κατηγορίες γιατί ήταν περιορισμένης συχνότητας (από μια έως δυο φορές εμφάνισης), όπως:

«διαλύτης μετά τη χρήση του», Χ32

«επιτρεπόμενο ποσό περιβαλλοντικής ρύπανσης», Χ32

«απόβλητη ουσία», Χ26

«ελεγχόμενες συνθήκες για την οξείδωση των υδρογονανθράκων», ΒΕΤ4

«δευτερεύοντα προϊόντα», ΒΕΤ22

«να αναπτύξει τεχνολογίες που να είναι βασισμένες σε διαδικασίες που συμβαίνουν στη φύση», ΛΥΚ3

«χημικοί δεσμοί – υδρογονάνθρακες - οξείδωση υδρογονανθράκων - αντιδράσεις καύσης», ΜΔΦΠ9

«γενικά ότι έχει να κάνει με αντιδράσεις κι ενώσεις», ΜΔΦΠ11

Οι επιλογές των δυο τελευταίων φοιτητών (που προέρχονται από τεχνολογική κατεύθυνση) δείχνουν την στάση των μαθητών απέναντι στο μάθημα της χημείας γενικής παιδείας στη β' λυκείου αλλά και ένα αποτέλεσμα της γενικότερης **απουσίας** του μαθήματος της χημείας ως **υποχρεωτικού** μαθήματος κατά τις δυο τελευταίες τάξεις του λυκείου για τους μαθητές της **τεχνολογικής** κατεύθυνσης.

Στον πίνακα που ακολουθεί φαίνεται η κατανομή των δυο εννοιών (προπυλενοξείδιο και οξείδωση υδρογονανθράκων) ανά τμήμα και ανά κατεύθυνση προέλευσης:

Πίνακας 2.5: Ασαφείς έννοιες (ανά τμήμα και ανά κατεύθυνση)

| Αριθμός εννοιών | ΣΥΝΟΛΟ | ΒΕΤ | ΜΔΦΠ | ΧΗΜ | ΛΥΚ | ΘΕΤ | ΤΕΧΝ |
|-----------------|--------|-----|------|-----|-----|-----|------|
| Προπυλενοξείδιο | 24     | 7   | 7    | 8   | 2   | 18  | 6    |
| Οξείδωση        | 16     | 4   | 8    | 2   | 2   | 7   | 9    |
| Καμία έννοια    | 40     | 17  | 2    | 21  | -   | 39  | 2    |

Διαπιστώνεται από τον προηγούμενο πίνακα ότι σχεδόν οι μισοί φοιτητές (47%) δεν έγραψαν καμία έννοια ως ασαφή. Επίσης, είναι μεγαλύτερο το ποσοστό των φοιτητών που προέρχονταν από την τεχνολογική κατεύθυνση και σημείωσαν ως ασαφή την έννοια της **οξείδωσης** (N = 9 ή 50%), επαληθεύοντας τον προηγούμενο συλλογισμό για τη σχέση μαθημάτων τεχνολογικής κατεύθυνσης, χημείας και αναλυτικού προγράμματος. Οι μαθητές που ακολουθούν την **τεχνολογική** κατεύθυνση, δεν διδάσκονται την οξείδωση, παρά μόνο

στην περίπτωση των αντιδράσεων οξειδοαναγωγής της χημείας α λυκείου, χωρίς όμως κάποια εμβάθυνση, και στην οξείδωση των αλκοολών και των αλδευδών της χημείας γενικής παιδείας. Σε επόμενη ερώτηση (5) επανέρχεται αυτό το θέμα.

#### **4. Τι εννοεί ο συγγραφέας με τη χρησιμοποίηση της έκφρασης «δεν υπάρχει κανένα αγαθό χωρίς κακό»; Τι είναι «καλό»; Τι είναι «κακό»;**

Σε αρκετές απαντήσεις, οι φοιτητές έγραψαν αρχικά το τι θεωρούν «καλό» ή «κακό» σύμφωνα με το κείμενο και στη συνέχεια έδωσαν ερμηνεία στη ζητούμενη φράση. Οι 74 από τους 85 συμμετέχοντες (87,1%) έδωσαν απαντήσεις από τις οποίες, όπως φαίνεται και από αυτές που παρατίθενται στη συνέχεια, είχαν *αντιληφθεί* το νόημα της ερώτησης. Το υψηλό ποσοστό των απαντήσεων αυτών χαρακτηρίζει την δραστηριότητα 4 ως **πολύ επιτυχή**.

Μερικές χαρακτηριστικές περιπτώσεις απαντήσεων, οι οποίες δείχνουν την πλέον δι-αδεδομένη τάση, αυτή της *πλήρους* εξήγησης:

*«Καλό: είναι τα προϊόντα που θα χρησιμοποιήσει τελικά (λιπάσματα, φάρμακα)*

*Κακό: είναι τα απόβλητα ή άλλοι ρύποι και η έλλειψη των προϊόντων αυτών από αλόγιστη χρήση.*

*Ότι ο τρόπος παραλαβής ή παραγωγής πραγμάτων που χρειαζόμαστε έχει κάποιες φορές άσχημες συνέπειες ή στην παραγωγή αυτών υπάρχει και παραγωγή άσχημων προϊόντων για μας και το περιβάλλον», BET1*

και

*«Δεν γίνεται ο άνθρωπος να παράγει κανένα αγαθό εργαλείο ή προϊόν χωρίς να μεταβεί σε διαδικασία παραγωγής που θα φθείρει ή θα μολύνει το περιβάλλον*

*Καλό: η παραγωγή τόσων διαφορετικών υλικών, απαραίτητων για τον άνθρωπο*

*Κακό: η ρύπανση του περιβάλλοντος», BET21*

Απόψεις όπως η προηγούμενη εστιάζουν στη χρησιμότητα των προϊόντων που προκύπτουν από τη χημική έρευνα και στις περιβαλλοντικές συνέπειες από την αλόγιστη χρήση τους.

Σε απαντήσεις όπως οι δύο που ακολουθούν, οι εκφράσεις γίνονται πιο λιτές και γενικές, χωρίς όμως να είναι ασαφείς:

*«Ενώ η ζωή των ανθρώπων έχει διευκολυνθεί από τα διάφορα υλικά - που αποκτήθηκαν με χημική έρευνα, η διαδικασία παραγωγής τους έχει επιφέρει παρενέργειες στη ζωή τους*

*Καλό: η με λογική και μέτρο χρησιμοποίηση τους*

*Κακό: η αλόγιστη και απερίσκεπτη υπερκατανάλωση τους», ΧΗΜ4*

και

*«Εννοεί πως είναι ευχάριστο που η σύγχρονη χημεία έχει φτάσει σε ικανοποιητικό επίπεδο να παράγει υλικά και δυσάρεστο που οι διαδικασίες παραγωγής προκαλούν αρνητικά αποτελέσματα*

*Καλό: ικανοποίηση ανθρώπινων αναγκών*

*Κακό: επιβάρυνση ανθρώπινων συνθηκών», ΜΔΦΠ2*

και

*«Η εξέλιξη της επιστήμης έχει το αντίτιμο της στο περιβάλλον*

*Καλό: ωφέλιμα επιτεύγματα*

*Κακό: ανεπιθύμητες συνέπειες», ΒΕΤ18*

Μια άλλη τάση περιλαμβάνει απλώς την αντίληψη του τι είναι «καλό» και τι «κακό» σύμφωνα με τα όσα διαπίστωσε ο φοιτητής ή η φοιτήτρια στο κείμενο

*«Καλό: τα προϊόντα για τη διευκόλυνση της ζωής του (φάρμακα)*

*Κακό: τα απόβλητα που προκύπτουν και είναι βλαβερά για τη ζωή», ΧΗΜ6*

Οι απαντήσεις που χαρακτηρίστηκαν μη αποδεκτές ήταν όπως οι ακόλουθες, με πολύ γενικόλογες φράσεις, άσχετες με το περιεχόμενο του κείμενου ή χωρίς καμία έστω αναφορά σε αυτό:

*«Πέρα από τα θετικά στοιχεία που συναντάμε σε ένα αγαθό, μπορεί το συγκεκριμένο αγαθό να "κρύβει" και κάποιες βλαβερές συνέπειες*

*Καλό: θεωρείται οτιδήποτε μπορεί να βοηθήσει τον άνθρωπο*

*Κακό: οτιδήποτε βλαβερό και επικίνδυνο προς αυτόν», ΒΕΤ8*

και

*«Κατά τη δημιουργία ενός καλού σε ένα τομέα θα έχει ως παρενέργεια δημιουργία ενός κακού σε άλλο, δηλαδή όλα εξισορροπούνται*

*Καλό: ότι μας διευκολύνει*

*Κακό: ότι μας δημιουργεί πρόβλημα », ΧΗΜ16*

και

*«Καλό συνήθως αυτό που αποφέρει οφέλη χωρίς να δημιουργεί παρενέργειες (χωρίς να ελλοχεύουν προβλήματα)*

*Μερικές φορές (τις περισσότερες φορές) κάποιες διαδικασίες που κάνει ο άνθρωπος εκτός από οφέλη φέρνουν και συμφορές*

Γενικά οι όροι "κακό" "καλό" είναι αμφιλεγόμενοι», ΛΥΚ4

και

«εννοεί ότι για να φτιάξουμε ένα αγαθό θα πρέπει να καταστρέψουμε κάτι άλλο»,  
ΧΗΜ23

Πίνακας 2.6: Αποδεκτές και μη απαντήσεις στην 4<sup>η</sup> δραστηριότητα

|                              | σύνολο | BET | ΜΔΦΠ | ΧΗΜ | ΛΥΚ | ΘΕΤ | ΤΕΧΝ |
|------------------------------|--------|-----|------|-----|-----|-----|------|
| Αποδεκτή απάντηση            | 74     | 28  | 16   | 26  | 4   | 57  | 17   |
| Μη αποδεκτή – καμία απάντηση | 11     | 1   | -    | 8   | 2   | 11  | 0    |

Ο προηγούμενος πίνακας δείχνει ότι *μη αποδεκτές* απαντήσεις έδωσαν φοιτητές που προ-ερχόντουσαν *μόνο* από τη θετική κατεύθυνση και κυρίως από το τμήμα χημείας

**5. Σύμφωνα με το κείμενο, τι είναι η οξείδωση υδρογονανθράκων; Είσαι εξοικειωμένος/η με μια διαφορετική ερμηνεία της διαδικασίας οξείδωσης; Να εξηγήσεις και να δώσεις ένα παράδειγμα οξείδωσης που γνωρίζεις**

Ας δούμε στο σημείο αυτό ποια είναι η θέση της οξείδωσης στα σχολικά συγγράμματα του λυκείου:

Στη χημεία της Α λυκείου, στο τρίτο κεφάλαιο του σχολικού βιβλίου<sup>1</sup>, στην παράγραφο «μερικά είδη χημικών αντιδράσεων» της ενότητας 3.5 («χημικές αντιδράσεις») υπάρχει αναφορά στις **οξειδοαναγωγικές** αντιδράσεις, για τις οποίες τονίζεται ότι:

*«Στις αντιδράσεις αυτές ο αριθμός οξείδωσης<sup>2</sup> ορισμένων από τα στοιχεία που συμμετέχουν μεταβάλλεται»*

Περιγράφονται οι περιπτώσεις σύνθεσης, αποσύνθεσης, διάσπασης, απλής αντικατάστασης (κυρίως αυτές) ενώ «υπάρχουν βέβαια και αντιδράσεις οξειδοαναγωγής πολύπλοκης μορφής, που όμως δεν θα μας απασχολήσουν στο κεφάλαιο αυτό», δίχως να υπάρχει κάποια σύνδεση με θέματα καθημερινής ζωής.

<sup>1</sup> Σύμφωνα με το βιβλίο το οποίο είχαν διδαχθεί ως μαθητές

<sup>2</sup> Στο αναλυτικό πρόγραμμα δυο τουλάχιστον πρόσφατων σχολικών περιόδων, η έννοια του αριθμού οξείδωσης είχε αφαιρεθεί από τη διδακτέα ύλη, δεν αφορούσε όμως αυτό τους φοιτητές του δείγματος.

Στη χημεία της Β λυκείου (γενικής παιδείας – οργανική), η έννοια της οξείδωσης υπάρχει *μόνο* στην ενότητα των αλκοολών (κεφ.3.2, *χημικές ιδιότητες, γ. οξείδωση*) και στην παράγραφο «μερικές χαρακτηριστικές ιδιότητες των καρβονυλικών ενώσεων» (σελ.87).

Στο μάθημα της χημείας Β λυκείου θετικής κατεύθυνσης υπάρχει το κεφάλαιο 5 περί οξειδοαναγωγής, στο οποίο γίνεται, εκτός των άλλων, σαφής περιγραφή του μηχανισμού των αντιδράσεων αυτών, ενώ στο μάθημα της χημείας της Γ λυκείου, στο κεφάλαιο 5 (οργανική χημεία) η οξείδωση περιορίζεται στις περιπτώσεις οξείδωσης των αλκοολών, των αλδεϋδών και του οξαλικού οξέος, εξυπηρετώντας κυρίως *εξεταστικές ανάγκες*<sup>3</sup>. Παρόλα αυτά, και στο βιβλίο χημείας κατεύθυνσης της γ' λυκείου η οξείδωση περιγράφεται ως ένα φαινόμενο αύξησης του αριθμού οξείδωσης., αλλά τονίζεται (σελ.225) ότι:

***«ειδικά βέβαια στην οργανική μπορούμε να θεωρήσουμε: οξείδωση είναι η μείωση της ηλεκτρονιακής πυκνότητας του C η οποία προκαλείται με σχηματισμό των δεσμών C–O, C–N, C–X ή με διάσπαση των δεσμών C–H»***

Δεν υπάρχει *πουθενά* στη διδακτέα ύλη του λυκείου κάποια αναφορά σε *οξείδωση* υδρογονανθράκων, εκτός φυσικά από την ακραία μορφή της, την καύση.

Σε αυτή τη δραστηριότητα, πέμπτη στη σειρά, ζητήθηκε από τους ερωτώμενους:

- 1) Να απαντήσουν τι είναι οξείδωση υδρογονανθράκων *σύμφωνα με το κείμενο*. (Η δραστηριότητα αυτή δεν εξηγήθηκε από τους σχεδιαστές του ερωτηματολογίου σε τι αποσκοπούσε. Εάν οι φοιτητές θα «εντοπίσουν» την αντίστοιχη φράση στο κείμενο;)
- 2) Να απαντήσουν εάν είναι εξοικειωμένοι και αν γνωρίζουν κάποια άλλη ερμηνεία για τη διαδικασία οξείδωσης και
- 3) Να γράψουν ένα παράδειγμα οξείδωσης

Η δραστηριότητα συνδεόταν με την ανάκληση προηγούμενης διδαχθείσας γνώσης και τη συσχέτιση με αυτή.

Κατά τη μελέτη των απαντήσεων παρατηρήθηκαν και καταγράφηκαν τα εξής:

Ένας αριθμός φοιτητών, σχεδόν ένας στους τέσσερις (20/85), δεν χρησιμοποίησε καθόλου τον ορισμό της οξείδωσης υδρογονανθράκων – όπως ήταν στο κείμενο – και έδωσε λανθασμένες απαντήσεις ή απαντήσεις που δείχνουν έλλειψη κατανόησης ή γενικόλογες, όπως για παράδειγμα:

---

<sup>3</sup> Σε όλες τις πανελλαδικές εξετάσεις στο μάθημα της χημείας θετικής κατεύθυνσης, από το 2000 μέχρι σήμερα, υπάρχει θέμα που σχετίζεται με οξείδωση αλκοόλης ή αλδεϋδης

«είναι μια χημική διαδικασία μέσα από την οποία παράγονται κάποιες χημικές ουσίες», BET10

«Η προσθήκη ενός ή περισσότερων  $e^-$  σ' ένα υδρογονάνθρακα», XHM1

«Χημική αντίδραση όπου στα προϊόντα υπάρχει οξυγόνο», XHM13

«Ένας γενικός όρος για μεγάλο αριθμό χημικών διαδικασιών και εξυπηρετεί στην παραγωγή διαφόρων προϊόντων», XHM21

Οι μισοί από αυτούς τους φοιτητές δεν συμμετείχαν στις άλλες δυο ερωτήσεις της δραστηριότητας (ενώ συμμετείχαν στις άλλες δραστηριότητες). Οι άλλοι μισοί όμως φοιτητές της προηγούμενης κατηγορίας, έδωσαν παραδείγματα οξείδωσης.

Ένας σημαντικός αριθμός φοιτητών (απ' όλα τα τμήματα) επανέλαβε απλώς τη διατύπωση του κειμένου, παραθέτοντας ή όχι και κάποιο παράδειγμα:

«ένα άτομο οξυγόνου προστίθεται σε ένα μόριο υδρογονάνθρακα ή πρόσθετοι χημικοί δεσμοί σχηματίζονται ανάμεσα στο άτομο του άνθρακα και το άτομο του οξυγόνου - οξείδωση αλκοόλης με χρήση  $\text{KMnO}_4$ » ΜΔΦΠ06

Ελάχιστοι φοιτητές (4/85) περιγράφουν την οξείδωση ως διαδικασία μεταβολής του αριθμού οξείδωσης ενός στοιχείου, μη λαμβάνοντας υπόψη το κείμενο, π.χ.:

«είναι η αλγεβρική αύξηση του α.ο. μορίου ή ιόντος -δηλαδή η απομάκρυνση ηλεκτρονίων», XHM31

Οι υπόλοιποι φοιτητές (61/85) χρησιμοποίησαν τον «ορισμό» της οξείδωσης όπως δινόταν στο κείμενο ή με μικρές παραλλαγές.

Στο υποερώτημα αν είναι εξοικειωμένοι στην έννοια της οξείδωσης, ένας μεγάλος αριθμός φοιτητών δεν έδωσε απάντηση. Συγκεκριμένα, 9 φοιτητές απάντησαν καταφατικά, 13 αρνητικά και 63 δεν απάντησαν.

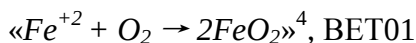
Στο τρίτο ερώτημα, αυτό που ζητούσε παράδειγμα οξείδωσης, υπάρχουν δυο – κυρίως – τάσεις:

Στην πρώτη ανακαλούνται απλά παραδείγματα οξείδωσης που σχετίζονται με γνώση που τυπικά αποκτήθηκε μέχρι και τη β λυκείου. Σε αυτή την κατηγορία δεσπόζουν οι έννοιες της καύσης οργανικών ενώσεων και της «σκουριάς», όπως φαίνεται από τα ακόλουθα παραδείγματα:

«γνωρίζω την επίδραση του οξυγόνου στις μεταλλικές επιφάνειες που έχει ως αποτέλεσμα τη διάβρωση του μετάλλου και το σχηματισμό της λεγόμενης σκουριάς», BET14

«Για παράδειγμα η καύση του μεθανίου:  $\text{CH}_4 + 2\text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ », XHM22

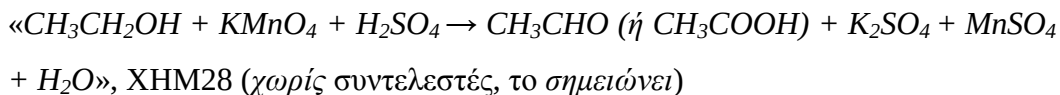
«Οξείδωση υδρογονανθράκων είναι η αντίδραση τους με οξυγόνο ώστε να παραχθεί διοξείδιο του άνθρακα και νερό», XHM22



«Η οξείδωση του σιδήρου είναι η ένωση του οξυγόνου με τον σίδηρο», ΜΔΦΠ1

Όπως φαίνεται και από τον πίνακα στο τέλος της παραγράφου, συνολικά 28 φοιτητές επέλεξαν μια από αυτές τις δύο έννοιες.

Στη δεύτερη τάση, συναντάται ένα πιο σύνθετο παράδειγμα, που έχει την προέλευσή του στην διδακτέα / εξεταστέα ύλη της γ' λυκείου (θετικής κατεύθυνσης) κατά κύριο λόγο και ενδεχομένως στην ύλη της χημείας γενικής παιδείας της β' λυκείου. Το παράδειγμα αυτό είναι η εξίσωση της αντίδρασης οξείδωσης αιθανόλης από υπερμαγγανικό ή διχρωμικό κάλιο παρουσία θειικού οξέος, που σε ορισμένες περιπτώσεις αποδόθηκε όπως είναι στο σχολικό βιβλίο:



σε άλλες αναφέρθηκε ως παράδειγμα χωρίς την εξίσωση

«οξείδωση πρωτοταγών κ δευτεροταγών αλκοολών - στις πρώτες μπορούμε να καταλήξουμε με μεθανόλη σε  $\text{CO}_2$  ενώ στις υπόλοιπες σε οξύ και στις δεύτερες σε κετόνη», XHM26

ή πιο απλά

«η οξείδωση της αιθυλικής αλκοόλης σε οξικό οξύ», BET26

Όλοι οι φοιτητές (N = 17) που προτίμησαν αυτό το παράδειγμα είχαν ακολουθήσει τη θετική κατεύθυνση κατά τη γ' λυκείου.

Πολλοί φοιτητές δεν έγραψαν κάποιο παράδειγμα (N = 32), ενώ διαπιστώθηκε ότι ήταν κυρίως όσοι είχαν μεταφέρει τον ορισμό του κειμένου *αυτούσιο* στην απάντησή τους. Υπήρξε και μια περίπτωση στην οποία το παράδειγμα αναφερόταν σε αντικείμενο του μαθήματος της **Βιολογίας**:

«Οξείδωση γλυκόζης που ονομάζεται και οξειδωτική φωσφορυλίωση και είναι απαραίτητη για την αναπνοή», BET05

Συνοπτικά, οι επιλογές των φοιτητών φαίνονται στον επόμενο πίνακα 2.7:

---

<sup>4</sup> Διατηρήθηκε η γραφή της απάντησης

Πίνακας 2.7 : Κατανομή παραδειγμάτων οξείδωσης ανά τμήμα και ανά κατεύθυνση

| Παράδειγμα οξείδωσης           | σύνολο | BET | ΜΔΦΠ | ΧΗΜ | ΛΥΚ | ΘΕΤ | ΤΕΧΝ |
|--------------------------------|--------|-----|------|-----|-----|-----|------|
| Οξείδωση σιδήρου - σκουριά     | 21     | 6   | 3    | 9   | 3   | 17  | 4    |
| Καύση υδρογονάνθρακα – άνθρακα | 7      | 2   | 0    | 3   | 2   | 7   | 0    |
| Οξείδωση αιθανόλης             | 17     | 8   | 1    | 7   | 1   | 17  | 0    |
| Άλλο                           | 5      | 1   | 3    | 1   | 0   | 2   | 3    |
| Δεν έγραψε                     | 35     | 12  | 9    | 14  | 0   | 25  | 10   |

Τέλος, μικρός ήταν ο αριθμός των φοιτητών που αποκρίθηκαν (καταφατικά και μη) αν ήταν *εξοικειωμένοι* με την έννοια της οξείδωσης. Συνολικά 63 φοιτητές δεν απάντησαν. Σημειώνεται πως όσοι δεν έδωσαν κανένα παράδειγμα οξείδωσης ήταν σε αυτή την κατηγορία. Ένα επιπλέον ενδιαφέρον στοιχείο που προέκυψε από την επεξεργασία αυτής της δραστηριότητας ήταν ότι 15 φοιτητές (ποσοστό περίπου 18%) επέλεξαν τη γραφή χημικών εξισώσεων (κατά κανόνα σωστών) ως παραδείγματα οξείδωσης και δεν αρκέστηκαν σε απλή αναφορά ή περιγραφή.

Όμως, στα παραδείγματα που αναφέρθηκαν προηγουμένως διαπιστώνεται και κάτι ακόμη: σε όλα, τον κύριο ρόλο οξείδωσης τον κατέχει το *οξυγόνο*. Ακόμη και σε περιπτώσεις που το παράδειγμα αφορά την οξείδωση αλκοολών, υπάρχει συμβολισμός που παραπέμπει στο οξυγόνο ( $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-OH} + \text{O}_2 \rightarrow \text{CH}_3\text{COOH} + \text{H}_2\text{O}$ ). Το γεγονός αυτό αποτελεί μια διαδεδομένη παρανόηση που οφείλεται κυρίως στη συλλαβή *οξ* – της λέξης *οξείδωση* (H.D. Barke et al, Misconceptions in Chemistry, 2009). Από τους τρεις προσδιορισμούς της οξείδωσης που υπάρχουν σε επιστημονικά και σχολικά συγγράμματα (*πρόσληψη οξυγόνου, αποβολή ηλεκτρονίων, αύξηση του αριθμού οξείδωσης*), **απουσιάζει εντελώς αυτή της μεταφοράς ηλεκτρονίων**



## Παρατήρηση στη δραστηριότητα 5

### Η οξείδωση στις πειραματικές δραστηριότητες στο Λύκειο

Το (υποχρεωτικό) πείραμα στο αναλυτικό πρόγραμμα της α λυκείου που αφορά την αντίδραση απλής αντικατάστασης «σίδηρος + διάλυμα θειικού χαλκού» είναι μια δραστηριότητα η οποία γίνεται στα πλαίσια του μαθήματος «αντιδράσεις οξειδοαναγωγής». Θα μπορούσε αυτή η απλή αντίδραση να είχε εισαγάγει τους μαθητές σε μια άλλη αντιμετώπιση της οξείδωσης, αυτή της μεταφοράς ηλεκτρονίων ή της μεταβολής του αριθμού οξείδωσης.. Ακόμη, στη β' λυκείου, στην χημεία γενικής παιδείας είναι υποχρεωτικό το πείραμα της οξείδωσης των αλκοολών από όξινο διάλυμα *υπερμαγγανικού ή διχρωμικού καλίου*. Και στις δυο περιπτώσεις, ο εργαστηριακός οδηγός καλύπτει και το θεωρητικό μέρος. Τα ευρήματα της έρευνας, αυτά που αφορούν και τους φοιτητές που προέρχονταν από την τεχνολογική κατεύθυνση δείχνουν ή ότι δεν θυμούνται καθόλου την δραστηριότητα ή δεν την παρακολούθησαν στο σχολείο. Συγκεντρωτικά, τα αποτελέσματα ανάλογα με τα παραδείγματα που δόθηκαν ήταν:

Πίνακας 2.8. Οξείδωση – παραδείγματα (Συγκεντρωτικά αποτελέσματα, όπως προέκυψαν από το SPSS 17.0)

|       |                | Frequency | Percent | Valid Percent | Cumulative Percent |
|-------|----------------|-----------|---------|---------------|--------------------|
| Valid | όχι            | 35        | 41,2    | 41,2          | 41,2               |
|       | κείμενο        | 5         | 5,9     | 5,9           | 47,1               |
|       | απλό           | 21        | 24,7    | 24,7          | 71,8               |
|       | υδρογονανθρ    | 7         | 8,2     | 8,2           | 80,0               |
|       | οξειδ αλκοόλης | 17        | 20,0    | 20,0          | 100,0              |
|       | Total          | 85        | 100,0   | 100,0         |                    |

Λόγω του μεγάλου ποσοστού του συνόλου των μη απαντήσεων και μη αποδεκτών απαντήσεων (41,2%), η δραστηριότητα αυτή δεν μπορεί να χαρακτηριστεί επιτυχής. Η παράθεση ορθών παραδειγμάτων παρόλα αυτά, την οδηγούν στο να χαρακτηριστεί ως *εν μέρει επιτυχής*.

6. «...το οξυγόνο του αέρα δεν τείνει να αντιδράσει με τους υδρογονάνθρακες στις θερμοκρασίες που επικρατούν στο κλιματολογικό μας σύστημα. Όμως, στις υψηλές

θερμοκρασίες οι υδρογονάνθρακες αντιδρούν με το οξυγόνο και ακόμη και καίγονται...»

**Εξηγήστε γιατί οι υδρογονάνθρακες δεν αντιδρούν συνήθως με το οξυγόνο στη θερμοκρασία δωματίου, αλλά αντιδρούν σε υψηλή θερμοκρασία**

Σε αυτή τη δραστηριότητα διακρίθηκαν οι εξής περιπτώσεις:

Απαντήσεις (N = 9) οι οποίες εστίασαν σε εξήγηση με **μικροσκοπικό** μοντέλο, χρησιμοποιώντας κινήσεις μορίων:

*«ευνοείται από την υψηλή θερμοκρασία γιατί έτσι επιταχύνεται η διάσπαση των δεσμών που αναπτύσσονται στα μόρια των υδρογονανθράκων λόγω εντονότερης κίνησης των μορίων από τις θέσεις τους εξ αιτίας της αυξημένης ενέργειας που προκαλείται από την υψηλή θερμοκρασία», BET20*

*«σε θερμοκρασία δωματίου τα μόρια οξυγόνου κ υδρογονανθράκων κινούνται με σχετικά μικρή ταχύτητα. σε υψηλή όμως θερμοκρασία τα μόρια κινούνται με μεγάλες ταχύτητες με αποτέλεσμα να συγκρούονται μεταξύ τους», ΜΔΦΠ06*

Απαντήσεις (N = 15) που χρησιμοποιούν την έννοια του **χημικού δεσμού** για να εξηγήσουν, όπως:

*«διότι σε υψηλή θερμοκρασία είναι πιο εύκολο να σπάσουν οι **δεσμοί** του υδρογονάνθρακα και στη συνέχεια να αντιδράσει με το οξυγόνο», BET2*

*«Για να γίνει αντίδραση σε χαμηλή θερμοκρασία ή δωματίου πρέπει να σπάσουν κάποιοι **δεσμοί** στον υδρογονάνθρακα και να δημιουργηθούν κάποιοι άλλοι. Σε υψηλές θερμοκρασίες αυτό είναι πιο εύκολο γιατί οι δεσμοί δεν είναι τόσο ισχυροί», ΧΗΜ11*

*«απαιτείται η προσφορά ενός ποσού ενέργειας αρχικά το οποίο εξασφαλίζεται σε υψηλή θερμοκρασία», BET26*

*«Στην υψηλή θερμοκρασία οι δεσμοί δεν είναι τόσο ισχυροί. έτσι σπάνε και ο άνθρακας μπορεί να ενωθεί με το οξυγόνο. Αντίθετα σε συνθήκες δωματίου το οξυγόνο δεν μπορεί να ενωθεί με τον άνθρακα γιατί είναι ισχυρά ενωμένος με το υδρογόνο», ΜΔΦΠ01*

Σε άλλες απαντήσεις (N = 14) χρησιμοποιούνται έννοιες της **θερμοχημείας** (ενδόθερμη – εξώθερμη αντίδραση), αλλά με εσφαλμένο τρόπο (η οξείδωση χαρακτηρίζεται ως ενδόθερμη αντίδραση):

«γιατί η οξείδωση είναι ενδόθερμη αντίδραση και χρειάζεται ποσό θερμότητας για να γίνει», ΜΔΦΠ12

«είναι ενδόθερμες αντιδράσεις συνεπώς η υψηλή θερμοκρασία τις ευνοεί ( $\Delta H > 0$ )», BET25

Διαπιστώθηκαν παρανοήσεις στις οποίες συνδυάστηκε η έννοια του καταλύτη με τη θερμοκρασία, όπως:

«η υψηλή θερμοκρασία λειτουργεί σαν καταλύτης με αποτέλεσμα το οξυγόνο να οδηγείται σε καύση», ΧΗΜ5

(την παρανόηση αυτή, ότι δηλαδή «η θερμοκρασία λειτουργεί ως καταλύτης» την ανέφεραν αρκετοί φοιτητές (N = 9) και των τριών τμημάτων)

«λόγω της μικρής περιεκτικότητας που υπάρχει στον αέρα που αναπνέουμε και γιατί η θερμοκρασία δωματίου δεν είναι αρκετά υψηλή ώστε να διασπαστούν τα μόρια του υδρογονάνθρακα», ΧΗΜ28

Συνολικά, πολύ μεγάλος (N = 61, 71,8%) ήταν ο αριθμός αυτών που δεν έδωσαν απάντηση ή που σημείωσαν ότι δεν γνωρίζουν ή που έγραψαν λανθασμένες φράσεις, όπως στα ανωτέρω παραδείγματα.

Πίνακας 2.9. Οξείδωση στις συνήθεις θερμοκρασίες (Συγκεντρωτικά αποτελέσματα, όπως προέκυψαν από το SPSS 17.0)

|                                                                                      | Frequency | Percent | Valid Percent | Cumulative Percent |
|--------------------------------------------------------------------------------------|-----------|---------|---------------|--------------------|
| Valid Δεν απάντησαν /<br>δεν γνωρίζουν /<br>λανθασμένες                              | 47        | 55,3    | 55,3          | 55,3               |
| Προσπάθεια εξή-<br>γησης με κινήσεις<br>μορίων                                       | 9         | 10,6    | 10,6          | 65,9               |
| Προσπάθεια εξή-<br>γησης μέσω της<br>χρήσης της έν-<br>νοιας των χημι-<br>κών δεσμών | 15        | 17,6    | 17,6          | 83,5               |
| Έννοιες Θερμο-<br>χημείας                                                            | 14        | 16,5    | 16,5          | 100,0              |
| Total                                                                                | 85        | 100,0   | 100,0         |                    |

Πίνακας 2.10 : Κατανομή εξηγήσεων ανά τμήμα και ανά κατεύθυνση

|                                                                                    | σύνολο | BET | ΜΔΦΠ | ΧΗΜ | ΛΥΚ | ΘΕΤ       | ΤΕΧΝ      |
|------------------------------------------------------------------------------------|--------|-----|------|-----|-----|-----------|-----------|
| Δεν απάντησαν /<br>δεν γνωρίζουν /<br>λανθασμένες                                  | 47     | 11  | 11   | 22  | 3   | <b>34</b> | <b>13</b> |
| Προσπάθεια ε-<br>ξήγησης με κι-<br>νήσεις μορίων                                   | 9      | 2   | 3    | 3   | 1   | <b>6</b>  | <b>3</b>  |
| Προσπάθεια ε-<br>ξήγησης μέσω<br>της χρήσης της<br>έννοιας των χη-<br>μικών δεσμών | 15     | 11  | 1    | 2   | 1   | <b>14</b> | <b>1</b>  |
| Έννοιες Θερμο-<br>χημείας (λαν-<br>θασμένες)                                       | 14     | 5   | 1    | 7   | 1   | <b>15</b> | <b>0</b>  |

## 7. Τι είναι καταλύτης; Ποιος είναι ο ρόλος των καταλυτών στο παράδειγμα που δίνεται στο κείμενο;

### *Η κατάλυση στα σχολικά συγγράμματα του Λυκείου*

Η έννοια του καταλύτη και κατ' επέκταση της κατάλυσης εμφανίζεται στο αναλυτικό πρόγραμμα των δυο πρώτων τάξεων του λυκείου, τόσο στη χημεία γενικής παιδείας όσο και στη χημεία θετικής κατεύθυνσης. Πιο συγκεκριμένα, στο βιβλίο χημείας της α' λυκείου αναφέρεται ότι:

*«Η ταχύτητα μιας αντίδρασης μπορεί να αυξηθεί: ....2. Με την παρουσία καταλυτών. Ο καταλύτης αυξάνει την ταχύτητα της αντίδρασης, χωρίς να καταναλώνεται. Οι αντιδράσεις στους ζωντανούς οργανισμούς καταλύονται από τα ένζυμα ή βιοκαταλύτες..»*

Οι μαθητές β' λυκείου συναντούν στο βιβλίο της χημείας θετικής κατεύθυνσης, στο κεφάλαιο 3 (χημική κινητική) μια *λεπτομερή* ενότητα που αναφέρεται στους καταλύτες (και τους βιοκαταλύτες), στη δράση τους και στις θεωρίες που την ερμηνεύουν καθώς και στις εφαρμογές τους. Ο ορισμός του καταλύτη σε αυτό το βιβλίο είναι:

*«Καταλύτης ονομάζεται μια ουσία, η οποία με την παρουσία του σε μικρά ποσά, αυξάνει την ταχύτητα μιας αντίδρασης, ενώ στο τέλος της αντίδρασης παραμένει ουσιαστικά αμετάβλητος τόσο στη μάζα όσο και στη χημική του σύσταση»*

Το σχολικό βιβλίο έχει ακόμη αρκετές λεπτομέρειες, επεξηγηματικά διαγράμματα και σχήματα, καθώς και ενδιαφέροντα ελεύθερα αναγνώσματα και αποσπάσματα από άλλα βιβλία χημείας σχετικά με την κατάλυση.

Όμως, και στο μάθημα της χημείας γενικής παιδείας β' λυκείου υπάρχουν αρκετές αναφορές κατάλυσης σε συγκεκριμένες αντιδράσεις, π.χ. στην ενότητα των γενικών παρασκευών των αλκανίων «Με καταλυτική υδρογόνωση ακόρεστων υδρογονανθράκων», στην πυρόλυση των αλκανίων «...γίνεται με θέρμανση παρουσία καταλυτών...», στις γενικές μεθόδους παρασκευής των αλκενίων, ενώ υπάρχει ξεχωριστή ενότητα (2.4 Καυσαέρια – καταλύτες αυτοκινήτων) όπου γίνεται ιδιαίτερη και σαφής αναφορά στη δράση των καταλυτών. Σε αρκετές εκφωνήσεις ασκήσεων ή άλλων δραστηριοτήτων, υπονοείται η παρουσία καταλύτη: «...ποσότητα αιθυλενίου αντιδρά πλήρως με υδρογόνο παρουσία νικελίου...». Δεν πρέπει να παραλειφθεί το γεγονός ότι και στην τεχνολογική κατεύθυνση της β' λυκείου υπάρχει το μάθημα της χημείας, αλλά ως επιλογή, με αποτέλεσμα να επιλέγεται από ελάχιστους μαθητές.

Ο τρόπος με τον οποίο συμβολίζεται μια αντίδραση που πραγματοποιείται με παρουσία καταλύτη δεν αναφέρεται σε κανένα από τα παραπάνω σχολικά συγγράμματα, με εξαίρεση ίσως αυτό της α' λυκείου, όπου στον γενικό συμβολισμό (σελ. 96), πάνω από το βέλος που συνδέει τα αντιδρώντα με τα προϊόντα, είναι σημειωμένη η λέξη «συνθήκες» που όμως δεν αναφέρεται κατ' ανάγκη αποκλειστικά στους καταλύτες. Στα βιβλία της β' λυκείου (κατεύθυνσης και γενικής παιδείας) σε όλες τις αντιδράσεις που συμμετέχουν καταλύτες, αυτοί είναι πλέον σημειωμένοι πάνω από το βέλος. Να σημειωθεί ότι οι καταλύτες που αναφέρονται στα παραδείγματα είναι στο μεν βιβλίο της κατεύθυνσης τα  $\text{MnO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O(g)}$  και  $\text{Fe}$ , ενώ στο βιβλίο της γενικής παιδείας ως επί το πλείστον τα  $\text{Ni}$ ,  $\text{Pd}$ ,  $\text{Pt}$ .

Αποτελεί διαπίστωση από την ανωτέρω περιγραφή, ότι η έννοια της κατάλυσης για τους μαθητές της θετικής κατεύθυνσης φαίνεται πως καλύπτεται σε ικανοποιητικό βαθμό από το αναλυτικό πρόγραμμα και από τα σχολικά συγγράμματα. Επομένως θεωρήθηκε ότι οι μαθητές που είχαν ακολουθήσει την θετική κατεύθυνση θα είχαν αποκτήσει σημαντικές γνώσεις για το συγκεκριμένο αντικείμενο, σε αντίθεση με όσους είχαν επιλέξει στη β' λυκείου να ακολουθήσουν την τεχνολογική κατεύθυνση.

Το απόσπασμα του κειμένου που αναφέρονταν στους καταλύτες ήταν:

*«...Ένα από τα προγράμματα που μελετάται είναι η ανάπτυξη μιας καθαρής διαδικασίας παραγωγής προπυλενοξειδίου. Αυτή η διαδικασία βασίζεται στη χρησιμοποίηση της αντίδρασης με το οξυγόνο στον αέρα προσθέτοντας ένα καταλύτη. Έτσι η χρήση χλωριούχων ενώσεων αποφεύγεται εντελώς. Το παραπροϊόν σε αυτή την αντίδραση είναι το νερό...»*

Οι δυο ανοικτού τύπου ερωτήσεις που αφορούσαν τους καταλύτες ήταν: «Τι είναι καταλύτης;» και «Ποιος είναι ο ρόλος του καταλύτη στο κείμενο;». Παρατηρούμε ότι στο απόσπασμα αυτό δεν γίνεται καμία αναφορά σε *ταχύτητα* αντίδρασης, καθώς και καμία μνεία για το *πώς* χρησιμοποιείται ο καταλύτης στη συγκεκριμένη αντίδραση. Ο καταλύτης παρουσιάζεται σαν μια ουσία με την κατάλληλη προσθήκη της οποίας αποφεύγεται τόσο η χρήση όσο και η παραγωγή βλαβερών χλωριούχων ενώσεων (Lei Y. et al , 2010).

### **Αποτελέσματα και Σχολιασμός**

#### **1<sup>η</sup> Ερώτηση: «Τι είναι καταλύτης»**

Στην ερώτηση αυτή δόθηκαν 61 αποδεκτές απαντήσεις (71,7%) και 24 μη αποδεκτές (28,3%). Από τους φοιτητές που προέρχονταν από θετική κατεύθυνση, σχεδόν ένας στους πέντε (19,1%) μόνο έδωσε μη αποδεκτές απαντήσεις. Αντίθετα, από τους φοιτητές της τεχνολογικής κατεύθυνσης, σχεδόν οι δύο στους τρεις (64,7%) έδωσαν μη αποδεκτές απαντήσεις.

Στις απαντήσεις που χαρακτηρίστηκαν ως αποδεκτές περιλαμβάνονται απλοί και λιτοί ορισμοί, που δόθηκαν από φοιτητές όλων των τμημάτων, όπως:

*«ουσίες που επιταχύνουν τις αντιδράσεις»*

*«επιταχύνουν την αντίδραση χωρίς να αλλάζει η χημική τους σύσταση»*

Η πλέον κοινή από τις απαντήσεις που δόθηκαν ήταν όπως η επόμενη που παραπέμπει στα σχολικά συγγράμματα:

*«ουσίες που αυξάνουν την ταχύτητα αντίδρασης και παραμένουν αναλλοίωτες μετά την ολοκλήρωσή της», ΜΔΦΠ04*

Ενδιαφέρον παρουσιάζουν και απαντήσεις όπου εμφανίζεται η λέξη «βοηθούν», που δεν χρησιμοποιείται όμως από τα σχολικά συγγράμματα:

*«καταλύτης είναι μια ουσία που βοηθάει στις χημικές αντιδράσεις» ΧΗΜ30*

*«βοηθά μια αντίδραση να ξεκινήσει ή να πραγματοποιηθεί με μεγαλύτερη ταχύτητα», ΧΗΜ15*

*«ουσίες που βοηθούν τις αντιδράσεις να πραγματοποιηθούν χωρίς να συμμετέχουν σε αυτήν» BET17*

Αξιοσημείωτη είναι η έμμεση αναφορά στην ενέργεια ενεργοποίησης, έστω και από ελάχιστους ερωτηθέντες:

*«είναι μια ουσία που χρησιμοποιείται σε συγκεκριμένες χημικές αντιδράσεις με σκοπό να μειώσει την ενέργεια που απαιτείται για την πραγματοποίηση της αντίδρασης» XHM27*

και

*«ουσία που προστίθεται σε μια αντίδραση ώστε για την πραγματοποίηση της να χρειάζεται λιγότερη ενέργεια» XHM17*

Τέτοιες απαντήσεις δόθηκαν από φοιτητές και μαθητές που είχαν ακολουθήσει τη θετική κατεύθυνση.

Σαφής αναφορά στα μέταλλα Pd, Pt που, όπως προαναφέρθηκε, σημειώνονται συχνά σε αντιδράσεις στη χημεία γενικής παιδείας β' λυκείου:

*«καταλύτης είναι κάποιο ευγενές μέταλλο που επιταχύνει μια αντίδραση χωρίς να συμμετέχει σε αυτήν», ΜΔΦΠ05*

*«καταλύτες αποκαλούμε, απ' όσο θυμάμαι, κάποια στοιχεία», ΜΔΦΠ02*

Ας δούμε κάποια άλλα χαρακτηριστικά παραδείγματα απαντήσεων:

*«χρησιμεύει στην απορρόφηση των ρυπογόνων ουσιών που εκπέμπονται ως προϊόντα μιας αντίδρασης» ΜΔΦΠ10*

*«εργαλείο με το οποίο φιλτράρουμε τυχόν ανεπιθύμητες ουσίες» ΜΔΦΠ14*

*«μια συσκευή που χρησιμοποιείται για να "φιλτράρει" με διάφορες χημικές αντιδράσεις ένα σύνολο στοιχείων αέριας μορφής» ΜΔΦΠ15*

*«μια διάταξη που συγκρατεί τα βλαβερά στοιχεία των καυσίμων» ΜΔΦΠ16*

*«καταλύτης είναι μια ένωση που χρησιμοποιείται για να αντιδράσει με μια ένωση τοξική ώστε τα προϊόντα της αντίδρασης να είναι ακίνδυνα για το περιβάλλον» XHM34*

Οι προηγούμενες απαντήσεις δεν εξηγούν τι είναι οι καταλύτες και δεν τους συνδέουν με τον ρόλο που παίζουν στην ταχύτητα μια χημικής αντίδρασης, αλλά δίνουν μια καθημερινή αντίληψη για τη χρήση του καταλύτη, όπως π.χ. με τον καταλύτη του αυτοκινήτου. Απαντήσεις τέτοιας μορφής δόθηκαν, όπως φαίνεται και από τα παραδείγματα που παρατέθηκαν, κυρίως από φοιτητές του τμήματος Μηχανικών Διαχείρισης Φυσικών Πόρων. Ακόμη, υπήρξαν και γενικόλογες ή και επιστημονικοφανείς απαντήσεις του τύπου:

«είναι κάποιο υλικό που έχει την ιδιότητα να παίρνει κάποια στοιχεία» ΜΔΦΠ13

Εξάλλου, αξιοσημείωτο είναι ότι στην πλειονότητά τους οι φοιτητές που έδωσαν αποδεκτές ή μερικώς αποδεκτές απαντήσεις στην πρώτη ερώτηση δείχνουν ότι *δεν* χρησιμοποίησαν την πληροφορία που τους δόθηκε στο κείμενο. Υπήρξε όμως και ένας αριθμός απαντήσεων στις οποίες διαπιστώνεται μια **προσπάθεια συνδυασμού της προϋπάρχουσας γνώσης με την καινούργια πληροφορία που δίνεται στο κείμενο της δραστηριότητας**:

«είναι ουσίες που λαμβάνουν μέρος σε χημικές αντιδράσεις για να διευκολύνουν την πορεία τους ή να απορροφήσουν ανεπιθύμητα παραπροϊόντα» ΧΗΜ31

Σε λίγες απαντήσεις υπάρχει μόνο η καινούργια πληροφορία, όπως ακριβώς δίνεται στο κείμενο (*ταυτολογική απάντηση*) και δεν περιέχεται κανένα στοιχείο από αυτά που είχαν διδαχθεί στο λύκειο:

«χρησιμεύει στο να αποτρέπει τη χρήση χλωριούχων ενώσεων» ΜΔΦΠ11

Συμπερασματικά, οι απαντήσεις μπορεί να συνοψιστούν και ταξινομηθούν (Πίνακας 2.11 και Σχήμα 1) ανάλογα με το περιεχόμενό τους σε κατηγορίες:

- Απαντήσεις που αναφέρονται αποκλειστικά στον ρόλο του καταλύτη για την ταχύτητα της αντίδρασης (όπως είναι στον ορισμό των βιβλίων της α' και β' λυκείου)
- Απαντήσεις που αναφέρονται στην ερμηνεία της δράσης του καταλύτη από ενεργειακή άποψη (όπως αυτή δίνεται στο βιβλίο της β' λυκείου θετικής κατεύθυνσης)
- Απαντήσεις που αναφέρουν τους καταλύτες ως κάποια στοιχεία (μέταλλα)
- Απαντήσεις που χρησιμοποιούν και τη νέα πληροφορία που δόθηκε στο κείμενο
- Απαντήσεις που συνδυάζουν την έννοια του καταλύτη με τη διάταξη του αυτοκινήτου ή που του αποδίδουν ιδιότητες φίλτρου και
- Λοιπές απαντήσεις γενικόλογες, επιστημονικοφανείς, ασαφείς, ταυτολογικές.

(Οι απαντήσεις των δυο τελευταίων κατηγοριών αξιολογήθηκαν ως «**μη αποδεκτές**»)

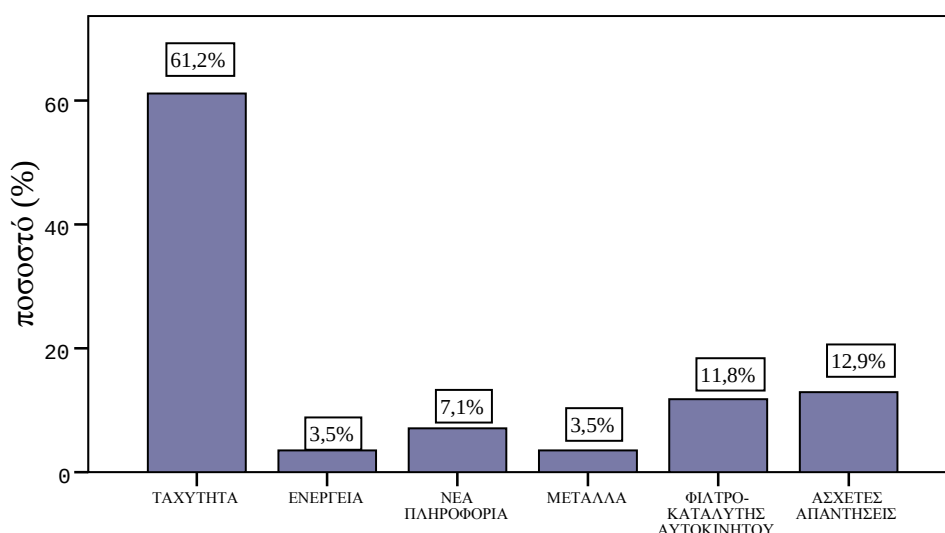
Από τον Πίνακα 2.11 παρατηρούμε ότι η πλειονότητα των ερωτηθέντων (61,2%) εξακολουθεί – ορθά – να συνδυάζει τους καταλύτες με την αύξηση της ταχύτητας μιας αντίδρασης. Ένα πολύ μικρό ποσοστό (3,5%) μόνο, αναγνωρίζει στον καταλύτη επιπλέον και τον ρόλο που αυτός έχει για την ενέργεια ενεργοποίησης. Ένα 7% χρησιμοποιεί ήδη από το *πρώτο* σκέλος της ερώτησης τη νέα πληροφορία που δίνεται στο κείμενο, χωρίς να χρησιμοποιεί την ορολογία που διδάχθηκε (τυπικά) στο σχολείο. Ένας μικρός αριθμός (3,5%) θυμάται το νικέλιο, το παλλάδιο και τον λευκόχρυσο (από την χημεία γενικής παιδείας β' λυκείου) και αναφέρεται σε μέταλλα. Το 11,8% των ερωτηθέντων κάνει αναφορά στον



καταλύτη του αυτοκινήτου (ως συσκευή) ή θεωρεί τον καταλύτη ως ένα είδος φίλτρου. Τέλος, το 12,9% δίνει απαντήσεις κατά κύριο λόγο στερούμενες επιστημονικής βάσης.

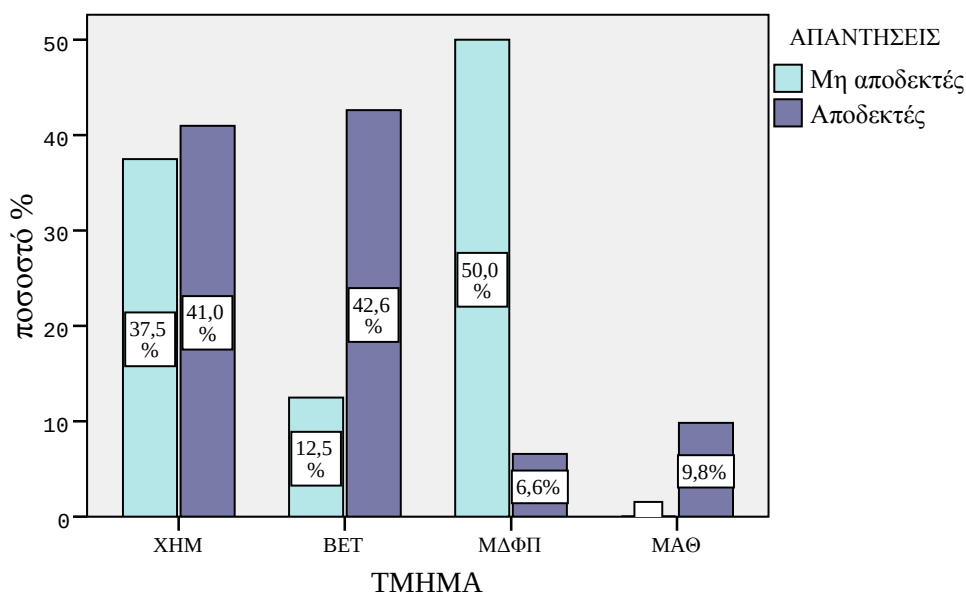
Πίνακας 2.11. Ταξινόμηση απαντήσεων ανάλογα με το περιεχόμενο

| Περιεχόμενο                    | Συχνότητα (f) | Ποσοστιαία συχνότητα (%) | Αθροιστικό ποσοστό |
|--------------------------------|---------------|--------------------------|--------------------|
| Ταχύτητα                       | 52            | 61,2                     | 61,2               |
| Ενέργεια                       | 3             | 3,5                      | 64,7               |
| Νέα πληροφορία                 | 6             | 7,1                      | 71,8               |
| Μέταλλα                        | 3             | 3,5                      | 75,3               |
| Φίλτρο - καταλύτης αυτοκινήτου | 10            | 11,8                     | 87,1               |
| Λοιπές χωρίς επιστημονική βάση | 11            | 12,9                     | 100,0              |
| ΣΥΝΟΛΟ                         | 85            | 100,0                    | 100,0              |



Σχήμα 1: ποσοστό απαντήσεων ανάλογα με το περιεχόμενο

Εξετάζοντας τις απαντήσεις ανά τμήμα (Σχήμα 2), διαπιστώνεται ότι μεγαλύτερο ποσοστό μη αποδεκτών απαντήσεων δόθηκε από τους φοιτητές του τμήματος ΜΔΦΠ, κάτι που οφείλεται πιθανότατα στο γεγονός ότι προέρχονταν κατά 81,3% από την τεχνολογική κατεύθυνση. Το καλύτερο ποσοστό εμφανίζεται από τους φοιτητές ΒΕΤ (περισσότερο) και ΧΗΜ οι οποίοι, σχεδόν αποκλειστικά, προέρχονταν από τη θετική κατεύθυνση. Και οι έξι οι μαθητές λυκείου έδωσαν αποδεκτές απαντήσεις.



Σχήμα 2. Ποσοστά αποδεκτών και μη αποδεκτών απαντήσεων ανά ΤΜΗΜΑ

## 2<sup>η</sup> Ερώτηση: «Ποιος είναι ο ρόλος του καταλύτη στο κείμενο;»

Στην ερώτηση αυτή απάντησαν 57 από τους συμμετέχοντες σε αυτήν (51 φοιτητές και όλοι οι μαθητές), ενώ 28 (32,9%) δεν απάντησαν. Από όσους απάντησαν, οι 38 (34 από τη θετική κατεύθυνση και 4 από την τεχνολογική κατεύθυνση) χρησιμοποίησαν με επιτυχία τα δεδομένα του κειμένου, αναγνωρίζοντας τη νέα γι' αυτούς χρήση του καταλύτη που παρουσιαζόταν σε αυτό. Τυπική απάντηση που δόθηκε ήταν της μορφής:

*«ο ρόλος των καταλυτών είναι ότι αποφεύγουμε τη χρήση χλωριούχων ουσιών, που προκαλούν ανεπιθύμητα προϊόντα που ρυπαίνουν το περιβάλλον»* BET16

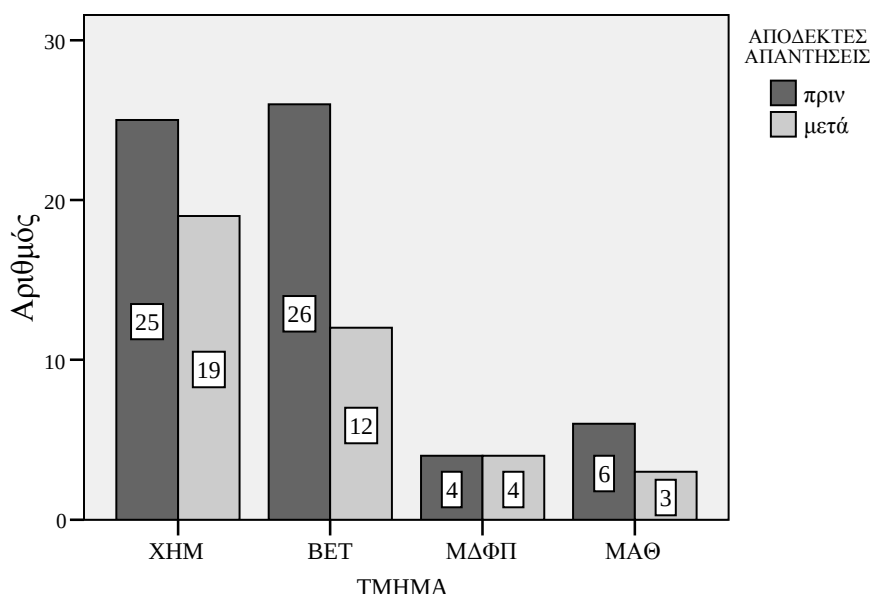
Οι υπόλοιποι, έδωσαν απαντήσεις στις οποίες διαπιστώνεται σύγχυση με την εισαγωγή της νέας χρήσης του καταλύτη. Χαρακτηριστικές απαντήσεις σε αυτή την ερώτηση:

*«οι καταλύτες στο συγκεκριμένο κείμενο αντικαθιστούν τις χλωριούχες ενώσεις»* BET27

*«με την παραγωγή προπυλενοξειδίου παράγονται χλωριούχες ουσίες που αντιδρούν με τους καταλύτες και εξουδετερώνονται»* XHM29

Διαπιστώνεται πως δημιουργήθηκαν νέες παρανοήσεις σχετικά με τον ρόλο των καταλυτών στο κείμενο. Σε αυτές τις απαντήσεις, ο καταλύτης αντιμετωπίζεται ως μια ουσία που με κάποιο τρόπο αντικαθιστά ή αντιδρά με ανεπιθύμητες ουσίες (στη συγκεκριμένη περίπτωση τις χλωριούχες ενώσεις)

Στο Σχήμα 3 παρουσιάζεται ο αριθμός των αποδεκτών απαντήσεων για τα δύο σκέλη της δραστηριότητας όπου και εμφανίζεται σημαντική διαφορά πριν και μετά, για τους φοιτητές του ΧΗΜ, του ΒΕΤ και τους μαθητές, ενώ για τους φοιτητές του ΜΔΦΠ δεν υπάρχει διαφορά και μάλιστα οι ίδιοι φοιτητές ή φοιτήτριες που έδωσαν αποδεκτές απαντήσεις στην πρώτη ερώτηση, έδωσαν αποδεκτή και στη δεύτερη.



Σχήμα 3. Αποδεκτές απαντήσεις στα δυο σκέλη της δραστηριότητας

Στο δεύτερο σκέλος της ερώτησης διαπιστώνεται ότι η εικόνα άλλαξε δραματικά. Το πολύ λιτό κείμενο και πιθανόν η έλλειψη από τη σχολική βιβλιογραφία εκτενούς αναφοράς στην πράσινη χημεία και για τον τρόπο με τον οποίο οι καταλύτες χρησιμοποιούνται σε αυτήν, φαίνεται πως απέτρεψε σημαντικό αριθμό φοιτητών και μαθητών να αντιληφθεί, να διαχειριστεί και να αξιολογήσει την καινούργια πληροφορία, με αποτέλεσμα να εμφανιστούν νέες παρανοήσεις και αδυναμία διατύπωσης της έννοιας *σύμφωνα με το κείμενο*.

**8. Τι εννοούσε ο συντάκτης στην παρατήρηση ότι «Είναι ευτύχημα για τα πλάσματα που ζουν στην επιφάνεια της Γης ότι το οξυγόνο του αέρα δεν τείνει να αντιδράσει με τους υδρογονάνθρακες στις θερμοκρασίες που επικρατούν στο κλιματολογικό μας σύστημα...» Γιατί είναι τα πλάσματα που ζουν στη γη τυχερά;**

Αυτή ήταν μια αρκετά απαιτητική δραστηριότητα που ζητούσε συνδυασμό γνώσεων (όχι απαραίτητα που να έχουν αποκτηθεί στο σχολείο) και κριτικής σκέψης. Έτσι, η αξιο-

λόγηση της στηρίχθηκε στην ικανότητα των φοιτητών να διαπραγματευτούν όσο γίνεται πιο λογικά και με επιστημονικούς όρους, μια άγνωστη γι αυτούς ερώτηση.

Η επεξεργασία αυτής της δραστηριότητας χωρίστηκε σε δυο στάδια: Στο πρώτο, ελέγχθηκε το αν οι ερωτώμενοι έδωσαν κάποια επιστημονική εξήγηση και στο δεύτερο ταξινομήθηκαν οι απαντήσεις που χαρακτηρίστηκαν ως αποδεκτές ανάλογα με το περιεχόμενό τους.

Διαπιστώθηκε ότι 24 φοιτητές (28,2%) δεν έδωσαν καμία απάντηση σε αυτή την ερώτηση ή η απάντηση που δόθηκε στερούνταν επιστημονικής βάσης, όπως για παράδειγμα η γενικόλογη αναφορά σε «παραπροϊόντα» ή «βλαβερές ουσίες», χωρίς να προσδιορίζονται ποια είναι αυτά:

*«θα είχε ως παραπροϊόν βλαβερές για τους οργανισμούς ουσίες», BET20*

και

*«γιατί έτσι δεν θα παράγονται ανεπιθύμητα παραπροϊόντα με αποτέλεσμα να υπάρχουν καταστροφές», ΜΔΦΠ04*

*«Γιατί το οξυγόνο δεν αντιδρά με τους υδρ/κες. Αν αντιδρούσε θα έβγαζε βλαβερά αποτελέσματα» ΜΔΦΠ16*

Ακόμη, σε μερικές από τις απαντήσεις αυτές υπήρχαν φράσεις που περιείχαν επιστημονικά λάθη, γενικόλογιες και ασάφειες στην προσπάθεια ερμηνείας της ερώτησης:

*«Δεν θα υπήρχε ζωή στον πλανήτη όπως τη βλέπουμε σήμερα. Το οξυγόνο θα καιγόταν συνεχώς, θα παραγόταν **χλωριούχες** ενώσεις καθώς και πολλά οξείδια», ΜΔΦΠ03*

*«Γιατί αλλιώς θα είχαμε πεθάνει αφού αποτελούμαστε από οργανικές ενώσεις και μάλιστα από πολλούς υδρογονάνθρακες» BET28*

Παρατηρήθηκε ότι το 25% των φοιτητών που προέρχονταν από τη θετική κατεύθυνση ήταν σε αυτή την κατηγορία, αλλά το αντίστοιχο ποσοστό των προερχόμενων από την τεχνολογική ήταν υπερδιπλάσιο και πλησιάζει το 65%.

Υπάρχει ένα ευρύ φάσμα απαντήσεων που είχαν **κάποια** επιστημονική εξήγηση, και οι οποίες μετά από προσεκτική μελέτη μπορούν να ομαδοποιηθούν σε **τρεις** κυρίως τάσεις: Στην πρώτη καταγράφεται η «**κατανάλωση οξυγόνου**». Μερικά παραδείγματα:

*«αν αντιδρούσε το οξυγόνο της ατμόσφαιρας με τους υδρογονάνθρακες, λόγω της μικρής του ποσότητας (21%) δεν θα ήταν διαθέσιμο για τους οργανισμούς αυτούς», BET23*

*«δεν θα υπήρχε αρκετό οξυγόνο για τον άνθρωπο και τα πλάσματα», ΜΔΦΠ12*

«υπάρχουν κατάλληλες συνθήκες ώστε να μην αντιδρά το οξυγόνο με τους υδρογονάνθρακες, έτσι υπάρχουν τα κατάλληλα αποθέματα ώστε να μπορούν να ζήσουν τα πλάσματα της γης», ΧΗΜ29

«Θα συνέβαινε οξείδωση και θα δεσμευόταν όλο το οξυγόνο της ατμόσφαιρας στους ΗC. Έτσι δεν θα υπήρχε άλλο οξυγόνο για τη διατήρηση της ζωής» ΒΕΤ03

«η ποσότητα του οξυγόνου είναι περιορισμένη. αν λοιπόν έτεινε να αντιδράσει στις θερμοκρασίες αυτές, το οξυγόνο δεν θα υπήρχε. συνεπώς δεν θα υπήρχε ζωή στον πλανήτη», ΧΗΜ08

«Διότι αν γινόταν αντιδράσεις θα είχαμε καύσεις και τα πλάσματα της γης δεν θα μπορούσαν να ζήσουν, εφόσον το οξυγόνο θα είχε καταναλωθεί και τα προϊόντα θα έβλαπταν το περιβάλλον (πρώτο μέρος απάντησης)», ΛΥΚ02

Μια δεύτερη τάση αναφέρεται σε **αύξηση της θερμοκρασίας του πλανήτη** (λόγω των εξώθερμων αντιδράσεων της καύσης, όπως μερικοί φοιτητές τόνισαν)

«η θερμοκρασία της ατμόσφαιρας θα ήταν πολύ μεγάλη με αποτέλεσμα η ζωή να είναι πολύ δύσκολη», ΜΔΦΠ10

«Επομένως η θερμοκρασία του πλανήτη συνεχώς θα αυξανόταν θα έφτανε σε επίπεδα όπου τα πλάσματα της γης δεν θα μπορούσαν να επιβιώσουν (δεύτερο μέρος απάντησης)» ΛΥΚ02

«»

Τέλος, η **παραγωγή διοξειδίου του άνθρακα** ήταν η τρίτη «επιλογή» στις απαντήσεις των φοιτητών:

«γιατί αν γινόταν αυτή η αντίδραση θα εκλύονταν όλο και περισσότερο διοξείδιο του άνθρακα το οποίο έχει πολλές αρνητικές επιπτώσεις στην γη και στον άνθρωπο (φαινόμενο θερμοκηπίου)», ΒΕΤ01

«προϊόν της καύσης είναι το διοξείδιο του άνθρακα που σε υψηλές θερμοκρασίες παράγεται σε μεγάλες ποσότητες και που είναι δηλητηριώδες για τον άνθρωπο», ΧΗΜ31

«Προφανώς κάτι τέτοιο θα μπορούσε να αποβεί μοιραίο για το περιβάλλον και για όλους τους οργανισμούς που ζουν σ αυτό διότι το  $O_2$  είναι 21% από τη σύσταση του αέρα και έτσι τα παραπροϊόντα από την αντίδραση  $O_2$  και υδρογονανθράκων θα ήταν καταστροφική» ΛΥΚ01

Στον πίνακα 2.12 της επόμενης σελίδας σημειώνονται οι περιπτώσεις των φοιτητών που έδωσαν καταρχήν (κάποια) επιστημονική εξήγηση και οι περιπτώσεις όσων δεν απάντησαν ή έδωσαν άσχετες απαντήσεις:

Πίνακας 2.12. Κατανομή απαντήσεων στην 8<sup>η</sup> δραστηριότητα

|                                                       | σύνολο | BET | ΜΔΦΠ | ΧΗΜ | ΛΥΚ | ΘΕΤ       | ΤΕΧΝ     |
|-------------------------------------------------------|--------|-----|------|-----|-----|-----------|----------|
| Κατανάλωση οξυγόνου                                   | 24     | 8   | 5    | 10  | 1   | <b>20</b> | <b>4</b> |
| Αύξηση θερμοκρασίας                                   | 6      | 3   | 2    | -   | 1   | <b>3</b>  | <b>3</b> |
| Παραγωγή διοξειδίου του άνθρακα ή ανεπιθύμητων ουσιών | 24     | 4   | 3    | 15  | 2   | <b>19</b> | <b>5</b> |
| Μη εξήγηση – μη επιστημονική εξήγηση                  | 31     | 14  | 6    | 9   | 2   | <b>26</b> | <b>5</b> |

Και συγκεντρωτικά τα αποτελέσματα σε αυτή την ερώτηση:

Πίνακας 2.13 : Γιατί είναι τα πλάσματα που ζουν στη γη τυχερά (συγκεντρωτικά αποτελέσματα)

|       |                     | Frequency | Percent | Valid Percent | Cumulative Percent |
|-------|---------------------|-----------|---------|---------------|--------------------|
| Valid | οχι απαντηση        | 31        | 36,5    | 36,5          | 36,5               |
|       | καταναλωση οξυγονου | 24        | 28,2    | 28,2          | 64,7               |
|       | αυξηση θερμοκρασιας | 6         | 7,1     | 7,1           | 71,8               |
|       | ανεπιθυμητες ουσιες | 24        | 28,2    | 28,2          | 100,0              |
|       | Total               | 85        | 100,0   | 100,0         |                    |

**9. Το NaCl, που σημειώνεται στο άρθρο, είναι το επιτραπέζιο αλάτι, γνωστό σε όλους μας. Γιατί νομίζεις ότι αποτελεί περιβαλλοντικό κίνδυνο η παραγωγή του ως παρα-προϊόντος στην παραπάνω διαδικασία;**

Το χλωριούχο νάτριο υπάρχει σε αρκετές αναφορές στα σχολικά βιβλία του λυκείου (και του γυμνασίου), όμως δεν υπάρχει σε καμία ενότητα χημείας στο γυμνάσιο και πε-

ρισσότερο στο λύκειο κάποια αναφορά που να το χαρακτηρίζει ως περιβαλλοντικό ρύπο. Επομένως, οι φοιτητές που ασχολήθηκαν με αυτή τη δραστηριότητα θα έπρεπε μέσω του κειμένου και των ελάχιστων πληροφοριών που τους δινόταν γι αυτό το θέμα, να διατυπώσουν και να δικαιολογήσουν την άποψή τους, κάτι που τελικά αποδείχθηκε ιδιαίτερα δύσκολο.

Στη δραστηριότητα αυτή βρέθηκε ο μεγαλύτερος αριθμός φοιτητών που δεν απάντησαν ( $N = 39$  ή 45,9%):

$N = 22$  φοιτητές χρησιμοποίησαν – κυρίως – τη φρασεολογία του κειμένου παραθέτοντας το απόσπασμα που αναφερόταν στο χλωριούχο νάτριο, χωρίς να δίνουν κάποια εξήγηση:

*«η συσσώρευση μεγάλων ποσοτήτων χλωριούχων ενώσεων προκαλεί περιβαλλοντικά προβλήματα»*, BET18

στις απαντήσεις αυτές, όπως παρατηρούμε, δόθηκε έμφαση και στην ποσότητα του χλωριούχου νατρίου:

*«κάθε προϊόν που παράγεται σε υπερποσότητες μπορεί να αποτελέσει κίνδυνο για το περιβάλλον»*, BET21

Σε αρκετές ακόμη περιπτώσεις ( $N = 20$ ), δόθηκαν απαντήσεις (*μη επιστημονικά* ορθές), στις οποίες παρουσιάζονται διάφορες απόψεις, όπως ότι το χλωριούχο νάτριο έχει την τάση να αντιδρά με διάφορες ουσίες, χωρίς να δικαιολογείται αυτή η απάντηση. Για παράδειγμα:

*«επειδή αντιδρά με το οξυγόνο και το δεσμεύει»*, BET03

*«στην περίπτωση που το χλωριούχο  $\text{Na}^5$  αντιδράσει με άλλες ενώσεις προκαλεί βλαβερές ουσίες τόσο για τον άνθρωπο όσο και για το περιβάλλον»*, XHM14

*«διότι μετά την παραγωγή του είναι άχρηστο ως προϊόν και το πετάνε ως απόβλητο με αποτέλεσμα αυτό όταν έρχεται σε επαφή με άλλα στοιχεία να αντιδρά και να δημιουργεί ενώσεις βλαβερές προς το περιβάλλον»*, ΜΔΦΠ01

Εστίασαν στις ιδιότητες του νατρίου ως μέταλλο (βίαιη αντίδραση με το νερό), χωρίς όμως να εξηγήσουν πως θα μπορούσε να συμβεί αυτή η «διάσταση» που θα απελευθέρωνε το νάτριο:

*«σε περίπτωση διάστασης του το  $\text{Na}$  που απελευθερώνεται είναι πολύ επικίνδυνο και ως εκρηκτική ουσία»*, XHM11

Σε μερικές περιπτώσεις, οι φοιτητές κατασκεύασαν «νέες έννοιες», όπως

---

<sup>5</sup> έχει διατηρηθεί αυτούσια η γραφή της απάντησης

«το NaCl ανάλογα με τη δομή του στο χώρο παρουσιάζει και διαφορετική συμπεριφορά. Προφανώς η παραγωγή του ως παραπροϊόν από τη συγκεκριμένη χημική διαδικασία δίνει ένα NaCl με **δομή που αποτελεί κίνδυνο, σε αντίθεση με το γνωστό μας αλάτι**», BET09

και

«το NaCl είναι μια ιοντική ένωση που διίσταται στο νερό που απομακρύνει τα ιόντα  $\text{Na}^+$  και  $\text{Cl}^-$  από τον κρύσταλλο του. μετά από αυτή τη διάσταση όμως τα μόρια νερού δεσμεύονται»

ή

«αυξάνει τη σκληρότητα του νερού και πιθανόν αντιδρά με άλλες ουσίες δημιουργώντας προβλήματα», BET26

Ακόμη, δόθηκαν απαντήσεις που χρησιμοποιούν δεδομένα από το κείμενο, στις οποίες εμφανίζονται παρανοήσεις, όπως η ακόλουθη:

«ανήκει στις χλωριούχες ενώσεις που αποτελούν παραπροϊόντα», BET24

Μόνο σε **τέσσερις** περιπτώσεις (λιγότερες του 5%) οι απαντήσεις έθεσαν το πρόβλημα σε **ορθή και λογική** βάση:

«Καθώς παράγεται το NaCl μεταφέρεται σε χώρους αποβλήτων διεισδύει στο έδαφος και μέσω του υδροφόρου ορίζοντα διαχέεται στην επιφάνεια της γης, μειώνοντας την γονιμότητα και την παραγωγικότητα του εδάφους», XHM21

«προκαλεί αφυδάτωση των εδαφών, δεσμεύοντας το νερό, βλέπε Σαχάρα», BET28

Υπήρξαν και μερικές απαντήσεις οι οποίες βασίστηκαν στη λογική, χωρίς να εστιάζουν σε επιστημονική ερμηνεία. Οι απαντήσεις όμως αυτές χαρακτηριζόταν από γενικότητες και ασάφειες:

«όλα στον πλανήτη είναι μια αλυσίδα. η μια ουσία επηρεάζει την άλλη, αν παραχθεί περισσότερο αλάτι θα χαλάσει η αλυσίδα και θα δημιουργηθεί κίνδυνος», XHM15

«η φύση έχει καθορίσει από μόνη της την ποσότητα του NaCl στο περιβάλλον. Άρα κάθε απότομη αύξηση καθίσταται επικίνδυνη, διότι τείνει να διαταραχθεί η οικολογική ισορροπία» ΛΥΚ01

τα αποτελέσματα παρατίθενται συγκεντρωτικά στον επόμενο πίνακα:



Πίνακας 2.14. Συγκεντρωτικά αποτελέσματα για τη δραστηριότητα 9

|   |                                 | Frequency | Percent | Valid Percent | Cumulative Percent |
|---|---------------------------------|-----------|---------|---------------|--------------------|
| 1 | Καμία απάντηση                  | 39        | 45,9    | 45,9          | 45,9               |
| 2 | Επανάληψη κειμένου - ταυτοσημία | 22        | 25,9    | 25,9          | 71,8               |
| 3 | Δημιουργία νέων εννοιών         | 20        | 23,5    | 23,5          | 95,3               |
| 4 | Λογική                          | 4         | 4,7     | 4,7           | 100,0              |
|   | Σύνολο                          | 85        | 100,0   | 100,0         |                    |

### 10. Γράψε μέχρι τρεις (3) απορίες που σου δημιουργήθηκαν μετά από το διάβασμα του άρθρου αυτού

Στο τελευταίο σκέλος της δραστηριότητας ζητούνταν από τους φοιτητές να σημειώσουν τυχόν απορίες. Δεν σημείωσαν καμία απορία οι 29 από τους 83 φοιτητές (περίπου 35%), με το μεγαλύτερο ποσοστό (N =16) να προέρχεται από το τμήμα χημείας. Από τους υπόλοιπους που έγραψαν απορίες, οι 24 (28,9%) σημείωσαν **τρεις**, όπως στα επόμενα παραδείγματα:

*«Πως μπορεί το τμήμα BET να συμβάλλει στην αποτροπή αυτού του φαινομένου;*

*Γιατί μπορεί το NaCl να είναι βλαβερό;*

*Πως εμείς, οι απλοί πολίτες, θα βοηθήσουμε για τη λύση του προβλήματος»,  
BET25*

και

*«Ποιοι είναι οι καταλύτες που μετά την οξείδωση των υδρ/κων θα παράγεται νερό ως παραπροϊόν?*

*Πως δημιουργείται NaCl μετά την οξείδωση;*

*Συμφέρουν οικονομικά οι τρόποι που προτείνει η 'πράσινη χημεία' τις εταιρείες που χρηματοδοτούν τις ενέργειες της οξείδωσης των υδρ/κων για την παρασκευή διαφόρων προϊόντων;» ΜΔΦΠ01*

και

*«Τα παραπροϊόντα γιατί είναι βλαβερά;*

*Έχει εφαρμοστεί πουθενά η πράσινη χημεία ή ακόμη είναι σε πειραματικό στάδιο;*

*Τι εννοεί "κανένα καλό χωρίς κακό";» ΧΗΜ32*

Οι προηγούμενες ενδεικτικές απορίες αντανακλούν και τη γενική «τάση» των αποριών που διατύπωσαν οι φοιτητές και οι λίγοι μαθητές. Συνολικά, 17 απορίες αναφέρονταν στο γιατί το χλωριούχο νάτριο είναι βλαβερό. Οι 16 από τους 17 που σημείωσαν αυτή την απορία είχαν δώσει μη αποδεκτές απαντήσεις στην προηγούμενη ερώτηση για το χλωριούχο νάτριο ή δεν είχαν γράψει κάποια άποψη. Άλλες απορίες περιστρέφονταν γύρω από κοινωνικά θέματα (οικονομικό κόστος, στάση πολιτών απέναντι σε περιβαλλοντικά προβλήματα) και άλλες σε περισσότερο «τεχνικά» ζητήματα:

*«Ο καταλύτης που θα προστεθεί στην αντίδραση παραγωγής προπυλενοξειδίου θα είναι το υδρογόνο;», ΛΥΚ04*

*«Ποια είναι η διαδικασία παραγωγής προπυλενοξειδίου;» BET01*

*«Πως θα αναπτυχθούν τεχνολογίες που θα βασίζονται σε διαδικασίες που συμβαίνουν στη φύση» ΧΗΜ33*

Σε μερικές περιπτώσεις, οι φοιτητές διατύπωσαν και απορίες που περιείχαν έμμεσα ή άμεσα προτάσεις για την αποφυγή περιβαλλοντικών προβλημάτων:

*«Γιατί δεν δημιουργούνται ειδικοί χώροι ταφής των παραπροϊόντων όπου μέσω διαφόρων χημικών αντιδράσεων να καταστρέφονται σιγά-σιγά ώστε να μην προκαλούν ρύπανση στην ατμόσφαιρα;» ΧΗΜ3*

*«Αφού έχει βρεθεί καθαρή διαδικασία οξείδωσης υδρ/κων, έχει γίνει υποχρεωτική για την παραγωγή τους και αν όχι τότε?» BET17*

Διατυπώθηκαν και (λίγες) απορίες που υποδεικνύουν ότι οι φοιτητές δεν αντελήφθησαν το περιεχόμενο του κειμένου ή αγνοούν βασικές έννοιες της χημείας:

*«Τι θα συμβεί στην ατμόσφαιρα όταν το NaCl ως παραπροϊόν **αντιδράσει** με το **οξυγόνο**, τώρα που έχουμε παροδική αύξηση της θερμοκρασίας;», ΧΗΜ01*

*«Είναι άλλο οξείδωση και άλλο καύση;» ΧΗΜ22*

Τέλος, περί τους N = 15 φοιτητές επανέλαβαν με ίδια ή άλλη διατύπωση τις ασαφείς έννοιες που είχαν σημειώσει στη δραστηριότητα 3 και κυρίως: «τι είναι καταλύτης», «τι είναι προπυλενοξείδιο», «τι είναι οξείδωση υδρογονανθράκων»

Πίνακας 2.15. Απορίες στη δραστηριότητα 10

|                                                           | BET | ΜΔΦΠ | ΧΗΜ | ΛΥΚ | ΣΥΝΟΛΟ        |
|-----------------------------------------------------------|-----|------|-----|-----|---------------|
| Δεν έγραψαν απο-<br>ρία                                   | 8   | 3    | 16  | 2   | 29<br>(34,9%) |
| Γενικές ή αόριστες<br>απορίες                             | 4   | 2    | 6   | -   | 12            |
| Επανάληψη ασα-<br>φών εννοιών (ερ.3)                      | 3   | 4    | 8   | -   | 15            |
| Απορίες τεχνικού ή<br>επιστημονικού πε-<br>ριεχομένου     | 14  | 6    | 14  | 1   | 35            |
| Απορίες κοινωνικού<br>– περιβαλλοντικού<br>προβληματισμού | 5   | 3    | 16  | 1   | 25            |

Στον προηγούμενο πίνακα πέρα από τον αριθμό των φοιτητών που δεν σημείωσαν απορία, οι υπόλοιποι αριθμοί και ποσοστά δεν προστίθενται δεδομένου ότι οι περισσότεροι φοιτητές έγραψαν πάνω από μία απορίες, οι οποίες δεν ήταν απαραίτητα και της ίδιας κατηγορίας. Οι περισσότερες απορίες (35) φαίνεται ότι ήταν αυτές που περιστρέφονταν γύρω από τεχνικά θέματα. Το κείμενο περιείχε αρκετούς όρους, άλλους γνωστούς και άλλους όχι. Όμως ακόμη και οι «γνωστοί» όροι (π.χ. οξείδωση, χλωριούχο νάτριο, καταλύτες) είχαν διαφοροποιημένες χρήσεις και αναφορές στο κείμενο σε σχέση με αυτές που ενδεχομένως να είχαν οι φοιτητές και οι μαθητές υπόψη τους. Ενδιαφέρον έχει και ο σχετικά μεγάλος αριθμός αποριών που σχετίζονται με κοινωνικά και περιβαλλοντικά θέματα, κάτι που αποτελεί και ένα κριτήριο της θετικής αντιμετώπισης της δραστηριότητας από μέρους του ερευνητικού δείγματος.

## 2.3 ΑΝΘΡΩΠΟΤΗΤΑ ΚΑΙ ΥΛΙΚΑ ΜΕΣΩ ΤΗΣ ΙΣΤΟΡΙΑΣ - NANOTEΧΝΟΛΟΓΙΑ

Σε αυτή τη δεύτερη δραστηριότητα, το περιεχόμενο του κειμένου ήταν πιο δύσκολο καθώς περιλάμβανε και λέξεις, φράσεις και έννοιες που δεν αποτελούν μέρος του αναλυτικού προγράμματος στα μαθήματα φυσικών επιστημών στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση. Εκτός αυτού, η διατύπωση των ερωτήσεων δεν ήταν οικεία στους φοιτητές, με αποτέλεσμα, όπως φαίνεται στη συνέχεια, να υπάρχει πλήθος παρανοήσεων και ασαφών απαντήσεων.

Συμμετείχαν 83 φοιτητές και μαθητές, των οποίων η κατανομή ανά τμήμα σπουδών και ανά κατεύθυνση προέλευσης φαίνεται στον ακόλουθο πίνακα

Πίνακας 2.16. Συμμετοχή ανά τμήμα και ανά κατεύθυνση για τη δραστηριότητα «Ανθρωπότητα και υλικά μέσω της ιστορίας - Νανοτεχνολογία»

| ΤΜΗΜΑ                                       | ΑΡΙΘΜΟΣ ΣΥΜΜΕΤΕΧΟΝΤΩΝ<br>(ανά τμήμα) | ΑΡΙΘΜΟΣ ΣΥΜΜΕΤΕΧΟΝΤΩΝ<br>(ανά κατεύθυνση) |             |
|---------------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------------|-------------|
|                                             |                                      | Θετική                                    | Τεχνολογική |
| Βιολ. Εφαρμογών Τεχν.                       | 29                                   | 28                                        | 1           |
| Χημείας                                     | 34                                   | 32                                        | 2           |
| Μηχ. Διαχ. Φυσ. Πόρων                       | 15                                   | 3                                         | 12          |
| Πειραματικό Λύκειο Πανεπιστημίου Μακεδονίας | 5                                    | 5                                         | 0           |
| <b>Σύνολο</b>                               | <b>83</b>                            | <b>68</b>                                 | <b>15</b>   |

Διαπιστώνεται ο μεγάλος αριθμός των φοιτητών που προέρχονταν από την θετική κατεύθυνση (N = 68 ή 81,9%)

Το κείμενο ήταν το ακόλουθο:

### Ανθρωπότητα και υλικά μέσω της ιστορίας

Κάποιος μπορεί να σκεφτεί την ανθρώπινη ιστορία σαν μια σκάλα που ανέρχεται από το παρελθόν στο μέλλον. Κάθε σκαλοπάτι θα αποτελείται από ένα διαφορετικό υλικό που χαρακτηρίσε τη ζωή των ανθρώπων κατά τη διάρκεια της αντίστοιχης εποχής.

Μια αρχαιολογική επιστημονική μελέτη ενδιαφέρεται να χρησιμοποιεί τα αρχαιολογικά ευρήματα για να ανακατασκευάζει την ιστορική τους διαδρομή. Ας υποθέσουμε ότι στις ανασκα-

φές βρέθηκε ένα στιλέτο φτιαγμένο από σίδηρο. Ο σίδηρος αυτός προήλθε από μια πρώτη ύλη, ένα ορυκτό, που υποβλήθηκε σε θερμική κατεργασία. Έτσι δημιουργήθηκε ένα νέο υλικό (ένα μέταλλο), με διαφορετικές μηχανικές και θερμικές ιδιότητες από το ορυκτό από το οποίο προήλθε. Οι άνθρωποι παρήγαγαν το στιλέτο από το νέο υλικό (μέταλλο). Μετά από αρκετά έτη χρήσης, το στιλέτο χάθηκε ή θάφτηκε στο έδαφος. Από τότε, για χιλιάδες έτη το μέταλλο του στιλέτου αντέδρασε με ουσίες από το περιβάλλον και «προσπάθησε με όλη του τη δύναμη» να ξαναγίνει ορυκτό. Ως αποτέλεσμα αυτού, ένα μεγάλο μέρος του, εάν όχι όλο, άλλαξε. Με βάση αυτό που απέμεινε, η αρχαιολογική έρευνα προσπαθεί να αποκαλύψει την πορεία της ζωής του, αρχίζοντας από το χρόνο κατασκευής του.

Αρχικά ο προϊστορικός άνθρωπος χρησιμοποίησε μόνο υλικά που έβρισκε στα περίχωρά του στη φύση – ξύλο, πέτρα, κλπ. Με την ανάπτυξη του ανθρώπινου πολιτισμού, ο άνθρωπος έμαθε να επεξεργάζεται και να παράγει υλικά, και στη συνέχεια, να παράγει ακόμη και συνθετικά υλικά που δεν υπάρχουν στη φύση. Αυτά τα υλικά περιλαμβάνουν πολλά φάρμακα, λιπάσματα, πλαστικά υλικά και άλλα. Είναι δύσκολο να φανταστούμε τη ζωή μας στον 21<sup>ο</sup> αιώνα χωρίς όλα τα υλικά που χρησιμοποιούμε και που αναπτύχθηκαν μέσω της γνώσης που αποκτήσαμε από τη χημική έρευνα.

Και τι μας επιφυλάσσει το μέλλον;

Οι επιστήμονες υποστηρίζουν ότι στο μέλλον θα επικρατήσει η νανοτεχνολογία. Αυτή είναι ένα νέο επιστημονικό πεδίο που βασίζεται στη δυνατότητα να τοποθετούνται κατά βούληση μεμονωμένα μόρια και άτομα σε μια προκαθορισμένη δομή. Σήμερα, οι επιστήμονες αναπτύσσουν δραστηριότητες σε δυο μέτωπα: στο ένα, να δημιουργούν νέα υλικά, και στο άλλο να κατασκευάζουν μικροσκοπικές μηχανές και συσκευές που κάνουν δυνατή την έρευνα και την ανάπτυξη.

Οι δυνατότητες της νανοτεχνολογίας θα είναι απεριόριστες: μοριακοί υπολογιστές που θα μπορούν να αποθηκεύσουν ολόκληρες βιβλιοθήκες σε συσκευές μεγέθους ενός κύβου ζάχαρης, ισχυρότερα και ανθεκτικότερα υλικά, μηχανές στο μέγεθος ενός αιμοπεταλίου που θα μπορεί να απελευθερωθεί στη ροή του αίματος και να καταστρέψει καρκινικά κύτταρα, και άλλα.

Οι επιστήμονες ονειρεύονται τον «γενικό κωδικοποιητή» - μια μηχανή σε μέγεθος ενός φούρνου μικροκυμάτων που θα είναι σε θέση να παράγει οποιαδήποτε επιθυμητή χημική ουσία, της οποίας η μοριακή δομή θα βρίσκεται στη μνήμη της. Η μηχανή θα είναι σε θέση με βάση μια εντολή να αναμειγνύει τις ουσίες και να δημιουργεί το επιθυμητό υλικό, π.χ. από ένα κομμάτι πίτσας έναν συνδετήρα

Έχοντας διαβάσει το παραπάνω κείμενο, απαντήστε στις ακόλουθες ερωτήσεις:

1. Σημειώστε τις κεντρικές ιδέες που συζητούνται στο άρθρο
2. Φτιάξτε ένα κατάλογο λέξεων – κλειδιών στο άρθρο
3. Απαριθμήστε τις έννοιες των οποίων η σημασία δεν είναι σαφής σε σας

4. «Κάποιος μπορεί να σκεφτεί την ανθρώπινη ιστορία σαν μια σκάλα που ανέρχεται από το παρελθόν στο μέλλον»... (γραμμές 1 – 2). Δώστε ένα παράδειγμα διαφόρων τέτοιων βημάτων στην ανθρώπινη ιστορία (παραδείγματος χάρη – λίθινη εποχή)  
ΥΠΟΔΕΙΞΗ: Ποιο ήταν το υλικό; Ποιοι ήταν οι τρόποι που παράχθηκε; Σημειώστε έ να ή δυο παραδείγματα των κύριων χρήσεων του υλικού.
5. Κατά την άποψή σας, από ποιο υλικό είναι φτιαγμένο το σκαλοπάτι που περιγράφει την εποχή μας; Εξηγήστε την επιλογή σας και δώστε παραδείγματα.
6. «Ο σίδηρος αυτός προήλθε από μια πρώτη ύλη, ένα ορυκτό, που υποβλήθηκε σε θερμική κατεργασία. Έτσι δημιουργήθηκε ένα νέο υλικό (ένα μέταλλο), με διαφορετικές μηχανικές και θερμικές ιδιότητες από το ορυκτό από το οποίο προήλθε. Οι άνθρωποι παρήγαγαν το σιλέτο από το νέο υλικό (μέταλλο). Μετά από αρκετά έτη χρήσης, το σιλέτο χάθηκε ή θάφτηκε στο έδαφος. Από τότε, για χιλιάδες έτη το μέταλλο του σιλέτου αντέδρασε με ουσίες από το περιβάλλον και «προσπάθησε με όλη του τη δύναμη» να ξαναγίνει ορυκτό. Ως αποτέλεσμα αυτού, ένα μεγάλο μέρος του, εάν όχι όλο, άλλαξε.» (γραμμές 6 – 14)  
Απαντήστε με χημική γλώσσα στις παρακάτω ερωτήσεις:  
Α. Ποια είναι η πηγή του ορυκτού που χρησιμοποιήθηκε ως πρώτη ύλη;  
Β. Τι συνέβη στο ορυκτό κατά τη διαδικασία της θερμικής κατεργασίας;  
Γ. Σε τι είναι διαφορετικό το μέταλλο από το ορυκτό που χρησίμευσε ως πρώτη ύλη;  
Εξηγήστε, από άποψη της δομής και από άποψη των ιδιοτήτων  
Δ. Κατά τη γνώμη σου, τι εννοεί ο συγγραφέας λέγοντας «το μέταλλο ... προσπάθησε με όλη του τη δύναμη να ξαναγίνει ορυκτό»;
7. Η έννοια του όρου ‘νάνο’ είναι ένα μέρος στο δισεκατομμύριο (1/1.000.000.000). Προσπαθήστε να εξηγήσετε γιατί η επιστήμη που περιγράφεται στην τελευταία παράγραφο καλείται νανοτεχνολογία
8. Η δυνατότητα να επιφέρουμε μεταβολές σε υλικά είναι κοινή τόσο στην επεξεργασία των υλικών στον αρχαίο κόσμο, όσο και στην εποχή της νανοτεχνολογίας. Ποια είναι η ουσιαστική διαφορά μεταξύ της μεταβολής των υλικών στους αρχαίους καιρούς και της μεταβολής των υλικών με τη νανοτεχνολογία;
9. Γράψε μέχρι τρεις (3) απορίες που σου δημιουργήθηκαν μετά από το διάβασμα του άρθρου αυτού

### 1. Σημειώστε τις κεντρικές ιδέες που συζητούνται στο άρθρο

Σε αυτή την πρώτη δραστηριότητα ζητούνταν η καταγραφή των κεντρικών ιδεών του άρθρου. Από την επεξεργασία των ερωτηματολογίων προέκυψε ότι όλοι οι φοιτητές έγραψαν από **μία** έως **τέσσερις** κεντρικές ιδέες ή έγραψαν μια εκτενή περίληψη του άρθρου,

ενώ όπως και στην περίπτωση του ερωτηματολογίου της πράσινης χημείας, δεν παρατηρήθηκε περίπτωση μη αποδεκτής ή άσχετης απάντησης.

Μερικές χαρακτηριστικές απαντήσεις με δύο ή περισσότερες κεντρικές ιδέες με λεπτομερή περιγραφή:

*«Στο άρθρο συζητείται η προσπάθεια και η επιθυμία του ανθρώπου να παράγει καινούργια υλικά (μη φυσικά) με τη βοήθεια της Επιστήμης της Χημείας. Η υπόσχεση του αύριο είναι η νανοτεχνολογία, με τη βοήθεια της οποίας μπορεί να παραχθεί οποιαδήποτε χημική ουσία και οποιοδήποτε υλικό», BET 24*

*«Η προσπάθεια της αρχαιολογικής έρευνας μέσω των αρχαιολογικών ευρημάτων για την ανακατασκευή της ιστορικής διαδρομής. Ολοκληρωτική επικράτηση της νανοτεχνολογίας όσον αφορά το μέλλον και οι δυνατότητές της», XHM7*

*«Εξέλιξη των στοιχείων με την πάροδο του χρόνου και οι αντιδράσεις που αυτά δημιουργούν στο περιβάλλον. Το βήμα του ανθρώπου στη χρήση συνθετικών υλικών. Η νανοτεχνολογία και η μελλοντική της επικράτηση καθώς και οι δυνατότητες που αυτή παρέχει», ΜΔΦΠ01*

*«Η διαδρομή της ανθρώπινης εξέλιξης στον τομέα εκμετάλλευσης πρώτων υλών και η χημεία ως μέσο αυτής. Η χημεία παρούσα στη διάρκεια ζωής ενός μετάλλου – από τη δημιουργία μέχρι την ανακάλυψή του. Η γνώση και η χημική έρευνα προωθεί τη βελτίωση της καθημερινής ζωής. Μελλοντικά οράματα μέσω του κλάδου της νανοτεχνολογίας», ΛΥΚ2*

Ενδιαφέρον παρουσιάζουν οι απαντήσεις των φοιτητών που επέλεξαν την επιγραμματική περιγραφή των κεντρικών ιδεών, όπως φαίνεται από τα ακόλουθα παραδείγματα:

*«Η διαδρομή της τεχνολογίας και επιστήμης των υλικών κατά τον ρου της ιστορίας», ΜΔΦΠ10*

*«Η συμβολή της χημείας στην επιστημονική εξέλιξη», ΜΔΦΠ15*

*«Η αλματώδης ανάπτυξη της τεχνολογίας για την επίτευξη στόχων που κάποτε φάνταζαν ουτοπικοί», XHM28*

*«η ανάπτυξη της επιστήμης και της τεχνολογίας μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα είτε τη θεραπεία σοβαρών ασθενειών είτε τη δημιουργία μηχανών που παράγουν όποια χημική ουσία θέλουμε», BET05*

Διαπιστώθηκε ότι τα αποτελέσματα της δεύτερης δραστηριότητας (λέξεις κλειδιά) σχετίζονταν άμεσα με αυτά της πρώτης, σε ό,τι αφορούσε το περιεχόμενό τους.

## 2. Φτιάξτε ένα κατάλογο λέξεων – κλειδιών στο άρθρο

Όπως και στην περίπτωση της δραστηριότητας που αφορούσε την «Πράσινη Χημεία», κατά την διαδικασία της επεξεργασίας των απαντήσεων στα ερωτηματολόγια της δραστηριότητας «Ανθρωπότητα και υλικά μέσω της ιστορίας», καταγράφηκαν οι λέξεις ή φράσεις που επιλέχθηκαν από τους φοιτητές ως λέξεις - κλειδιά του κειμένου, και διαπιστώθηκε ότι οι ακόλουθες ήταν αυτές που συγκέντρωσαν τις προτιμήσεις των φοιτητών:

Πίνακας 2.17. Λέξεις – κλειδιά και συχνότητα εμφάνισής τους ανά τμήμα και ανά κατεύθυνση

|                       | BET          | ΜΔΦΠ         | ΧΗΜ          | ΛΥΚ          | ΘΕΤ          | ΤΕΧΝ         | ΣΥΝΟΛΟ                     |
|-----------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|----------------------------|
| Νανοτεχνολογία        | 25<br>(86,2) | 13<br>(86,7) | 31<br>(91,2) | 5<br>(100,0) | 61<br>(89,7) | 13<br>(86,7) | <b>74</b><br><b>(89,2)</b> |
| Υλικό                 | 21<br>(72,4) | 12<br>(80,0) | 22<br>(64,7) | 4<br>(80,0)  | 48<br>(70,6) | 11<br>(73,3) | <b>59</b><br><b>(71,1)</b> |
| Γενικός κωδικοποιητής | 17<br>(58,6) | 11<br>(73,3) | 22<br>(64,7) | 3<br>(60,0)  | 43<br>(63,2) | 10<br>(66,7) | <b>53</b><br><b>(63,9)</b> |
| Χημική έρευνα         | 19<br>(65,5) | 8<br>(53,3)  | 18<br>(52,9) | 3<br>(60,0)  | 40<br>(58,8) | 8<br>(53,3)  | <b>48</b><br><b>(57,8)</b> |
| Μικροσκοπικές μηχανές | 11<br>(37,9) | 8<br>(53,3)  | 14<br>(41,2) | 4<br>(80,0)  | 30<br>(44,1) | 7<br>(46,7)  | <b>37</b><br><b>(44,6)</b> |
| Ορυκτό                | 5<br>(17,2)  | 9<br>(60,0)  | 12<br>(35,3) | 4<br>(80,0)  | 22<br>(32,4) | 8<br>(53,3)  | <b>30</b><br><b>(36,1)</b> |
| Μέταλλο               | 6<br>(20,7)  | 5<br>(33,3)  | 10<br>(29,4) | 5<br>(100,0) | 21<br>(30,9) | 5<br>(33,3)  | <b>26</b><br><b>(31,3)</b> |
| Μοριακοί υπολογιστές  | 8<br>(27,6)  | 4<br>(26,7)  | 7<br>(20,6)  | 2<br>(40,0)  | 17<br>(25,0) | 4<br>(26,7)  | <b>21</b><br><b>(25,3)</b> |

Να σημειωθεί ότι υπήρξαν και άλλες λέξεις και έννοιες, αλλά η συχνότητά τους συνολικά ήταν σαφώς μικρότερη (<10)

Φαίνεται από τον πίνακα 2.17 ότι την κύρια προτίμηση των φοιτητών (N = 74 ή 89,2%) ως έννοια κλειδί είχε η λέξη «νανοτεχνολογία», ενώ ακολούθησαν οι έννοιες «υλικό» και «γενικός κωδικοποιητής». Διαπιστώνεται ότι η επιλογή των εννοιών δεν παρουσίασε κάποια παρέκκλιση, είτε ανά τμήμα είτε – κυρίως – ανά κατεύθυνση προέλευσης. Όπως όμως έγινε αντιληπτό από την επόμενη δραστηριότητα, οι δύο από τις τρεις αυτές έννοιες, βρέθηκαν **και** στον κατάλογο με τις ασαφείς έννοιες που συνέταζαν οι φοιτητές.



Δηλαδή, όπως και στο κείμενο της πράσινης χημείας, οι σημαντικές φράσεις, οι φράσεις «κλειδιά» όπως χαρακτηρίζονται, είναι έννοιες που οι ίδιοι οι ερωτώμενοι αναγνωρίζουν ότι τους είναι ασαφείς.

Αξιοσημείωτο είναι και το γεγονός ότι η έννοια «χημική έρευνα» προτιμήθηκε από μεγαλύτερο ποσοστό φοιτητών BET παρά τμήματος Χημείας (65,5% έναντι 52,9%).

Στον πίνακα που ακολουθεί φαίνεται και η «συμμετοχή» των φοιτητών στη δραστηριότητα, όπου το 59% έδωσε μεταξύ τριών και πέντε λέξεις ή έννοιες κλειδιά, ενώ μόνο το 13,3% έως και δυο. Να σημειωθεί ότι τρεις φοιτητές μόνο δεν κατέγραψαν καμία έννοια από αυτές που είναι στον προηγούμενο πίνακα 2.17

Πίνακας 2.18. Αριθμός εννοιών – λέξεων «κλειδιών» ανά κατεύθυνση και ανά τμήμα

| Αριθμός εννοιών | ΣΥΝΟΛΟ | BET | ΜΔΦΠ | ΧΗΜ | ΛΥΚ | ΘΕΤ | ΤΕΧΝ |
|-----------------|--------|-----|------|-----|-----|-----|------|
| Έως και 2       | 11     | 5   | 1    | 5   | 0   | 8   | 3    |
| 3-5             | 49     | 20  | 9    | 23  | 0   | 42  | 7    |
| 6-8             | 23     | 4   | 5    | 9   | 5   | 18  | 5    |

### 3. Απαριθμήστε τις έννοιες των οποίων η σημασία δεν είναι σαφής σε σας

Οι έννοιες που χαρακτηρίστηκαν ως ασαφείς για τους φοιτητές και εμφάνισαν συχνότητα >10, ήταν οι ακόλουθες τρεις (ανά τμήμα και ανά κατεύθυνση):

Πίνακας 2.19. Αριθμός ασαφών εννοιών / λέξεων ανά κατεύθυνση και ανά τμήμα

|                       | BET | ΜΔΦΠ | ΧΗΜ | ΛΥΚ | ΘΕΤ | ΤΕΧΝ | ΣΥΝΟΛΟ |
|-----------------------|-----|------|-----|-----|-----|------|--------|
| Νανοτεχνολογία        | 11  | 2    | 7   | 1   | 19  | 2    | 21     |
| Μοριακοί υπολογιστές  | 4   | 5    | 7   | 1   | 12  | 5    | 17     |
| Γενικός κωδικοποιητής | 4   | 1    | 6   | -   | 9   | 2    | 11     |

Πέρα από αυτές τις έννοιες, υπήρξαν και άλλες, όπως για παράδειγμα «θερμική κατεργασία» ή «μεμονωμένα μόρια / άτομα σε προκαθορισμένη δομή», όμως όπως προαναφέρθηκε η συχνότητά αναφοράς τους ήταν κατά πολύ μικρότερη. Ένας πολύ μεγάλος αριθμός φοιτητών (και οι τέσσερις από τους πέντε μαθητές) που αντιστοιχεί σε ποσοστό 56,6%, άφησε κενή την απάντηση αυτή μη σημειώνοντας κάποια έννοια ως ασαφή.

Από τους 21 φοιτητές που σημείωσαν ως ασαφή έννοια την «νανοτεχνολογία», οι 19 (90,5%) τον είχαν αναφέρει ως έννοια κλειδί. Είναι λογική η κίνηση αυτή; Είναι δυνατόν να αγνοούν μια έννοια που δεν συνάντησαν κατά πάσα πιθανότητα για πρώτη φορά σε αυτό το κείμενο; Στην περίπτωση του μοριακού υπολογιστή ή του γενικού κωδικοποιητή, που συγκέντρωσαν τις άλλες δυο προτιμήσεις είναι πιο φυσιολογικό αυτό το αποτέλεσμα. Αναγνώρισαν επομένως την σημασία των εννοιών αυτών στο γενικό νόημα του κειμένου, αλλά φυσικά σημείωσαν ότι δεν κατανοούν μια τέτοιου είδους «μηχανή». Όμως, η περίπτωση της νανοτεχνολογίας, θα πρέπει να απασχολήσει τα αναλυτικά προγράμματα που πρόκειται να συνταχθούν μελλοντικά μια και αποτελεί ένα σύγχρονο επιστημονικό πεδίο με πάρα πολλές εφαρμογές.

Στον πίνακα που ακολουθεί φαίνεται και μια άλλη εικόνα, ότι 47 φοιτητές, πάνω δηλαδή από τους μισούς, δεν σημείωσαν καμία έννοια ως ασαφή.

Πίνακας 2.20. Αριθμός ασαφών εννοιών – λέξεων «κλειδιών» ανά φοιτητή, ανά κατεύθυνση και ανά τμήμα

|       | BET | ΜΔΦΠ | ΧΗΜ | ΛΥΚ | ΘΕΤ | ΤΕΧΝ | ΣΥΝΟΛΟ |
|-------|-----|------|-----|-----|-----|------|--------|
| Καμία | 15  | 8    | 20  | 4   | 42  | 5    | 47     |
| 1 – 2 | 12  | 4    | 10  | 1   | 19  | 7    | 26     |
| 3 – 4 | 2   | 3    | 4   | 1   | 7   | 3    | 10     |

**4. «Κάποιος μπορεί να σκεφτεί την ανθρώπινη ιστορία σαν μια σκάλα που ανέρχεται από το παρελθόν στο μέλλον»... (γραμμές 1 – 2). Δώστε ένα παράδειγμα διαφόρων τέτοιων βημάτων στην ανθρώπινη ιστορία (παραδείγματος χάρη – λίθινη εποχή)**

**ΥΠΟΔΕΙΞΗ: Ποιο ήταν το υλικό; Ποιοι ήταν οι τρόποι που παράχθηκε; Σημειώστε ένα ή δυο παραδείγματα των κύριων χρήσεων του υλικού.**

Η δραστηριότητα αυτή απαιτούσε ουσιαστικά μια στοιχειώδη περιγραφή κάποιου «βήματος» στην ιστορία της ανακάλυψης και χρήσης κάποιου υλικού. Δεν πρόκειται για απλή δραστηριότητα, αλλά μέσω αυτής μπορεί να ερευνηθεί τόσο το γνωστικό επίπεδο των συμμετεχόντων, όχι μόνο σε θέματα επιστήμης και τεχνολογίας αλλά και σε ιστορικά θέματα που σχετίζονται με αυτές, καθώς και η ικανότητα περιγραφής. Η αξιολόγησή της αποδείχθηκε δύσκολη αφού έπρεπε να ελεγχθεί *μία προς μία* κάθε απάντηση για την *αριότητα* αλλά και την *ορθότητα* του περιεχομένου της.

Υπήρξαν περιπτώσεις (N = 29 ή ποσοστό 34,9%) που οι φοιτητές δεν αντιλήφθηκαν ακριβώς το νόημα της δραστηριότητας, έγραψαν ασάφειες ή απλώς δεν σημείωσαν κάποια απάντηση. Για παράδειγμα, απαντήσεις της μορφής:

*«Τροχός: η πρώτη ανακάλυψη του ανθρώπου. Το υλικό που χρησιμοποιήθηκε ήταν η πέτρα. Χρησιμοποιήθηκε στη μεταφορά. Φωτιά: ανακαλύφθηκε και δαμάστηκε στην προϊστορική εποχή. Προερχόταν κυρίως από κεραυνούς ή από τρίψιμο δυο πετρών μεταξύ τους. Η φωτιά χρησιμοποιήθηκε για την επιβίωση του ανθρώπου (φαγητό)», ΧΗΜ8*

και

*«η ανακάλυψη της φωτιάς από τον άνθρωπο με τη βοήθεια της οποίας κατάφερε να βρει τρόπο ώστε να δημιουργεί εργαλεία από διάφορες πρώτες ύλες», ΜΔΦΠ04*  
δεν θα μπορούσαν να χαρακτηριστούν ως «αποδεκτές» για τη συγκεκριμένη δραστηριότητα. Ο τροχός είναι όντως μια σπουδαία ανακάλυψη, όμως η ερώτηση αναφέρεται κυρίως στο υλικό, ενώ στη συνέχεια η αναφορά στη φωτιά δεν ήταν επιτυχής.

Απαντήσεις και της μορφής που ακολουθεί δείχνουν ότι οι φοιτητές δεν αντελήφθησαν το τι ζητούσε η ερώτηση παρά την υπόδειξη που τους δόθηκε:

*«Η εφεύρεση της ατμομηχανής βοήθησε την εξέλιξη της ανθρωπότητας. Διευκόλυνε τη ζωή των τότε ανθρώπων αλλά έγινε η βάση για περαιτέρω έρευνες», ΒΕΤ29*

Μερικές απαντήσεις ήταν πολύ γενικόλογες έως και ασαφείς, γι αυτό και δεν θεωρήθηκαν (ούτε μερικά) αποδεκτές:

*«Η εποχή που ο άνθρωπος άρχισε να επεξεργάζεται τους πρωτογενείς παράγοντες δημιουργώντας πιο σύνθετα υλικά που η χρήση τους διευκολύνει τη ζωή μας», ΒΕΤ14*

Παρατηρήθηκαν αρκετές αναφορές σε «εποχή του μετάλλου»<sup>6</sup>, χωρίς να προσδιορίζεται «ποιο» είναι το μέταλλο. Τέτοιες απαντήσεις χαρακτηρίστηκαν ως ελλιπείς, όχι όμως λανθασμένες:

---

<sup>6</sup> Η παρανόηση που καταγράφηκε στο σημείο αυτό είναι περισσότερο θέμα ιστορικού ή αρχαιολογικού αλφαριθμητισμού. Σύμφωνα με την ηλεκτρονική έκδοση της εγκυκλοπαίδειας *Britannica*, η Εποχή του Χαλκού είναι μια περίοδος που χαρακτηρίζεται από τη χρήση του χαλκού και κραμάτων του (μπρούντζος) ως τα κύρια σκληρά υλικά για την κατασκευή διαφόρων εργαλείων και όπλων. Χρονολογικά, βρίσκεται μεταξύ της Λίθινης Εποχής και της Εποχής του Σιδήρου. Ο όρος Λίθινη Εποχή υποδηλώνει την αδυναμία τήξης οποιουδήποτε μεταλλεύματος, ο όρος Εποχή του Χαλκού υποδηλώνει την αδυναμία τήξης μεταλλεύματος σιδήρου και ο όρος Εποχή του Σιδήρου υποδηλώνει την ικανότητα κατασκευής αντικειμένων και από τα τρία αυτά σκληρά υλικά. Η χρονολογικά αρχαιολογική τους ταξινόμηση αντικατοπτρίζει τη δυσκολία της κατασκευής στην ιστορία της τεχνολογίας

«Εποχή του μετάλλου - οι άνθρωποι χρησιμοποιούσαν κυρίως μέταλλο για να φτιάχνουν όπλα για παράδειγμα, τα οποία τους βοηθούσαν να αμύνονται αλλά και να βρίσκουν την τροφή τους - Το μέταλλο παράγεται από ορυκτά», ΧΗΜ33

Απαντήσεις όπως οι επόμενες, χαρακτηρίστηκαν ως αποδεκτές, διότι:

Α. ονομάζουν **ιστορικά** την εποχή χρησιμοποιώντας έναν όρο που υπάρχει

Β. ονομάζουν το **υλικό**

Γ. δίνουν **πληροφορίες** για τη **χρήση** του υλικού

«Εποχή του χαλκού. Το υλικό που χαρακτήρισε την εποχή ήταν ο χαλκός. Έφτιαχναν πολεμικό υλικό (σπαθιά, ασπίδες) αλλά και έργα τέχνης (αγάλματα)», ΜΔΦΠ14

ή

«Εποχή χαλκού. Το υλικό που έπαιρναν οι άνθρωποι από τη γη και το χρησιμοποιούσαν στην κατασκευή εργαλείων, όπλων και μαγειρικών σκευών», ΧΗΜ16

«Η μετάβαση από τη λίθινη εποχή στην εποχή του μετάλλου. Ο άνθρωπος της λίθινης χρησιμοποιούσε την πέτρα ως εργαλείο για τις ανάγκες του - στην εποχή του μετάλλου χρησιμοποιεί τα μέταλλα που είναι πιο βολικά γι αυτό», ΧΗΜ13

«Η εποχή του σιδήρου. Οι άνθρωποι με το σίδηρο έφτιαχναν όπλα αλλά και πράγματα που τους ήταν χρήσιμα στην καθημερινή τους ζωή, όπως μαγειρικά σκεύη», ΒΕΤ05

Υπήρξαν όμως και κάποιες απαντήσεις όπως:

«Εποχή του άνθρακα. Η χρήση του άνθρακα βρήκε άμεση εφαρμογή στη βιομηχανική επανάσταση το 1800 σε Αγγλία, Γερμανία, Γαλλία. Ο άνθρακας εξορύχθηκε από το έδαφος και χρησιμοποιήθηκε σε τρένα, εργοστάσια, πλοία, κλπ», ΜΔΦΠ10

Η προηγούμενη απάντηση (όπως και άλλες με παρόμοια αναφορά σε άνθρακα) αποτελεί αντίληψη του φοιτητή. Δεν υπάρχει ιστορική περίοδος με τέτοιο όνομα (που να αναφέρεται στον άνθρακα στην καύσιμή του μορφή). Έχει βέβαια μια λογική συνέπεια η απάντηση αυτή, όμως δεν είναι αποδεκτή από ιστορική άποψη. Τα τελευταία χρόνια, είναι όλο και περισσότερα τα άρθρα που δημοσιεύονται και θεωρούν τον άνθρακα ως στοιχείο που ενδεχομένως θα χαρακτηρίσει τον 21<sup>ο</sup> αιώνα, όχι όμως με την καύσιμη μορφή του, αλλά, όπως αναφέρει ο Aaron Feaver στο άρθρο «**The Carbon Age: Dark element, brighter future**»<sup>7</sup>, με την κατασκευή νέων υλικών που βασισμένα στις διάφορες μορφές του θα λει-

<sup>7</sup> [http://news.cnet.com/8301-11128\\_3-20017972-54.html?part=rss&subj=news&tag=2547-1\\_3-0-20](http://news.cnet.com/8301-11128_3-20017972-54.html?part=rss&subj=news&tag=2547-1_3-0-20)

τουργούν ως δομικές μονάδες για μια νέα γενιά συσκευών που θα διαχειρίζονται και θα περιορίζουν τους ρύπους που προέρχονται από την καύσιμη μορφή του άνθρακα.

Σε μερικές απαντήσεις διατυπώνονται λογικές απόψεις, οι οποίες ακολουθούν πιστά την υπόδειξη χωρίς να αντιστοιχούν σε ιστορική, αρχαιολογική ή τεχνολογική περίοδο:

*«Το ξύλο που είναι υλικό της φύσης το μετασχημάτισαν ώστε να εξυπηρετεί ποικίλες ανάγκες όπως στην περίπτωση του χαρτιού και του τροχού», BET26*

και

*«Ανακάλυψη του πετρελαίου. Εξορύσσει το πετρέλαιο από τη γη. Αργότερα από την ανακάλυψή του με έρευνες κατάλαβε ότι το πετρέλαιο σχηματίζεται λόγω της δράσης της διάβρωσης που υφίστανται διάφορα υλικά στο υπέδαφος. Κύρια χρήση του πετρελαίου είναι στην κίνηση οχημάτων. Επίσης χρησιμοποιείται και στις λάμπες πετρελαίου», BET12*

Στον πίνακα που ακολουθεί φαίνονται συνολικά οι απαντήσεις των φοιτητών σε αυτή την ερώτηση:

Πίνακας 2.20. Απαντήσεις φοιτητών ανά τμήμα και κατεύθυνση

|                             | BET | ΜΔΦΠ | ΧΗΜ | ΛΥΚ | ΘΕΤ | ΤΕΧΝ | ΣΥΝΟΛΟ    |
|-----------------------------|-----|------|-----|-----|-----|------|-----------|
| Άσχετες – μη απαντήσεις     | 12  | 5    | 12  | -   | 22  | 7    | <b>29</b> |
| Πέτρα – λίθινη εποχή        | 6   | 3    | 9   | -   | 14  | 4    | <b>18</b> |
| Χαλκός – εποχή του χαλκού   | 7   | 6    | 11  | 3   | 23  | 4    | <b>27</b> |
| Σίδηρος – εποχή του σιδήρου | 3   | -    | 4   | 1   | 8   | -    | <b>8</b>  |
| Άλλο (αποδεκτό)             | 1   | 3    | -   | 1   | 4   | 1    | <b>5</b>  |

Να σημειωθεί ότι υπήρξαν μερικές περιπτώσεις στις οποίες οι φοιτητές έγραψαν δυο και τρεις περιπτώσεις υλικών, όπως οι ακόλουθες:

*«εποχή του λίθου κύριο χαρακτηριστικό η πέτρα-υπάρχει άφθονη στη φύση διακόσμηση/ανέγερση κτισμάτων και  
εποχή χαλκού κύριο χαρακτηριστικό ο χαλκός-υπάρχει στη φύση σε ορυχεία μεταλλών - δημιουργία καλωδίων μεταφοράς ρεύματος» ΜΔΦΠ01*

και

*«1)εποχή χαλκού - κύριο υλικό ο χαλκός - επεξεργασία κ χρήση. κατασκευή μικροαντικειμένων καθημ. χρήσης, κυνήγι, εύρεση τροφής*

*2)βιομηχανική επανάσταση - συστηματική εξόρυξη υγρών καυσίμων και ορυκτών - πετρέλαιο, κάρβουνο », XHM27*

Αυτός είναι και ο λόγος για τον οποίο δεν συμπίπτει ακριβώς ο αριθμός των απαντήσεων με τον αριθμό των φοιτητών.

Στις προηγούμενες δυο περιπτώσεις διαπιστώνεται και κάτι άλλο: και ο ένας και ο άλλος φοιτητής αναφέρθηκαν στον χαλκό, όμως ο πρώτος δεν αναφέρθηκε στις εφαρμογές που είχε ο χαλκός την εποχή του χαλκού, αλλά σε σύγχρονες (καλώδια μεταφοράς ρεύματος). Τέτοιου είδους απαντήσεις ήταν, γενικά, πολύ συνηθισμένες και είναι ένας λόγος για τον οποίο η αξιολόγηση της δραστηριότητας ήταν πολύ σύνθετη.

**5. Κατά την άποψή σας, από ποιο υλικό είναι φτιαγμένο το σκαλοπάτι που περιγράφει την εποχή μας; Εξηγήστε την επιλογή σας και δώστε παραδείγματα.**

N = 32 φοιτητές δεν έγραψαν κάποια απάντηση σε αυτή την ερώτηση ή έδωσαν κάποια άσχετη ή γενικόλογη απάντηση, όπως για παράδειγμα:

*«Φτιαγμένο από τον επιτυχή(?)<sup>8</sup> συνδυασμό των γνωστών υλικών», ΜΔΦΠ11*

*«Από το κάθε υλικό που ανακάλυψαν το ένα μετά το άλλο», XHM03*

ή

*«Στον 21ο αιώνα έχουν χτιστεί τα θεμέλια για την οικοδόμηση μιας νέας ζωής που θα ικανοποιούνται οι περισσότερες ανάγκες των ανθρώπων. Παρ' όλα αυτά έχουν γίνει πολλά λάθη με το πέρασμα των χρόνων που επιβραδύνουν αυτή την κατάσταση», BET14*

Η προηγούμενη απάντηση, όπως και αρκετές άλλες που κινούνταν στο ίδιο πνεύμα, είναι προφανώς άσχετη και δεν απαντά στην ερώτηση, αλλά αφενός εμφανίζει ένα προβληματισμό και αφετέρου δείχνει «συμμετοχή» στη δραστηριότητα. Η περαιτέρω ανάλυση όμως τέτοιου είδους απαντήσεων, δεν έχει ενδιαφέρον για τους σκοπούς της παρούσας έρευνας. Μια άλλη απάντηση δείχνει ότι ο φοιτητής δεν έχει αντιληφθεί το περιεχόμενο της ερώτησης:

---

<sup>8</sup> Το ερωτηματικό από τον φοιτητή

«Το **υλικό** είναι η **τεχνολογία**. Χρησιμοποιείται παντού στην εποχή μας και σε κάθε τομέα. Τα πάντα εξελίσσονται και συμβαδίζουν με τα τεχνολογικά επιτεύγματα», ΜΔΦΠ08

Πίνακας 2.21. Απαντήσεις φοιτητών ανά τμήμα και κατεύθυνση

|                         | BET | ΜΔΦΠ | ΧΗΜ | ΛΥΚ | ΘΕΤ | ΤΕΧΝ | ΣΥΝΟΛΟ |
|-------------------------|-----|------|-----|-----|-----|------|--------|
| Άσχετες – μη απαντήσεις | 8   | 10   | 12  | 2   | 22  | 10   | 32     |
| Πετρέλαιο / πλαστικό    | 7   | 1    | 14  | 2   | 23  | 1    | 24     |
| Σίδηρος - Χαλκός        | 2   | 1    | 3   | -   | 5   | 1    | 6      |
| Τσιμέντο - ξύλο         | 7   | -    | -   | -   | 6   | 1    | 7      |
| Άλλο                    | 5   | 3    | 5   | 1   | 12  | 2    | 14     |

Το υλικό που προτιμήθηκε από τους υπόλοιπους φοιτητές περισσότερο ήταν το πετρέλαιο και όσοι το σημείωσαν ως το υλικό που χαρακτηρίζει την εποχή μας, έκαναν – με διάφορους τρόπους – σύνδεση με τα πλαστικά (ή παράγωγα, όπως μερικοί σημείωσαν) υλικά. Για παράδειγμα:

«Εποχή του πετρελαίου. Όλα γύρω μας αποτελούνται από συνθετικά προϊόντα που παράγονται από την επεξεργασία πετρελαίου. Πλαστικά, καύσιμα, οργανικοί διαλύτες, από παπούτσια και ρούχα μέχρι το πετρέλαιο θέρμανσης», BET03

«Ακόμη και σήμερα οι ορυκτοί υδρογονάνθρακες και συγκεκριμένα το πετρέλαιο παραμένει ως κύριο υλικό. Μέσω της πετροχημείας έχουμε καταφέρει την παραγωγή συνθετικών προϊόντων. για παράδειγμα η βενζίνη, φθηνός τρόπος κίνησης καθώς και υλικά όπως τα πολυεστερικά υφάσματα και λιπαντικά έχουν ως πρώτη ύλη το πετρέλαιο. παρ' όλα αυτά σήμερα γίνεται προσπάθεια στροφής σε εναλλακτικές πρώτες ύλες, πιο φιλικές προς το περιβάλλον», ΛΥΚ02

Στην τελευταία κατηγορία («άλλο») αρκετοί σημείωσαν το **πυρίτιο**, δικαιολογώντας την επιλογή τους ως εξής:

«από το πυρίτιο, το βασικό υλικό κατασκευής των μικροτσίπ, θεμέλιος λίθος της ψηφιακής εποχής μας», ΧΗΜ14

Ενώ υπήρξαν μόνο 4 αναφορές σε πιο «εξωτικά» όσο όμως και σύγχρονα υλικά, όπως στην επόμενη απάντηση:

*«το υλικό που θα φέρει την επανάσταση στην εποχή μας είναι το carbon fiber και τα nanotubes που ελαχιστοποιούν τις αρνητικές ιδιότητες των παραδοσιακών μετάλλων (χάλυβας) και συνδυάζουν καλές μηχανικές ιδιότητες όπως ψηλές αντοχές σε θλίψη, κάμψη, εφελκυσμό», ΜΔΦΠ09*

Τα σύγχρονα υλικά περιλαμβάνουν μεταξύ άλλων τα πολυμερή, τα κεραμικά, τους ημιαγωγούς, μαγνητικά υλικά, ιατρικά εμφυτεύματα, και βιολογικά υλικά. Κανένα από τα προηγούμενα (πλην των πολυμερών – 2 αναφορές) δεν σημειώθηκε από τους συμμετέχοντες στην έρευνα:

*«Από συνθετικά υλικά-πολυμερή είναι κατασκευασμένα τα πάντα γύρω μας από το πιο απλό αντικείμενο όπως ένα στυλό, έως και το πιο σύνθετο όπως όργανα υποκατάστατα των ανθρώπινων οργάνων», ΧΗΜ21*

Αξιοσημείωτο επίσης είναι το γεγονός ότι ένας αριθμός μόνο φοιτητών BET (και στην πλειοψηφία τους προερχόμενοι από τη θετική κατεύθυνση) σημείωσαν ως το υλικό της εποχής μας το τσιμέντο και το ξύλο:

*«το σκαλοπάτι που περιγράφει την εποχή μας είναι φτιαγμένο από ξύλο γιατί είναι υλικό το οποίο μπορεί εύκολα να επεξεργαστεί», BET07*

*«Σίδηρο και τσιμέντο. Αυτά είναι τα υλικά που χρησιμοποιούνται στις μέρες μας προκειμένου να κατασκευαστούν τα κτίρια, οι δρόμοι, τα υλικά και γενικότερα οι πόλεις», BET25*

**6: «Ο σίδηρος αυτός προήλθε από μια πρώτη ύλη, ένα ορυκτό, που υποβλήθηκε σε θερμική κατεργασία. Έτσι δημιουργήθηκε ένα νέο υλικό (ένα μέταλλο), με διαφορετικές μηχανικές και θερμικές ιδιότητες από το ορυκτό από το οποίο προήλθε. Οι άνθρωποι παρήγαγαν το σιλέτο από το νέο υλικό (μέταλλο). Μετά από αρκετά έτη χρήσης, το σιλέτο χάθηκε ή θάφτηκε στο έδαφος. Από τότε, για χιλιάδες έτη το μέταλλο του σιλέτου αντέδρασε με ουσίες από το περιβάλλον και «προσπάθησε με όλη του τη δύναμη» να ξαναγίνει ορυκτό. Ως αποτέλεσμα αυτού, ένα μεγάλο μέρος του, εάν όχι όλο, άλλαξε.» (γραμμές 6 – 14)**

**Απαντήστε με χημική γλώσσα στις παρακάτω ερωτήσεις:**

**A. Ποια είναι η πηγή του ορυκτού που χρησιμοποιήθηκε ως πρώτη ύλη;**

**B. Τι συνέβη στο ορυκτό κατά τη διαδικασία της θερμικής κατεργασίας;**

**Γ. Σε τι είναι διαφορετικό το μέταλλο από το ορυκτό που χρησίμευσε ως πρώτη ύλη;**



**Εξηγήστε, από άποψη της δομής και από άποψη των ιδιοτήτων**

**Δ. Κατά τη γνώμη σου, τι εννοεί ο συγγραφέας λέγοντας «το μέταλλο ... προσπάθησε με όλη του τη δύναμη να ξαναγίνει ορυκτό»;**

**Α.** Στην πρώτη υποερώτηση («Ποια είναι η πηγή του ορυκτού που χρησιμοποιήθηκε ως πρώτη ύλη;») καταγράφηκε ένας μεγάλος αριθμός (βλ. πίνακα) μη αποδεκτών και κενών απαντήσεων (65,1%), ενώ και αυτές που αξιολογήθηκαν ως αποδεκτές περιείχαν και κάποιες παρανοήσεις ή ήσαν πολύ απλουστευμένες.

Για παράδειγμα, αποδεκτές χαρακτηρίστηκαν απαντήσεις όπως:

*«το υπέδαφος- όπου υπάρχουν εκτός από σίδηρο κι άλλα στοιχεία που δεν είναι πάντα σε καθαρή μορφή αλλά σε μίγματα και χρειάζονται θερμική επεξεργασία»,*  
XHM10

*«Η γη ήταν η πηγή του ορυκτού, το έδαφος, το υπέδαφος της»,* BET02

ή ακόμη πιο απλά:

*«Η φύση και η γη»,* XHM29

Μια μη αποδεκτή απάντηση με ικανή συχνότητα (>8) χαρακτηρίζει ως πηγή του ορυκτού το μέταλλο:

*«Ο σίδηρος που υπάρχει ( $\text{Fe}^{+2}$ ,  $\text{Fe}^{+3}$ )»,* XHM18

Ενδιαφέρον έχει η ακόλουθη απάντηση - παρανόηση, που δόθηκε (με διαφορετικές διατυπώσεις) από τρεις φοιτητές (διαφορετικών τμημάτων):

*«Το έδαφος, που μέσα από χημικές διαδικασίες δημιούργησε τον σίδηρο»,*  
ΜΔΦΠ02

Ή μια άλλη παρανόηση (με μικρότερη συχνότητα), στην οποία οι φοιτητές θεωρούν ότι πραγματοποιείται **μεταστοιχείωση** (κάτι που δεν υφίσταται):

*«Ορυκτό (χαλκός Cu)  $\rightarrow$  (Θ) Fe»,* BET19

Ενώ αυτή η δραστηριότητα ήταν πολύ απλή και δεν ζητούσε ιδιαίτερες γνώσεις, φαίνεται ότι αποκάλυψε σειρά σοβαρών παρανοήσεων από πλευράς φοιτητών, όπως και η επόμενη που φέρνει το μάγμα από τα ηφαίστεια να προέρχεται από τον πυρήνα της γης:

*«το σιδηρομετάλλευμα βρίσκεται σε ηφαιστειογενή πετρώματα και είναι πλούσιο σε σίδηρο για το λόγο ότι το μάγμα στον πυρήνα της γης αποτελείται σε μεγάλο ποσοστό από σίδηρο»,* ΜΔΦΠ09

ενώ κατέδειξε και προβλήματα διατύπωσης:

*«η φύση, ο κόσμος που βρίσκεται στα κατώτερα στρώματα της γης»,* BET23

Πίνακας 2.22. Αποδεκτές και μη απαντήσεις φοιτητών ανά τμήμα και κατεύθυνση στη δραστηριότητα 6α

|                              | σύνολο | BET | ΜΔΦΠ | ΧΗΜ | ΛΥΚ | ΘΕΤ | ΤΕΧΝ |
|------------------------------|--------|-----|------|-----|-----|-----|------|
| Αποδεκτή απάντηση            | 29     | 9   | 4    | 12  | 4   | 27  | 2    |
| Μη αποδεκτή – καμία απάντηση | 54     | 20  | 11   | 22  | 1   | 41  | 13   |

**Β.** Στη δεύτερη υποερώτηση «τι συνέβη στο ορυκτό κατά τη διάρκεια της θερμικής κατεργασίας», βρέθηκε ένας αριθμός κενών απαντήσεων, αλλά και ένας πολύ μεγάλος αριθμός λανθασμένων απαντήσεων / παρανοήσεων. Οι απαντήσεις που χαρακτηρίζονται ως μερικώς αποδεκτές περιλαμβάνουν κάποιους όρους χημείας αλλά απέχουν από το να χαρακτηριστούν ορθές.

Πίνακας 2.23. Αποδεκτές και μη απαντήσεις φοιτητών ανά τμήμα και κατεύθυνση στη δραστηριότητα 6β

|                                                 | BET | ΜΔΦΠ | ΧΗΜ | ΛΥΚ | ΘΕΤ | ΤΕΧΝ | ΣΥΝΟΛΟ |
|-------------------------------------------------|-----|------|-----|-----|-----|------|--------|
| Δεν απάντησαν                                   | 5   | 4    | 4   | 2   | 11  | 4    | 15     |
| Μη αποδεκτές απαντήσεις                         | 14  | 6    | 20  | 2   | 32  | 10   | 42     |
| Μερικώς αποδεκτές απαντήσεις με «χημική γλώσσα» | 10  | 5    | 10  | 1   | 25  | 1    | 26     |

Ακόμη περισσότερες παρανοήσεις, σε σχέση με την προηγούμενη, παρουσιάστηκαν σε αυτή τη δραστηριότητα. Όπως φαίνεται από τα ακόλουθα παραδείγματα, η έννοια «θερμική κατεργασία» αντιμετωπίστηκε από ένα ποσοστό φοιτητών, ως ένα είδος «κλασματικής απόσταξης»:

*«Το ορυκτό άρχισε να λιώνει (περιέχει διάφορα υλικά-μέταλλα) και κάθε υλικό που περιείχε αρχίζει να ξεχωρίζει λόγω των διαφορετικών τους ιδιοτήτων»,*  
ΧΗΜ17

*«Το ορυκτό άρχισε να χωρίζεται στα στοιχεία από τα οποία αποτελείται. Αυτό έγινε επειδή κάθε στοιχείο έχει ιδιότητες και δομή διαφορετική από τα υπόλοιπα. Τα*

*στοιχεία έχουν διαφορετική αντίδραση όταν θερμανθούν και έτσι ο άνθρωπος "παίρνει" αυτό που θέλει», ΧΗΜ10*

Μια άλλη παρανόηση – μικρότερης συχνότητας εμφάνισης – αποδίδει στη θερμική κατεργασία του ορυκτού «ιδιαίτερες» ιδιότητες<sup>9</sup>:

*«Άλλαξε μορφολογία, ίσως και να μεταστοιχειώθηκε», ΒΕΤ02*

και

*«Το ορυκτό άλλαξε μορφή και μετατράπηκε σε μια άλλη μορφή που ονομάστηκε μέταλλο», ΜΔΦΠ12*

και

*«Το ορυκτό βρισκόταν διασκορπισμένο και με τη θερμική κατεργασία έλιωσε και ενώθηκε σε ένα μίγμα που στερεοποιήθηκε αφότου μειώθηκε η θερμοκρασία του», ΧΗΜ19*

Σε άλλες απαντήσεις επαναλαμβάνονται απλώς φράσεις από το κείμενο χωρίς να δίνεται εξήγηση:

*«Άλλαξαν οι θερμικές και χημικές ιδιότητες με αποτέλεσμα να δημιουργηθεί ένα νέο υλικό, ένα νέο μέταλλο», ΧΗΜ26*

Υπήρξαν και απαντήσεις λογικές και σαφείς, όπως οι επόμενες, χωρίς όμως να γίνεται κάποια αναφορά στο «πώς». Οι απαντήσεις αυτές κρύβουν ακόμη μια παρανόηση, ότι το μέταλλο βρίσκεται *καθαρό* στο ορυκτό, απλά *καλύπτεται* με κάποιο τρόπο από άλλες ουσίες ή σχηματίζει προσμίξεις:

*«Απομακρύνθηκαν κάποια υλικά με αποτέλεσμα να μείνει μόνο το μέταλλο», ΒΕΤ05*

και

*«Απομακρύνονται ανεπιθύμητες προσμίξεις και παραλαμβάνεται το μέταλλο καθαρό ως ουσία», ΧΗΜ21*

Καμιά απάντηση δεν περιλαμβάνει ή έστω αναφέρει κάποια χημική αντίδραση που θα ήταν πιθανό να συμβαίνει κατά τη διάρκεια της θερμικής κατεργασίας. Οι φοιτητές που συμμετείχαν στις δραστηριότητες (τόσο της νανοτεχνολογίας αλλά και της πράσινης χημείας) δεν είχαν διδαχθεί ποτέ τους κάποιο μάθημα σχετικό με τη μεταλλουργία. Από τη σχολική χρονιά 1998-1999, με την αλλαγή στη διδακτέα ύλη Χημείας του Γυμνασίου και

---

<sup>9</sup> Η έννοια «μεταστοιχειώση» αποτελεί τμήμα της διδακτέας ύλης της φυσικής γενικής παιδείας της Γ λυκείου. Στο σχολικό βιβλίο, ορίζεται σαφώς ως πυρηνικό φαινόμενο.

των αντίστοιχων βιβλίων, δεν υπάρχει πλέον καμία τέτοια αναφορά<sup>10</sup>. Όμως και στη χημεία της πρώτης λυκείου, στο μάθημα των χημικών αντιδράσεων και πιο συγκεκριμένα στην ενότητα των οξειδοαναγωγικών αντιδράσεων δεν αναφέρεται τίποτε σχετικό.

Σε κάποιες απαντήσεις (όχι απαραίτητα ορθές) επιχειρείται προσπάθεια εξήγησης μέσω των εννοιών «**χημικός δεσμός**» και «**δομή**»:

«*Άλλαξαν κάποιες ιδιότητες λόγω σπασίματος χημικών δεσμών με τη βοήθεια της θερμότητας*», ΜΔΦΠ10

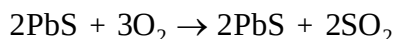
«*Άλλαξαν μερικές χημικές ιδιότητες ή ακόμα και η στερεοχημική δομή του*», ΧΗΜ02

Στις απαντήσεις που χαρακτηρίστηκαν μερικώς αποδεκτές, διακρίνονται φράσεις που εν δυνάμει θα μπορούσαν να θεωρηθούν σωστές εάν υπήρχε και επόμενο σκέλος στο οποίο να εξηγούσαν την επιλογή τους ή να μην ήσαν τόσο γενικές. Παράδειγμα, η επόμενη απάντηση:

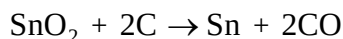
«*Αντέδρασε με άλλες ουσίες ή στοιχεία και το αποτέλεσμα ήταν η δημιουργία σιδήρου*», ΧΗΜ13

→ Σύμφωνα με το βιβλίο «Γενική Χημεία για πρωτοετείς» του Κ. Πολυδωρόπουλου (Ιωάννινα, 1974), οι συνηθέστερες μέθοδοι επεξεργασίας ορυκτών είναι:

1. Η *φρύξη*, δηλαδή η πύρωση του μεταλλεύματος παρουσία αέρος. Εφαρμόζεται συνήθως σε θειούχα ορυκτά για να τα μετατρέψουμε σε οξείδια, π.χ.



2. *Αναγωγή*: Τα οξυγονούχα μεταλλεύματα ή τα οξείδια που λαμβάνονται με φρύξη, ανάγονται προς μέταλλα με συνθέρμανση με άνθρακα, μέσα σε κατά περίπτωση ειδικές καμίνους, π.χ.



3. *Ηλεκτρόλυση*: Εφαρμόζεται σε χλωριούχα ή φθοριούχα μεταλλεύματα και ειδικότερα για την εξαγωγή των λίαν ηλεκτροθετικών μετάλλων, αλκαλίων, Ca, Mg κλπ, μέχρι του Al, τα οξείδια των οποίων δεν ανάγονται από τον άνθρακα. Η ηλεκτρόλυση γίνεται σε θερμοκρασίες πάνω από το σημείο τήξης τους. Το μέταλλο αποβάλλεται στην κάθοδο...

Γ. Η τρίτη υποερώτηση «*Σε τι είναι διαφορετικό το μέταλλο από το ορυκτό που χρησίμευσε ως πρώτη ύλη; Εξηγήστε, από άποψη της δομής και από άποψη των ιδιοτήτων*», έδωσε καλύτερα αποτελέσματα, όπως φαίνεται παρακάτω, και με λιγότερες παρανοήσεις. Έχοντας

<sup>10</sup> Μέχρι τη συγκεκριμένη σχολική περίοδο, διδασκόταν η μεταλλουργία του σιδήρου, του χαλκού και του αργιλίου, σε χωριστές ενότητες και με αντιδράσεις, στο μάθημα της χημείας γ γυμνασίου.

μελετήσει κανείς την υποερώτηση αυτή θα μπορούσε να «επιστρέψει» στην προηγούμενη και να δώσει μια καλύτερη απάντηση. Όμως, παρατηρήθηκε πως ενώ πολλοί φοιτητές έδωσαν αποδεκτές απαντήσεις σε αυτή τη δραστηριότητα, διατήρησαν τα όσα είχαν γράψει στην προηγούμενη. Για παράδειγμα, ο/η BET20 σημείωσε:

*«Το ορυκτό δεν ήταν καθαρό μέταλλο, δηλαδή περιείχε και άλλα στοιχεία. Πλέον ως καθαρό στοιχείο χωρίς να συμμετέχει σε καμία ένωση χαρακτηρίζεται από τις χημικές ιδιότητες που προσδιορίζουν αποκλειστικά και μόνο τα μέταλλα χωρίς να μεταβάλλονται εξ αιτίας των υπόλοιπων στοιχείων με τα οποία ήταν ενωμένο προηγουμένως», BET20*

Εκφράζει δηλαδή μια άποψη με σωστή διατύπωση, αναγνωρίζοντας ότι στο ορυκτό υπάρχουν κι άλλα στοιχεία ενωμένα με το προς εξαγωγή μέταλλο. Όμως, ο ίδιος φοιτητής / τρια στην αμέσως προηγούμενη ερώτηση, είχε σημειώσει γενικά:

*«Πυρακτώθηκε με αποτέλεσμα οι δυνάμεις που αναπτύσσονται ανάμεσα στα μόριά του να αποδυναμωθούν και να διευκολυνθεί η κατεργασία του», BET20*

Στις περισσότερες απαντήσεις αναφέρεται ότι υπάρχει διαφορά, που όμως εντοπίζεται κυρίως σε φυσικές και όχι χημικές ιδιότητες, ενώ ταυτόχρονα υπάρχουν δυο διαφορετικές τάσεις, από τις οποίες η μια δέχεται ότι έχει αλλάξει η δομή του υλικού και η άλλη όχι, όπως φαίνεται από τα παραδείγματα που ακολουθούν (τα έντονα γράμματα είναι του γράφοντα):

A. ίδια δομή:

*«Από άποψη δομής το μέταλλο δεν διαφοροποιείται από το ορυκτό, έχουν και τα δυο την **ίδια δομή** κρυσταλλική – πλέγματος. Από άποψη ιδιοτήτων το μέταλλο διαφέρει από το ορυκτό στις **φυσικές** κυρίως σταθερές του (**μεταλλική λάμψη, σημείο τήξης, πυκνότητα**). Οι ιδιότητες που οφείλονται στη **δομή** του παραμένουν **ίδιες**», ΛΥΚ02*

Το ίδιο και

*«Ως προς τη σύσταση, δηλαδή είναι **καθαρό στοιχείο χωρίς προσμίξεις**. αποκτά νέες ιδιότητες όπως ηλεκτρική και θερμική αγωγιμότητα, χαρακτηριστική λάμψη κλπ», ΧΗΜ21*

Ο ίδιος / α είχε σημειώσει στην Β:

*«απομακρύνονται ανεπιθύμητες προσμίξεις και παραλαμβάνεται το μέταλλο καθαρό ως ουσία», ΧΗΜ21*

B. διαφορετική δομή:

«Το μέταλλο έχει **πιο σύνθετη δομή**. Είναι πιο **ομογενές, ηλεκτρικά αγώγιμο και σκουριάζει** (οξειδώνεται)», ΧΗΜ23

«το μέταλλο είναι ένα πιο συνθετικό υλικό με πολυπλοκότερη και σταθερότερη δομή», ΜΔΦΠ08

Σε τέτοιου είδους απαντήσεις διαπιστώνονται λάθη που μπορούν ενδεχομένως να ερμηνευθούν με την μη διδασκαλία της μεταλλουργίας, δεν παύουν να αποτελούν όμως σημαντικές παρανοήσεις, συγχέοντας έννοιες όπως «ομογενής», «οξείδωση» και «ηλεκτρική αγωγιμότητα», αλλά και «συνθετικό υλικό», «σταθερότερη δομή»

Άλλες απαντήσεις μετέφεραν απλώς τις πληροφορίες του κειμένου, με μικρές παραλλαγές, δίνοντας με απλοϊκό τρόπο τη διαφορά ορυκτού - μετάλλου:

«το ορυκτό ήταν ακατέργαστο, υπήρχε στη φύση στην πρωταρχική του κατάσταση ενώ το μέταλλο ήταν το **κατεργασμένο ορυκτό**», ΒΕΤ13

Ενώ υπήρξαν και απαντήσεις που χωρίς να είναι απαραίτητα λάθος δεν απαντούσαν στην ερώτηση:

«έχει διαφορετικό μοριακό βάρος» ΜΔΦΠ04

Είναι προφανές από απαντήσεις όπως οι προηγούμενες ότι οι φοιτητές δείχνουν να αγνοούν **τι είναι** το ορυκτό. Από τις απαντήσεις που δίνουν συνολικά φαίνεται ότι γι αυτούς είναι ένα *πέτρωμα* με *ακαθόριστη* σύσταση, όπου περιέχεται και ένα μέταλλο (αυτό που μας «ενδιαφέρει»). Να σημειωθεί στο σημείο αυτό ότι η έννοια του ορυκτού δεν διδάσκεται σε κανένα μάθημα στο λύκειο (το μάθημα της Γεωλογίας έχει προ πολλού καταργηθεί). Έτσι, οι μαθητές και οι μελλοντικοί φοιτητές δεν μαθαίνουν σε κάποιο αντικείμενο ότι το ορυκτό είναι:

«η ουσία που εξορύσσεται από το στερεό φλοιό της γης, έχει **καθορισμένη** σύσταση και η δομή του είναι συνήθως κρυσταλλική»<sup>11</sup>

Όμως, αυτό που διδάσκονται οι μαθητές είναι ότι τα στοιχεία σχηματίζουν χημικές ενώσεις για να αποκτήσουν **σταθερότερη** δομή (α λυκείου):

«η δημιουργία του χημικού δεσμού οδηγεί το σύστημα σε χαμηλότερη ενέργεια, το κάνει δηλαδή **σταθερότερο**»<sup>12</sup>

<sup>11</sup> Τσίπη, Παλαμιτζόγλου, Δερπάνη και ομάδας Χημικών: «Λεξικό της Χημείας», 2003 εκδ. Μαλλιαρης/Παιδεία, σελ.525

<sup>12</sup> Λιοδάκη, Γάκη κ.α. «Χημεία Α λυκείου», ενότητα 2.3, σελ.52, ΟΕΔΒ

Πίνακας 2.24. Αποδεκτές και μη απαντήσεις φοιτητών ανά τμήμα και κατεύθυνση στη δραστηριότητα 6γ

|                                                 | BET | ΜΔΦΠ | ΧΗΜ | ΛΥΚ | ΘΕΤ | ΤΕΧΝ | ΣΥΝΟΛΟ |
|-------------------------------------------------|-----|------|-----|-----|-----|------|--------|
| Μη αποδεκτές απαντήσεις                         | 24  | 12   | 24  | 4   | 52  | 12   | 64     |
| Μερικώς αποδεκτές απαντήσεις με «χημική γλώσσα» | 5   | 3    | 10  | 1   | 16  | 3    | 19     |

**Δ. Κατά τη γνώμη σου, τι εννοεί ο συγγραφέας λέγοντας «το μέταλλο ... προσπάθησε με όλη του τη δύναμη να ξαναγίνει ορυκτό»;**

Αν και σε αυτή τη δραστηριότητα ήταν λίγοι οι φοιτητές που έδωσαν κάποιες αποδεκτές απαντήσεις, αυτές ήταν *περισσότερο* σαφείς ενώ χρησιμοποιήθηκε πιο σωστά η «χημική γλώσσα» που τους ζητήθηκε:

*«Λόγω αντιδράσεων θα ξαναεπανέρθει στην αρχική του κατάσταση», ΧΗΜ04*

*«Αντιδρούσε συνεχώς με άλλα στοιχεία και δημιουργούσε άλλες ενώσεις από τις οποίες αποτελούνται τα ορυκτά», ΜΔΦΠ09*

*«Με το πέρασμα των χρόνων, το μέταλλο αντιδρούσε με διάφορα στοιχεία του περιβάλλοντος όπως με το οξυγόνο με αποτέλεσμα να υπάρξει πάλι αλλαγή των ιδιοτήτων του», ΧΗΜ16*

*«πως μέσω χημικών αντιδράσεων τείνει να αποκτήσει την αρχική φυσική του μορφή», BET26*

Από τις προηγούμενες απαντήσεις προκύπτει το εξής: οι φοιτητές αναγνωρίζουν ότι το μέταλλο θα αντιδράσει (με διάφορα στοιχεία, όπως γράφουν για παράδειγμα το οξυγόνο) για να επανέλθει στην αρχική του μορφή, αλλά δεν επανέρχονται στο δεύτερο ερώτημα ώστε να δώσουν ορθή απάντηση για τη διαδικασία «ορυκτό → μέταλλο»

Και στο ερώτημα αυτό υπήρξαν παρανοήσεις, γενικολογίες και ασάφειες, όπως:

*«η φύση προνοεί και βοηθά να ξαναγίνονται φυσιολογικές οι καταστάσεις εάν έχουν υποστεί τροποποίηση», ΧΗΜ09*

και

*«Ήθελε να ξαναγυρίσει στην πρωτόγονη και ακατέργαστη μορφή του. είναι η δύναμη της φύσης που το αναγκάζει να προσαρμοστεί στην αρχική του κατάσταση.*

*Την αντίθετη κατάσταση από αυτήν που ο άνθρωπος ανάγκασε να γίνει. Ίσως να γινόταν κάποια στιγμή με την πάροδο των χρόνων από φυσικού αλλά συνήθως όλα τα στοιχεία "θέλουν" να "ζαναγουρίσουν" στην πιο απλή αρχική τους δομή», BET02*

Όπως προκύπτει από την προηγούμενη απάντηση, η δομή του ορυκτού θεωρείται πιο απλή από αυτή του καθαρού μετάλλου, κάτι που παρατηρήθηκε και σε προηγούμενες απαντήσεις

Διαπιστώθηκε ακόμη κατασκευή ορισμών ή θεωριών:

*«Τα μόρια των χημικών στοιχείων που απαρτίζουν τα διάφορα υλικά **έχουν την τάση** να επανέρχονται στην αρχική τους κατάσταση», BET06*

*«**Προσπάθησαν** μέσα από το μέταλλο να δημιουργηθούν νέες ουσίες αλλά δεν είχαν αποτέλεσμα», ΜΔΦΠ12*

*«Το μέταλλο αφού θάφτηκε ξανάγινε ορυκτό», ΧΗΜ03*

*«Μετά την ανθρώπινη επέμβαση τα υλικά παίρνουν το σχήμα που τους δίνει ο άνθρωπος και είτε **θέλουν** είτε **όχι** δεν **μπορούν** να επανέλθουν στην αρχική τους μορφή», BET25*

*«Όλα τα στοιχεία **θέλουν** να φτάσουν στη μορφή ευγενών αερίων και θέλουν να έχουν τη χαμηλότερη ενέργεια», ΧΗΜ18*

Μπορεί επίσης να σημειωθεί και η ακόλουθη παρατήρηση: ίσως μέσω της διατύπωσης του κειμένου (το μέταλλο ... προσπάθησε με όλη του τη δύναμη), σε ένα αριθμό απαντήσεων χρησιμοποιείται **αντίστοιχη** φρασεολογία που αποδίδει χαρακτηριστικά έμβιων οργανισμών στο μέταλλο (προσπαθούν, θέλουν, κλπ). Βέβαια, η χρήση της φρασεολογίας αυτής υποβοηθείται και από τη διατύπωση του αρχικού κειμένου.

*«ένα στοιχείο αν αλλάζει δεν χάνει πάντα τις αρχικές του ιδιότητες και πάντα **προσπαθεί** να επανέλθει στη φυσική του κατάσταση με **οποιοδήποτε** τρόπο», ΧΗΜ32*



Πίνακας 2.25. Αποδεκτές και μη απαντήσεις φοιτητών ανά τμήμα και κατεύθυνση στη δραστηριότητα 6δ

|                                                               | BET | ΜΔΦΠ | ΧΗΜ | ΛΥΚ | ΘΕΤ | ΤΕΧΝ | ΣΥΝΟΛΟ |
|---------------------------------------------------------------|-----|------|-----|-----|-----|------|--------|
| Μη αποδεκτές απαντήσεις                                       | 24  | 11   | 26  | 5   | 57  | 9    | 66     |
| Αποδεκτές και μερικώς αποδεκτές απαντήσεις με «χημική γλώσσα» | 5   | 4    | 8   | -   | 11  | 6    | 17     |

Διαπιστώνεται από τον προηγούμενο πίνακα η μεγάλη αποτυχία των ερωτηθέντων στο να απαντήσουν και σε αυτή την ερώτηση. Είναι παράδοξο το υψηλότερο ποσοστό των μη αποδεκτών απαντήσεων στην περίπτωση των φοιτητών που προέρχονταν από τη θετική κατεύθυνση, έναντι όσων προέρχονταν από την τεχνολογική. Ο χαρακτηρισμός «παράδοξο» αφορά τις περισσότερες ώρες μαθημάτων χημείας που διδάχτηκαν στο λύκειο οι πρώτοι έναντι των δευτέρων. Αξιοσημείωτο επίσης το μηδενικό ποσοστό έστω και μερικώς αποδεκτών απαντήσεων από τους μαθητές του πειραματικού λυκείου.

**7. Η έννοια του όρου ‘νάνο’ είναι ένα μέρος στο δισεκατομμύριο (1/1.000.000.000). Προσπαθήστε να εξηγήσετε γιατί η επιστήμη που περιγράφεται στην τελευταία παράγραφο καλείται νανοτεχνολογία**

Ένας σημαντικός αριθμός απαντήσεων εστιάζει στο «μικρό μέγεθος» των μηχανών, χωρίς όμως να γίνεται συστηματική αναφορά στην *τάξη μεγέθους*, παρά την υπόδειξη / υπενθύμιση του κειμένου:

*«Γιατί έχει σκοπό την έρευνα και τη δημιουργία πολύ μικρών μηχανών που θα μπορούν να αποθηκεύουν τεράστιες πληροφορίες και να δημιουργούν συσκευές όσο μικρότερες γίνεται σε μέγεθος με σκοπό την παρασκευή διαφόρων ουσιών », ΧΗΜ13*

*«Λόγω του μεγέθους των μηχανών που κατασκευάζονται», ΧΗΜ25*

*«Προσπαθεί να συνδυάσει το μικρό μέγεθος με την ανεπτυγμένη τεχνολογία. Έχει ως σκοπό να συγκεντρώσει τη μέγιστη τεχνολογία στο ελάχιστο μέγεθος ώστε να*

*γίνει εφικτή η λύση προβλημάτων που δεν ήταν δυνατή τα προηγούμενα χρόνια»,*  
BET20

*«Επειδή η ιδέα αυτής της επιστήμης είναι η δημιουργία πολύ μικρών μηχανών με*  
*απεριόριστες δυνατότητες»,* XHM17

*«Η νανοτεχνολογία έχει ως αντικείμενο την κατασκευή μοριακών υπολογιστών ή*  
*άλλων μικρών συσκευών που θα έχουν τη δυνατότητα να αποθηκεύουν αναρίθμη-*  
*τες πληροφορίες ή θα έχουν εφαρμογή στον τομέα της χημείας. ο όρος -νανο-*  
*χρησιμοποιείται για να προβάλλει το μικροσκοπικό μέγεθος των συσκευών που θα*  
*αποθηκεύουν ολόκληρες βιβλιοθήκες »,* BET11

Σε λίγες περιπτώσεις μόνο συνδυάστηκε το μέγεθος με το πρόθεμα «νανο» ως τάξη  
μεγέθους, όπως φαίνεται από τις επόμενες ενδεικτικές απαντήσεις:

*«Διότι το νανο που είναι  $10^{-9}$  είναι ένας πολύ μικρός αριθμός, δείχνει την ποσότη-*  
*τα, το πόσο μικρό είναι»,* XHM09

*«Το νανο είναι όρος υποδιαίρεσης ( $10^{-9}$  m). Η επιστήμη που ασχολείται με παρα-*  
*γωγή τεχνολογίας απειροστού μεγέθους ονομάζεται νανοτεχνολογία - μηχανές πχ ή*  
*ρομπότ που χωρούν στις αρτηρίες μας»,* ΜΔΦΠ10

Υπήρξαν και απαντήσεις στις οποίες απλά διατυπώνονταν γενικόλογες απόψεις, ό-  
πως:

*«όσο εξελίσσεται η επιστήμη τα υλικά και οι εφευρέσεις τείνουν να γίνονται μικρό-*  
*τερα»,* XHM10

*«ζούμε σε μια βιομηχανοποιημένη εποχή που όλα στηρίζονται στη τεχνολογία και*  
*στην ανάπτυξη των μηχανών. Η ανάπτυξη αυτή είναι τόσο μεγάλη που η τεχνολο-*  
*γία βελτιώνεται καθημερινά. Έτσι μιλάμε για απόλυτα ακριβή και εξελιγμένη τε-*  
*χνολογία που αλλάζει και καλυτερεύει με μεγάλες ταχύτητες. Αυτή είναι η νανοτε-*  
*χνολογία»,* BET13

*«Μάλλον αναφέρεται σε πολύ μικρά σωματίδια - η επιστήμη αυτή πραγματεύεται*  
*ότι συμβαίνει μεταξύ μικρών σωματιδίων»,* XHM11

Αυτού του είδους οι απαντήσεις δεν θεωρήθηκε ότι απαντούν στην ερώτηση, έτσι χαρα-  
κτηρίστηκαν ως «Άσχετες απαντήσεις» στον πίνακα που ακολουθεί:

Πίνακας 2.26. Απαντήσεις φοιτητών ανά τμήμα και κατεύθυνση στη δραστηριότητα 7

|                              | BET | ΜΑΦΠ | ΧΗΜ | ΛΥΚ | ΘΕΤ | ΤΕΧΝ | ΣΥΝΟΛΟ |
|------------------------------|-----|------|-----|-----|-----|------|--------|
| Δεν απάντησαν                | 5   | 1    | 3   | -   | 8   | 1    | 9      |
| Άσχετες απαντήσεις           | 6   | 3    | 12  | -   | 19  | 2    | 21     |
| Μικρό μέγεθος (γε-<br>νικά)  | 13  | 5    | 13  | 4   | 27  | 8    | 35     |
| Νανο (ως τάξη με-<br>γέθους) | 5   | 6    | 6   | 1   | 14  | 4    | 18     |

**8. Η δυνατότητα να επιφέρουμε μεταβολές σε υλικά είναι κοινή τόσο στην επεξεργασία των υλικών στον αρχαίο κόσμο, όσο και στην εποχή της νανοτεχνολογίας. Ποια είναι η ουσιαστική διαφορά μεταξύ της μεταβολής των υλικών στους αρχαίους καιρούς και της μεταβολής των υλικών με τη νανοτεχνολογία;**

Από N = 28 φοιτητές δεν δόθηκε εξήγηση ή αυτή που δόθηκε ήταν άσχετη. Και στην ερώτηση αυτή παρατηρήθηκαν παρανοήσεις και εναλλακτικές ιδέες, που έγινε προσπάθεια να ομαδοποιηθούν ώστε να διαπιστωθούν οι κυριότερες τάσεις, όπως:

**A.** Αναφορά κυρίως στη *χρονική διάρκεια* των μεταβολών και σύγκριση μεταξύ τους.

*«Η αλματώδης ανάπτυξη της τεχνολογίας. Στο παρελθόν η διαδικασία γινόταν σε πολύ περισσότερο χρόνο απ' ό τι σήμερα»*

*«Στη νανοτεχνολογία χρησιμοποιούνται μέσα έτσι ώστε να γίνεται γρήγορα η μεταβολή των υλικών με αποτέλεσμα τέτοιο ώστε τα υλικά να είναι πιο ανθεκτικά.»*

*«Διαφέρουν οι τεχνικές που επιφέρουμε τις μεταβολές- στη σημερινή εποχή, με τη νανοτεχνολογία είναι ευκολότερη και γρηγορότερη η μεταβολή των υλικών»*

*«παλιότερα κατασκεύαζαν πράγματα χρησιμοποιώντας υλικά από τη φύση. ενώ τώρα φτιάχνουν συνθετικά υλικά – δηλαδή δεν χρησιμοποιούνται πρωτογενή υλικά», ΧΗΜ22*

**B.** Έμφαση στη χρήση μηχανών:

*«Στον αρχαίο κόσμο η μεταβολή των υλικών γινόταν από τους ανθρώπους, ενώ στη νανοτεχνολογία η μεταβολή των υλικών γίνεται με μια μηχανή», BET05*

ή

*«μέσω νανοτεχνολογίας οι επιστήμονες κατασκευάζουν νέα υλικά σύγχρονα μέσω των μηχανών που με ευκολία θα συμβάλλουν στη μεταβολή των υλικών. στους αρχαίους καιρούς με δυσκολία χωρίς μηχανές οι άνθρωποι μπορούσαν να μεταβάλουν κάποιο υλικό», ΧΗΜ03*

Αυτή η εναλλακτική ιδέα αφορά την «ανάγκη» χρήσης μηχανών για την πραγματοποίηση των αλλαγών σε μοριακό επίπεδο και έχει πιθανότατα την προέλευσή της στο κείμενο (μικροσκοπικές μηχανές) που δεν έγινε μάλλον σαφές από τους φοιτητές. Δεν πρέπει να αγνοηθεί όμως το γεγονός ότι όλο το αντικείμενο ήταν *άγνωστο* από άποψη περιεχομένου. Όπως σημειώθηκε και στην αρχή της ενότητας, η νανοτεχνολογία δεν διδάσκεται σε καμία βαθμίδα της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης, τουλάχιστον σε μάθημα φυσικών επιστημών και αποτελεί κυρίως αντικείμενο που συναντάται σε πηγές άτυπης γνώσης.

**Γ. Αναφορά σε «φυσικές μεθόδους»:**

N = 21 φοιτητές διατύπωσαν μια λανθασμένη άποψη – (ενδιαφέρουσα όμως ως παρανόηση) με όρους «φυσικού» τρόπου (‘στο παρελθόν οι μεταβολές των υλικών γινόταν με φυσικό τρόπο..’), θεωρώντας πιθανότατα πως η επεξεργασία των υλικών παλαιότερα δεν περιλάμβανε χημικές μεταβολές και όλη η αλλαγή αφορούσε εξωτερικά χαρακτηριστικά. Μερικοί μάλιστα ορίζουν την νανοτεχνολογία ως τη δυνατότητα «σμίκρυνσης»:

*«στους αρχαίους καιρούς μετέβαλαν απλώς το σχήμα των υλικών που μπορούσαν να χρησιμοποιήσουν. με τη νανοτεχνολογία το ίδιο υλικό μπορούν να το **σμικρύνουν** και να έχει την ίδια χρήση - επίσης μπορούν να γεμίσουν με πληροφορίες μικρές συσκευές», ΧΗΜ10*

*«Αρχαίοι καιροί: **φυσική** εξέλιξη και μεταβολή. Νανοτεχνολογία: εξέλιξη με τη συμβολή της έρευνας και της τεχνολογίας», ΒΕΤ06*

*«Στην αρχαιότητα οι αλλαγές πραγματοποιούνταν με φυσικές μεθόδους (π.χ. θέρμανση). Στη νανοτεχνολογία με χημικές μεθόδους (πχ καύση-διάσπαση)», ΜΔΦΠ02*

Η ακόμη και περιπτώσεις απαντήσεων στις οποίες δεν αναγνωρίζεται η ύπαρξη μεταλλουργίας στην αρχαιότητα και αποδίδεται στο «τυχαίο»:

*«Στην αρχαιότητα η επεξεργασία ήταν απλή και γινόταν κατά τύχη. Στην εποχή μας ύστερα από μελέτη κι έρευνα οι επιστήμονες επεξεργάζονται τα υλικά γνωρίζοντας σχεδόν πάντα το προϊόν», ΧΗΜ13*

Παρατηρήθηκε μια τάση να δοθεί εξήγηση με *όρους χρήσης*, κυρίως σε ότι αφορούσε το πρώτο σκέλος (τα υλικά στην αρχαιότητα). 24 απαντήσεις περιείχαν τέτοιες αναφορές:

*«Στους αρχαίους καιρούς κατασκεύαζαν προϊόντα που τους ήταν απαραίτητα. Με την νανοτεχνολογία μπορεί να θεραπευτούν ασθένειες και να κατασκευαστούν συσκευές που έχουν αρνητικές επιπτώσεις»*, BET17

Δέκα μόνο απαντήσεις (N = 10, 12%) περιλάμβαναν εξήγηση με όρους μικροσκοπικού επιπέδου, που θα μπορούσαν να θεωρηθούν – έστω και εν μέρει – αποδεκτές. Οι απαντήσεις αυτές έχουν ως κοινό στοιχείο ότι ενώ σε όσα αναφέρουν για την νανοτεχνολογία είναι ορθά, *αποτυγχάνουν* να εξηγήσουν τη μεταβολή των υλικών στο παρελθόν. Στα παραδείγματα που ακολουθούν φαίνεται η λανθασμένη προσέγγιση που αφορά το «παρελθόν» και την επεξεργασία των υλικών τότε και η ορθότερη προσέγγιση που αφορά τη νανοτεχνολογία:

Πίνακας 2.27. Παραδείγματα απαντήσεων φοιτητών στη δραστηριότητα 8.

|       | <i>ΠΑΡΕΛΘΟΝ</i>                                                                                                                                                            | <i>NANOTECHNOLOGIA</i>                                                                                                                                                        |
|-------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| BET02 | <i>«Στο παρελθόν οι μεταβολές σε υλικά γινόνταν σε μακροσκοπικό επίπεδο, δηλαδή έπαιρναν ένα κορμό δέντρου και τον λείαιναν με ένα απλό εργαλείο»</i>                      | <i>«Στην νανοτεχνολογία μιλάμε για αλλαγές σε μικροσκοπικό επίπεδο, αλλαγές ουσιαστικές που γίνονται σε μοριακό επίπεδο (μεταστοιχείωση)»</i>                                 |
| ΛΥΚ02 | <i>«Οι μεταβολές σε υλικά στους αρχαίους καιρούς γινόνταν κυρίως ως προς τις ιδιότητες τους, δεν αλλάζει η χημική υπόσταση τους, παρά μόνο οι φυσικές τους ιδιότητες».</i> | <i>Οι μεταβολές που επιφέρουμε με τη νανοτεχνολογία επηρεάζουν το υλικό στη σύσταση τους, αλλάζουν την ίδια τη χημική τους δομή, προκαθορίζονται οι ιδιότητες των υλικών»</i> |
| XHM12 | <i>«στα αρχαία χρόνια τα υλικά υφίστανται θερμική κατεργασία»</i>                                                                                                          | <i>«στη νανοτεχνολογία η κατεργασία γίνεται με βάση τη δομή και τις χημικές ιδιότητες (βασίζεται στη μοριακή δομή των υλικών)»</i>                                            |

Παρατηρείται ότι και σε αυτή την περίπτωση, χρησιμοποιείται περιστασιακά ο όρος «μεταστοιχείωση», όπως και στη δραστηριότητα 6B.

### **9. Γράψε μέχρι τρεις (3) απορίες που σου δημιουργήθηκαν μετά από το διάβασμα του άρθρου αυτού**

Στο τελευταίο σκέλος της δραστηριότητας ζητούνταν από τους φοιτητές να σημειώσουν τυχόν απορίες. Ένα μεγάλο ποσοστό (N = 38 ή 45,8%) δεν σημείωσε καμία απορία, χωρίς αυτό να σημαίνει απόλυτα ότι οι φοιτητές που άφησαν κενή την απάντηση είχαν κατανοήσει πλήρως τις έννοιες του κειμένου, όπως προκύπτει από τις απαντήσεις τους στις προηγούμενες ερωτήσεις.

Οι απορίες στρέφονταν κυρίως σε δυο κατευθύνσεις, που εστιάζουν σε κοινωνικές-περιβαλλοντικές ανησυχίες και σε επιστημονικό – τεχνικό προβληματισμό και πιο συγκεκριμένα:

#### **Το «πώς» θα χρησιμοποιηθεί η νανοτεχνολογία:**

«Ποιες θα είναι οι επιπτώσεις της νανοτεχνολογίας», ΧΗΜ21

«Πόσο ικανοί είμαστε να δεχτούμε τη νανοτεχνολογία αφού ήδη έχουμε καταστρέψει μεγάλο μέρος του περιβάλλοντος», ΧΗΜ20

«Αν τελικά η τόση γνώση που αποκτά ο άνθρωπος θα χρησιμοποιηθεί για καλό σκοπό ή όπως πάντα για το οικονομικό συμφέρον», ΒΕΤ07

«Αν θα χρησιμοποιηθεί η νανοτεχνολογία μόνο για την εξέλιξη του ανθρώπινου είδους ή θα επεκταθεί και στην εξέλιξη των πολεμικών τεχνολογιών», ΜΔΦΠ04

«Θα εξελιχθεί πράγματι η νανοτεχνολογία και θα βοηθήσει σε πολλούς τομείς όπως η υγεία; - Η ανάπτυξη της νανοτεχνολογίας και η δημιουργία του γενικού κωδικοποιητή θα έχουν μόνο θετικά αποτελέσματα για τον άνθρωπο και το περιβάλλον; » ΛΥΚ03

«Πώς είμαστε σίγουροι ότι η νανοτεχνολογία είναι η καλύτερη λύση για την ανθρωπότητα», ΜΔΦΠ08

#### **Πώς θα «λειτουργήσουν» αυτές οι συσκευές:**

«Από ποια στοιχεία θα αποτελείται η μνήμη του γενικού κωδικοποιητή; Τι είδους υλικά αποθηκεύουν διεργασίες αντιδράσεων ώστε να μπορούν να τις χρησιμοποιούν σε ανύποπτο χρόνο;», ΒΕΤ19

«Αν είναι εφικτή η δημιουργία του γενικού κώδικα - Περισσότερη διευκρίνιση του όρου "νανοτεχνολογία"», ΜΔΦΠ05

«Πως μπορεί να δημιουργηθεί συνδετήρας από πίτσα ενώ δεν έχουν καμία σχέση στη χημική τους σύσταση», ΧΗΜ25

«Πως είναι δυνατόν να προγραμματιστούν και να ελεγχθούν συσκευές των οποίων το μέγεθος δεν είναι ορατό με γυμνό μάτι;» ΜΔΦΠ01

«Ο γενικός κωδικοποιητής μπορεί να πραγματοποιηθεί ή θα παραμείνει ένα όνειρο;», ΛΥΚ03

Υπήρξαν και απορίες που ήταν περισσότερο αόριστες ή γενικές, οι οποίες δεν ήταν δυνατό να κατηγοριοποιηθούν, λόγου χάρη:

«Θα γινόταν ο άνθρωπος να επιζήσει με ακατέργαστα προϊόντα;», BET17

«Μπορεί η νανοτεχνολογία να βοηθήσει και στην αρχαιολογία;», ΛΥΚ04

«Μετά τη νανοτεχνολογία τι θα επακολουθήσει;», ΧΗΜ28

Πίνακας 2.28. Κατανομή αποριών στην δραστηριότητα της Νανοτεχνολογίας, ανα τμήμα

|                                                     | BET | ΜΔΦΠ | ΧΗΜ | ΛΥΚ | ΣΥΝΟΛΟ        |
|-----------------------------------------------------|-----|------|-----|-----|---------------|
| Δεν απάντησαν                                       | 14  | 5    | 17  | 2   | 38<br>(45,8%) |
| Γενικές ή αόριστες απορίες                          | 2   | 3    | 2   | 1   | 8             |
| Απορίες τεχνικού ή επιστημονικού περιεχομένου       | 4   | 4    | 6   | 1   | 15            |
| Απορίες κοινωνικού – περιβαλλοντικού προβληματισμού | 12  | 6    | 11  | 2   | 31            |

Να σημειωθεί ότι στον προηγούμενο πίνακα, πέρα από τον αριθμό των φοιτητών που δεν σημείωσαν απορία, οι υπόλοιποι αριθμοί και ποσοστά δεν προστίθενται δεδομένου ότι οι περισσότεροι φοιτητές έγραψαν πάνω από μία απορίες, οι οποίες δεν ήταν απαραίτητα και της ίδιας κατηγορίας. Έτσι, διαπιστώνεται ότι το μεγαλύτερο ποσοστό (N = 31 ή 57,4%) στο σύνολο των αποριών αφορούσε **κοινωνικά** και **περιβαλλοντικά** θέματα ενώ το 27,8% αφορούσαν τεχνικά ζητήματα και για το λόγο αυτό θεωρείται από τον γράφοντα ως μια σημαντική ένδειξη για το ενδιαφέρον που έδειξαν οι φοιτητές για την δραστηριότητα.

## Συμπεράσματα και προτάσεις

Η γνώση βασικών εννοιών και θεμάτων της χημείας είναι απαραίτητο στοιχείο τόσο για τον *πρακτικό/λειτουργικό* όσο και τον *πολυδιάστατο επιστημονικό αλφαριθμητισμό*. Με δεδομένα τα έντονα περιβαλλοντικά προβλήματα που έχουν αναδειχθεί τα τελευταία χρόνια, η γνώση θεμελιωδών αρχών και εφαρμογών της πράσινης χημείας αποτελεί ένα σημαντικό κεφάλαιο προς την κατεύθυνση αυτή. Ειδικότερα, στην περίπτωση φοιτητών τμημάτων που σχετίζονται άμεσα ή έμμεσα με την χημεία, ο χημικός αλφαριθμητισμός αποτελεί μια σημαντική προϋπόθεση και απαραίτητο εφόδιο. Ειδικότερα, έννοιες όπως, για παράδειγμα, αυτή του καταλύτη είναι σημαντικές για την κατανόηση πολλών χημικών διαδικασιών. Όσον αφορά τα θέματα της νανοτεχνολογίας, στη δεύτερη δραστηριότητα, οι μαθητές δεν έχουν αντιληφθεί ότι πρόκειται για ένα επιστημονικό πεδίο που θα δώσει πολλές και καθοριστικές λύσεις σε πάρα πολλά ζητήματα που απασχολούν τον σύγχρονο άνθρωπο και τον πολίτη του αύριο.

Από την παρούσα όμως μελέτη διαπιστώνεται ένας σημαντικός αριθμός παρανοήσεων σχετικά και με απλά ακόμη θέματα χημείας, όπως π.χ. τι είναι καταλύτης και ποιος είναι ο ρόλος του σε μια αντίδραση, τι είναι οξείδωση, ποιο είναι το υλικό της εποχής μας αλλά και γενικότερα με τα υπόλοιπα θέματα που διαπραγματεύονται τα κείμενα και ζητούν οι ερωτήσεις. Οι παρανοήσεις αυτές, όπως φαίνεται και από τα αποτελέσματα, οφείλονται κατά ένα μεγάλο μέρος στην εσφαλμένη καθημερινή χρήση των εννοιών (Talanquer, 2006). Στην περίπτωση των φοιτητών που ως μαθητές είχαν ακολουθήσει την τεχνολογική κατεύθυνση στη β' λυκείου και δεν είχαν παρακολουθήσει χημεία ως μάθημα κατεύθυνσης, είναι φυσιολογικό να αγνοούν πιο εξειδικευμένα θέματα, όπως είναι ο ρόλος του καταλύτη στην ενέργεια ενεργοποίησης ή η έννοια της οξείδωσης ή πότε μια ουσία μεταβαίνει σε μια πιο σταθερή κατάσταση, μέσα από την ένωσή της με μια άλλη. Δεν μπορεί να αγνοηθεί και ο μικρός έστω αριθμός των φοιτητών που είχαν ακολουθήσει τη θετική κατεύθυνση, αλλά παρ' όλα αυτά έδωσαν *μη αποδεκτές* απαντήσεις και παρουσίασαν σημαντικές παρανοήσεις που δείχνουν μια επιφανειακή μελέτη του αντικειμένου. Σημαντικό εύρημα, αν και μικρό σε δείγμα, είναι και το ικανοποιητικό ποσοστό αποδεκτών απαντήσεων των μαθητών του πειραματικού λυκείου, το οποίο όμως (και προφανώς) λόγω της τρόπου λειτουργίας και στελέχωσής του δεν είναι αντιπροσωπευτικό του συνόλου των μαθητών των λυκείων.



Προτείνεται επομένως μια προσαρμογή των ενότητων, που ήδη υπάρχουν στη διδασκτέα ύλη, στις νέες τεχνολογίες και τάσεις στη χημεία. Για παράδειγμα, η ενότητα που αναφέρεται στους καταλύτες, στη χρήση τους και στη δράση τους σύμφωνα με τα σύγχρονα δεδομένα πρέπει να επεκταθεί ώστε ως διδακτικό/μαθησιακό υλικό να συμπεριλαμβάνει και κοινωνικά και επιστημονικά θέματα (Sadler, 2004, Zeidler et al., 2005). Προτείνεται ακόμη να υπάρξουν ενότητες που να διαπραγματεύονται σύγχρονα θέματα, όπως η πράσινη χημεία και η νανοτεχνολογία για παράδειγμα, και να μην αποτελούν «εξωτικές» και ασαφείς έννοιες, όπως προκύπτει από τα αποτελέσματα της έρευνας για τους μαθητές. Το μεγάλο ποσοστό μη αποδεκτών απαντήσεων από φοιτητές που είχαν ακολουθήσει την τεχνολογική κατεύθυνση, αλλά ακολουθούν σπουδές στις οποίες η χημεία παίζει σημαντικό ρόλο, πρέπει οπωσδήποτε να αποτελέσει αντικείμενο προβληματισμού και επομένως και αναθεώρησης του αναλυτικού προγράμματος (Τσαπαρλής, 2006) του σχετικού με την κατεύθυνση αυτή.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

### ΣΥΓΧΡΟΝΑ ΘΕΜΑΤΑ ΦΥΣΙΚΗΣ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΣΧΕΤΙΚΑ ΜΕ ΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ, ΤΗΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΤΗΝ ΚΟΙΝΩΝΙΑ: Η περίπτωση της Πυρηνικής Επιστήμης

#### 3.1. Η ΤΑΥΤΟΤΗΤΑ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

##### Γιατί έρευνα σε θέματα Πυρηνικής Φυσικής;

Είναι γνωστό ότι η πυρηνική φυσική έχει δυο είδη χρήσεων και εφαρμογών:

A) *ειρηνικές*, που είναι προσανατολισμένες κυρίως στην παραγωγή φθηνής και «καθαράς» ενέργειας και ιατρικές εφαρμογές και B) *στρατιωτικές*, οι οποίες σχετίζονται με τη βιομηχανία όπλων. Αυτές οι χρήσεις και οι εφαρμογές συνιστούν ένα θέμα που βρίσκεται πολύ ψηλά στην παγκόσμια κοινωνικοπολιτική ατζέντα, τόσο για τις ειρηνικές χρήσεις όσο όμως και για την απειλή της παγκόσμιας ειρήνης, μέσω της πιθανής και ανεξέλεγκτης εξάπλωσης των πυρηνικών όπλων. Ιδιαίτερης σημασίας είναι η χρήση των πυρηνικών εργοστασίων για την παραγωγή ενέργειας, ειδικά αν λάβει κανείς υπόψη τη συνεχόμενη αύξηση της τιμής του πετρελαίου και τα περιβαλλοντικά προβλήματα που σχετίζονται με τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα και άλλων αερίων ανθρωπογενών δραστηριοτήτων. Και ενώ η πλειοψηφία των ανθρώπων και των κοινωνιών εμφανίζεται να είναι εναντίον των πυρηνικών όπλων, επιστήμονες και πολιτικοί συνήθως είναι διχασμένοι σχετικά με την ειρηνική χρήση της πυρηνικής ενέργειας, με τη μια πλευρά να δίνει έμφαση στη χρησιμότητα και στα πλεονεκτήματά της, υποβαθμίζοντας τους κινδύνους και την άλλη να επικεντρώνεται σε αυτούς. Από τότε που λειτούργησε για πρώτη φορά *εμπορικός* πυρηνικός αντιδραστήρας, στη Βρετανία το 1956, έχουν καταγραφεί περί τα εκατό ατυχήματα στην πυρηνική βιομηχανία, αν και τρία «μόνο» από αυτά ήταν έως τώρα σοβαρά που απείλησαν ή και επηρέασαν τη δημόσια υγεία, έστω όμως αυτά και μόνο αρκούν για να κρατά η ανθρωπότητα μια γενικότερη αρνητική στάση απέναντι στη χρήση της πυρηνικής ενέργειας.

Ένα τόσο σπουδαίο όσο και πάντα επίκαιρο θέμα, δεν βρίσκει πλέον την ανάλογη θέση στα αναλυτικά προγράμματα των μαθημάτων των φυσικών επιστημών. Από τις αρχές της δεκαετίας του 1960 έως και τα τέλη της δεκαετίας του '70, βασικά θέματα της πυρηνικής φυσικής συμπεριλαμβάνονταν στα σχολικά βιβλία που προορίζονταν για τους τε-

λειόφοιτους των – τότε – γυμνασίων, ενώ σε αρκετές περιπτώσεις, ειδικότερα στα τέλη αυτής της περιόδου, αποτέλεσαν και *θέματα εισαγωγικών εξετάσεων*. Στη συνέχεια, παρέμεινε ως τις αρχές της δεκαετίας του '90 στην ύλη της φυσικής της Β' Λυκείου, συνήθως όμως χωρίς να διδάσκεται.

Μετά την εκπαιδευτική μεταρρύθμιση του 1998, ένα κεφάλαιο με βασικές έννοιες Πυρηνικής Φυσικής αποτέλεσε διδακτέα ύλη μαθήματος *γενικής παιδείας* (3<sup>ο</sup> κεφάλαιο Φυσικής Γ' Λυκείου) και το οποίο αρχικά εξεταζόταν πανελλαδικά. Σταδιακά, έγινε μάθημα επιλογής για τις εξετάσεις και δεν επιλέγεται παρά μόνο από μια μικρή μειονότητα μαθητών, ενώ τα τελευταία χρόνια υφίσταται σημαντικές περικοπές ενοτήτων, όπως για παράδειγμα η σχάση και η σύντηξη, η ημιζωή και τα στοιχειώδη σωματίδια. Την ίδια περίοδο (1998 – 2010), ένα ιδιαίτερο κεφάλαιο πυρηνικής χημείας (με παρόμοιο περιεχόμενο) περιλαμβανόταν και στην ύλη της χημείας της Α' Λυκείου, αν και για διάφορους λόγους (κατά κανόνα έλλειψη χρόνου) συνήθως δεν διδασκόταν. Έτσι, οι μαθητές ολοκληρώνουν τη δευτεροβάθμια εκπαίδευσή τους, μη δίνοντας ιδιαίτερη βαρύτητα στα συγκεκριμένα αντικείμενα ή μη έχοντας διδαχθεί ουσιώδη θέματα φυσικών επιστημών που είναι πολύ πιθανό να τους απασχολήσουν στη ζωή τους ή ακόμη και να την επηρεάσουν. Για όλους αυτούς τους λόγους, θεωρήθηκε ότι η σχετική γνώση των αποφοίτων λυκείου θα ήταν ελλιπής και αποτέλεσε αντικείμενο έρευνας, όπως περιγράφεται στη συνέχεια.

### **Η έρευνα για τα θέματα του ερωτηματολογίου**

Η αρχική ιδέα ήταν να αναζητηθούν άρθρα από εφημερίδες ή περιοδικά που να αναφέρονται σε επιστημονικά θέματα, ώστε να αποτελέσουν την πηγή έμπνευσης για τη δημιουργία ενός ή περισσότερων ερωτηματολογίων. Ταυτόχρονα, το κείμενο θα έπρεπε, μέσω του περιεχομένου του, να περιέχει τα απαραίτητα συστατικά για να κινήσει το ενδιαφέρον των φοιτητών ώστε η συμμετοχή τους στη δραστηριότητα να μην είναι αδιάφορη.

Τα θέματα αναζητήθηκαν κυρίως στη *σταθερή* στήλη «Βήμα – Science» της εφημερίδας «Το Βήμα». Συγκεκριμένα, καταγράφηκαν **όλα** τα επιστημονικά άρθρα της στήλης «Βήμα – Science» από το 1997 μέχρι το 2006 (μέσω του διαδικτυακού αρχείου της εφημερίδας)<sup>1</sup> και στη συνέχεια, αφού μελετήθηκαν *σχολαστικά* ως προς το περιεχόμενο και τη δυνατότητα ένταξης και χρησιμοποίησής τους σε ερωτηματολόγια, ταξινομήθηκαν σε κατηγορίες. Η πρώτη ταξινόμηση αφορούσε το γνωστικό πεδίο (Φυσική, Χημεία, Βιολογία,

---

<sup>1</sup> Το αρχείο της εφημερίδας είχε ελεύθερη πρόσβαση κατά τη διάρκεια της έρευνας. Από το 2010, όμως είναι συνδρομητικού χαρακτήρα

Τεχνολογία, άλλες επιστήμες/γενικά θέματα). Σε αυτή την ταξινόμηση διαπιστώθηκε ότι το αντικείμενο της πυρηνικής φυσικής, έδινε τις περισσότερες και καλύτερες προοπτικές μελέτης σε θέματα σύγχρονων φυσικών επιστημών και της σχέσης τους με το αναλυτικό πρόγραμμα του λυκείου. Η δεύτερη ταξινόμηση αφορούσε τη σχέση του κάθε άρθρου με τη **διδασκτέα ύλη** του Λυκείου, με έμφαση αυτής της τρίτης τάξης.

Ιδιαίτερη βαρύτητα επομένως δόθηκε στα άρθρα που είχαν μεγάλη συμβατότητα στο περιεχόμενό τους με θέματα που βρίσκονται στη διδασκτέα ύλη του λυκείου. Για τους λόγους που αναφέρονται στην αρχή της ενότητας, επιλέχθηκαν τελικά δύο άρθρα που σχετίζονταν με πυρηνική φυσική.

### **Η επιλογή των άρθρων**

Η επιλογή των άρθρων έγινε σύμφωνα με συγκεκριμένα κριτήρια, όπως:

#### Ο τίτλος του άρθρου:

Ο τίτλος του άρθρου θα χρησιμοποιούνταν *αυτούσιος* στη δραστηριότητα, άρα θα έπρεπε να είναι όσο το δυνατόν «ελκυστικός» ώστε να προκαλέσει το ενδιαφέρον των φοιτητών. Έτσι, το άρθρο με τίτλο «**ITER, ο αντιδραστήρας που θα αλλάξει τον κόσμο**», προτιμήθηκε αντί του άρθρου «**Σύντηξη – το μεγάλο πείραμα**» παρότι το περιεχόμενο ήταν παραπλήσιο.

#### Τα γεγονότα που περιγράφονταν στα άρθρα:

Ιδιαίτερη προσοχή δόθηκε στα άρθρα που αναφέρονταν σε γεγονότα (ιστορικά, κοινωνικά, επιστημονικά) τα οποία θα ήταν έως ένα βαθμό γνωστά στους φοιτητές (ενεργειακό πρόβλημα, σύγχρονες συρράξεις, περιβαλλοντικά θέματα, πυρηνικά ατυχήματα, ιατρικές εφαρμογές, επιπτώσεις στην κοινωνία)

#### Φράσεις ή λέξεις «κλειδιά» μέσα στο άρθρο:

Στο κείμενο θα έπρεπε να υπάρχουν λέξεις, έννοιες ή φράσεις, κατά κανόνα *γνωστές* στους φοιτητές από τα μαθήματα στο λύκειο, όπως τουλάχιστον ορίζεται από το αναλυτικό πρόγραμμα. Το κείμενο θα έπρεπε εκτός από ενδιαφέρον να είναι και *οικείο*. Δεν αποκλειόταν η περίπτωση τα άρθρα να περιείχαν και άγνωστες λέξεις ή έννοιες, αλλά αυτές θα μπορούσαν να γίνονται *σαφείς* μέσα από το κείμενο, δηλαδή ακόμη και από τα συμφραζόμενα.

#### Περίληψη του άρθρου:

Οι φοιτητές θα έπρεπε να είναι σε θέση να αποδώσουν την περίληψη του άρθρου σε μερικές γραμμές. Για το λόγο αυτό, το άρθρο θα έπρεπε να είναι **κατανοητό** τόσο από άποψη εννοιών (βλέπε προηγούμενο) που θα περιείχε όσο και από άποψη της **δομής** του.

### Απόσπασμα του άρθρου:

Υπήρξε αρχικά η σκέψη να ζητηθεί από τους φοιτητές ένα απόσπασμα του άρθρου, το οποίο, κατά τη γνώμη τους, θα το χαρακτήριζε. Δεδομένου όμως του περιορισμένου χρόνου που θα είχαν στη διάθεσή τους οι φοιτητές, αντικαταστάθηκε με την δραστηριότητα «*Να γράψετε τις κεντρικές ιδέες του άρθρου*»

Ακολουθούν δύο χαρακτηριστικά παραδείγματα άρθρων, τα οποία αναλύονται σύμφωνα με το προηγούμενο «σχήμα»:

### **Παράδειγμα 1**

*Τίτλος άρθρου: «Το απεμπλουτισμένο ουράνιο σκοτώνει»* (BHMA SCIENCE, 14/1/2001, Dr. Doug Rokke<sup>2</sup>)

Η έρημος του Νότιου Ιράκ, κοντά στα σύνορα με το Κουβέιτ, έχει το αμφιλεγόμενο «προνόμιο» να είναι η πρώτη περιοχή στον κόσμο στην οποία χρησιμοποιήθηκαν σε μάχη τα όπλα με απεμπλουτισμένο ουράνιο: 300.000 βλήματα ρίχτηκαν εκεί στις αρχές του 1991. Σήμερα η έρημος αυτή είναι σπαρμένη με τα υπολείμματα κατεστραμμένων αρμάτων μάχης και πολλοί επιστήμονες πιστεύουν ότι εκεί, και όχι στα Βαλκάνια, βρίσκεται η απάντηση για το πόσο ασφαλή είναι τα πυρομαχικά με απεμπλουτισμένο ουράνιο.

Ο δρ **Νταγκ Ρόκι**, πρώην συνταγματάρχης του αμερικανικού στρατού και νυν φυσικός, είναι ανάμεσα στους πρώτους που επισκέφθηκαν την περιοχή αυτή μετά τον Πόλεμο του Κόλπου. Στα μέσα Μαρτίου του 1991 το Πεντάγωνο έστειλε μια Ομάδα Αποτίμησης Απεμπλουτισμένου Ουρανίου για να μετρήσει και να εξουδετερώσει τη ραδιενεργό μόλυνση που είχε προκληθεί στο έδαφος και στο στρατιωτικό υλικό κατά την Επιχείρηση Καταιγίδα της Ερήμου. «*Ημουν επικεφαλής της ομάδας αυτής*» λέει ο κ. Ρόκι σε συνέντευξή του προς «Το Βήμα». «*Αυτό που διαπιστώσαμε συνοψίζεται σε τρεις λέξεις: "Ω, Θεέ μου!"*». *Τα άρματα μάχης ήταν πολύ μολυσμένα και η μόλυνση είχε εξαπλωθεί σε μεγάλη απόσταση*».

Με βάση αυτά που είδε στη Σαουδική Αραβία και στο Ιράκ ο κ. Ρόκι τονίζει ότι κανένας δεν πρέπει να πλησιάζει σε απόσταση μικρότερη των 25 μέτρων εξοπλισμό ή έδαφος που έχει μολυνθεί με απεμπλουτισμένο ουράνιο χωρίς μάσκα και προστατευτική στολή. «*Αν μια περιοχή δεν καθαριστεί, η μόλυνση παραμένει για 4,5 δισεκατομμύρια χρόνια*» τονίζει.

Ακολουθώντας μια εξαιρετικά δαπανηρή διαδικασία η Ομάδα Αποτίμησης Απεμπλουτισμένου Ουρανίου καθάρισε περίπου 24 μολυσμένα αμερικανικά άρματα μάχης Abrams και Bradley, τα οποία στάλθηκαν πίσω στις ΗΠΑ, καθώς και ιρακινό εξοπλισμό ο οποίος προοριζόταν για ανάλυση από τις αμερικανικές υπηρεσίες πληροφοριών. «*Όταν τελείωσε η εργασία μας, επέστρεψα στο Πανεπιστήμιο του Ιλινόι ως ερευνητής του Τμήματος Φυσικής, αλλά τον Αύγουστο του 1994 με κάλεσε το υπουργείο Άμυνας για να διευθύνω το Πρόγραμμα Απεμπλουτισμένου Ουρανίου. Σκοπός του προγράμματος αυτού ήταν να καθοριστούν τα μέτρα ασφαλείας για τη χρήση του απεμπλουτισμένου ουρανίου*».

«*Στις 8 Ιουνίου 1993 εκδώσαμε τις αρχικές εισηγήσεις για την προστασία των ανθρώπων και του περιβάλλοντος από την ακτινοβολία*» λέει. «*Σε γράμμα μας προς την ηγεσία των ενόπλων δυνάμεων τον Αύγουστο του 1993 αναφέραμε σαφώς τον περιβαλλοντικό καθαρισμό και την εκπαίδευση που απαιτούνται για τη χρήση όπλων με απεμπλουτισμένο ουράνιο. Το γράμμα αυτό έφερε την υπογραφή του στρατηγού **Ερικ Σινσέκι** που συμμετείχε στην ομάδα και σήμερα είναι αρχηγός του αμερικανικού στρατού. Είναι δηλαδή πλήρως ενημερωμένος για το ζήτημα. Τον Οκτώβριο του 1993 εκδώσαμε μια νέα οδηγία επειδή γίνονταν προετοιμασίες για να χρησιμοποιηθούν τα όπλα αυτά στη Σομαλία*».

<sup>2</sup> Ο Dr. Doug Rokke ήταν επικεφαλής του προγράμματος απεμπλουτισμένου ουρανίου του Πενταγώνου

Ο κ. Ρόκι υποστηρίζει ότι από τα 250 μέλη της ομάδας του στη Σαουδική Αραβία πολλοί έχουν εμφανίσει ασθένειες και δύο έχουν πεθάνει από καρκίνο.  
 Ο κ. Ρόκι, που έχει κληθεί από την Ευρωπαϊκή Ένωση να καταθέσει για το ζήτημα του απεμπλουτισμένου ουρανίου, υποστηρίζει ότι πρόκειται για «στερεό ουράνιο 238 που εκπέμπει ακτινοβολία Αλφα. Η ακτινοβολία Αλφα δεν μειώνεται με τον απεμπλουτισμό του και, αν εισχωρήσει στο ανθρώπινο σώμα, προκαλεί αλλοιώσεις στους ιστούς».

Ενδιαφέροντα γεγονότα: Πόλεμος στο Ιράκ (1991) – 300000 βλήματα με κεφαλή απεμπλουτισμένου ουρανίου

Φράσεις μέσα από το κείμενο που ενδιαφέρουν: Απεμπλουτισμένο ουράνιο – ραδιενεργός μόλυνση – ακτινοβολία α

Τι αφορά το άρθρο: Έρευνα του τμήματος Φυσικής του Πανεπιστημίου του Illinois σχετικά με το πρόγραμμα απεμπλουτισμένου ουρανίου και τη σχέση του Υπουργείου Άμυνας των ΗΠΑ. Εισηγήσεις για την προστασία των ανθρώπων και του περιβάλλοντος.

Απόσπασμα του άρθρου: «Πρόκειται για στερεό ουράνιο-238 που εκπέμπει ακτινοβολία α. Η ακτινοβολία α δεν μειώνεται με τον απεμπλουτισμό του και, αν εισχωρήσει στο ανθρώπινο σώμα, προκαλεί αλλοιώσεις στους ιστούς»

Σχέση με την σχολική ύλη: «Επιπτώσεις από ραδιενέργεια», «Ημιζωή», «Ακτινοβολία α», (Γ Λυκείου, γεν. παιδείας)

Ενδιαφέρον – προτεινόμενο ανάγνωσμα: «Γιατί η ακτινοβολία α είναι επικίνδυνη» (Hewitt, P., «Οι έννοιες της Φυσικής»)

Ερωτήσεις – δραστηριότητες από το άρθρο: Ακτινοβολία α - εμπλουτισμός ουρανίου – ισότοπα – χρόνος υποδιπλασιασμού – επιπτώσεις στην υγεία

Το συγκεκριμένο άρθρο, παρότι ήταν ενδιαφέρον, δεν χρησιμοποιήθηκε τελικά, αφού προτιμήθηκε το αντίστοιχο της κυρίας Μπίτσικα, που έδινε μεγαλύτερη δυνατότητα άντλησης ερωτήσεων, αλλά και γιατί, μετά από μια μικρή έρευνα στο διαδίκτυο, δεν κατέστη δυνατό να διασταυρωθεί η ακριβής ιδιότητα του συγγραφέα του.

## Παράδειγμα 2

*Τίτλος άρθρου:* «Παγκόσμιο Έτος Φυσικής / Τα πρόσωπα της Επιστήμης – R. Oppenheimer – «Έγινε ο θάνατος, ο καταστροφέας των πάντων» (ΒΗΜΑ SCIENCE, 13/3/2005) επιμ. Κ. Βαγιονάκης

«Έγινε ο θάνατος, ο καταστροφέας των κόσμων»  
 Το 2005 έχει ονομαστεί «Παγκόσμιο Έτος Φυσικής» αν και ουσιαστικά πρόκειται για «Έτος Αϊνστάιν» καθώς η Θεωρία της Σχετικότητας κλείνει 100 χρόνια ζωής. Μια θεωρία που ουσιαστικά

άλλαξε τα πάντα καθώς από τότε που διατυπώθηκε, η αντίληψή μας για τον κόσμο στον οποίο ζούμε δεν είναι η ίδια. Ωστόσο κανένας δεν μπορούσε να φανταστεί το 1905 ότι σε λιγότερο από 40 χρόνια η περίφημη σχέση ισοδυναμίας μάζας και ενέργειας θα αποτελούσε τη θεωρητική βάση των ερευνών του Ρόμπερτ Οπενχάιμερ - για λογαριασμό της κυβέρνησης των ΗΠΑ - σχετικά με την πυρηνική σχάση και σε ακριβώς 40 χρόνια θα έβρισκε τραγική εφαρμογή με τη ρίψη των ατομικών βομβών σε Χιροσίμα και Ναγκασάκι.

Ο άνθρωπος που συνέδεσε το όνομά του με την κατασκευή της ατομικής βόμβας είναι ο Τζ. Ρόμπερτ Οπενχάιμερ (1904-1967), του οποίου η εκατονταετηρίδα από τη γέννηση είχε δώσει πέρυσι την αφορμή για μια σειρά εκδηλώσεων και πρόκειται να κορυφωθεί με την όπερα «Doctor Atomic» σε παγκόσμια πρεμιέρα την 1η Οκτωβρίου 2005 στην Όπερα του Σαν Φρανσίσκο. Γεννήθηκε στις 20 Απριλίου 1904 στη Νέα Υόρκη, από πατέρα έμπορο που μετανάστευσε στις Ηνωμένες Πολιτείες από τη Γερμανία και από μητέρα ζωγράφο που καταγόταν από τη Βαλτιμόρη. Είχε έναν νεότερο αδελφό, τον Φρανκ, που έγινε επίσης φυσικός. Τα σχολικά και κολεγιακά του χρόνια τα πέρασε πιο πολύ κλεισμένος στον εαυτό του, απορροφώντας γνώσεις, χωρίς πάντως να αισθάνεται ευτυχισμένος, κάτι που φαίνεται να του άφησε μια μόνιμη ανασφάλεια. Στο Χάρβαρντ μπήκε το 1922, όπου παράλληλα με την επιστήμη - φυσική, χημεία - παρακολούθησε φιλοσοφία, γαλλική φιλολογία και έμαθε λατινικά και ελληνικά. Αποφοίτησε το 1925 και τα επόμενα τέσσερα χρόνια ταξίδεψε στα μεγάλα επιστημονικά κέντρα της Ευρώπης. Ήταν η εποχή που οι μεγάλες επιστημονικές επαναστάσεις, και ειδικότερα η επανάσταση της κβαντικής μηχανικής των μέσων της δεκαετίας του 1920, συνέβαιναν στη Γηραιά Ηπειρο. Υπήρξε, έτσι, ένας από του πολύ λίγους αμερικανούς φυσικούς που συμμετέχε σε αυτήν.

Τα έτη 1925 και 1926 τα πέρασε στο Κέιμπριτζ, αλλά δεν ήταν και εκεί περισσότερο ευτυχισμένος και πέρασε μια περίοδο νευρικής κατάρρευσης. Η ζωή του άρχισε να γίνεται ευτυχέστερη και να βρίσκει τον δρόμο του όταν απεδέχθη πρόσκληση του Max Born, ενός από τους θεμελιωτές της κβαντικής μηχανικής, να εργαστεί μαζί του στο Γκέτινγκεν. Εκεί πήρε το διδακτορικό του το 1927 εργαζόμενος πάνω στη θεωρία των συνεχών φασμάτων. Την ίδια χρονιά έγραψε με τον Born μια εργασία πάνω στην «κβαντική θεωρία των μορίων», δημιουργώντας τη φημισμένη «προσέγγιση Born - Oppenheimer» που ακόμη αποτελεί τη βάση οποιασδήποτε μελέτης των μορίων. Το φθινόπωρο της ίδιας χρονιάς επέστρεψε για λίγο στις Ηνωμένες Πολιτείες, αλλά το 1928-1929 τον ξαναβρίσκουμε στην Ευρώπη, πρώτα στο Κέιμπριτζ, έπειτα στην Ολλανδία και τέλος στη Ζυρίχη, όπου εργάστηκε με τον Wolfgang Pauli, ο οποίος τον επηρέασε βαθιά στην υπόλοιπη επιστημονική του ζωή.

\* Περί πολιτικής

Επέστρεψε οριστικά στις Ηνωμένες Πολιτείες το καλοκαίρι του 1929, όπου απεδέχθη συγχρόνως δύο θέσεις, μία στο Πανεπιστήμιο της Καλιφόρνιας στο Μπέρκλεϊ και μία στο Τεχνολογικό Ινστιτούτο της Καλιφόρνιας στην Πασαντίνα. Για τα επόμενα 13 χρόνια θα μετακινείται μεταξύ των δύο θέσεων.

Το ενδιαφέρον του για την πολιτική ξεκίνησε στα μέσα της δεκαετίας του 1930. Οι επιπτώσεις της οικονομικής ύφεσης στους σπουδαστές του, η δυσκολία στην εξεύρεση δουλειάς και τα νέα από την Ευρώπη και ιδιαίτερα τη Γερμανία τον ταρακούνησαν. Γνωρίστηκε τότε με πρόσωπα που συνδέονταν με τοπικούς ριζοσπαστικούς κύκλους. Ιδιαίτερο ρόλο θα παίξει αργότερα η φιλία του με τον Haakon Chevalier, έναν καθηγητή της γαλλικής φιλολογίας στο Μπέρκλεϊ που ήταν κατά καιρούς μέλος του κομμουνιστικού κόμματος. Για κάποιο διάστημα ο αδελφός του Φρανκ με τη σύζυγό του ήταν επίσης μέλη του κόμματος και πολλοί φοιτητές του ανήκαν σε οργανώσεις που προσκυνούσαν σε αυτό. Αλλά, σύμφωνα με όλες τις ενδείξεις, ο ίδιος δεν έγινε ποτέ μέλος του κόμματος.

Το 1942 ο στρατηγός Leslie Groves, που ανέλαβε την ευθύνη της μυστικής προσπάθειας κατασκευής της ατομικής βόμβας, του σχεδίου Manhattan όπως αποκλήθηκε, διόρισε τον Οπενχάιμερ επιστημονικό διευθυντή για να οδηγήσει το πρόγραμμα στο εργαστήριο του Λος Αλαμος, μια τοποθεσία που επέλεξαν μαζί. Το γιατί διάλεξε ο Groves ως επικεφαλής του προγράμματος τον Οπενχάιμερ, ο οποίος δεν είχε καμία εμπειρία ως τότε στη διεύθυνση ενός μεγάλου αριθμού ανθρώπων και στη διοίκηση ενός εργαστηρίου που θα ήταν αφιερωμένο σε πειραματική και τεχνική εφαρμογή θεωρητικών δεδομένων, ήταν μια σχετική έκπληξη.

Η ομάδα του Λος Αλαμος πέτυχε εκεί όπου απέτυχε η γερμανική ομάδα με επικεφαλής τον Werner Heisenberg, έναν οπωσδήποτε μεγαλύτερο σε επιστημονική προσφορά φυσικό, ο οποίος όμως υπέπεσε σε σοβαρά τεχνικά λάθη. (Είναι γνωστή η προσπάθεια του τελευταίου μετά τον πόλεμο να κρατήσει αποστάσεις από τη συμμετοχή του στο γερμανικό πρόγραμμα.)

Η πρώτη πυρηνική λάμψη που άναψε άνθρωπος ήταν αυτή στη δοκιμή στην έρημο του Alamogordo στο Νέο Μεξικό στις 16 Ιουλίου 1945 με το κωδικό όνομα «Trinity» (οι Γερμανοί είχαν παραδοθεί τον Μάιο του 1945, αλλά η προσπάθεια συνεχίστηκε ώσπου να ολοκληρωθεί ο στόχος). Ο Οπενχάιμερ ανέφερε τότε στον αδελφό του απλά: «Δούλεψε», ενώ αργότερα ενθουσιώμενος τη σκηνή θα πει ότι η σκέψη του πήγε στις λέξεις από το ινδουιστικό έπος «Bhagavad Gita»: «Εγίνα ο θάνατος, ο καταστροφέας των κόσμων».

\* Η ισχύς και η ηθική

Δεν είναι αληθές ότι όσοι επιστήμονες συμμετείχαν στο Λος Αλαμος, αρχικά για να προλάβουν έναν ανεύθυνο δικτάτορα, δεν εξέφρασαν στη συνέχεια ηθικούς ενδοιασμούς για τα πιθανά τραγικά αποτελέσματα πάνω σε αθώα θύματα από τη ρίψη βομβών σε στρατιωτικούς - βιομηχανικούς στόχους. Αλλά στο λίγο διάστημα που ακολούθησε, η πλειοψηφία όσων ενεπλάκησαν στο σχέδιο Manhattan, καθώς και η προσωρινή επιτροπή που διόρισε ο πρόεδρος Τρούμαν, τάχθηκε με διάφορα επιχειρήματα υπέρ της χρήσης της βόμβας σε πραγματικό στόχο ενάντια στην Ιαπωνία. Ο Οπενχάιμερ συμφώνησε με την πλειοψηφία. Αυτή ήταν και η τελική πολιτική απόφαση, και οι βόμβες ουρανίου της 6ης Αυγούστου και πλουτωνίου της 9ης Αυγούστου 1945 ερήμωσαν Χιροσίμα (είχε επιλεγεί εξαρχής) και Ναγκασάκι.

Αμέσως μετά τον πόλεμο ο Οπενχάιμερ έγινε σύμβολο μιας νέας κατάστασης της επιστήμης: τεράστια ισχύς από τη μια, πελώρια προβλήματα ηθικής συνείδησης από την άλλη. Όταν συνάντησε τον πρόεδρο Τρούμαν το 1946 για να τιμηθεί και έχοντας ήδη πέσει σε απόγνωση καθώς οι αναφορές για τις απώλειες συνέχιζαν να φθάνουν από την Ιαπωνία, του είπε: «Κύριε πρόεδρε, έχω αίμα στα χέρια μου».

Το 1947 ο Οπενχάιμερ εκλέγεται πρόεδρος της Συμβουλευτικής Επιτροπής της νεότευκτης Υπηρεσίας Ατομικής Ενέργειας και παίρνει την άδεια πρόσβασης σε απόρρητο υλικό. Την εποχή αυτή οι πληροφορίες για τη στάση και τις επαφές του κατά τη διάρκεια του πολέμου, που λίγα χρόνια αργότερα υπό άλλες συνθήκες θα χρησιμοποιηθούν εις βάρος του, ήταν ήδη όλες γνωστές. Είναι γεγονός ότι κάποιες ενέργειές του και ορισμένες μαρτυρίες του υπήρξαν αντιφατικές και μερικές φορές επέσυραν τον θυμό φίλων και συνεργατών του. Οι αδυναμίες του, χαρακτηριστικές μιας ανασφαλούς και κάποιες φορές αυτοκαταστροφικής συμπεριφοράς, δημιούργησαν μια αύρα μυστηρίου γύρω του.

\* Το «ατύχημα Chevalier»

Το πρώτο ξάφνιασμα προήλθε από τη θέλησή του να υπαχθούν ο ίδιος και όλοι οι επιστήμονες του Λος Αλαμος υπό τη δικαιοδοσία του αμερικανικού στρατού. Υπήρξε καθολική αντίδραση και η ιδέα εγκαταλείφθηκε. Αλλά το πιο καθοριστικό συμβάν είναι αυτό που αναφέρεται σαν «ατύχημα Chevalier». Ο Chevalier προσπάθησε να τον προσεγγίσει για να περάσει πληροφορία γύρω από το σχέδιο Manhattan στον George Eltenton, ο οποίος είχε επαφές με το σοβιετικό προξενείο. Ο Οπενχάιμερ ανέφερε τότε το όνομα του Eltenton, αλλά προσπάθησε αρχικά να προστατέψει τον φίλο του Chevalier. Ο στρατηγός Groves δεν θέλησε με τη σειρά του στην αρχή να πιέσει τον Οπενχάιμερ να του αποκαλύψει το όνομα του καθηγητή που τον προσήγγισε, αλλά αργότερα ο Οπενχάιμερ συμμορφώθηκε με την εντολή του Groves και αποκάλυψε τον ρόλο του Chevalier. Είπε μάλιστα ότι ο Chevalier τον προσήγγισε μέσω του αδελφού του Φρανκ, κάτι που απεδείχθη μια άστοχη ανακρίβεια. Όλα αυτά θα επανέλθουν στο προσκήνιο κατά την πολύκροτη ανάκριση που θα ακολουθήσει το 1954. Το 1947 ο Οπενχάιμερ εγκατέλειψε πια το Μπέρκλεϊ και ανέλαβε διευθυντής του περίφημου Ινστιτούτου Προχωρημένων Σπουδών στο Πρίνστον. Ήταν ήδη μια χρυσή εποχή, όπου αυτό περιελάμβανε στους κόλπους του όχι μόνο τον Αϊνστάιν, αλλά και άλλους καθιερωμένους επιστήμονες.

Το 1953 ήταν μια δύσκολη χρονιά για την αμερικανική πολιτική. Ο γερουσιαστής Μακάρθι κατηγορούσε σχεδόν καθέναν που υποπευόταν. Είναι γνωστά τα θύματα του μακαρθισμού αλλού. Ότι ο Οπενχάιμερ θα ήταν ένα από αυτά είχε προβλεφθεί. Με βάση το γνωστό ήδη παρελθόν, αλλά στην πραγματικότητα λόγω της αντίθεσής του στους στρατιωτικούς εξοπλισμούς και στη βόμβα



υδρογόνου (η πρώτη επιτυχημένη δοκιμή της θα γίνει την επόμενη χρονιά, ενώ η σοβιετική απάντηση θα έρθει το 1955), ο πρόεδρος Αϊζενχάουερ διέταξε τον Δεκέμβριο του 1953 τον τερματισμό της άδειας πρόσβασής του σε διαβαθμισμένο κυβερνητικό υλικό. Οι κατηγορίες και μια μακρά απαντητική επιστολή του δημοσιεύθηκαν στους «New York Times» τον Απρίλιο του 1954. Ο ίδιος διάλεξε να ζητήσει να κριθεί η περίπτωση του σε ακρόαση, αν και πρέπει να ήταν αρκετά πεπεισμένος ότι δεν επρόκειτο να δικαιωθεί. Πολλοί επιστήμονες έσπευσαν να τον υποστηρίξουν, άλλοι στράφηκαν εναντίον του. Η κατάθεση του Teller ήταν τραυματική: «Θα προτιμούσα να δω τα ζωτικά συμφέροντα αυτής της χώρας σε χέρια που καταλαβαίνω καλύτερα και, συνεπώς, εμπιστευόμαι περισσότερο». Το αποτέλεσμα είναι γνωστό. Ο Teller κέρδισε, αλλά εξοστρακίστηκε από την πλειονότητα των συναδέλφων του για το υπόλοιπο της ζωής του.

\* Η επιστήμη και η αμαρτία

Ο Οπενχάιμερ έχασε, βγήκε από τους διαδρόμους της εξουσίας, αλλά για τους περισσότερους επιστήμονες και για το κοινό έγινε μάρτυρας και σύμβολο μιας ολόκληρης εποχής. Η φιγούρα του, λεπτός, ψηλός, με μια κομψή μελαγχολία στο βλέμμα, έγινε τόσο αναγνωρίσιμη όσο αυτή του Αϊνστάιν. Έπρεπε να φτάσει το 1961 για να ξεκινήσει μια διαδικασία μερικής αποκατάστασής του. Η απόφαση απονομής του βραβείου Fermi, της ανώτατης διάκρισης που μπορεί να απονείμει η Υπηρεσία Ατομικής Ενέργειας, θα ληφθεί από τον πρόεδρο Κένεντι, αλλά η απονομή θα γίνει από τον πρόεδρο Τζόνσον τον Δεκέμβριο του 1963.

Όπως όλοι οι επιστήμονες που συμμετείχαν στο Λος Αλαμος, ο Οπενχάιμερ δεν φάνηκε ποτέ να μετανιώνει για τη συμμετοχή του στην τεχνική επιτυχία της κατασκευής της ατομικής βόμβας, αλλά για ό,τι επακολούθησε. Τον χειμώνα του 1966 σε μια απάντησή του στον πρώην σπουδαστή του David Bohm γράφει: «Τα δικά μου αισθήματα ευθύνης και ενοχής είχαν πάντα να κάνουν με το τώρα, και ως εδώ σε αυτή τη ζωή είναι αυτό που περισσότερο από αρκετά με κράτησε απασχολημένο». Θα πεθάνει δύο μήνες μετά, από καρκίνο του λάρυγγα, στις 18 Φεβρουαρίου 1967.

Η διαχρονική κληρονομιά του Οπενχάιμερ δεν θα μπορούσε, ίσως, καλύτερα να συνοψιστεί παρά μέσα σε δύο από τις ρήσεις του. Η πρώτη: «Η επιστήμη δεν είναι το παν, αλλά η επιστήμη είναι όμορφη». Και έπειτα: «Με κάποιο είδος χοντροκομμένης αίσθησης, που καμιά χυδαιότητα, κανένα χιούμορ, καμιά υπερβολή δεν μπορεί να εξαλείψει, οι φυσικοί γνώρισαν την αμαρτία και αυτή είναι μια γνώση που δεν μπορούν να χάσουν». Στην εποχή της γενετικής, της βιοχημείας και της βιοτεχνολογίας υπάρχει τώρα μεγάλος κίνδυνος να γνωρίσουν και άλλοι την αμαρτία. Δεν μένει λοιπόν παρά επίγνωση, επαγρύπνηση και συνείδηση για το όραμα της διαρκούς επαναβεβαίωσης του ανθρώπου μέσα στη Φύση

Το ενδιαφέρον του άρθρου: Πολύ καλή ιστορική αναφορά – Μπορεί, σε συνδυασμό με κατάλληλο οπτικοακουστικό υλικό<sup>3</sup>, να κινησει συναισθηματικά τους μαθητές/φοιτητές

Περίληψη του άρθρου: Αφιέρωμα στη ζωή και το έργο του Ρόμπερτ Οπενχάιμερ, με έμφαση στη συμμετοχή του στο σχέδιο Μανχάταν και τα θέματα ηθικής συνείδησης που προέκυψαν μετά τη χρήση των ατομικών βομβών. Η οργανωμένη αμφισβήτηση και η εποχή του Μακαρθισμού. Η σύνδεση με το σήμερα

Κομβικά γεγονότα - πρόσωπα: Θεωρία της σχετικότητας – Επανάσταση της Κβαντικής Μηχανικής – σχέδιο Μανχάταν – Α. Αϊνστάιν – Β. Χάιζενμπεργκ – Μ. Μπορν – Β. Πάουλι – Β΄ Παγκόσμιος Πόλεμος – Ατομικές βόμβες

<sup>3</sup> Για παράδειγμα, ταινίες ντοκιμαντέρ ή δραματοποιημένες, μουσικά έργα, π.χ. όπερα “Doctor Atomic” (John Adams, 2006), κινηματογραφική ταινία – ντοκιμαντέρ “Atomic Cafe” (J. Loader, K. Rafferty, P. Rafferty, 1982)

Σύνδεση με την σχολική ύλη: «Σχέση ισοδυναμίας μάζας ενέργειας, πυρηνική σχάση, πυρηνική σύντηξη» (Γ Λυκείου, γεν. παιδείας)

Ερωτήσεις – δραστηριότητες από το άρθρο: Σχέση ισοδυναμίας μάζας ενέργειας – βόμβες ουρανίου και πλουτωνίου – βόμβα υδρογόνου

Το συγκεκριμένο άρθρο **δεν** επιλέχθηκε τελικά για την κατάρτιση κάποιου από τα ερωτηματολόγια, παρότι ήταν *πολύ* ενδιαφέρον, λόγω του περισσότερο *ιστορικού* προσανατολισμού του, αλλά κυρίως λόγω του *μεγέθους* του. Οι τέσσερις σελίδες του θα αποτελούσαν ανεκτίμητο ανάγνωσμα για τους φοιτητές, αλλά δεν θα τους άφηναν επαρκή χρονικά περιθώρια για να απαντήσουν σε έναν ικανό αριθμό ερωτήσεων σύμφωνα με τον σχεδιασμό της έρευνας, ενώ ενδεχόμενη αφαίρεση παραγράφων (όπως τελικά συνέβη, αλλά «ανώδυνα» με τα άρθρα που τελικά επιλέχθηκαν) θα αλλοίωνε δραματικά τον χαρακτήρα και τη συνοχή του κειμένου. Να σημειωθεί πάντως ότι το άρθρο, παρά την μη επιλογή του για την έρευνα, αποτέλεσε **σημαντικό** παράγοντα για την διδακτική πρόταση του προγράμματος PARSEL σε ότι αφορά την ειρηνική χρήση της πυρηνικής ενέργειας. Οι διδακτικές προτάσεις που σχετίζονται με το πρόγραμμα PARSEL περιγράφονται σε επόμενο κεφάλαιο.

## Η τελική επιλογή

Τα άρθρα που τελικά επελέγησαν αναφερόταν το μεν πρώτο στο απεμπλουτισμένο ουράνιο<sup>4</sup>, και ήταν της κ. Παναγιώτας Μπίτσικα (δημοσιογράφου της εφημερίδας «ΤΟ ΒΗΜΑ»), ενώ το δεύτερο<sup>5</sup> ήταν του κ. Χάρη Βάρβογλη (αν. καθηγητή –τότε– στο Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης) και αφορούσε τον πυρηνικό αντιδραστήρα σύντηξης (ITER) που πρόκειται να λειτουργήσει στην γαλλική πόλη Cantarache. Η επιλογή των άρθρων αυτών σχετίζεται με τις δύο εκ διαμέτρου αντίθετες εφαρμογές της πυρηνικής επιστήμης: την **πολεμική** και την **ειρηνική**. Πριν από την οριστική επιλογή, αναζητήθηκαν άρθρα με αντίστοιχο περιεχόμενο και στις εφημερίδες «Ελευθεροτυπία», «Έθνος» και «Νέα»<sup>6</sup>. Μια μικρή παράγραφος στο πρώτο κείμενο, του απεμπλουτισμένου ουρανίου, προστέθηκε από άρθρο<sup>7</sup> της κ. Ντίνας Βαγενά της εφημερίδας «Ελευθεροτυπία», χωρίς να αλλοιώνει το περιεχόμενο.

<sup>4</sup> «Το ΒΗΜΑ», 06/05/2001, Σελ.: Α47

<sup>5</sup> «Το ΒΗΜΑ», 04/09/2005, Σελ.: Η04

<sup>6</sup> Η επιλογή των συγκεκριμένων εντύπων έγινε με βάση την ευρύτητα της κυκλοφορίας τους

<sup>7</sup> «Ελευθεροτυπία» 4/1/2001, (διαδικτυακό αρχείο εφημερίδας)

Τα άρθρα δεν παρατέθηκαν αυτούσια όπως τα είχαν οι συγγραφείς τους, αλλά **διαμορφώθηκαν κατάλληλα**, ώστε να ικανοποιούν τις ανάγκες της έρευνας, **χωρίς να αλλοιωθεί** το περιεχόμενο ή το νόημά τους. Η διαμόρφωση αφορούσε κυρίως το **μέγεθος** των άρθρων, με την **αφαίρεση** προτάσεων ή και παραγράφων που ήταν έξω από τους κύριους σκοπούς της έρευνας (για παράδειγμα **πολιτικά θέματα**). Στη συνέχεια, κατασκευάστηκε ένας αριθμός ερωτήσεων **ανοικτού τύπου** που βασίζονταν στα άρθρα σύμφωνα με τη μεθοδολογία των Shwartz και Hofstein για την περίπτωση του χημικού αλφαριθμητισμού στα κείμενα «*Πράσινη Χημεία*» και «*Ανθρωπότητα και Υλικά μέσω της Ιστορίας*». Οι ερωτήσεις που συνόδευαν τα κείμενα αφορούσαν συγκεκριμένες φράσεις από αυτά και είχαν την αντίστοιχη παραπομπή, όπως διαπιστώνεται με την ανάγνωσή τους. Η σειρά των ερωτήσεων και το ύφος τους ακολούθησαν ένα είδος συνέντευξης, ώστε να δώσουν τη δυνατότητα στους φοιτητές να απαντήσουν, αν όχι σε όλες, στις περισσότερες από αυτές. Το περιεχόμενο, η καταλληλότητα και η σαφήνεια των ερωτήσεων ελέγχθηκαν από *τέσσερις* καθηγητές φυσικής της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης. Στο τέλος και των δύο ερωτηματολογίων υπήρχαν ακόμη *τρεις* δραστηριότητες, που αφορούσαν την καταγραφή των λέξεων «κλειδιών», τις ασαφείς έννοιες και τις κεντρικές ιδέες που συζητούνταν στα άρθρα. Σε σχέση με τη μέθοδο των Shwartz και Ben Zvi σημειώνεται ο σημαντικά μεγαλύτερος αριθμός ερωτήσεων που ζητούνταν από τους φοιτητές να απαντηθούν, αλλά και το ύφος των περισσότερων ερωτήσεων που πλησίαζαν αρκετά σε ό,τι ως μαθητές είχαν διδαχθεί στο λύκειο.

### **Το υποκείμενο της έρευνας**

Η έρευνα πραγματοποιήθηκε κατά το πρώτο τρίμηνο του 2008 και συγκεκριμένα τον Φεβρουάριο του 2008 με πρωτοετείς φοιτητές του Τμήματος Φυσικής του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων και τον Μάρτιο του 2008 με πρωτοετείς φοιτητές του Παιδαγωγικού Τμήματος Δημοτικής Εκπαίδευσης του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων. Τόσο στη μια όσο και στην άλλη περίπτωση, οι φοιτητές δεν γνώριζαν από πριν για την διεξαγωγή της έρευνας και ενημερώθηκαν γι' αυτήν λίγα λεπτά πριν την έναρξή της. Τονίστηκε στους φοιτητές να ασχοληθούν πρώτα με την προσεκτική ανάγνωση των κειμένων και στη συνέχεια με τις ερωτήσεις.

Η επιλογή των τμημάτων για την πραγματοποίηση της έρευνας δεν ήταν τυχαία. Είναι *προφανές* στην περίπτωση των φοιτητών του Φυσικού Τμήματος, ενώ το Παιδαγωγικό Τμήμα επιλέχθηκε λόγω της υψηλής βάσης εισαγωγής, αλλά και λόγω του γεγονότος ότι

οι φοιτητές και οι φοιτήτριες που εισάγονται σε αυτό προέρχονται και από τις τρεις κατευθύνσεις του λυκείου, όπως φαίνεται από τους πίνακες που παρατίθενται στη συνέχεια. Κοινός στόχος ήταν η ανίχνευση των γνώσεων πάνω σε θέματα πυρηνικής φυσικής που έχουν κατά την εισαγωγή τους στην τριτοβάθμια εκπαίδευση, σχεδόν ένα εξάμηνο από την τελευταία φορά που συνάντησαν το αντικείμενο.

### Η πραγματοποίηση της έρευνας

Στην περίπτωση των φοιτητών του Τμήματος Φυσικής (Φ), η έρευνα πραγματοποιήθηκε κατά την ώρα θεωρητικού μαθήματος εργαστηρίων, ύστερα από σύμφωνη γνώμη του υπεύθυνου καθηγητή. Στους φοιτητές μοιράστηκαν τα δυο άρθρα με τα ερωτηματολόγια με τυχαίο τρόπο, έτσι ώστε κάθε φοιτητής να συμπληρώσει το *ένα* από αυτά. Έτσι, οι μισοί φοιτητές ασχολήθηκαν με το Α' ερωτηματολόγιο (*απεμπλουτισμένο ουράνιο*) και οι υπόλοιποι με το Β' (*αντιδραστήρας σύντηξης*). Ο χρόνος που διατέθηκε ήταν περίπου μια ώρα. Κατά τη διάρκεια της διαδικασίας οι φοιτητές έδειξαν ιδιαίτερο ενδιαφέρον για τα θέματα των ερωτηματολογίων, υπήρξαν μάλιστα και σχόλια («γιατί δεν διδάσκονται τέτοιου ενδιαφέροντος αντικείμενα»), ενώ επικράτησε ησυχία στο αμφιθέατρο και δεν παρατηρήθηκαν φαινόμενα αντιγραφής (κάτι που έγινε αντιληπτό και κατά την επεξεργασία των απαντημένων ερωτηματολογίων). Να σημειωθεί ότι τονίστηκε στους φοιτητές πως η συμμετοχή στη δραστηριότητα δεν ήταν υποχρεωτική και ένας μικρός αριθμός ζήτησε εξ αρχής να μη λάβει μέρος σε αυτή.

Παρόμοια, στην περίπτωση των φοιτητών του ΠΤΔΕ (ΠΤ), η έρευνα πραγματοποιήθηκε σε ώρα μαθήματος επιλογής σχετικό με φυσική. Και πάλι τα ερωτηματολόγια μοιράστηκαν με τυχαίο τρόπο, έτσι ώστε οι μισοί περίπου φοιτητές να ασχοληθούν με το Α' ερωτηματολόγιο και οι υπόλοιποι με το Β'. Οι περισσότεροι φοιτητές στην αίθουσα προέρχονταν από τη *θεωρητική* κατεύθυνση, κάτι που τόνισε ο υπεύθυνος καθηγητής και που επιβεβαιώθηκε από τα στοιχεία που συμπληρώθηκαν στα ερωτηματολόγια, έτσι ο χρόνος που διατέθηκε στους φοιτητές για να ασχοληθούν με τη δραστηριότητα ήταν κατά *δέκα λεπτά* μεγαλύτερος. Μεγαλύτερος ήταν και ο αριθμός των φοιτητών που δεν θέλησαν να συμπληρώσουν το ερωτηματολόγιο (~10). Κατά τη διάρκεια της δραστηριότητας δεν διαπιστώθηκε παρόμοιο ενδιαφέρον από πλευράς φοιτητών όπως στην περίπτωση του τμήματος φυσικής, ενώ διατυπώθηκαν ελάχιστες απορίες. Να σημειωθεί ότι, σε αντίθεση με τους φοιτητές του τμήματος φυσικής, κατά την επεξεργασία των απαντήσεων διαπι-

στώθηκαν και (ελάχιστες) περιπτώσεις στις οποίες παρατέθηκαν άσχετα σχόλια αντί για απαντήσεις.

Οι φοιτητές και των δυο τμημάτων – όπως είναι φυσικό – είχαν παρακολουθήσει στην Γ΄ Λυκείου το μάθημα «Φυσική Γενικής Παιδείας». Όμως *κανείς* δεν είχε επιλέξει να εξεταστεί στο μάθημα πανελλαδικά.

Στον παρακάτω πίνακα (3.1) φαίνεται ο αριθμός των φοιτητών που έλαβαν μέρος στην έρευνα, ανά ερωτηματολόγιο και ανά τμήμα: Δεν συμπεριλαμβάνονται στον πίνακα οι φοιτητές που παρέδωσαν τα ερωτηματολόγια χωρίς να συμπληρώσουν έστω και 2 (δυο) απαντήσεις καθώς και αυτοί που έγραψαν άσχετα σχόλια.

Πίνακας 3.1. Αριθμός φοιτητών που έλαβε μέρος στην έρευνα ανά τμήμα και ανά ερωτηματολόγιο

| Τμήμα          | ΦΥΣΙΚΟ |    | ΠΤΔΕ |    |
|----------------|--------|----|------|----|
|                | A      | B  | A    | B  |
| Ερωτηματολόγιο |        |    |      |    |
| Αρ. φοιτητών   | 41     | 44 | 54   | 50 |
| Σύνολο         | 85     |    | 104  |    |

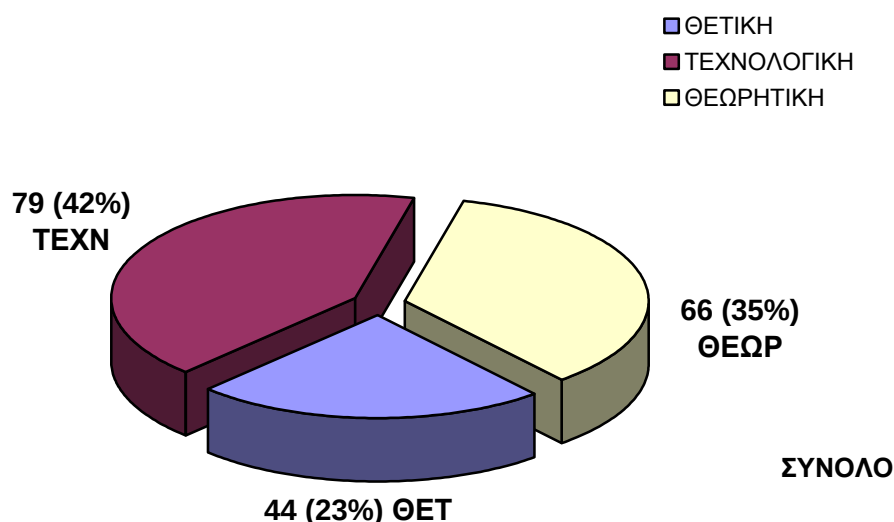
Από τους φοιτητές ζητήθηκε να γράψουν στο ερωτηματολόγιο την κατεύθυνση που ακολούθησαν κατά τη Β΄ Λυκείου<sup>8</sup> και κατά τη Γ΄ Λυκείου. Έτσι, προκύπτει ο πίνακας 3.2 στον οποίο φαίνεται η κατεύθυνση που ακολούθησαν οι φοιτητές κατά τη φοίτησή τους στη Γ΄ Λυκείου (ΘΕΤ: Θετική, ΤΕΧ: Τεχνολογική, ΘΕΩΡ: Θεωρητική), αλλά και η βάση εισαγωγής στο αντίστοιχο τμήμα.

Πίνακας 3.2. Αριθμός φοιτητών που έλαβε μέρος στην έρευνα ανά τμήμα και ανά κατεύθυνση προέλευσης

| Τμήμα       | ΑΡΙΘΜΟΣ<br>ΦΟΙΤΗΤΩΝ | ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ ΠΡΟΕΛΕΥΣΗΣ |      |      | Βάση εισαγωγής |
|-------------|---------------------|-----------------------|------|------|----------------|
|             |                     | ΘΕΤ                   | ΤΕΧΝ | ΘΕΩΡ |                |
| Τμ. Φυσικής | 85                  | 29                    | 56   | -    | 15339          |
| ΠΤΔΕ        | 104                 | 15                    | 23   | 66   | 17637          |
| ΣΥΝΟΛΟ      | 189                 | 44                    | 79   | 66   |                |

<sup>8</sup> Μια αρχική σκέψη ήταν η σύγκριση των απαντήσεων μεταξύ των φοιτητών που άλλαξαν κατεύθυνση στην τρίτη λυκείου. Κάτι τέτοιο τελικά δεν έγινε. Ακόμη, ελάχιστοι ήταν οι φοιτητές που προέρχονταν από την Κύπρο, έτσι η συμμετοχή τους δεν λήφθηκε υπόψη στην έρευνα. Οι απαντήσεις που έδωσαν

Στο ακόλουθο διάγραμμα φαίνεται η συνολική κατανομή των φοιτητών ανά κατεύθυνση προέλευσης. Από το διάγραμμα αυτό αλλά και από τον πίνακα 3.2 διαπιστώνεται ότι ο μεγαλύτερος αριθμός συμμετεχόντων είχαν ακολουθήσει, κατά το τελευταίο έτος της σχολικής τους φοίτησης, την *τεχνολογική* κατεύθυνση.



### Η μέθοδος αξιολόγησης των απαντήσεων

Το βαθμολογικό σχήμα που ακολουθήθηκε για την αξιολόγηση των απαντήσεων βασίστηκε στο αντίστοιχο των Schwartz, Ben-Zvi, & Hofstein για το *πρώτο* σκέλος της έρευνάς τους για τον επιστημονικό αλφαριθμητισμό (2006). Σύμφωνα με το σχήμα αυτό οι απαντήσεις που δόθηκαν στις ερωτήσεις διακρίθηκαν στις ακόλουθες κατηγορίες:

| Βαθμός   | Χαρακτηρισμός                                                                          |
|----------|----------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>1</b> | <i>Απάντηση λανθασμένη / Δείχνει έλλειψη κατανόησης / Άσχετος συλλογισμός</i>          |
| <b>2</b> | <i>Εν μέρει σωστή απάντηση / Μερική κατανόηση / Περιορισμένη ικανότητα συλλογισμού</i> |
| <b>3</b> | <i>Ορθή απάντηση / Δείχνει ικανότητα συλλογισμού και κατανόηση</i>                     |

Πέραν των τριών αυτών κατηγοριών υπήρξε και ακόμη μια, τέταρτη – σημαντική, όπως τελικά διαπιστώθηκε – κατηγορία: αυτή στην οποία *δεν δόθηκαν απαντήσεις*. Στην περίπτωση αυτή οι ερωτώμενοι είτε δεν γνώριζαν την απάντηση, ή δεν ήσαν βέβαιοι και προτίμησαν να μην γράψουν τίποτε, είτε λόγω χρόνου προτίμησαν να ασχοληθούν με άλ-

λες ερωτήσεις, που πιθανόν να γνώριζαν καλύτερα. Ο χαρακτήρας της έρευνας δεν ήταν υποχρεωτικός, επομένως οι φοιτητές μπορούσαν να απαντήσουν σε όσες ερωτήσεις ήθελαν.

### **Η επεξεργασία των απαντήσεων**

Η επεξεργασία των απαντήσεων πραγματοποιήθηκε σε δυο στάδια:

Στο αρχικό, *όλες* οι απαντήσεις των φοιτητών ανά ερώτηση καταγράφηκαν σε αρχεία excel, ταξινομήθηκαν ανάλογα με το περιεχόμενο τους και στη συνέχεια αξιολογήθηκαν σύμφωνα με το προηγούμενο σχήμα.

Ένας αριθμός απαντήσεων αξιολογήθηκε τόσο από τους συγγραφείς (τον γράφοντα και τον επιβλέποντα καθηγητή κ.Τσαπαρλή), ώστε να διαπιστωθεί ο βαθμός συμφωνίας τους, αλλά και από δέκα καθηγητές β'βάθμιας εκπαίδευσης (επτά φυσικούς και τρεις χημικούς) καθώς και από ένα πυρηνικό ιατρό<sup>9</sup>, στους οποίους μοιράστηκε ένα άλλο ερωτηματολόγιο (που ονομάστηκε «τεστ αξιοπιστίας»<sup>10</sup>) με σκοπό να εκτιμηθεί η ίδια η αξιολόγηση αυτή. Στο ερωτηματολόγιο αυτό είχαν μεταφερθεί αυτούσιες 72 *επιλεγμένες απαντήσεις* φοιτητών και ζητούνταν από τους καθηγητές να τις βαθμολογήσουν σύμφωνα με την παραπάνω κλίμακα. Η επιλογή αυτών των απαντήσεων των φοιτητών έγινε με κριτήριο τη *δυσκολία αξιολόγησης* τους από τον συγγραφέα (Σ.Χ) κυρίως λόγω της διατύπωσης τους. Ο βαθμός συμφωνίας της αξιολόγησης των συγκεκριμένων απαντήσεων μεταξύ του συγγραφέα και των καθηγητών, κυμάνθηκε από 94,1% έως 73,3%, με μέσο όρο 86,5%. Να σημειωθεί ότι για την τελική αξιολόγηση ορισμένων από τις απαντήσεις, ελήφθησαν υπόψη και οι απόψεις των καθηγητών που συμμετείχαν στο «τεστ αξιοπιστίας»

### **Ομαδοποίηση μερικών ερωτήσεων μετά την πρώτη επεξεργασία των απαντήσεων**

Διαπιστώθηκε από την επεξεργασία και τη μελέτη των απαντήσεων που δόθηκαν στα ερωτηματολόγια ότι αρκετές ερωτήσεις, μετά την απάντησή τους από τους φοιτητές, θα ήταν δυνατόν να ομαδοποιηθούν βάσει του περιεχομένου τους, αφού αναφέρονταν σε παραπλήσια θέματα, για μια πιο **συμπαγή** εικόνα των αποτελεσμάτων. Στο δεύτερο στάδιο έγινε ομαδοποίηση των ερωτήσεων, ώστε να είναι πιο σαφής και ουσιαστική η μελέτη, η κριτική των αποτελεσμάτων και οι προτάσεις για βελτίωση της διδακτικής διαδικασίας. Ένας άλλος λόγος για τον οποίο έγινε η ομαδοποίηση ήταν η εμφάνιση πολλών *κενών α-*

---

<sup>9</sup> Για συγκεκριμένες ερωτήσεις που αφορούσαν θέματα πυρηνικών εφαρμογών και υγείας

<sup>10</sup> Επισυνάπτεται στο Παράρτημα

παντήσεων. Η βαθμολόγηση των ομαδοποιημένων απαντήσεων έγινε με συγκεκριμένα κριτήρια, ειδικά για κάθε ομάδα ερωτήσεων και τα οποία αναλύονται στις αντίστοιχες περιπτώσεις.



### **3.2. ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ Α:**

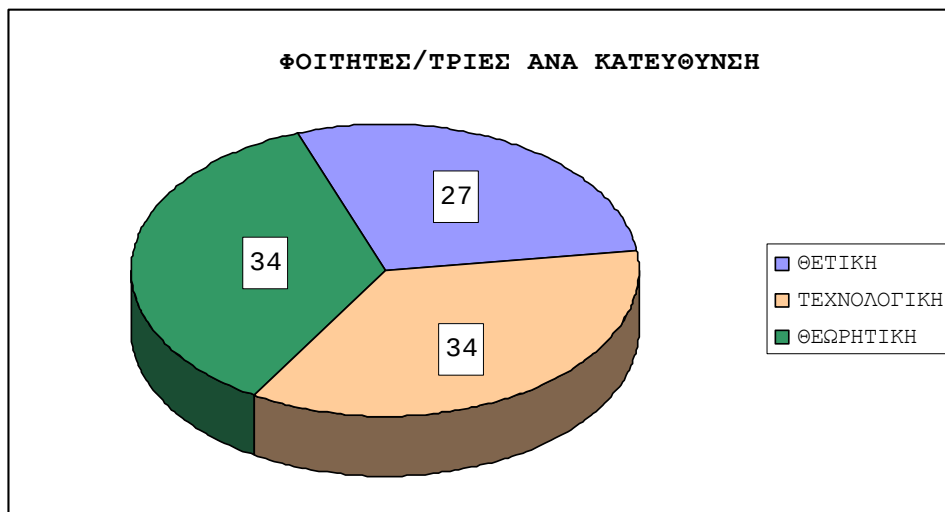
#### **ΑΠΕΜΠΛΟΥΤΙΣΜΕΝΟ ΟΥΡΑΝΙΟ – ΤΟ ΠΥΡΗΝΙΚΟ ΑΠΟΒΛΗΤΟ ΠΟΥ ΦΕΡ- ΝΕΙ ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΗ**

##### **Αναλυτική παρουσίαση των αποτελεσμάτων**

Στην ενότητα αυτή παρατίθενται:

- α) Τα κείμενα και οι ερωτήσεις – δραστηριότητες των ερωτηματολογίων
- β) Η αναφορά των σχολικών βιβλίων σε πλαίσια
- γ) Τα αποτελέσματα, συνοδευόμενα από χαρακτηριστικές απαντήσεις των φοιτητών. Οι απαντήσεις που παρατίθενται στη συνέχεια, συνοδεύονται από κωδικούς Φ και ΠΤ και υποδηλώνουν το τμήμα από το οποίο προέρχεται ο φοιτητής ή η φοιτήτρια (Φ: φυσικό και ΠΤ: Παιδαγωγικό τμήμα)
- δ) Σχόλια των αποτελεσμάτων

Στη δραστηριότητα αυτή συμμετείχαν **συνολικά** 95 πρωτοετείς φοιτητές, 54 προερχόμενοι από το ΠΤΔΕ και 41 από το τμήμα Φυσικής. Από αυτούς, 27 προέρχονταν από τη θετική κατεύθυνση, 34 από την τεχνολογική και 34 από την θεωρητική. Ακολουθούν στη συνέχεια το κείμενο και οι ερωτήσεις *ακριβώς* με τη μορφή που δόθηκαν στους φοιτητές



## Α) ΑΠΕΜΠΛΟΥΤΙΣΜΕΝΟ ΟΥΡΑΝΙΟ

Κριτική ανάγνωση ενός κειμένου

ΤΜΗΜΑ:

Από ΕΛΛΑΔΑ Από ΚΥΠΡΟ (κυ-  
κλώστε)

ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ (γ' λυκείου) (κυκλώστε) : θετική / τεχνολογική / θεωρητική  
ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ (β' λυκείου) (κυκλώστε) : θετική / τεχνολογική / θεωρητική

Απεμπλουτισμένο ουράνιο: Το πυρηνικό απόβλητο που φέρνει καταστροφή

Προσαρμοσμένα/τροποποιημένα αποσπάσματα από άρθρο που δημοσιεύθηκε στην εφη-  
μερίδα ΕΛΕΥΘΕΡΟΤΥΠΙΑ (04/01/2001) και από άρθρο της κ. Παναγιώτας Μπίτσικα που  
δημοσιεύθηκε στην εφημερίδα «ΤΟ ΒΗΜΑ» (06/05/2001)

Ένα πυρηνικό απόβλητο οδήγησε στο σχέδιο που έβαλε μπρος να κάνει πράξη η πολεμική βιομηχανία τη δεκαετία του '80, οπότε και άρχισε η μαζική παραγωγή των νέων τότε βλημάτων υψηλής διατρητικότητας: το **απεμπλουτισμένο ουράνιο** (depleted uranium ή, συντομογραφημένα, DU). Περήφανοι οι κατασκευαστές για τον όλεθρο που προκαλούσε στα τανκς του έδωσαν το παρατσούκλι «Αρματοφονιάς» (Tank Killer).

Το απόβλητο αυτό είναι ό,τι αφήνει πίσω η διαδικασία εμπλουτισμού του ορυκτού ουρανίου που χρησιμοποιείται ως **σχάσιμο υλικό** στα πυρηνικά εργοστάσια. Το **ραδιενεργό ορυκτό ουράνιο (U)** που βρίσκεται στη φύση αποτελείται κυρίως από **δύο ισότοπα**, το U-235 (<sup>235</sup>U) και το U-238 (<sup>238</sup>U), κατά κανόνα σε **αναλογία 0,7% και 99,3%** αντιστοίχως. Το U-235 χρησιμοποιείται στους **πυρηνικούς αντιδραστήρες** για να παράγουν **μεγάλη ποσότητα ενέργειας** μέσω της **αντίδρασης πυρηνικής σχάσης** του ουρανίου, ενώ το U-238 δεν είναι χρήσιμο σε αυτό (το U-235 έχει μεγάλη πιθανότητα να παθαίνει σχάση, ενώ το U-238 μικρή). Απαιτείται επομένως το φυσικό ουράνιο να **εμπλουτίζεται** με ειδική διαδικασία, αφαιρώντας μεγάλο μέρος του U-238 και αφήνοντας το U-235. Το με τον τρόπο αυτό απομακρυνόμενο ουράνιο U-238 ονομάζεται **απεμπλουτισμένο ουράνιο**. Με **χρόνο ημιζωής 4,5 δισεκατομμύρια χρόνια (!)** στην πράξη ποτέ δεν διασπάται. (Ο χρόνος ημιζωής του U-235 είναι 704 εκατομμύρια χρόνια.)

Μια ρουκέτα απεμπλουτισμένου ουρανίου (DU) των 30χιλιοστών περιέχει κάπου 4,650 θραύσματα («σκάγια») απεμπλουτισμένου ουρανίου βάρους περίπου 300 γραμμαρίων. Όταν εκρήγνυται, θραύσματα και τριμμένο σε λεπτότατη σκόνη ραδιενεργό υλικό διασπείρονται σε **μεγάλη ακτίνα** και, πρακτικά, **μένουν εκεί για πάντα, ρυπαίνοντας το χώμα και τον υδροφόρο ορίζοντα**. Για πρώτη φορά εκτεταμένη χρήση των βλημάτων DU έγινε στον Πόλεμο στον Περσικό Κόλπο το 1991 και αργότερα στον πρόσφατο πόλεμο στα Βαλκάνια.

Το απεμπλουτισμένο ουράνιο διχάζει ακόμη για τις **επιπτώσεις** του στη **δημόσια υγεία** και στο **περιβάλλον** λόγω της ραδιενέργειάς του. Ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας (WHO) αναφέρεται στους κινδύνους από το απεμπλουτισμένο ουράνιο, σημειώνοντας ότι

|    |                                                                                                               |
|----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 27 | αυτό δεν προκαλεί λευχαιμία αλλά μπορεί να έχει τοξική δράση στον οργανισμό με επιπτώ-                        |
| 28 | σεις στα νεφρά και στον πνεύμονα. Επίσης, έχουν ανακοινωθεί θάνατοι στρατιωτών που                            |
| 29 | συμμετείχαν στις πολεμικές επιχειρήσεις στο Ιράκ, θάνατοι που αποδόθηκαν στο λεγόμενο                         |
| 30 | Σύνδρομο του Κόλπου. Εκφράστηκαν ακόμη φόβοι για το πρόβλημα που μπορεί να προ-                               |
| 31 | κληθεί αν το απεμπλουτισμένο ουράνιο περάσει στην <b>τροφική αλυσίδα</b> μέσω του <b>υδροφό-</b>              |
| 32 | <b>ρου ορίζοντα</b> στις περιοχές των Βαλκανίων που έπεσαν οι βόμβες..                                        |
| 33 | Ο αναπληρωτής καθηγητής Πυρηνικής Φυσικής στο Πανεπιστήμιο Αθηνών κ. Αθ. Γε-                                  |
| 34 | ράνιος υποστήριξε ότι η παραμικρή επιβάρυνση από έκθεση σε ραδιενέργεια είναι σοβαρή.                         |
| 35 | Η <b>φυσική ραδιενέργεια</b> που παίρνει κανείς ετησίως είναι 0,1-0,15 rem (το rem είναι μία                  |
| 36 | μονάδα μέτρησης της ακτινοβολίας που λαμβάνει υπόψη τα βιολογικά αποτελέσματα της                             |
| 37 | ακτινοβολίας). Το <b>ανώτατο επιτρεπτό όριο</b> των <b>0,2 rem</b> με τη δόση που παίρνουμε ετησί-            |
| 38 | ως από τη φυσική ραδιενέργεια επιτρέπει μόνο μία ακτινογραφία θώρακος κάθε χρόνο! Ε-                          |
| 38 | πομένως δεν υπάρχει περιθώριο για επιπλέον δόση ραδιενέργειας και μάλιστα όταν δεν είναι                      |
| 40 | επιλογή του κάθε ατόμου αλλά επιβάλλεται από τρίτους ή γίνεται εν αγνοία του, όπως με                         |
| 41 | τους πολέμους. Όπως διευκρίνισε ο κ. Γεράνιος, αν κάποιος σήμερα πάρει μια χαμηλή δόση                        |
| 42 | ραδιενέργειας λίγων rem, τότε θα περάσει μια <b>λανθάνουσα περίοδος</b> περίπου 10 ετών για                   |
| 43 | πιθανή εμφάνιση συμπτωμάτων νόσου που σχετίζεται με τη ραδιενέργεια. Μετά υπάρχει το                          |
| 44 | λεγόμενο <b>οροπέδιο</b> , που μπορεί να διαρκέσει και 30 χρόνια, περίοδος κατά την οποία υπάρ-               |
| 45 | χει κάποια πιθανότητα εμφάνισης καρκίνου. Μετά από αυτό μηδενίζεται η πιθανότητα καρ-                         |
| 46 | κίνου. Παίζουν ρόλο η <b>ηλικία</b> , το <b>είδος της ακτινοβολίας</b> και η <b>δόση</b> στην αρχή της περιό- |
| 47 | δου. Οι <b>μικρές ηλικίες</b> είναι αυτές που πρέπει να προσεχθούν. Ένα έμβρυο δεν έχει λανθά-                |
| 48 | νουσα περίοδο (κατευθείαν ξεκινά το «οροπέδιο»), όπως και τα παιδιά 1-2 ετών                                  |
| 49 | Τέλος, σύμφωνα με στοιχεία του υπουργείου Ενέργειας των ΗΠΑ, από το 1930 για τους                             |
| 50 | <b>πυρηνικούς εργάτες</b> το <b>επιτρεπόμενο ετήσιο όριο ακτινοβολίας</b> ήταν 156 rem (δόση η ο-             |
| 51 | ποία εξαρτάται και από το είδος της ακτινοβολίας και είναι δεκαπλάσια αν πρόκειται για                        |
| 52 | <b>σωματίδια α</b> από ό,τι για <b>ακτινοβολία γ ή X</b> ), ενώ τα 600 rem είναι η <b>θανατηφόρος δόση</b> .  |
| 53 | Το όριο όμως αυτό σταδιακά πέφτει, φτάνοντας τη δεκαετία του '50 στα 15 rem, την περίοδο                      |
| 54 | μεταξύ 1960 και 1990 στα 5 rem, και τώρα πια μιλάμε για <b>2 rem</b> ! Σήμερα οι τιμές αυτές για              |
| 55 | τον <b>γενικό πληθυσμό</b> (και όχι για τους πυρηνικούς εργάτες) είναι το 1/10, δηλαδή <b>0,2 rem</b> .       |

1) Το ραδιενεργό ουρικό ουράνιο (U) που βρίσκεται στη φύση αποτελείται κυρίως από δύο ισότοπα, το U-235 ( $^{235}\text{U}$ ) και το U-238 ( $^{238}\text{U}$ ). (Γραμμές 7-9).

A) Τι είναι τα ισότοπα και τι είναι τα ραδιοϊσότοπα;

B) Πώς ονομάζονται στην πυρηνική φυσική και στην χημεία οι αριθμοί 235 και 238 και τι εκφράζουν;

2) >> Το U-235 χρησιμοποιείται στους **πυρηνικούς αντιδραστήρες** για να παράγουν μεγάλη ποσότητα ενέργειας μέσω της αντίδρασης πυρηνικής σχάσης, ενώ το U-238 δεν είναι χρήσιμο σε αυτό. (Γραμμές 9-12).

A) Τι είναι ένας πυρηνικός αντιδραστήρας;

B) Να αναφέρετε την ομοιότητα και 1-3 διαφορές ανάμεσα στην πυρηνική αντίδραση που γίνεται κατά την έκρηξη μιας πυρηνικής βόμβας και στην πυρηνική αντίδραση που γίνεται σε έναν πυρηνικό αντιδραστήρα;

Γ) Πώς εξηγείται με όρους φυσικής η μεγάλη παραγωγή ενέργειας κατά τις πυρηνικές αντιδράσεις; (ΥΠΟΔΕΙΞΗ: Η εξήγηση συνδέεται με έναν διάσημο Φυσικό του 20ού αιώνα)

Δ) Τι είναι η αντίδραση πυρηνικής σχάσης;

Ε) Έχεις υπόψη σου άλλο ή άλλους τύπους πυρηνικών αντιδράσεων εκτός από την πυρηνική σχάση; Αν ναι, μπορείς να δώσεις σύντομη περιγραφή;

3) >> Με χρόνο ημιζωής 4,5 εκατομμύρια χρόνια (!) στην πράξη (το U-238) ποτέ δεν διασπάται. Γραμμές **15-17**).

Τι είναι ο χρόνος ημιζωής ενός ραδιενεργού στοιχείου;

4) >> Όταν εκρήγνυται, θραύσματα και τριμμένο σε λεπτότατη σκόνη ραδιενεργό υλικό διασπείρονται σε μεγάλη ακτίνα και, πρακτικά, μένουν εκεί για πάντα, ρυπαίνοντας το χώμα και τον υδροφόρο ορίζοντα. (Γραμμές **19-22**).

Α) Τι εννοούμε με τους όρους ραδιενεργό υλικό και ραδιενέργεια;

Β) Γιατί πρακτικά το U-238 ρυπαίνει για πάντα;

5) >> «Ένα πυρηνικό απόβλητο οδήγησε στο σχέδιο που έβαλε μπρος να κάνει πράξη η πολεμική βιομηχανία τη δεκαετία του '80,» (Γραμμές **1-2**).

Τι σημαίνει η φράση «πυρηνικά απόβλητα»;

6) >> Εκφράστηκαν ακόμη φόβοι για το πρόβλημα που μπορεί να προκληθεί αν το απεμπλουτισμένο ουράνιο περάσει στην τροφική αλυσίδα μέσω του υδροφόρου ορίζοντα. (Γραμμές **30-32**).

Πώς το ραδιενεργό ουράνιο περνάει στην τροφική αλυσίδα;

7) >> Η φυσική ραδιενέργεια που παίρνει κανείς ετησίως είναι 0,1-0,15 rem (Γραμμή **35**).

Από πού προέρχεται αυτή η φυσική ραδιενέργεια;

8) >> Το επιτρεπόμενο ετήσιο όριο ακτινοβολίας ήταν 156 rem (δόση η οποία εξαρτάται και από το είδος της ακτινοβολίας και είναι δεκαπλάσια αν πρόκειται για σωματίδια **α** από ότι για ακτινοβολία **γ** ή **X** (Γραμμές **50-52**)).

Α) Τι είναι τα σωματίδια **α**;

Β) Τι είναι η ακτινοβολία **γ**;

Γ) Τι είναι οι ακτίνες **X**;

Δ) Γνωρίζετε κάποιο άλλο είδος ραδιενεργού ακτινοβολίας και τι είναι αυτό;

9) >> Όπως διευκρινίζει ο κ. Γεράνιος, αν κάποιος σήμερα πάρει μια χαμηλή δόση ραδιενέργειας λίγων rem, τότε θα περάσει μια λανθάνουσα περίοδος περίπου 10 ετών για πιθανή εμφάνιση συμπτωμάτων νόσου που σχετίζεται με τη ραδιενέργεια. (Γραμμές **41-43**).

Γνωρίζετε το **πώς** η ραδιενέργεια επηρεάζει την υγεία των ανθρώπων και των ζώων;

10) Γνωρίζετε αν η πυρηνική φυσική (ή η πυρηνική χημεία) έχει **ιατρικές** διαγνωστικές ή θεραπευτικές εφαρμογές; Αν ξέρετε κάποια τέτοια εφαρμογή, μπορείτε να την αναφέρετε.

11) >> ...Το όριο όμως αυτό σταδιακά πέφτει, φτάνοντας τη δεκαετία του '50 στα 15 rem, την περίοδο μεταξύ 1960 και 1990 στα 5 rem, και τώρα πια μιλάμε για **2 rem**! Σήμερα οι τιμές αυτές για τον **γενικό πληθυσμό** (και όχι για τους πυρηνικούς εργάτες) είναι το 1/10, δηλαδή **0,2 rem**. (Γραμμές 53-55).

Μπορείτε να σκεφθείτε **γιατί** το όριο για τον γενικό πληθυσμό έχει τεθεί δέκα φορές **λιγότερο** από ότι για τους εργαζόμενους στα πυρηνικά εργοστάσια;

12) Φτιάξτε έναν κατάλογο λέξεων-κλειδιών στο άρθρο.

13) Απαριθμήστε τις έννοιες των οποίων η σημασία δεν είναι σαφής σε σας.

14) Σημειώστε τις κεντρικές ιδέες που συζητούνται στο άρθρο.

### 3.2.1. ΟΙ ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ ΤΩΝ ΦΟΙΤΗΤΩΝ ΑΝΑ ΕΡΩΤΗΣΗ – ΣΧΟΛΙΑ

#### «Χαρακτηριστικοί αριθμοί του ατόμου – συμβολισμός»

Περιλαμβάνει τα δυο σκέλη (Α και Β) της ερώτησης 1 του αρχικού ερωτηματολογίου. Η ερώτηση αυτή ήταν ανάκλησης γνώσεων.

**Ερώτηση 1: «Το ραδιενεργό ορυκτό ουράνιο (U) που βρίσκεται στη φύση αποτελείται κυρίως από δύο ισότοπα, το U-235 ( $^{235}\text{U}$ ) και το U-238 ( $^{238}\text{U}$ )»**

**Α) Τι είναι τα ισότοπα και τι είναι τα ραδιοϊσότοπα;**

Οι μαθητές συναντούν την έννοια των ισοτόπων στο μάθημα της φυσικής γενικής παιδείας γ' λυκείου στην ενότητα 3.1 «Ιδιότητες των πυρήνων – το μέγεθος και η δομή των ατόμων» του αντίστοιχου σχολικού βιβλίου, όπου αναφέρεται:

«Πυρήνες που ανήκουν στο ίδιο χημικό στοιχείο και έχουν τον ίδιο αριθμό πρωτονίων  $Z$  αλλά όχι και τον ίδιο αριθμό νετρονίων ονομάζονται ισότοποι»

Όμως, η έννοια του ισοτόπου περιλαμβάνεται και στην πρώτη τάξη του λυκείου, στο μάθημα «**χημεία γενικής παιδείας**», στο πρώτο κεφάλαιο του σχολικού βιβλίου, στην παράγραφο 1.3 «**Δομικά σωματίδια της ύλης – δομή ατόμου – ατομικός αριθμός – μαζικός αριθμός – ισότοπα**» όπου δίνεται ο ορισμός:

«Ισότοπα ονομάζονται τα άτομα που έχουν τον ίδιο ατομικό αλλά διαφορετικό μαζικό αριθμό»

Το θέμα των ραδιοϊσοτόπων<sup>11</sup> στη φυσική της τρίτης λυκείου δεν καλύπτεται, παρόλα αυτά στην παράγραφο 3.5β «Χρήσεις της ακτινοβολίας» αναφέρεται η φράση:

«...στη Βιολογία το **ραδιενεργό** ισότοπο  $^{15}\text{O}$ , όταν εισαχθεί κατάλληλα ...»

χωρίς καμία διευκρίνιση. Πιθανόν να αφήνεται στους μαθητές να αντιληφθούν μόνοι τους (;) την έννοια.

Στο βιβλίο «χημεία γενικής παιδείας» της α' λυκείου<sup>12</sup>, στην ενότητα 5.1 «Ραδιενεργός διάσπαση», τα ραδιοϊσότοπα ορίζονταν ως τεχνητά ραδιενεργά ισότοπα:

«...Εκτός από τα φυσικά ραδιενεργά ισότοπα υπάρχουν και τα **τεχνητά ή ραδιοϊσότοπα**. Αυτά παρασκευάζονται με βομβαρδισμό σταθερών πυρήνων με βραδέα νετρόνια...»

Όμως, όπως συζητείται και στη συνέχεια, αυτό το τελευταίο κεφάλαιο της πυρηνικής χημείας, κατά την τελευταία δεκαετία εφαρμογής του αναλυτικού προγράμματος της χημείας είτε *αφαιρείται* από τη διδακτέα ύλη, είτε *δεν διδάσκεται* λόγω των χρονικών περιορισμών. Από το σχολικό έτος 2011-12 και μετά, το κεφάλαιο αυτό της πυρηνικής χημείας, έχει αφαιρεθεί εξ ολοκλήρου και από το βιβλίο.

Για να χαρακτηριστεί ως αποδεκτή η απάντηση, θα έπρεπε να περιέχει την **ορθή** χρήση των εννοιών του ατομικού και του μαζικού αριθμού για τον προσδιορισμό της έννοιας του ισότοπου (*ίδιος ατομικός και διαφορετικός μαζικός αριθμός*) ή έστω ότι τα ισότοπα έχουν τον ίδιο αριθμό πρωτονίων (και διαφορετικό αριθμό νετρονίων). Για τη δεύτερη υποερώτηση, αρκούσε να γραφεί ότι είναι **ραδιενεργά** ισότοπα (ή ότι τα ισότοπα αυτά υφίστανται ραδιενεργό διάσπαση)

Στις περισσότερες λανθασμένες απαντήσεις στην ερώτηση αυτή παρατηρήθηκε σύγχυση του μαζικού με τον ατομικό αριθμό, π.χ.:

«Είναι αυτά με *ίδιο μαζικό αλλά διαφορετικό ατομικό αριθμό*», ΠΤ26, Φ30

«Έχουν *ίδιο μαζικό αριθμό*», ΠΥ9, Φ34

<sup>11</sup> Στη βιβλιογραφία, ελληνική και διεθνή, τα ραδιοϊσότοπα ορίζονται ως **τα ραδιενεργά (ή ασταθή) ισότοπα**, σε αντίθεση με τα σταθερά ισότοπα. Συνήθως αναφέρεται πως «τα περισσότερα στοιχεία στη φύση δεν έχουν ραδιενεργά ισότοπα, αν και τέτοια ισότοπα μπορούν να παραχθούν τεχνητά» (Beiser)

<sup>12</sup> Στο βιβλίο που διδασκόταν έως το σχολικό έτος 2010-11

Τουλάχιστον οι φοιτητές αυτοί μπορεί να ειπωθεί ότι **συνδύασαν** την έννοια των ισοτόπων με τον ατομικό και το μαζικό αριθμό, έστω κι αν οι απαντήσεις τους ήταν **λανθασμένες**. Ένας άλλος σημαντικός αριθμός λανθασμένων απαντήσεων, παρουσίασε μια **παραλλαγή** της προηγούμενης απάντησης και αναφέρονταν στη σύνθεση των σωματιδίων στα άτομα:

*«Τα στοιχεία που έχουν τον ίδιο αριθμό πρωτονίων και νετρονίων», Φ4*

Όμως, άλλοι φοιτητές έδωσαν εντελώς άσχετες απαντήσεις, όπως:

*«Ισότοπα είναι τα πεδία αυτά που έχουν ίση ραδιενέργεια (?) ενώ τα ραδιοϊσότοπα είναι τα πεδία με μεγάλη ραδιενέργεια», ΠΤ5*

*«Είναι τα στοιχεία που έχουν ίσο αριθμό ατόμων», ΠΤ33*

Τέλος, όπως παρατηρήθηκε ιδιαίτερα στην περίπτωση των *ραδιοϊσοτόπων*, έγινε προσπάθεια **«κατασκευής»** επιστημονικοφανών απαντήσεων ή – χωρίς επιτυχία – χρήσης δεδομένων από το κείμενο:

*«Είναι μορφές ατόμων στοιχείων που διαφοροποιούνται ανάλογα με το μαζικό και ατομικό τους αριθμό.. Το ίδιο και για τα ραδιενεργά στοιχεία» Φ32*

*«Ραδιοϊσότοπα είναι τα ισότοπα που σχετίζονται με ορυκτά που εκπέμπουν ραδιενέργεια» Φ36*

*«Ραδιοϊσότοπα είναι τα ισότοπα που περιέχονται στο ραδιενεργό ορυκτό ουράνιο» ΠΤ17*

*«Ραδιοϊσότοπα: τα άτομα του ίδιου στοιχείου με τον ίδιο μαζικό αριθμό, αλλά το ένα έχει προκύψει μετά από πυρηνική σχάση» ΠΤ28*

**Β) Πώς ονομάζονται στην πυρηνική φυσική και στην χημεία οι αριθμοί 235 και 238 και τι εκφράζουν;**

Το δεύτερο αυτό σκέλος της ερώτησης 1 συμπλήρωνε το πρώτο και αφορούσε την *έννοια* του μαζικού αριθμού, η οποία διδάσκεται τόσο στη χημεία της α' λυκείου:

*«Μαζικός αριθμός (Α) είναι ο αριθμός των πρωτονίων και των νετρονίων στον πυρήνα ενός ατόμου»,*

όσο και στη φυσική γενικής παιδείας της γ' λυκείου (παρόμοιος ορισμός, με την προσθήκη της λέξης «*νουκλεονίων*»). Να σημειωθεί ότι το αρχικό κείμενο είχε τον συμβολισμό U-238 και U-235. Στο κείμενο όμως που δόθηκε στους φοιτητές υπήρχε και ο συμβολισμός  $^{238}_{\text{U}}$  και  $^{235}_{\text{U}}$ , ώστε να ταυτίζεται με τον συμβολισμό  $^{\text{A}}_{\text{Z}}\text{X}$  του ατόμου όπως τον είχαν διδαχθεί στο λύκειο.

Σε πολλές από τις απαντήσεις που αξιολογήθηκαν ως «*μη αποδεκτές*» παρατηρήθηκε η τάση να χαρακτηρίζονται εσφαλμένα οι αριθμοί ως «ατομικοί» αλλά με *σωστή* περιγραφή για το τι είναι ατομικός αριθμός:

*«Ατομικοί αριθμοί – εκφράζουν τον αριθμό των πρωτονίων», Φ39*

ενώ επιπλέον, άλλοι φοιτητές αντί για πρωτόνια αναφέρουν τα ηλεκτρόνια:

*«Ατομικοί αριθμοί – εκφράζουν τον αριθμό των ηλεκτρονίων σε κάθε άτομο»,*

*Φ31*

χρησιμοποιώντας την αντίστοιχη φράση (σελ.73: «τα ισότοπα ενός στοιχείου έχουν τον ίδιο αριθμό ηλεκτρονίων, αφού αυτός, στα ουδέτερα άτομα, είναι ίσος με τον αριθμό των πρωτονίων») του σχολικού βιβλίου της γ' λυκείου.

Οι μερικώς σωστές απαντήσεις ήταν αυτές στις οποίες χαρακτηριζόταν σωστά οι αριθμοί ως *μαζικοί*, αλλά δεν αντιστοιχούσαν ακριβώς στα σωστά σωματίδια, όπως:

*«ονομάζονται μαζικοί αριθμοί και εκφράζουν το άθροισμα των πρωτονίων και*

*των ηλεκτρονίων που περιέχονται στο άτομο ενός στοιχείου», ΠΤ4*

Η αξιολόγηση των απαντήσεων ως «εν μέρει αποδεκτών» δικαιολογείται από το γεγονός ότι το πρώτο σκέλος της υποερώτησης (πώς λέγονται οι αριθμοί) απαντήθηκε ορθά.

Μετά την πρώτη επεξεργασία και την αξιολόγηση των απαντήσεων στην κλίμακα 1 έως 3 που περιγράφηκε στην εισαγωγή, έγινε η αξιολόγηση της δραστηριότητας στο σύνολό της, ανάλογα με τις επιδόσεις στα επιμέρους σκέλη της:

Η πρώτη κατηγορία αναφέρεται στους φοιτητές που δεν έδωσαν καμία απάντηση σε κανένα από τα δυο σκέλη (Α και Β) της ερώτησης 1. Στη δεύτερη κατηγορία, είναι οι φοιτητές που είτε απάντησαν λανθασμένα και στα δυο σκέλη της ερώτησης 1, είτε απάντησαν λανθασμένα στο πρώτο και δεν απάντησαν στο δεύτερο ή το αντίστροφο. Στην τρίτη κατηγορία είναι οι φοιτητές που απάντησαν εν μέρει σωστά είτε στα δυο σκέλη της ερώτησης είτε εν μέρει σωστά στο ένα και λανθασμένα στο άλλο και αντίστροφα. Τέλος, στην τέταρτη κατηγορία, τοποθετήθηκαν οι σωστές απαντήσεις και στα δυο σκέλη της ερώτησης 1, καθώς και όσοι είχαν δώσει αποδεκτή απάντηση στη μια και μερικώς αποδεκτή στην άλλη.

Στον πίνακα 3.3 που ακολουθεί εμφανίζονται τα αποτελέσματα ανάλογα με την κατεύθυνση προέλευσης και ανάλογα με το τμήμα προέλευσης



Πίνακας 3.3. Αποτελέσματα στη δραστηριότητα «**χαρακτηριστικοί αριθμοί ατόμου – συμβολισμός**» ανά κατεύθυνση προέλευσης και ανά τμήμα

|                           | ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ ΠΡΟΕΛΕΥΣΗΣ |                |                | ΤΜΗΜΑ              |                    | Σύνολο | % ποσοστό |
|---------------------------|-----------------------|----------------|----------------|--------------------|--------------------|--------|-----------|
|                           | ΘΕΤ<br>(N=27)         | ΤΕΧΝ<br>(N=34) | ΘΕΩΡ<br>(N=34) | ΦΥΣ<br>f (%)       | ΠΤΔΕ<br>f (%)      |        |           |
| A) Δεν απάντησε           | 3                     | 7              | 13             | 8 (19,5)           | 15 (27,8)          | 23     | 24,2      |
| B) Απάντηση λανθασμένη    | 11                    | 17             | 11             | 20 ( <b>48,8</b> ) | 19 ( <b>35,2</b> ) | 39     | 41,1      |
| Γ) Μερικώς σωστή απάντηση | 2                     | 4              | 4              | 3 (7,3)            | 7 (12,9)           | 10     | 10,5      |
| Δ) Ορθή απάντηση          | 11                    | 6              | 6              | 10 ( <b>24,4</b> ) | 13 ( <b>24,1</b> ) | 23     | 24,2      |
| Άθροισμα απαντήσεων       | 27                    | 34             | 34             | 41 (100)           | 54 (100)           | 95     | 100,0     |

Διαπιστώνεται πως σχεδόν μόνο ένας στους τέσσερις φοιτητές (24,2%) έδωσε αποδεκτή απάντηση στη δραστηριότητα αυτή, ενώ δεν υπάρχει διαφορά στα ποσοστά μεταξύ των φοιτητών των δυο σχολών στις σωστές απαντήσεις. Υψηλό εμφανίζεται το ποσοστό των λανθασμένων απαντήσεων, αλλά και των φοιτητών που επέλεξαν να μην δώσουν απάντηση σε καμιά από τις δυο υποερωτήσεις της δραστηριότητας.

Μελετώντας τα αποτελέσματα από πλευράς κατεύθυνσης προέλευσης των φοιτητών, διαπιστώνεται πως το μεγαλύτερο ποσοστό ορθών απαντήσεων εμφανίζουν οι φοιτητές που προέρχονται από την θετική κατεύθυνση, ενώ τα αντίστοιχα ποσοστά των φοιτητών που προέρχονται από την τεχνολογική και τη θεωρητική κατεύθυνση είναι ίδια.

#### «Πυρηνικός αντιδραστήρας»

**Ερώτηση 2:** Τα δυο πρώτα σκέλη (A και B) πραγματεύονται την έννοια του πυρηνικού αντιδραστήρα και τις ομοιότητες / διαφορές του με την πυρηνική βόμβα. Αυτά τα σκέλη ομαδοποιήθηκαν με το Γ, με γενικό τίτλο «Πυρηνικός αντιδραστήρας».

« Το U-235 χρησιμοποιείται στους πυρηνικούς αντιδραστήρες για να παράγουν μεγάλη ποσότητα ενέργειας μέσω της αντίδρασης πυρηνικής σχάσης, ενώ το U-238 δεν είναι χρήσιμο σε αυτό. (Γραμμές 9-12)»

**A) Τι είναι ένας πυρηνικός αντιδραστήρας;**

Η πρώτη αναφορά σχετικά με τον πυρηνικό αντιδραστήρα στο σχολικό βιβλίο φυσικής γενικής παιδείας γ' λυκείου είναι στην ενότητα «3.4 Πυρηνικές αντιδράσεις – Πυρηνική σχάση» (σελ.91), όπου αφού αρχικά γίνεται περιγραφή της συγκεκριμένης πυρηνικής διαδικασίας, στη συνέχεια αναφέρεται:

«Αντίθετα, σε έναν αντιδραστήρα παραγωγής ηλεκτρικής ισχύος επιβραδύνονται με κατάλληλο μηχανισμό τα παραγόμενα νετρόνια, ώστε να διατηρούν μια αυτοσυντηρούμενη αλυσιδωτή αντίδραση, η οποία όμως θα προχωρεί αργά και ελεγχόμενα, χωρίς να οδηγεί σε έκρηξη»

Στη συγκεκριμένη παράγραφο, υπάρχει και μια *εικόνα* που παρουσιάζει τον κατεστραμμένο αντιδραστήρα του εργοστασίου του Τσέρνομπιλ, με πολύ περιληπτική αναφορά στο πυρηνικό ατύχημα του 1986.

Στη συνέχεια, η μεθεπόμενη ενότητα, «Το πρόβλημα των πυρηνικών αποβλήτων» (σελ.93) εστιάζεται στα περιβαλλοντικά προβλήματα που οφείλονται στη λειτουργία των πυρηνικών αντιδραστήρων σχάσης, χωρίς όμως να περιγράφεται ο τρόπος λειτουργίας ενός αντιδραστήρα ή να παρατίθενται τα τυχόν πλεονεκτήματά της έναντι των συμβατικών καυσίμων. Να σημειωθεί ότι σε παλαιότερα<sup>13</sup> σχολικά συγγράμματα *υπήρχε* τέτοια περιγραφή.

Σύμφωνα με τα παραπάνω, μια ενδεικτική αποδεκτή απάντηση που θα μπορούσε να δοθεί σχετικά με το τι είναι ένας πυρηνικός αντιδραστήρας, θα ήταν:

*«Πυρηνικός αντιδραστήρας είναι μια διάταξη (εγκατάσταση) στην οποία πραγματοποιείται ελεγχόμενη πυρηνική σχάση (αυτοσυντηρούμενη αλυσιδωτή αντίδραση) για την παραγωγή μεγάλης ποσότητας ενέργειας. Το καύσιμο (σχάσιμο υλικό) που χρησιμοποιεί ένας πυρηνικός αντιδραστήρας, είναι το ισότοπο του ουρανίου  $^{235}\text{U}$ »*

Στην ερώτηση αυτή αναμενόταν ένας μεγάλος αριθμός σωστών ή μερικώς σωστών απαντήσεων. Όμως, το ποσοστό σωστών απαντήσεων στην περίπτωση των φοιτητών του ΠΤΔΕ κυμάνθηκε στα ίδια επίπεδα με την πρώτη δραστηριότητα (20%) ενώ στους φοιτητές του Τμήματος Φυσικής ήταν διπλάσιο. Διπλάσιο ήταν και το ποσοστό των φοιτητών του ΠΤΔΕ που δεν απάντησαν, σε σχέση με τους συμφοιτητές τους του Τμήματος Φυσικής. Χαμηλά ήταν και στα δυο τμήματα τα ποσοστά των φοιτητών που έδωσαν λανθασμέ-

<sup>13</sup> Φυσική Γ' γυμνασίου, 1994, Φυσική Β' Λυκείου, 1995, Φυσική Γ Λυκείου 1977

νη απάντηση. Σε αρκετές περιπτώσεις, όπως διαπιστώνεται κι από τις απαντήσεις που παρατίθενται, εμφανίστηκαν αρκετές *παρανοήσεις*. Αποτέλεσμα αυτού ήταν να υπάρχει σημαντικό ποσοστό απαντήσεων που χαρακτηρίστηκαν ως «μερικώς σωστές».

Στις λανθασμένες απαντήσεις διακρίνεται άγνοια είτε για το τι είναι πυρηνικός αντιδραστήρας, είτε για την πυρηνική σχάση:

«είναι ένα μηχάνημα που παράγει ραδιενέργεια και χρησιμοποιείται κατά κύριο λόγο στους πολέμους και προκαλεί καταστροφές μεγάλου μεγέθους», ΠΤ5

«είναι μια συσκευή παραγωγής μεγάλης ποσότητας θερμότητας ώστε να πραγματοποιηθεί ευκολότερα η πυρηνική σχάση», ΠΤ41

Είτε γράφονται ασυνάρτητες έννοιες που δεν έχουν κανένα νόημα:

«είναι μια μηχανή στην οποία **προωθούνται μεγάλες ταχύτητες** έτσι ώστε να συγκρούονται δυνατά και να **αντιδρούν οι πυρήνες** των στοιχείων που βρίσκονται μέσα», ΠΤ4

«ένα μηχάνημα στο οποίο **εγκλωβίζουμε την πυρηνική έκρηξη**, έτσι ώστε να μην **εξαπλώνεται** η πυρηνική ενέργεια στο περιβάλλον», Φ18

Κάποιοι φοιτητές προσπάθησαν να μεταφράσουν την πληροφορία που τους δόθηκε γράφοντας αόριστα:

«μέσο που χρησιμοποιείται για τη σύντηξη ή σχάση πυρήνων», ΠΤ28

«είναι ένα όργανο το οποίο διασπά τους πυρήνες για να παραχθεί ενέργεια», ΠΤ30

«είναι το αντικείμενο μέσα στο οποίο τοποθετούμε το U-235 για την παραγωγή μεγάλης ποσότητας ενέργειας», ΠΤ17

Απαντήσεις που μπορούν να χαρακτηριστούν ορθές αφού περιλαμβάνουν λιτούς πλην περιεκτικούς και σωστούς όρους, επομένως βαθμολογήθηκαν με «3», ήταν όπως οι παρακάτω:

«είναι μια κατασκευή με την οποία επιτυγχάνεται η σχάση πυρήνων με σκοπό την παραγωγή ενέργειας», ΠΤ11

«ένα τεχνολογικό μηχάνημα παραγωγής ενέργειας μέσω αλυσιδωτών πυρηνικών αντιδράσεων», ΠΤ06

«οι πυρηνικοί αντιδραστήρες χρησιμοποιούνται για να παράγουν μεγάλη ποσότητα ενέργειας μέσω της αντίδρασης πυρηνικής σχάσης του ουρανίου», Φ22

«στον πυρηνικό αντιδραστήρα γίνεται σχάση πυρήνων στοιχείων που μπορούν να δώσουν μεγάλα ποσά ενέργειας βάσει αλυσιδωτής αντίδρασης», Φ24

Τέλος, απαντήσεις που χαρακτηρίστηκαν ως μερικώς σωστές, ήταν όσες περιείχαν κάποιες σωστές φράσεις, αλλά ήσαν ελλιπείς, όπως οι παρακάτω:

«μέσο που χρησιμοποιείται για τη σύντηξη ή σχάση πυρήνων», ΠΤ28

«πρόκειται για μια κατασκευή στην οποία εκτελούνται πυρηνικές αντιδράσεις με σκοπό την παραγωγή μεγάλων ποσοτήτων ενέργειας», Φ3

Μια άλλη διαπίστωση σε αυτή την ερώτηση ήταν και η ευχέρεια έκφρασης των φοιτητών του ΠΤΔΕ, ακόμη και σε μερικά αποδεκτές απαντήσεις, σε σχέση με τους αντίστοιχους φοιτητές του τμήματος φυσικής, κάτι που φαίνεται και από τις προηγούμενες απαντήσεις.

**B) Να αναφέρετε την ομοιότητα και 1-3 διαφορές ανάμεσα στην πυρηνική αντίδραση που γίνεται κατά την έκρηξη μιας πυρηνικής βόμβας και στην πυρηνική αντίδραση που γίνεται σε έναν πυρηνικό αντιδραστήρα**

Θα ήταν αναμενόμενο σε αυτή την ερώτηση να γραφτεί πως η ομοιότητα αφορά την αλυσιδωτή αντίδραση πυρηνικής σχάσης και μια διαφορά το ότι στη μια περίπτωση είναι ελεγχόμενη η αντίδραση και στην άλλη όχι. Ζητήθηκε μεγαλύτερος αριθμός διαφορών για να καλυφθούν οι φοιτητές που ενδεχομένως (όπως και παρατηρήθηκε) θα ήθελαν να γράψουν όχι αυστηρά μόνο για την αντίδραση, αλλά και για τον σκοπό για τον οποίο αυτή πραγματοποιείται σε κάθε περίπτωση.

Στο σχολικό βιβλίο της φυσικής γενικής παιδείας γ' λυκείου, αναφέρεται σαφώς ως διαφορά μεταξύ πυρηνικού αντιδραστήρα και ατομικής βόμβας, ο έλεγχος ή όχι της αλυσιδωτής αντίδρασης και κατά συνέπεια η ταχύτητα πραγματοποίησής της (σελ.91), ενώ αφήνεται να εννοηθεί πως η ομοιότητά τους είναι η αρχή της πυρηνικής σχάσης (απορρόφηση νετρονίων από βαρείς πυρήνες):

«αυτή η **μη ελεγχόμενη** σχάση αποτελεί την αρχή λειτουργίας της ατομικής βόμβας»  
«αντίθετα, σ' έναν αντιδραστήρα παραγωγής ηλεκτρικής ισχύος επιβραδύνονται με **κατάλληλο** μηχανισμό τα παραγόμενα νετρόνια ώστε να διατηρούν μια αυτοσυντηρούμενη αλυσιδωτή αντίδραση, η οποία όμως θα προχωρεί **αργά** και ελεγχόμενα, χωρίς να οδηγεί σε έκρηξη»

Κατά τον έλεγχο των απαντήσεων, διαπιστώθηκε ότι ένας σημαντικός αριθμός φοιτητών, κυρίως του ΠΤΔΕ, απέφυγε να γράψει *οτιδήποτε*. Μικρός αριθμός φοιτητών

έδωσε λανθασμένες απαντήσεις, ενώ οι σωστές ήταν λιγότερες του αναμενόμενου. Παρόμοιος αριθμός με τις αποδεκτές ήταν και αυτός των μερικώς ορθών απαντήσεων.

Ένα σημαντικό εύρημα, που εμφανίζεται και στις άλλες δραστηριότητες, ήταν η αδυναμία έκφρασης ή χρήσης κατάλληλων λέξεων για την περιγραφή των εννοιών, όπως φαίνεται στην επόμενη απάντηση:

*«παράγεται το ίδιο προϊόν», Φ29*

*«κάνουν και τα δυο έκρηξη», ΠΤ51*

Και οι δυο προηγούμενες απαντήσεις αξιολογήθηκαν με «1», δηλαδή ως μη αποδεκτές.

Για την ομοιότητα εμφανίζονται απαντήσεις που αφορούν κυρίως το ποσό ενέργειας που εκλύεται και στις δυο περιπτώσεις:

*«εκπέμπουν μεγάλες ποσότητες ενέργειας», ΠΤ3*

Αυτού του είδους οι απαντήσεις θεωρήθηκαν ελλιπείς επομένως αξιολογήθηκαν ως μερικώς αποδεκτές.

Οι απαντήσεις που θεωρήθηκαν σωστές ήταν αυτές που εστίασαν στο είδος της αντίδρασης (ανεξάρτητα αν αναφέρονταν και στο – μεγάλο – ποσό ενέργειας):

*«και στις δυο διασπάται ο πυρήνας και εκλύεται μεγάλη ενέργεια», ΠΤ23*

*«και στα δυο συμβαίνει πυρηνική σχάση», ΠΤ28*

*«ομοιότητα: απελευθέρωση μεγάλης ποσότητας ενέργειας - αλυσιδωτή αντίδραση», Φ1*

Η τελευταία αξιολογήθηκε ως ορθή, παρότι ελλιπής, επειδή κάνει αναφορά στην αλυσιδωτή αντίδραση

Στις διαφορές που αναφέρθηκαν συναντώνται μερικές ενδιαφέρουσες απαντήσεις, όπως η παρακάτω που «μεταφέρει» τον έλεγχο της αντίδρασης και στα προϊόντα της (αντίληψη: στον αντιδραστήρα συλλέγονται, ενώ στη βόμβα όχι):

*«Στον πυρηνικό αντιδραστήρα οι εξωτερικές συνθήκες της αντίδρασης είναι ελεγχόμενες, ενώ στην έκρηξη της ατομικής βόμβας όχι. Στον αντιδραστήρα, τα προϊόντα της αντίδρασης μπορούν να συλλεχθούν, ενώ μετά την έκρηξη, τα σωματίδια της βόμβας διασκορπίζονται», ΠΤ4*

Μια άλλη χαρακτηριστική απάντηση, που εκφράζει μια εναλλακτική ιδέα δόθηκε από φοιτητές και των δυο τμημάτων και ήταν:

*«η ενέργεια που εκλύεται στη βόμβα δεν χρησιμοποιείται - η ραδιενέργεια στον πυρηνικό αντιδραστήρα δεν ελευθερώνεται»,*

Σε αρκετές απαντήσεις οι φοιτητές εισάγουν στις διαφορές την έννοια της «ταχύτητας» πραγματοποίησης της πυρηνικής αντίδρασης και της έκτασης στην οποία γίνονται – σύμφωνα με τη φρασεολογία που χρησιμοποίησαν – αντιληπτά τα αποτελέσματα:

*«η έκρηξη της πυρηνικής βόμβας γίνεται πιο γρήγορα απ' ότι του πυρηνικού αντιδραστήρα», ΠΤ5*

*«στη μια (βόμβα) γίνεται πιο γρήγορα η αντίδραση. Στην περίπτωση αυτή περιλαμβάνει ή μάλλον καλύπτει μεγαλύτερη έκταση», ΠΤ2*

Οι προηγούμενες απαντήσεις, όπως και άλλες παρόμοιες, θεωρήθηκαν ως «αποδεκτές» παρά το ότι περιείχαν και κάποιες ασάφειες (η φράση «καλύπτει μεγαλύτερη έκταση» δηλώνει μάλλον τις συνέπειες από την έκρηξη μιας ατομικής βόμβας).

Πολλές απαντήσεις περιέχουν εκφράσεις ή ακόμη και «όρους» όπως αυτοί διατυπώνονται ή αναφέρονται σε φράσεις μέσα από τα δελτία των ΜΜΕ ή άλλων – μη επιστημονικών – πηγών:

*«η ενέργεια που απελευθερώνεται μέσω πυρηνικής βόμβας δεν είναι ελεγχόμενη, ενώ στον πυρηνικό αντιδραστήρα η εκπομπή ραδιενέργειας γίνεται σε πλαίσιο επιστημονικής έρευνας», ΠΤ6*

*«πυρηνική βόμβα: η απελευθέρωση στο περιβάλλον δεν ελέγχεται, πυρηνικός αντιδραστήρας: η διάχυση πυρηνικής ενέργειας μπορεί να ελεγχθεί στα εργοστάσια», ΠΤ10*

Το επόμενο σκέλος αυτής της δραστηριότητας, η ερώτηση 2Γ, απαιτούσε συνδυασμό των γνώσεων που είχαν από την αντίστοιχη ενότητα του μαθήματος της φυσικής στην Γ Λυκείου, καθώς και ικανότητα έκφρασης και σωστής διατύπωσης.

**Γ) Πώς εξηγείται με όρους φυσικής η μεγάλη παραγωγή ενέργειας κατά τις πυρηνικές αντιδράσεις; (ΥΠΟΔΕΙΞΗ: Η εξήγηση συνδέεται με έναν διάσημο Φυσικό του 20ού αιώνα)**

Στο σχολικό βιβλίο της Γ Λυκείου δεν υπάρχει άμεση απάντηση σε αυτή την ερώτηση. Η πρώτη αναφορά στην πυρηνική ενέργεια είναι στην πρώτη ενότητα του 3<sup>ου</sup> κεφαλαίου «3.1. Οι ιδιότητες των πυρήνων», (σελ.71-72):

|                                                                                                                                                              |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>«το γεγονός όμως που τράβηξε την προσοχή όχι μόνο των επιστημόνων αλλά και ολόκληρης της ανθρωπότητας πάνω στον πυρήνα ήταν η ανακάλυψη ότι στην καρ-</p> |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

διά του ατόμου βρισκόταν ένας ενεργειακός γίγαντας. Όταν ο άνθρωπος βρήκε τρόπους να αποδεσμεύσει την πυρηνική ενέργεια, αναβίωσαν πάνω στη Γη δυνάμεις κοσμικής κλίμακας. Πρόκειται για τις ίδιες δυνάμεις που κάποτε, στο αρχέγονο παρελθόν, σχημάτισαν στα διάφορα άστρα την ύλη από την οποία είμαστε κι εμείς φτιαγμένοι. Είναι οι ίδιες δυνάμεις που προκαλούν τις πυρηνικές αντιδράσεις στον Ήλιο και στα άλλα άστρα και ελευθερώνουν την τόσο απαραίτητη για τη συνέχιση της ζωής ηλιακή ενέργεια»

Στη συνέχεια, στην ίδια ενότητα και στην παράγραφο «Έλλειμμα μάζας – Ενέργεια σύνδεσης» (σελ.74), αφού αρχικά *ορίζεται* το έλλειμμα μάζας  $\Delta M$ , *ορίζεται και* η ενέργεια σύνδεσης  $E_B$  και δίνεται η σχέση  $E_B = \Delta M \cdot c^2$ :

«Αυτή ακριβώς η ενέργεια σύνδεσης εκφράζει την ελάχιστη απαιτούμενη ενέργεια που πρέπει να δώσουμε για να απομακρύνουμε μεταξύ τους τα πρωτόνια και τα νετρόνια, που αποτελούν τον πυρήνα, ώστε να μην υπάρχει καμία αλληλεπίδραση μεταξύ τους»

Κατόπιν, σελ.75, *ορίζεται* η ενέργεια σύνδεσης ανά *νουκλεόνιο*, η οποία συνδέεται με τη σταθερότητα του πυρήνα:

«Η ενέργεια σύνδεσης ανά νουκλεόνιο μετράει τη σταθερότητα του πυρήνα. Όσο μεγαλύτερη είναι η ενέργεια σύνδεσης ανά νουκλεόνιο, τόσο σταθερότερος είναι ο πυρήνας»

Στο τέλος αυτής της παραγράφου:

«Όταν κάποιος πυρήνας πολύ μεγάλου μαζικού αριθμού διασπάται είτε αυθόρμητα είτε τεχνητά σε δυο άλλους πυρήνες μεσαίων μαζικών αριθμών (φαινόμενο σχάσης), η ενέργεια σύνδεσης ανά νουκλεόνιο είναι μεγαλύτερη στους νέους πυρήνες που προκύπτουν. Ομοίως, όταν δυο ή περισσότεροι πολύ ελαφροί πυρήνες συνενώνονται προς σχηματισμό ενός μεγαλύτερου με  $A \leq 60$  (φαινόμενο σύντηξης), πάλι η ενέργεια σύνδεσης ανά νουκλεόνιο είναι μεγαλύτερη στο νέο πυρήνα που προκύπτει. Συνεπώς, στις διαδικασίες αυτές, οι πυρήνες που παράγονται είναι ενεργειακά σταθερότεροι και **αποδεσμεύεται συνολικά ενέργεια, την οποία εκμεταλλευόμαστε**»

Αναφορά στην ενέργεια των πυρηνικών αντιδράσεων στο σχολικό βιβλίο της γ λυκείου γίνεται ξανά στην ενότητα 3.4. «Πυρηνικές αντιδράσεις», όπου τονίζεται ότι:

«στις πυρηνικές αντιδράσεις ισχύουν οι νόμοι διατήρησης του φορτίου, της ορμής και της ενέργειας. Στην τελευταία συμπεριλαμβάνεται η κινητική ενέργεια και η ενέργεια που αντιστοιχεί στη μάζα ηρεμίας....Η διαφορά των μαζών ηρεμίας πριν και μετά την αντίδραση προσδιορίζει την ενέργεια  $Q$  της αντίδρασης, σύμφωνα με την ισοδυναμία μάζας – ενέργειας»

Διαπιστώνεται από τα παραπάνω αποσπάσματα του σχολικού βιβλίου ότι δεν υπάρχει άμεση απάντηση, επομένως επαφίεται στην ικανότητα του μαθητή να **συνθέτει** τα προηγούμενα αποσπάσματα, προκειμένου να δώσει μια σαφή και ικανοποιητική περιγραφή.

Πράγματι, αυτή η ερώτηση αποδείχθηκε πολύ δύσκολη για τους φοιτητές. Ένας πολύ μεγάλος αριθμός – κυρίως από όσους προέρχονταν από τη θεωρητική κατεύθυνση – απέφυγε να απαντήσει. Στις λανθασμένες απαντήσεις αλλά και σε αυτές που αξιολογήθηκαν ως «μερικώς ορθές» εμφανίζεται πλήθος *παρανοήσεων, συγχύσεων* εννοιών και *κατασκευής επιστημονικοφανών* ερμηνειών.

Μερικές χαρακτηριστικές απαντήσεις που δόθηκαν:

*«..Τα στοιχεία που αποτελούν τους πυρήνες των ατόμων περιέχουν στους δεσμούς τους μεγάλη ενέργεια... Κατά τις πυρηνικές αντιδράσεις βομβαρδίζουμε άτομα με πυρήνες στοιχείων με αποτέλεσμα να σπάνε οι δεσμοί και να εκλύεται ενέργεια. Προκαλείται αλυσιδωτή αντίδραση δηλαδή διασπώνται και οι υπόλοιποι πυρήνες», ΠΤ11*

*«Στις πυρηνικές αντιδράσεις πολλά άτομα των στοιχείων συγκρούονται μετωπικά και με μεγάλη ορμή λόγω της αυξημένης ταχύτητας που έχουν αποκτήσει οπότε μέσω της σύγκρουσης απελευθερώνονται μεγάλα ποσά ενέργειας», ΠΤ4*

*«Κατά τις πυρηνικές αντιδράσεις απελευθερώνονται νετρόνια. Αυτή η μάζα μετατρέπεται σε ενέργεια ( $E=mc^2$ ) Αϊνστάιν», ΠΤ53*

*«Συνδέεται με τη θεωρία του Einstein δηλαδή ότι αν ένα σωματίδιο μάζας  $m$  επιταχυνθεί στο τετράγωνο της ταχύτητας του φωτός, παράγει τεράστια ποσά ενέργειας. η επιτάχυνση των σωματιδίων και η μεταξύ τους σύγκρουση παράγουν μεγάλες ποσότητες ενέργειας  $E=mc^2$ », ΠΤ41*



*«Κατά τη πυρηνική σχάση τα πρωτόνια αλληλεπιδρούν και συγκρούονται μεταξύ τους κατά εκατομμύρια και λόγω των συγκρούσεων ελευθερώνεται ενέργεια», Φ32*

Να σημειωθεί ότι η σχέση αναφέρθηκε περισσότερο από φοιτητές που κατά την Γ Λυκείου είχαν ακολουθήσει τεχνολογική κατεύθυνση.

Η μοναδική απάντηση που τελικά αξιολογήθηκε ως ορθή δόθηκε από φοιτητή του τμήματος φυσικής:

*«Πρώτα πρώτα  $E=mc^2$  . Όταν σχαζεται ένας πυρήνας περισσεύει ενέργεια σύνδεσης και αυτή η ενέργεια κάπου πρέπει να πάει και γίνεται θερμότητα. Με αυτή τη σχέση μπορούμε να δούμε πόση είναι η ενέργεια σύνδεσης», Φ15*

Είναι προφανές ότι και αυτή η απάντηση δεν είναι απόλυτα ορθή, είναι όμως η μοναδική στην οποία γίνεται αναφορά στην ενέργεια σύνδεσης.

Μια απάντηση που συναντήθηκε σε έναν αριθμό ( $N = 4$ ) περιπτώσεων ήταν και η ακόλουθη στην οποία δινόταν μια άλλη ερμηνεία - παρανόηση της σχέσης του Αϊνστάιν:

*«σύμφωνα με την εξίσωση  $E=mc^2$ , οι στοιχειώδεις μάζες που κινούνται με την ταχύτητα του φωτός παράγουν τεράστια ποσότητα ενέργειας», Φ41*

Τέλος, σε πολλές περιπτώσεις προτιμήθηκε να γραφτεί απλώς η σχέση  $E=mc^2$  ή μόνο το όνομα του Αϊνστάιν.

Η συνολική αξιολόγηση αυτών των τριών ερωτήσεων, με την αντίστοιχη ταξινόμησή τους, έγινε ως εξής:

Στην περίπτωση Α είναι οι φοιτητές που δεν έδωσαν απάντηση ούτε έστω σε μια ερώτηση  
Στην περίπτωση Β είναι όσοι έδωσαν μόνο λανθασμένες απαντήσεις (σε όσες απάντησαν).  
Εδώ τοποθετήθηκαν και αυτές οι περιπτώσεις που δόθηκε μια έστω απάντηση, αλλά αυτή ήταν λανθασμένη

Στην περίπτωση Γ είναι όσοι έδωσαν μερικά αποδεκτές απαντήσεις, ακόμη κι αν είχαν αφήσει μια απάντηση κενή, ή είχαν δώσει 2 μερικά αποδεκτές και 1 λανθασμένη

Στην τελευταία περίπτωση, την Δ, είναι αυτοί που έδωσαν έστω και μια ορθή απάντηση, χωρίς όμως να έχουν και κάποια από τις τρεις λανθασμένη (αν και η τελευταία περίπτωση, ως συνδυασμός δεν προέκυψε).

Πίνακας 3.4. Αποτελέσματα στη δραστηριότητα 2 (πυρηνικός αντιδραστήρας) ανά κατεύθυνση προέλευσης και ανά τμήμα

|                           | ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ ΠΡΟΕΛΕΥΣΗΣ |                |                | ΤΜΗΜΑ        |               | Σύνολο | % ποσοστό |
|---------------------------|-----------------------|----------------|----------------|--------------|---------------|--------|-----------|
|                           | ΘΕΤ<br>(N=27)         | ΤΕΧΝ<br>(N=34) | ΘΕΩΡ<br>(N=34) | ΦΥΣ<br>f (%) | ΠΤΔΕ<br>f (%) |        |           |
| Α) Δεν απάντησε           | 3                     | 7              | 18             | 5 (12,2)     | 23 (42,6)     | 28     | 29,5      |
| Β) Απάντηση λανθασμένη    | 7                     | 8              | 7              | 11 (26,8)    | 11 (20,4)     | 22     | 23,1      |
| Γ) Μερικώς σωστή απάντηση | 12                    | 15             | 5              | 21 (51,2)    | 11 (20,4)     | 32     | 33,7      |
| Δ) Ορθή απάντηση          | 5                     | 4              | 4              | 4 (9,8)      | 9 (16,7)      | 13     | 13,7      |
| Άθροισμα απαντήσεων       | 27                    | 34             | 34             | 41 (100)     | 54 (100)      | 95     | 100,0     |

Πέρα από το σημαντικό ποσοστό μη απαντήσεων (~30%), εντύπωση μπορεί να προκαλεί το πολύ χαμηλό ποσοστό των ορθών απαντήσεων (~14%) για μια τέτοια δραστηριότητα η οποία στο σύνολό της περιλαμβάνει έννοιες σημαντικές για τις γνώσεις ενός σύγχρονου πολίτη σε ό,τι αφορά την πυρηνική ενέργεια και τις χρήσεις της. Αξιοσημείωτο είναι και το γεγονός της πολύ μεγάλης αποχής των φοιτητών του ΠΤΔΕ σε αυτή την τριάδα των ερωτήσεων, αλλά ταυτόχρονα και του διπλάσιου ποσοστού των φοιτητών του ίδιου τμήματος στις απαντήσεις οι οποίες στη συνολική αξιολόγηση ταξινομήθηκαν στις σωστές. Μια εξήγηση που μπορεί να δοθεί είναι οι κατευθύνσεις προέλευσης. Είναι «λογικό», μέσα στα πλαίσια του *εξετασιοκεντρικού* σχολικού προσανατολισμού, οι φοιτητές που προέρχονταν από τη θεωρητική κατεύθυνση να έχουν μια «εγγενή» δυσκολία να διαπραγματευτούν τα περισσότερο «τεχνικά θέματα, όπως καταδεικνύεται και από την επόμενη δραστηριότητα, τις πυρηνικές αντιδράσεις», ενώ εμφανίζουν μεγαλύτερη ευχέρεια σε περισσότερο περιγραφικές ερωτήσεις.

### «Πυρηνικές αντιδράσεις»

Η δραστηριότητα αυτή περιλαμβάνει τις ερωτήσεις 2Α και 2Ε που αναφέρονται τόσο στη σχάση αλλά και σε άλλα είδη πυρηνικών αντιδράσεων. Σκοπός της ήταν να διαπιστωθεί αν οι φοιτητές μπορούσαν να ανακαλέσουν τις γνώσεις τους σχετικά με αντιδράσεις που πραγματοποιούνται κατά τον βομβαρδισμό πυρήνων – στόχων με κινούμενα σωματίδια.

#### 2Α) Τι είναι η αντίδραση πυρηνικής σχάσης;

Στο σχολικό βιβλίο αναφέρεται (σελ.91) πως:

«Μια πολύ σημαντική κατηγορία πυρηνικών αντιδράσεων είναι εκείνη στην οποία συμβαίνει απορρόφηση νετρονίων από βαρείς πυρήνες. Ένα τέτοιο είδος αντιδράσεων είναι η πυρηνική σχάση, κατά την οποία ένας βαρύς πυρήνας (π.χ.  $^{235}_{92}\text{U}$ ) σχάζεται σε δυο μικρότερους πυρήνες. Σε μια τέτοια αντίδραση η ολική μάζα ηρεμίας των προϊόντων είναι μικρότερη από την αρχική μάζα ηρεμίας»

Η ερώτηση αυτή αφορούσε απλά τον προσδιορισμό και όχι λεπτομερή περιγραφή της διαδικασίας της σχάσης. Οι πλέον κοινές απαντήσεις που δόθηκαν, περιέγραψαν την αντίδραση πυρηνικής σχάσης ως:

*«διάσπαση του πυρήνα του ατόμου»*, (π.χ. ΠΤ23, ΠΤ36, ΠΤ44)

Μια ενδιαφέρουσα παρατήρηση είναι ότι οι φοιτητές του φυσικού τμήματος που απάντησαν σωστά σε αυτή την ερώτηση, έδωσαν πιο *πλήρεις* απαντήσεις, αναφερόμενοι όμως *αποκλειστικά* στο ουράνιο:

*«το φαινόμενο κατά το οποίο παράγεται μεγάλη ποσότητα ενέργειας μέσω της διάσπασης των πυρήνων του ουρανίου, όταν αυτοί βομβαρδίζονται με νετρόνια»*,

Φ5

*«είναι αντίδραση κατά την οποία τα άτομα του ουρανίου διασπώνται με σκοπό την παραγωγή ενέργειας»*, Φ9

Υπήρξαν και απαντήσεις που έδειχναν μια εναλλακτική διατύπωση μάλλον, παρά εναλλακτική ιδέα:

*«είναι όταν βομβαρδίζουμε ένα άτομο με ένα νετρόνιο που έχει επιταχυνθεί με αποτέλεσμα το άτομο να χάσει τις δομές του»*, ΠΤ41

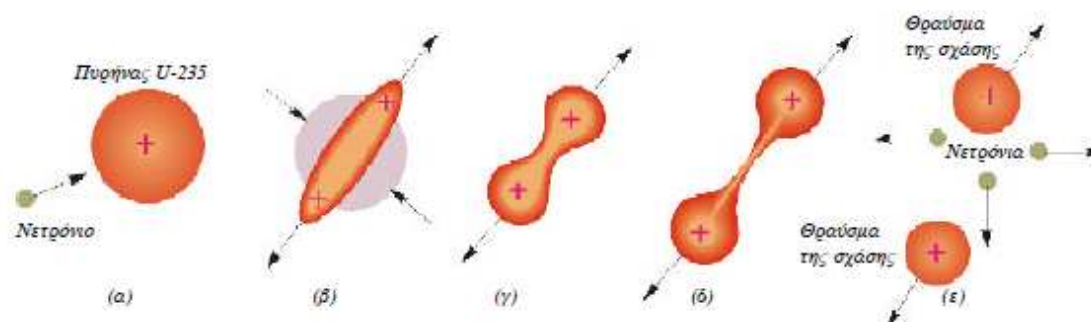
Σε άλλες απαντήσεις, αντί για νετρόνια, οι φοιτητές αναφέρονται σε ηλεκτρόνια:

«διασπάται ο πυρήνας με βάση την αλυσιδωτή αντίδραση σε πυρηνικές διαδικασίες όπου ο πυρήνας ραδιενεργών στοιχείων μεγάλου ατομικού αριθμού διασπάται από ελεύθερα ηλεκτρόνια που κινούνται με τεράστια ταχύτητα και όλη η διαδικασία γίνεται σε πολύ μικρό χρονικό διάστημα», Φ24

Μερικές ακόμη χαρακτηριστικές απαντήσεις, ανέφεραν τη σχέση ως την:

«διχοτόμηση του πυρήνα», ΠΤ49

Η απάντηση αυτή εμφανίζει ενδιαφέρον καθώς αποτελεί ένα εναλλακτικό τρόπο έκφρασης – *διχοτόμηση* – αλλά να σημειωθεί ταυτόχρονα ότι και στο σχολικό βιβλίο (όπως άλλωστε και σε δεκάδες άλλα επιστημονικά συγγράμματα) παρατίθενται στην ενότητα των πυρηνικών αντιδράσεων (σελ. 90 – 91) δύο σχήματα στα οποία αναπαρίσταται γραφικά η σχέση ενός πυρήνα ουρανίου-235 σε δύο θυγατρικούς πυρήνες (σχήμα), ως ένα είδος ακριβούς διχοτόμησης. Είναι πιθανόν τα σχήματα αυτά να έμειναν ως εικόνα στους φοιτητές, μετά τη μελέτη της αντίστοιχης ενότητας<sup>14</sup>.



Σε μια άλλη ομάδα απαντήσεων – αποκλειστικά από φοιτητές που προέρχονταν από το παιδαγωγικό τμήμα και τη θεωρητική κατεύθυνση– αποφεύγεται η χρήση της λέξης «πυρήνας» και χρησιμοποιείται η λέξη «στοιχείο»:

«η διαδικασία κατά την οποία διασπάται ένα χημικό στοιχείο», ΠΤ26

Ακόμη, αρκετοί φοιτητές χρησιμοποίησαν την έννοια του *ισότοπου* στις απαντήσεις τους:

«όταν το ραδιενεργό υλικό χωριστεί στα δύο **ισότοπά** του», ΠΤ29, ΠΤ35

Η προηγούμενη ενδεικτική απάντηση, όπως και αυτές που ακολουθούν, περιλαμβάνουν τη λέξη «διάσπαση», αλλά με *λανθασμένο* τρόπο. Τέτοιου είδους απαντήσεις αξιολογήθηκαν ως «μη αποδεκτές»:

<sup>14</sup> Παρατηρείται ο συμβολισμός του πυρήνα ως U-235, στο σχολικό βιβλίο. Σε άλλη μια περίπτωση μόνο, πάλι σε σχήμα, συμβαίνει αυτό και συγκεκριμένα στο σχήμα 3-17, σε αναπαράσταση εκπομπής σωματιδίων α

«το άτομο διασπάται σε **πρωτόνια** κ **ηλεκτρόνια**», Φ04

«σύγκρουση **ατόμων** με αποτέλεσμα τη διάσπαση του πυρήνα», Φ20

Ως μη αποδεκτές απαντήσεις αξιολογήθηκαν φυσικά και όσες είχαν ουσιώδη λάθη:

«είναι η δημιουργία U – 235 από U – 238», Φ40

«πυρηνική σχάση είναι η αντίδραση κατά την οποία τα ηλεκτρόνια των ατόμων κάποιου στοιχείου απομακρύνονται από αυτά», ΠΤ04

(Η προηγούμενη απάντηση που αναφέρεται σε ιοντισμό, δόθηκε και από άλλους φοιτητές, N = 6)

Να σημειωθεί και το γεγονός ότι συνολικά N = 43 (45,3%) φοιτητές απέφυγαν να απαντήσουν σε αυτή την ερώτηση, ποσοστό που κρίνεται αρκετά μεγάλο.

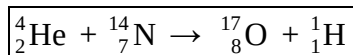
Η ερώτηση αυτή μελετάται ξανά στη δραστηριότητα του αντιδραστήρα σύντηξης συνολικά μαζί με την αντίστοιχη και παρόμοιά της (ερώτηση 6)

**2Ε) Έχεις υπόψη σου άλλο είδος πυρηνικών αντιδράσεων εκτός από την πυρηνική σχάση; Αν ναι, μπορείς να δώσεις μια σύντομη περιγραφή;**

Στην ενότητα 3.4 του σχολικού βιβλίου της φυσικής γενικής παιδείας της Γ΄ Λυκείου (σελ.90) ορίζονται οι πυρηνικές αντιδράσεις ως εξής:

«Κατά τον βομβαρδισμό πυρήνων – στόχων με κινούμενα σωματίδια συχνά παρατηρούνται νέοι πυρήνες μετά την κρούση. Τέτοιες κρούσεις ονομάζονται πυρηνικές αντιδράσεις»

Στη συγκεκριμένη ενότητα, δίνεται ως παράδειγμα ο βομβαρδισμός πυρήνων αζώτου με σωματία α:

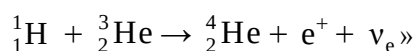
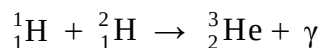
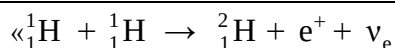


ενώ τονίζεται πως:

«στις πυρηνικές αντιδράσεις ισχύουν οι νόμοι της διατήρησης του φορτίου, της ορμής, της ενέργειας και του συνολικού αριθμού των νουκλεονίων»

Ακολουθεί η περιγραφή της πυρηνικής σχάσης και στη συνέχεια, στη σελίδα 92 υπάρχει ενότητα για την πυρηνική σύντηξη, η οποία ορίζεται ως «η διαδικασία της συνένωσης δυο ελαφρών πυρήνων για να σχηματίσουν ένα βαρύτερο».

Το παράδειγμα πυρηνικής σύντηξης που παρατίθεται στο σχολικό βιβλίο είναι η σειρά των αντιδράσεων:



που χαρακτηρίζεται «κύκλος πρωτονίου – πρωτονίου», με την αναφορά:

*«...πιστεύεται ότι συμβαίνει στο εσωτερικό του Ήλιου αλλά και άλλων αστεριών, όπου αφθονεί το υδρογόνο, και από αυτήν προέρχεται η ενέργεια των άστρων»*

Περισσότερες πληροφορίες για τις πυρηνικές αντιδράσεις υπήρχαν στο σχολικό (μέχρι το σχολικό έτος 2011-12) βιβλίο της Χημείας γενικής παιδείας της Α΄ Λυκείου. Συγκεκριμένα, στην ενότητα 5.1 (σελ. 173) οι ραδιενεργές διασπάσεις χαρακτηρίζονται ως «*πυρηνικές αντιδράσεις*», ενώ και στο παράδειγμα 5.2 της ίδιας σελίδας αναφέρεται πως:

*«Μια από τις πλέον ενδιαφέρουσες εφαρμογές των πυρηνικών αντιδράσεων στους υψηλής ενέργειας επιταχυντές ήταν και η σύνθεση των νέων υπερουράνιων στοιχείων»*

Στην ενότητα 5.3 «Μεταστοιχειώσεις – Σχάση – Σύντηξη» ορίζεται ως μεταστοιχείωση:

*«η μεταβολή ενός χημικού στοιχείου σε άλλο, μέσα από μια πυρηνική αντίδραση. Φυσικές μεταστοιχειώσεις γίνονται συνεχώς στη φύση στα ραδιενεργά υλικά. Η πρώτη τεχνητή ήταν εκείνη του Rutherford»*

Τονίζεται ακόμη στην ίδια ενότητα ότι:

*«Από ενεργειακή και τεχνολογική άποψη οι πλέον ενδιαφέρουσες πυρηνικές αντιδράσεις είναι η σχάση και η σύντηξη»*

Όμως, το κεφάλαιο 5, τελευταίο στο βιβλίο χημείας της α λυκείου, όπως αναφέρθηκε προηγουμένως δεν αποτελεί μέρος της διδακτέας ύλης. Όλοι οι φοιτητές που απάντησαν σωστά σε αυτή την ερώτηση, ανέφεραν την αντίδραση **πυρηνικής σύντηξης**. Όμως, στο δεύτερο σκέλος της ελάχιστοι έδωσαν κάποια περιγραφή, όπως οι ακόλουθες:

«σε πολύ υψηλές θερμοκρασίες (πάνω από  $10^8$  κελβιν) ενώνονται πυρήνες και παράλληλα εκλύεται θερμότητα (φυσικά αυτή η διαδικασία συμβαίνει στ' αστέρια)», ΠΤ11

«σύντηξη δυο πυρήνων (πιο δύσκολα πάνω από δυο) με σκοπό την παραγωγή βαρύτερου πυρήνα (αυτό γίνεται στον ήλιο)», Φ37

Διαπιστώθηκε πως οι – λίγοι – φοιτητές που έδωσαν σύντομη περιγραφή της αντίδρασης σύντηξης, την συνέδεσαν με την αντίδραση παραγωγής ενέργειας στον ήλιο και στα άστρα, κάτι στο οποίο αναφέρεται εκτενώς το σχολικό βιβλίο.

Στη συνέχεια έγινε η αξιολόγηση της δραστηριότητας στο σύνολό της, ανάλογα με τις επιδόσεις στα επιμέρους σκέλη της. Η πρώτη κατηγορία αναφέρεται στους φοιτητές που δεν έδωσαν καμία απάντηση σε κανένα από τα δυο σκέλη (Δ και Ε) της ερώτησης. Στη δεύτερη κατηγορία, είναι οι φοιτητές που είτε απάντησαν λανθασμένα και στα δυο σκέλη της ερώτησης αυτής, είτε απάντησαν λανθασμένα στο πρώτο και δεν απάντησαν στο δεύτερο ή το αντίστροφο. Στην τρίτη κατηγορία είναι οι φοιτητές που απάντησαν μερικώς ορθά και στα δυο σκέλη της ερώτησης ή μερικώς ορθά στο ένα και λανθασμένα στο άλλο και αντίστροφα. Τέλος, στην τέταρτη κατηγορία, τοποθετήθηκαν οι σωστές απαντήσεις και στα δυο σκέλη της ερώτησης, καθώς και όσοι είχαν δώσει αποδεκτή απάντηση στη μια και μερικώς αποδεκτή στην άλλη. Όπως διαπιστώνεται από τα αποτελέσματα των επόμενων πινάκων, δεν είχε νόημα μια ακόμη κατηγορία με αποκλειστικά ορθές απαντήσεις, λόγω του πολύ μικρού αριθμού τους:

Πίνακας 3.5. Αποτελέσματα στη δραστηριότητα «**Πυρηνικές αντιδράσεις**» ανά κατεύθυνση προέλευσης και ανά τμήμα

|                           | ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ ΠΡΟΕΛΕΥΣΗΣ |                |                | ΤΜΗΜΑ        |                    |        |           |
|---------------------------|-----------------------|----------------|----------------|--------------|--------------------|--------|-----------|
|                           | ΘΕΤ<br>(N=27)         | ΤΕΧΝ<br>(N=34) | ΘΕΩΡ<br>(N=34) | ΦΥΣ<br>f (%) | ΠΤΔΕ<br>f (%)      | Σύνολο | % ποσοστό |
| Α) Δεν απάντησε           | 9                     | 11             | 18             | 10 (24,4)    | 28 ( <b>51,9</b> ) | 38     | 40,0      |
| Β) Απάντηση λανθασμένη    | 5                     | 8              | 10             | 9 (22,0)     | 14 (25,9)          | 23     | 24,2      |
| Γ) Μερικώς σωστή απάντηση | 7                     | 7              | 2              | 13 (31,7)    | 3 (5,6)            | 16     | 16,8      |
| Δ) Ορθή απάντηση          | 6                     | 8              | 4              | 9 (22,0)     | 9 (16,7)           | 18     | 19,0      |
| Άθροισμα απαντήσεων       | 27                    | 34             | 34             | 41           | 54                 | 95     | 100,0     |

Σε σχέση με την προηγούμενη δραστηριότητα, το ποσοστό αυτών που απέφυγαν να απαντήσουν εμφανίζεται μεγαλύτερο (40%), με τους φοιτητές που προέρχονταν από τη θεωρητική κατεύθυνση και το ΠΤΔΕ να αποτελούν τις περισσότερες περιπτώσεις. Παρόλα αυτά, εμφανίζεται λίγο ανεβασμένο το ποσοστό όσων έδωσαν αποδεκτή απάντηση, όμως και στην δραστηριότητα αυτή εξακολουθεί να είναι πολύ χαμηλό (~20%).

Ο λόγος για τον οποίο η επίδοση είναι χαμηλή και στη δραστηριότητα αυτή, αποδίδεται κυρίως στη **δυσκολία απόδοσης θεμάτων που περιέχουν σύνθετους επιστημονικούς όρους** από την πλευρά όσων ακολούθησαν **θεωρητική κατεύθυνση**. Επιπρόσθετα, η δραστηριότητα αυτή περιείχε και έννοιες που σχετίζονται με αντιδράσεις (ανεξάρτητα αν είναι πυρηνικές ή χημικές), ένα αντικείμενο στο οποίο οι μαθητές πάντα συναντούν δυσκολίες (Yarroch, 1985), (Horton, 2007).

### «Ημιζωή»

Η ερώτηση 3 (για την ημιζωή) μελετήθηκε και σε συνδυασμό με την 4B («γιατί πρακτικά το U-238 ρυπαίνει για πάντα;»). Σκοπός αυτής της δραστηριότητας ήταν αφ ενός μεν να διαπιστωθεί εάν οι φοιτητές θυμούνταν την συγκεκριμένη έννοια, την οποία τυπικά είχαν διδαχθεί, και εάν μπορούσαν να διαχειριστούν την πληροφορία της φράσης της ερώτησης 4B.

**3) Με χρόνο ημιζωής 4,5 εκατομμύρια χρόνια (!) στην πράξη (το U-238) ποτέ δεν διασπάται.**

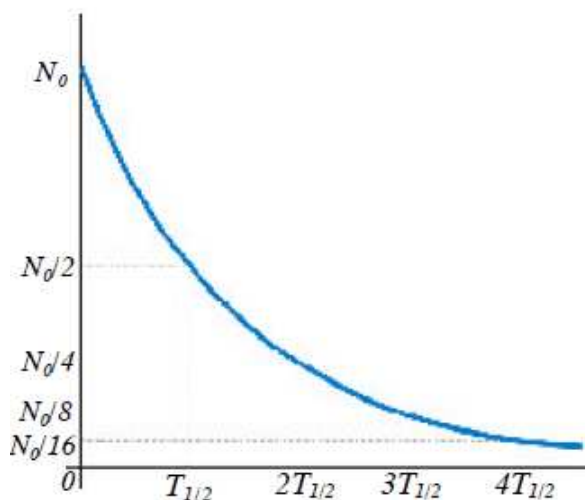
**Τι είναι ο χρόνος ημιζωής ενός ραδιενεργού στοιχείου;**

Το σχολικό βιβλίο (Φυσική γενικής παιδείας Γ Λυκείου), αναφέρει στην ενότητα 3.3 «Ρυθμοί διάσπασης – χρόνος υποδιπλασιασμού, σελ.87» πως:

«Χρόνος υποδιπλασιασμού ή ημιζωή<sup>15</sup>  $T_{1/2}$  είναι ο χρόνος που απαιτείται ώστε ο αριθμός των ραδιενεργών πυρήνων να μειωθεί στο μισό του αρχικού αριθμού  $N_0$ . Στη συνέχεια πάλι οι μισοί από εκείνους που απομένουν διασπώνται μέσα στο επόμενο διάστημα  $T_{1/2}$ , κ.ο.κ.»

<sup>15</sup> Το σχολικό βιβλίο χρησιμοποιεί τον σύγχρονο ορισμό «ημιζωή»





Περιλαμβάνεται η σχέση  $N = N_0 e^{-\lambda t}$  (που χαρακτηρίζεται ως «*η μαθηματική μορφή της καμπύλης*» του ανωτέρω σχήματος), καθώς και η σχέση που συνδέει την ημιζωή με τη σταθερά  $\lambda$ , δηλαδή  $T_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda}$ . Ακολουθούν (σελ. 88–89 ) τρία παραδείγματα – εφαρμογές που αφορούν την ημιζωή (ένα από τα οποία αφορά τη ραδιοχρονολόγηση – η οποία παρουσιάζεται με τέτοιο τρόπο ώστε να αποτελεί αφετηρία συζήτησης), ενώ η ραδιοχρονολόγηση περιλαμβάνεται και σε δύο από τις δραστηριότητες.

Παρόμοιος ορισμός υπήρχε και στο βιβλίο της χημείας της α λυκείου, όπου ως ημιζωή χαρακτηρίζονταν «*ο χρόνος ο οποίος απαιτείται για να διασπαστεί η μισή από την αρχική ποσότητα του ραδιενεργού υλικού*»

Ακόμη, υπενθυμίζεται ότι το κείμενο που δόθηκε στους φοιτητές περιείχε την παλαιότερη έκφραση «**χρόνος ημιζωής**» και όχι «**ημιζωή**» (όπως στο σχολικό βιβλίο), κάνοντας με τον τρόπο αυτό την ερώτηση πιο απλή. Θεωρήθηκε «εύκολη»<sup>16</sup> για τους φοιτητές που είχαν ακολουθήσει θετική ή τεχνολογική κατεύθυνση, αφού η έννοια της εκθετικής μείωσης υπάρχει και στην εξεταστέα ύλη της φυσικής κατεύθυνσης, στο κεφάλαιο των φθινουσών ταλαντώσεων (*Ενότητα 1.5, Φθίνουσες Ταλαντώσεις, σελ.19*).

Παρ' όλα αυτά, το μεγαλύτερο ποσοστό των φοιτητών δεν έδωσε απάντηση, ενώ ελάχιστοι έδωσαν αποδεκτές απαντήσεις και οι οποίες μπορούν να διακριθούν σε δυο είδη:

- α) σε αυτές στις οποίες γίνεται αναφορά στο *πλήθος* των ραδιενεργών πυρήνων, και
- β) σε αυτές (λιγότερες) που αναφέρονται στην *εκπεμπόμενη ραδιενέργεια*:

«*ο χρόνος που απαιτείται για να υποδιπλασιαστεί το πλήθος των ραδιενεργών πυρήνων*», Φ16

<sup>16</sup> Στο αναλυτικό πρόγραμμα του σχολικού έτους 2011-12, η συγκεκριμένη ενότητα έχει αφαιρεθεί

«ο χρόνος για να μείνει η μισή ποσότητα των στοιχείων αυτών», Φ40

«είναι ο χρόνος που απαιτείται για να μειωθεί στο μισό η ακτινοβολία που εκπέμπει ένα ραδιενεργό στοιχείο», Φ14

«είναι ο χρόνος που χρειάζεται για να υποδιπλασιαστεί -  $T_{1/2} = \frac{\ln 2}{\Lambda}$ », Φ30

(Αυτή ήταν και η μοναδική απάντηση που περιλάμβανε, χωρίς να ζητείται, και τη σχέση που δίνει τον χρόνο υποδιπλασιασμού)

Σε αυτή τη δραστηριότητα παρουσιάστηκαν πολλές παρανοήσεις ή εναλλακτικές αντιλήψεις όπως:

«είναι ο χρόνος στον οποίο το στοιχείο εκπέμπει ακόμη ραδιενέργεια», Φ2, Φ20

«είναι ο χρόνος που χρειάζεται ώστε το στοιχείο να μην έχει ραδιενεργό δράση», Φ36

«είναι ο χρόνος που χρειάζεται ένα ραδιενεργό στοιχείο για να απορροφηθεί ή διασπαστεί από τη φύση», ΠΤ30, Φ23

«ο χρόνος που πρέπει να περάσει ώστε να εξαφανιστεί τελείως το στοιχείο από το περιβάλλον», Φ18

«είναι περίπου τα χρόνια που μπορεί να υπάρξει το U-238», ΠΤ38

Παρατηρείται σε αυτές τις απαντήσεις ότι οι φοιτητές αποφεύγουν να αναφερθούν στο «**ημι**» της ημιζωής. Δείχνουν ότι αντιλαμβάνονται πως η απάντηση περιέχει κάτι σχετικό με **χρόνο**, κάποια «ιδιότητα», αλλά δεν το προσδιορίζουν. Το μεγαλύτερο ποσοστό λανθασμένων απαντήσεων ήταν αυτού του είδους.

Μερικοί φοιτητές περιέγραψαν την ημιζωή ως ένα είδος «χρόνου αναμονής»:

«ο χρόνος που χρειάζεται για να εμφανιστούν οι επιπτώσεις του ραδιενεργού στοιχείου», ΠΤ35 και

«ο χρόνος κατά τον οποίο δεν ρυπαίνει άμεσα τον άνθρωπο αλλά το περιβάλλον και συγκεκριμένα το χώμα και τον υδροφόρο ορίζοντα», ΠΤ2

Καταγράφηκαν και άλλες χαρακτηριστικές απαντήσεις στις οποίες διαπιστώνεται μια προσπάθεια ερμηνείας του σύνθετου «**ημι**», αλλά και πάλι δεν ήταν δυνατό να χαρακτηριστούν ως «αποδεκτές», ενώ ανιχνεύονται και προσπάθειες «εφεύρεσης» νέων όρων:

«ο χρόνος που χρειάζεται ένας πυρήνας για να διασπαστεί στο μισό», Φ1

ή

«ο χρόνος στον οποίο το στοιχείο διασπάται στο μισό», ΠΤ13

*«ο μέσος χρόνος επίδρασης του U-238» Φ22*

*«ο χρόνος που χρειάζεται για να έχουμε απώλεια 50%», ΠΤ22*

Συμπερασματικά, σε αυτό το πρώτο σκέλος της δραστηριότητας, εμφανίζονται αρκετές παρανοήσεις και αδυναμία απόδοσης ενός ορισμού ή περιγραφής της έννοιας της ημιζωής. Ενδιαφέρον όμως έχει και το δεύτερο σκέλος της δραστηριότητας, το πώς δηλαδή τελικά έγινε η *διαχείριση* της έννοιας:

**4) Όταν εκρήγνυται, θραύσματα και τριμμένο σε λεπτότατη σκόνη ραδιενεργό υλικό διασπείρονται σε μεγάλη ακτίνα και, πρακτικά, μένουν εκεί για πάντα, ρυπαίνοντας το χώμα και τον υδροφόρο ορίζοντα.**

**B) Γιατί πρακτικά το U-238 ρυπαίνει για πάντα;**

Η απάντηση σε αυτή την ερώτηση δεν περιέχεται στο σχολικό βιβλίο, όμως συνδέεται άμεσα με την προηγούμενη περί ημιζωής και αλληλοσυμπληρωνόταν με αυτήν. Αποτελεί μια ερώτηση κριτικής σκέψης, απαιτώντας ουσιαστικά από τους φοιτητές να χρησιμοποιήσουν την έννοια της ημιζωής.

Όμως, ενώ οι περισσότεροι φοιτητές απάντησαν σωστά όπως:

*«γιατί ο χρόνος ημιζωής του είναι πολύ μεγάλος», Φ18*

*«γιατί έχει μικρή πιθανότητα να πάθει σχάση», ΠΤ36*

ταυτόχρονα ή δεν είχαν δώσει απάντηση ή είχαν δώσει μη αποδεκτές ή έστω μερικώς αποδεκτές απαντήσεις στην προηγούμενη ερώτηση, όπως για παράδειγμα ο Φ18 που είχε σημειώσει ότι χρόνος ημιζωής είναι *«ο χρόνος που πρέπει να περάσει ώστε να εξαφανιστεί τελείως το στοιχείο από το περιβάλλον»*.

Στον επόμενο πίνακα (3.6) παρουσιάζονται οι απαντήσεις τεσσάρων ακόμη φοιτητών στις δυο αυτές ερωτήσεις, στις οποίες φαίνεται καλύτερα η προηγούμενη διαπίστωση:

Πίνακας 3.6. Παραδείγματα απαντήσεων των ίδιων φοιτητών στις ερωτήσεις 3 και 4β

|      | 3. Ημιζωή                                                                                     | 4β. «Γιατί ρυπαίνει για πάντα»                                                                  |
|------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Φ25  | <i>είναι πρακτικά ο χρόνος διάσπασης του στοιχείου</i>                                        | <i>έχει μεγάλο χρόνο ημιζωής</i>                                                                |
| Φ31  | <i>ο χρόνος που μένει ενεργό το ραδιενεργό στοιχείο</i>                                       | <i>γιατί ο χρόνος ημιζωής του είναι 4,5 εκατομμύρια χρόνια</i>                                  |
| ΠΤ17 | <i>Δεν απάντησε</i>                                                                           | <i>γιατί ο χρόνος ημιζωής του είναι 4,5 δισεκατομμύρια χρόνια, τόσο δηλαδή όσο υπάρχει η γη</i> |
| Φ33  | <i>είναι ο χρόνος που χρειάζεται για να διασπαστεί κατά το ήμισυ ο πυρήνας ενός στοιχείου</i> | <i>έχει μεγάλο χρόνο ημιζωής και υπάρχει σε ποσοστό 99,3%</i>                                   |

Παρατηρήθηκε επομένως ότι, σε ένα σημαντικό ποσοστό, οι φοιτητές **διαχειρίστηκαν με σχετική επιτυχία τις συνέπειες μιας έννοιας την οποία ουσιαστικά δεν ερμήνευσαν**. Αν υπήρχε στο ερωτηματολόγιο μόνο η δεύτερη ερώτηση (η 4B) θα δινόταν **εσφαλμένη** εικόνα για το αν οι φοιτητές γνώριζαν την έννοια της ημιζωής.

Και σε αυτή την ερώτηση δόθηκαν μη αποδεκτές απαντήσεις, που σε αρκετές περιπτώσεις εμφάνισαν παρανοήσεις ή συγχύσεις, όπως για παράδειγμα

*«γιατί η ραδιενέργεια που εκπέμπει έχει μεγάλη διεισδυτικότητα», ΠΤ53*

Ή μέσω του κειμένου προσπάθησαν να **κατασκευάσουν** μια απάντηση, όπως:

*«γιατί δεν υπάρχει προοπτική αφομοίωσης του από το περιβάλλον, μένει πρακτικά αδιάσπαστο και ρυπαίνει για πάντα», Φ29*

Ή συνέδεσαν το μεγάλο ποσοστό του U-238 στο φυσικό ουράνιο, με την ευκολία που αυτό μπορεί να υποστεί ραδιενεργό διάσπαση:

*«το U-238 αντιστοιχεί σε ποσοστό 99,3%, ποσοστό που δύσκολα μπορεί να διασπαστεί από τη φύση», ΠΤ37*

Η συνολική αξιολόγηση αυτής της δραστηριότητας, δηλαδή των ερωτήσεων 3 και 4β, έγινε σύμφωνα με την ακόλουθη κατάταξη:

**A)** Φοιτητές που δεν έδωσαν απάντηση σε καμία από τις δυο ερωτήσεις

**B)** Μη αποδεκτές απαντήσεις και στα δυο σκέλη της δραστηριότητας

Γ) Φοιτητές που έδωσαν μη αποδεκτή απάντηση στο ένα σκέλος της δραστηριότητας, αλλά αποδεκτή στο δεύτερο σκέλος ή απάντησαν σωστά μόνο στο ένα σκέλος της δραστηριότητας και δεν έδωσαν καμία απάντηση στο άλλο

Δ) Φοιτητές που απάντησαν αποδεκτά και στα δυο σκέλη της δραστηριότητας. Σε αυτή την τελευταία κατηγορία τοποθετήθηκαν και μερικές απαντήσεις που ήταν αποδεκτές στη μια ερώτηση και μερικώς αποδεκτές στην άλλη. Αυτό έγινε κυρίως για τις απαντήσεις στις οποίες είχαν πρόβλημα στη διατύπωσή τους και όχι για αυτές που είχαν ελλείψεις στο γνωστικό αντικείμενο.

Στον πίνακα (3.7) που ακολουθεί, φαίνονται συγκεντρωτικά τα αποτελέσματα στη δραστηριότητα 4 που αφορούσε την ημιζωή

Πίνακας 3.7. Αποτελέσματα στη δραστηριότητα «**Ημιζωή**» ανά κατεύθυνση προέλευσης και ανά τμήμα

|                           | ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ ΠΡΟΕΛΕΥΣΗΣ |                |                | ΤΜΗΜΑ        |                    | Σύνολο | % ποσοστό |
|---------------------------|-----------------------|----------------|----------------|--------------|--------------------|--------|-----------|
|                           | ΘΕΤ<br>(N=27)         | ΤΕΧΝ<br>(N=34) | ΘΕΩΡ<br>(N=34) | ΦΥΣ<br>f (%) | ΠΤΔΕ<br>f (%)      |        |           |
| A) Δεν απάντησε           | 4                     | 9              | 9              | 9 (22,0)     | 13 (24,1)          | 22     | 23,2      |
| B) Απάντηση λανθασμένη    | 9                     | 5              | 15             | 9 (22,0)     | 20 ( <b>37,0</b> ) | 29     | 30,5      |
| Γ) Μερικώς σωστή απάντηση | 8                     | 14             | 6              | 15 (36,6)    | 13 (24,1)          | 28     | 29,5      |
| Δ) Ορθή απάντηση          | 6                     | 6              | 4              | 8 (19,5)     | 8 (14,8)           | 16     | 16,8      |
| Άθροισμα απαντήσεων       | 27                    | 34             | 34             | 41           | 54                 | 95     | 100,0     |

Από τον προηγούμενο πίνακα φαίνεται το χαμηλό ποσοστό των συνολικά αποδεκτών απαντήσεων (16%) για αυτή τη δραστηριότητα και το υψηλό ποσοστό των λανθασμένων απαντήσεων και όσων παρέμειναν κενές (54% περίπου συνολικά). Το 22% των φοιτητών που προέρχονταν από τη θετική κατεύθυνση απάντησε σωστά στο σύνολο της δραστηριότητας, με αντίστοιχα ποσοστά από τις άλλες δυο 17,6% από την τεχνολογική και μόλις 11,8% από την θεωρητική και αυτό σε ένα αντικείμενο που δεν μπορεί να θεωρείται ιδιαίτερα δύσκολο. Μια πιθανή εξήγηση για τα αποτελέσματα σε αυτή τη δραστηριότητα είναι η χρονική περίοδος κατά την οποία διδάσκονταν το αντικείμενο της ημιζωής (τον τελευταίο μήνα του σχολικού έτους) και η οποία, λόγω προετοιμασίας για τις πανελλαδικές εξετάσεις, οδήγησε

ενδεχομένως σε πλημμελή μελέτη του αντικειμένου, κάτι που φυσικά ισχύει για όλη την ενότητα της πυρηνικής φυσικής.

### «Ραδιενεργό υλικό – Ραδιενέργεια»

#### **A) Τι εννοούμε με τους όρους ραδιενεργό υλικό και ραδιενέργεια (Ήταν το πρώτο σκέλος της δραστηριότητας 4)**

Ως αποδεκτή απάντηση θα θεωρούνταν αυτή που θα προσδιόριζε το ραδιενεργό υλικό ως αυτό που περιέχει πυρήνες (ή άτομα) που υφίστανται αυθόρμητη διάσπαση με ταυτόχρονη εκπομπή ακτινοβολίας (ραδιενεργό διάσπαση) και ραδιενέργεια την ακτινοβολία (ενέργεια) που εκλύεται σε μια τέτοια διαδικασία.

Ραδιενέργεια, σύμφωνα με το σχολικό βιβλίο της τρίτης λυκείου (παρ.3.3, σελ.80) είναι:

«Όταν ένας πυρήνας μετατρέπεται αυθόρμητα σε άλλο πυρήνα, εκλύεται ενέργεια με ταυτόχρονη εκπομπή ακτινοβολίας. Το φαινόμενο αυτό ονομάζεται **ραδιενέργεια**»

Στο ίδιο βιβλίο δεν γίνεται καμία άμεση αναφορά στο τι είναι ραδιενεργό υλικό. Στην τελευταία παράγραφο της ενότητας 3.4 που έχει τον τίτλο «Το πρόβλημα των πυρηνικών αποβλήτων» υπάρχει απλώς η φράση:

«Τα απόβλητα του αντιδραστήρα είναι τα ραδιενεργά υλικά που εμφανίζονται ως προϊόντα των αντιδράσεων...»

Στο βιβλίο της χημείας της α' λυκείου, ως ραδιενέργεια οριζόταν (ενότητα 5.1, σελ.171)

*«η ακτινοβολία που εκπέμπεται κατά τη ραδιενεργό αποσύνθεση ασταθών πυρήνων προς σταθερότερους πυρήνες. Η διάσπαση αυτή ακολουθείται από εκπομπή σωματιδίων και (όχι πάντα) ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας. Τα σωματίδια και η ακτινοβολία συνιστούν τη ραδιενέργεια»*

Στο ίδιο βιβλίο ως ραδιενεργό υλικό χαρακτηρίζονταν το ραδιενεργό ισότοπο (σελ.174)

Οι φοιτητές θα έπρεπε να συνδυάσουν αυτούς τους δυο όρους, ώστε να δώσουν μια συνολική αποδεκτή απάντηση. Δεν ήταν απαραίτητο να δοθούν δύο ορισμοί, αλλά να προκύψει από την απάντηση, το κατά πόσον γνώριζαν τι σημαίνει αυτή η πολύ σημαντική έννοια της πυρηνικής φυσικής. Αυτός είναι και ο λόγος για τον οποίο δεν συγχωνεύθηκε αυτή η ερώτηση με κάποια άλλη.

Οι περισσότεροι φοιτητές, ανεξάρτητα από κατεύθυνση ή από τμήμα σημείωσαν

«ραδιενεργό υλικό είναι το υλικό που εκπέμπει ραδιενέργεια», Φ2

όμως ελάχιστοι προσδιόρισαν **τι είναι** ραδιενέργεια, δηλαδή την διαδικασία. Υπήρξαν απαντήσεις ασαφείς, με αναφορά σε **επιπτώσεις**:

«...και ραδιενέργεια είναι ένα είδος ενέργειας **πολύ επικίνδυνο**» Φ2,

«ραδιενέργεια είναι μια συγκεκριμένου είδους ακτινοβολία που προκαλεί ισχυρές βλάβες σε έμβιους οργανισμούς», Φ17

«ραδιενέργεια είναι βλαβερές ακτινοβολίες προς το περιβάλλον», Φ22

«ραδιενέργεια είναι ακτινοβολία που αλλάζει τους γενετικούς κώδικες σε κάθε τι που διαπερνά»

«άτομα του στοιχείου που είναι ασταθή και δεν έρχονται σε ισορροπία με τη φύση (:) και ραδιενέργεια είναι η ενέργεια αυτού», Φ32

Και σε άλλες απαντήσεις η ραδιενέργεια περιγράφεται ως μια γενική ιδιότητα της ύλης:

«ραδιενέργεια η ενέργεια που απελευθερώνεται με τη **διάσπαση** του **ατόμου**», ΠΤ53

«το ραδιενεργό υλικό **περιέχει** ραδιενέργεια την οποία και εκπέμπει» Φ9

«ραδιενεργό υλικό: το υλικό που έχει **δεχθεί** ραδιενέργεια και την έχει **αποθηκευμένη** μέσα του», ΠΤ23

Ακόμη, υπήρξαν απαντήσεις όπως:

«ραδιενεργό υλικό: το υλικό που **ραδιενεργεί** και ραδιενέργεια: προέρχεται από το στοιχείο **ράδιο** και δηλώνει την ενέργεια που αποβάλλεται από τις **πυρηνικές δραστηριότητες**», Φ37

Από την προηγούμενη απάντηση διαπιστώνονται: α) κατασκευή ορισμού μέσω ενός ρήματος που δεν υφίσταται («ραδιενεργώ»), β) η χρήση της λέξης «ράδιο» για την προέλευση της έννοιας ραδιενέργεια και γ) μια γενική εκτίμηση που χαρακτηρίζεται από την ασαφή φράση «πυρηνικές δραστηριότητες» (και η οποία είναι αυτή μόνο που μπορεί να θεωρηθεί ως ορθή)

Το στοιχείο **ράδιο** εμφανίζεται ως αποκλειστική πηγή ραδιενέργειας σε πολλές απαντήσεις, κυρίως στα ερωτηματολόγια που συγκεντρώθηκαν από φοιτητές του ΠΤΔΕ:

«ραδιενέργεια η ενέργεια που περιέχει **μεγάλες ποσότητες ραδίου**», ΠΤ3

«ραδιενέργεια: μορφή ενέργειας βασισμένη στο υλικό **ράδιο**», ΠΤ23

Μια άλλη εναλλακτική αντίληψη που προκύπτει από τη διατύπωση των απαντήσεων ήταν ότι η ραδιενέργεια εκλύεται (μόνο) κατά τη σχάση (κατ' άλλους κατά τη διάσπαση

του ατόμου). Κανείς από τους ερωτηθέντες δεν χρησιμοποίησε την έννοια της μεταστοιχείωσης.

Συνολικά, σε αυτή την συνδυαστική ερώτηση, δεν υπήρξε αποδεκτή απάντηση. Όπως φαίνεται και από τον επόμενο πίνακα, οι μισοί σχεδόν φοιτητές (48,4%) δεν έδωσαν καμία απάντηση, 22% απάντησαν λανθασμένα και 29,5% έδωσαν απαντήσεις που αξιολογήθηκαν ως μερικώς αποδεκτές.

Πίνακας 3.8. Αποτελέσματα στη δραστηριότητα «Ραδιενεργό υλικό - ραδιενέργεια» ανά κατεύθυνση προέλευσης και ανά τμήμα

|                           | ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ ΠΡΟΕΛΕΥΣΗΣ |                |                | ΤΜΗΜΑ        |               | Σύνολο | % ποσοστό |
|---------------------------|-----------------------|----------------|----------------|--------------|---------------|--------|-----------|
|                           | ΘΕΤ<br>(N=27)         | ΤΕΧΝ<br>(N=34) | ΘΕΩΡ<br>(N=34) | ΦΥΣ<br>f (%) | ΠΤΔΕ<br>f (%) |        |           |
| Α) Δεν απάντησε           | 13                    | 17             | 16             | 20 (48,8)    | 26 (48,1)     | 46     | 48,4      |
| Β) Απάντηση λανθασμένη    | 5                     | 8              | 8              | 7 (17,1)     | 14 (25,9)     | 21     | 22,1      |
| Γ) Μερικώς σωστή απάντηση | 9                     | 9              | 10             | 14 (34,1)    | 14 (25,9)     | 28     | 29,5      |
| Δ) Ορθή απάντηση          | 0                     | 0              | 0              | 0            | 0             | 0      | 0,0       |
| Άθροισμα απαντήσεων       | 27                    | 34             | 34             | 41           | 54            | 95     | 100,0     |

### «Πυρηνικά απόβλητα»

Η δραστηριότητα αυτή αποτελούνταν μόνο από την ερώτηση 5 του ερωτηματολογίου. Ο λόγος για την μη-συγχώνευσή της με άλλη ερώτηση είναι η μεγάλη σημασία που έχει η συγκεκριμένη έννοια για τη σύγχρονη κοινωνία, η συχνή χρήση της από τα ΜΜΕ και γενικότερα από πηγές άτυπης γνώσης και η αξία της παρουσίασης των απόψεων των φοιτητών πάνω σε αυτό το τεράστιο περιβαλλοντικό και κοινωνικό ζήτημα.

**Ερώτηση 5:** «Ένα πυρηνικό απόβλητο οδήγησε στο σχέδιο που έβαλε μπρος να κάνει πράξη η πολεμική βιομηχανία τη δεκαετία του '80,»

**Τι σημαίνει η φράση «πυρηνικά απόβλητα»;**



Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, υπάρχει στην ενότητα 3.4 του βιβλίου της φυσικής γενικής παιδείας της τρίτης λυκείου (και αποτελούσε μέρος της διδακτέας ύλης)<sup>17</sup>, ξεχωριστή παράγραφος σχετική με «το πρόβλημα των πυρηνικών αποβλήτων». Σύμφωνα με το σχολικό βιβλίο, ως απόβλητα του αντιδραστήρα χαρακτηρίζονται:

«τα ραδιενεργά υλικά που εμφανίζονται ως προϊόντα των αντιδράσεων, καθώς και τα μέταλλα της «καρδιάς» του αντιδραστήρα, όταν αυτή πρέπει να αντικατασταθεί. Αυτά τα υψηλής ραδιενέργειας υλικά περιέχουν ισότοπα με μεγάλους χρόνους ημιζωής και πρέπει να αποθηκευτούν για πολύ μεγάλη χρονική διάρκεια, ώστε να μην προκαλέσουν περιβαλλοντική μόλυνση»

Γίνεται ακόμη αναφορά στην αναγκαιότητα και στους τρόπους ασφαλούς αποθήκευσής τους:

«Επί του παρόντος η λύση στο πρόβλημα αυτό είναι να τα τοποθετούμε σε καλά σφραγισμένα κιβώτια και να τα θάβουμε βαθιά σε ορυχεία»

Στο βιβλίο της χημείας της πρώτης λυκείου υπήρχε στο τέλος του κεφαλαίου 5, δισέλιδο ένθετο της μορφής «Γνωρίζεις ότι...» που αναφερόταν αποκλειστικά στο πρόβλημα των πυρηνικών αποβλήτων και την διαχείρισή τους. Ακόμη, η φράση «πυρηνικά απόβλητα» αποτελεί ένα θέμα που έλκει την προσοχή όταν γίνεται αντικείμενο ειδήσεων στον τύπο, στην τηλεόραση ή στο διαδίκτυο σχετικά με την κατασκευή, τη λειτουργία ή ακόμη περισσότερο με τα πιθανά ατυχήματα των πυρηνικών αντιδραστήρων - κυρίως, επομένως θεωρήθηκε ότι οι φοιτητές θα είχαν επιπλέον πληροφορίες και από άτυπες πηγές γνώσης.

Κατά την επεξεργασία των απαντήσεων διαπιστώθηκε ότι πολλοί φοιτητές χρησιμοποίησαν τον ορισμό του σχολικού βιβλίου ή παραπλήσιες εκφράσεις, όπως οι ακόλουθες:

*«είναι τα κατάλοιπα της πυρηνικής σχάσης, ραδιενεργά σώματα που δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή ενέργειας», ΠΤ41*

*«είναι τα απορρίμματα που προέρχονται από πυρηνικές "δραστηριότητες", κυρίως ραδιενεργά στοιχεία που έχουν απομείνει από πυρηνική αντίδραση», Φ24*

*«απόβλητα που περιέχουν ραδιενεργά υλικά επικίνδυνα για τον άνθρωπο - τα ζώα - τη χλωρίδα», Φ23*

<sup>17</sup> για τους φοιτητές που συμμετείχαν στην έρευνα, ενώ εξακολουθεί να αποτελεί τμήμα της

Ένας σημαντικός αριθμός απαντήσεων περιλάμβανε και τα ραδιενεργά κατάλοιπα από τις πυρηνικές εκρήξεις<sup>18</sup> που έχουν πραγματοποιηθεί στα πλαίσια στρατιωτικών δραστηριοτήτων. Η πληροφορία αυτή *παρέχεται* στο σχολικό βιβλίο Βιολογίας Γενικής Παιδείας, ενώ όπως σημειώθηκε προηγουμένως, κατά πάσα πιθανότητα έχει προέλθει και από άτυπες πηγές γνώσης (εφημερίδες, τηλεόραση, περιοδικά, κινηματογράφος):

*«απόβλητα και ρύποι που προέρχονται από πυρηνικές εκρήξεις και είναι επιβλαβείς για τον άνθρωπο και τη φύση», ΠΤ24*

*«είναι τοξικές ουσίες (απόβλητα) που είναι απόρροια κάποιας πυρηνικής αντίδρασης ή έκρηξης», ΠΤ39*

Το συγκεκριμένο απόσπασμα στο βιβλίο της Βιολογίας, αναφέρει ότι:

«Οι πιο τοξικοί όμως ρυπαντές στη βιόσφαιρα είναι τα διάφορα παρασιτοκτόνα και εντομοκτόνα, και φυσικά τα ραδιενεργά απόβλητα και τα παραπροϊόντα των ραδιενεργών εκρήξεων. Οι ρύποι αυτοί απέκτησαν ιδιαίτερη σημασία μετά το Β' Παγκόσμιο Πόλεμο λόγω της αυξημένης απελευθέρωσής τους στο περιβάλλον.»

Ακόμη, σ' ένα άλλο μεγάλο ποσοστό των απαντήσεων χρησιμοποιήθηκαν απλώς οι λέξεις «απόβλητα» (ή «απορρίμματα») και με διάφορους τρόπους η λέξη «πυρηνικός», χωρίς να γίνει κάποια συσχέτιση με την προηγούμενη δραστηριότητα, αυτή των ραδιενεργών υλικών:

*«είναι τα απόβλητα (ουσίες) που παράγονται κατά την πυρηνική σχάση», Φ37*

*«απόβλητα που απομένουν ή παράγονται από τα πυρηνικά εργοστάσια», ΠΤ12*

<sup>18</sup> <http://www.remm.nlm.gov/nuclearexplosion.htm#categories>, από την ιστοσελίδα της Radiation Emergency Medical Management, του Υπουργείου Υγείας των Η.Π.Α.

Πίνακας 3.9. Αποτελέσματα στη δραστηριότητα «**Πυρηνικά απόβλητα**» ανά κατεύθυνση προέλευσης και ανά τμήμα

|                           | ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ ΠΡΟΕΛΕΥΣΗΣ |                |                | ΤΜΗΜΑ        |               | Σύνολο | % ποσοστό |
|---------------------------|-----------------------|----------------|----------------|--------------|---------------|--------|-----------|
|                           | ΘΕΤ<br>(N=27)         | ΤΕΧΝ<br>(N=34) | ΘΕΩΡ<br>(N=34) | ΦΥΣ<br>f (%) | ΠΤΔΕ<br>f (%) |        |           |
| Α) Δεν απάντησε           | 7                     | 14             | 11             | 12 (29,2)    | 20 (37,0)     | 32     | 33,7      |
| Β) Απάντηση λανθασμένη    | 4                     | 6              | 3              | 8 (19,5)     | 5 (9,3)       | 13     | 13,7      |
| Γ) Μερικώς σωστή απάντηση | 10                    | 11             | 10             | 17 (41,5)    | 14 (25,9)     | 31     | 32,6      |
| Δ) Ορθή απάντηση          | 6                     | 3              | 10             | 4 (9,8)      | 15 (27,8)     | 19     | 20,0      |
| Άθροισμα απαντήσεων       | 27                    | 34             | 34             | 41           | 54            | 95     | 100,0     |

Όπως φαίνεται και από τον προηγούμενο πίνακα 3.9, το ένα τρίτο των φοιτητών (33,7%) απέφυγε να δώσει απάντηση σε αυτή τη δραστηριότητα. Ακόμη, ίδιο ποσοστό, έδωσε ελλιπή ή μερικά αποδεκτή απάντηση, ενώ ένας στους πέντε έδωσε ορθή απάντηση, μικρό ποσοστό σε σχέση με την όχι μόνο καθαρά επιστημονική σπουδαιότητα αυτής της έννοιας. Αξιοσημείωτο γεγονός που προκύπτει από τα αποτελέσματα είναι το ποσοστό των φοιτητών που προέρχονταν από την θεωρητική κατεύθυνση και που απάντησαν ορθά σε αυτή τη δραστηριότητα. Η συγκεκριμένη παρατήρηση αφορά και το μεγαλύτερο ποσοστό των φοιτητών του ΠΤΔΕ που απάντησαν ορθά σε σχέση με τους συναδέλφους τους του τμήματος Φυσικής (28% - 10%, περίπου).

#### «Το ουράνιο στην τροφική αλυσίδα»

**6) «Εκφράστηκαν ακόμη φόβοι για το πρόβλημα που μπορεί να προκληθεί αν το απεμπλουτισμένο ουράνιο περάσει στην τροφική αλυσίδα μέσω του υδροφόρου ορίζοντα»**

#### *Πώς το ραδιενεργό ουράνιο περνάει στην τροφική αλυσίδα;*

Σε αυτή τη δραστηριότητα, οι φοιτητές χρησιμοποίησαν γνώσεις από το μάθημα της Βιολογίας Γενικής Παιδείας, ενώ η επίδοσή τους ήταν συγκριτικά *καλύτερη* σε σχέση με άλλες ερωτήσεις. Η εξήγηση θα πρέπει να αναζητηθεί στο γεγονός ότι η «Βιολογία Γενικής Παιδείας» αποτελεί *προτίμηση* των μαθητών ως πανελλαδικά εξεταζόμενο μάθημα ε-

πιλογής. Παρ' όλα αυτά να σημειωθεί ότι στο σχολικό βιβλίο της Βιολογίας δεν υπάρχει σε συγκεκριμένη ενότητα ακριβώς το αντικείμενο αυτής της ερώτησης, αλλά μεμονωμένες και περιορισμένες αναφορές στη ρύπανση των υδάτων και του εδάφους από τα πυρηνικά εργοστάσια και τη ραδιενέργεια:

«Οι ρύποι αυτοί απέκτησαν ιδιαίτερη σημασία μετά το Β' Παγκόσμιο Πόλεμο λόγω της αυξημένης απελευθέρωσής τους στο περιβάλλον. Το κοινό στοιχείο της επίδρασης των ουσιών αυτών στο περιβάλλον είναι ότι δε διασπώνται (μη βιοδιασπώμενες ουσίες) από τους οργανισμούς, με αποτέλεσμα, ακόμη και αν βρίσκονται σε χαμηλές συγκεντρώσεις, να συσσωρεύονται στους κορυφαίους καταναλωτές, καθώς περνούν από τον έναν κρίκο της τροφικής αλυσίδας στον επόμενο»

Και ακόμη:

«Εξαιτίας όμως της ανθρώπινης δραστηριότητας το έδαφος διαβρώνεται από τοξικές ουσίες (ραδιενεργά απόβλητα, εντομοκτόνα, βαρέα μέταλλα κ.ά.), με συνέπεια την ερημοποίηση και τη διοχέτευση των τοξικών ουσιών στα υδάτινα οικοσυστήματα ή στα υπόγεια νερά.» (Άνθρωπος και περιβάλλον, Κεφ.2)

Μερικές ενδεικτικές απαντήσεις, που αξιολογήθηκαν ως «αποδεκτές»:

«Από τη στιγμή που το απεμπλουτισμένο ουράνιο είναι ραδιενεργό στοιχείο, δεν αποικοδομείται. Θα περάσει στην τροφική αλυσίδα αφού μπορεί να μολύνει τροφές που προέρχονται από τη φύση και περνά στις τροφικές αλυσίδες. π.χ. περνά στο φυτό, φυτοφάγο ζώο... είναι μη βιοδιασπώμενο στοιχείο», Φ24

«Το ραδιενεργό ουράνιο βρίσκεται στη γη, με αποτέλεσμα να μεταφέρεται στα φυτά και κατ' επέκταση στην υπόλοιπη τροφική αλυσίδα», Φ7

«Αφού υπάρχει στο χώμα και στον υδροφόρο ορίζοντα μέσω της τροφικής αλληλεξάρτησης που έχουν οι οργανισμοί εισέρχεται και στην τροφική αλυσίδα», ΠΤ2

«Όταν περάσει στον υδροφόρο ορίζοντα (θάλασσες, ποτάμια, λίμνες), απορροφηθεί από τα φυτά και στη συνέχεια καταναλωθεί από τους φυτοφάγους οργανισμούς και ούτω καθεξής», ΠΤ11

Στις παραπάνω απαντήσεις, διακρίνεται λίγο έως πολύ, κατανόηση της έννοιας «*τροφική αλυσίδα*» καθώς και ευχέρεια έκφρασης.

Αρκετές απαντήσεις, όμως, ήταν ελλιπείς, τόσο στο περιεχόμενο όσο και στη διατύπωση:

«Από το έδαφος μέσω των υπογείων υδάτων», Φ8

«Μέσω του νερού της βροχής, για παράδειγμα, που πέφτει στο έδαφος (η βροχή αυτή είναι εμπλουτισμένη με ουράνιο)», Φ11

«Αν απορροφηθεί και συμμετέχει στον κύκλο του νερού στο περιβάλλον. Έτσι ο άνθρωπος θα το λαμβάνει από το υδάτινο οικοσύστημα», Φ31

Σε άλλες περιπτώσεις, φαίνεται άγνοια για το **τι** είναι υδροφόρος ορίζοντας:

«Από τα ψάρια τα οποία αποτελούν τροφή για άλλα ζώα της τροφικής αλυσίδας», ΠΤ9

«Μέσω των υδάτων. Πρώτα θα μολυνθούν τα ψάρια και στη συνέχεια όλοι οι υπόλοιποι οργανισμοί που εξαρτώνται τροφικά από αυτά και αυτοί με τη σειρά τους αποτελούν τροφή για άλλους οργανισμούς», ΠΤ36

Ακόμη, υπήρξαν και εντελώς λανθασμένες ή ασαφείς απαντήσεις ή ακόμη και απαντήσεις που επαναλάμβαναν την ερώτηση όπως:

«Μέσω της απορρόφησης από το περιβάλλον», Φ39

«Μέσω του υδροφόρου ορίζοντα, δηλαδή μέσα από το έδαφος», ΠΤΔΕ03

«το ραδιενεργό ουράνιο περνάει στην τροφική αλυσίδα ως ραδιενεργό απόβλητο μέσα από τον υδροφόρο ορίζοντα», Φ25

Απαντήσεις τέτοιας μορφής αξιολογήθηκαν ως «μη αποδεκτές».

Η τροφική αλυσίδα, ως έννοια, περιγράφεται αναλυτικά στα μαθήματα της Βιολογίας (Κεφ.2, Ροή ενέργειας – 2.2.1 «Τροφικές αλυσίδες και τροφικά πλέγματα»), επομένως ήταν θετικός ο τρόπος με τον οποίο – στις αποδεκτές απαντήσεις - συνδυάστηκε η σχέση της τροφικής αλυσίδας με τον υδροφόρο ορίζοντα και την ρύπανση από το απεμπλουτισμένο ουράνιο.

Πίνακας 3.10. Αποτελέσματα στη δραστηριότητα «**Το ουράνιο στην τροφική αλυσίδα**» ανά κατεύθυνση προέλευσης και ανά τμήμα

|                           | ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ ΠΡΟΕΛΕΥΣΗΣ |                |                | ΤΜΗΜΑ        |               | Σύνολο | % ποσοστό |
|---------------------------|-----------------------|----------------|----------------|--------------|---------------|--------|-----------|
|                           | ΘΕΤ<br>(N=27)         | ΤΕΧΝ<br>(N=34) | ΘΕΩΡ<br>(N=34) | ΦΥΣ<br>f (%) | ΠΤΔΕ<br>f (%) |        |           |
| Α) Δεν απάντησε           | 7                     | 8              | 4              | 11 (26,8)    | 8 (14,8)      | 19     | 20,0      |
| Β) Απάντηση λανθασμένη    | 2                     | 5              | 13             | 2 (4,9)      | 18 (33,3)     | 20     | 21,1      |
| Γ) Μερικώς σωστή απάντηση | 9                     | 9              | 8              | 14 (34,1)    | 12 (22,2)     | 26     | 27,4      |
| Δ) Ορθή απάντηση          | 9                     | 12             | 9              | 14 (34,1)    | 16 (29,6)     | 30     | 31,5      |
| Άθροισμα απαντήσεων       | 27                    | 34             | 34             | 41           | 54            | 95     | 100,0     |

Διαπιστώνεται από τον προηγούμενο πίνακα ότι τα ποσοστά των αποδεκτών και των μερικώς αποδεκτών απαντήσεων (ως άθροισμα) ήταν υψηλότερα σε αυτή τη δραστηριότητα, σε σύγκριση με άλλες που αφορούσαν καθαρά θέματα φυσικής. Δεν φαίνεται μεγάλη διαφορά μεταξύ των φοιτητών που προέρχονταν από θετική και τεχνολογική κατεύθυνση (66,7% και 61,6% αντίστοιχα), ενώ και οι φοιτητές που προέρχονταν από τη θεωρητική εμφανίζουν ικανοποιητικό ποσοστό (50%). Η εξήγηση του – σχετικά – υψηλού ποσοστού μπορεί να αναζητηθεί, όπως προαναφέρθηκε, στην επιλογή του μαθήματος της Βιολογίας, αλλά και στην υλοποίηση – σε σημαντικό αριθμό σχολείων πανελλαδικά - προγραμμάτων *περιβαλλοντικής* εκπαίδευσης.

#### «Φυσική ραδιενέργεια»

Η ερώτηση αυτή θα μπορούσε να συγχωνευθεί με την προηγούμενη περί ραδιενέργειας, όμως πρόθεση ήταν να *ανιχνευθούν* οι αντιλήψεις των φοιτητών για τη ραδιενέργεια και το *εάν είναι αποτέλεσμα αποκλειστικά ανθρωπογενών δραστηριοτήτων*.

#### **7) Η φυσική ραδιενέργεια που παίρνει κανείς ετησίως είναι 0,1-0,15 rem**

##### ***Από πού προέρχεται αυτή η φυσική ραδιενέργεια;***

Δεν υπάρχει ιδιαίτερη αναφορά στο σχολικό βιβλίο φυσικής γενικής παιδείας της τρίτης λυκείου, παρά μόνο στη σελ.90, στην ενότητα που ορίζει την απορροφηθείσα δόση ακτινοβολίας και στην οποία σημειώνεται ότι:

«...Η κοσμική ακτινοβολία και η φυσική ραδιενέργεια του εδάφους αντιστοιχούν σε ισοδύναμη δόση 0,1 rem ανά έτος στην επιφάνεια της θάλασσας...»

Στο βιβλίο της χημείας πρώτης λυκείου, η ενότητα της ραδιενέργειας (σελ.171) ξεκινά με τη φράση:

«Η φυσική ραδιενέργεια ανακαλύφθηκε τυχαία το 1895 από τον Henry Becquerel. Αυτός, μελετώντας φαινόμενα φθορισμού, παρατήρησε ότι ένα ορυκτό του ουρανίου εκπέμπει μια ακτινοβολία η οποία διαπερνά το περικάλυμμα μιας φωτογραφικής πλάκας»

Να σημειωθεί πως η ίδια σχεδόν φράση υπάρχει και στο βιβλίο της τρίτης λυκείου (ενότητα 3.1, σελ.67), χωρίς όμως να δίνει περιγραφή του τι είναι η φυσική ραδιενέργεια.

Σε αυτή την ερώτηση δεν απάντησαν 42 φοιτητές συνολικά (ποσοστό 44,2%), κάτι που μπορεί να χαρακτηριστεί ίσως λογικό από τη στιγμή που δεν υπάρχει στο σχολικό βιβλίο. Ενδεικτικές αποδεκτές απαντήσεις:

*«προέρχεται από ραδιενεργά υλικά που υπάρχουν στη φύση», ΠΤ1*

*«από στοιχεία ραδιενεργά που υπάρχουν στη φύση σε πολύ μικρές ποσότητες», ΠΤ9*

Κάποιες άλλες απαντήσεις εμφάνισαν λογικές εναλλακτικές ιδέες, όπως:

*«το ουράνιο είναι φυσικό στοιχείο, άρα ποσότητες ουρανίου υπάρχουν ελεύθερες στη φύση», ΠΤ4*

*«αυτή που δεχόμαστε από πυρηνικές αντιδράσεις περασμένων ετών», ΠΤ36*

Οι προηγούμενες απαντήσεις δεν μπορούν να χαρακτηριστούν λανθασμένες ή μη αποδεκτές, όμως απέχουν από το να θεωρηθούν πλήρεις.

Από τις απαντήσεις πρόέκυψε ότι αρκετοί φοιτητές δεν διάβασαν προσεκτικά την ερώτηση ή δεν αντιλήφθηκαν τον προσδιορισμό «φυσική» για τη ραδιενέργεια, με αποτέλεσμα να αναφερθούν (αποκλειστικά) σε ανθρώπινες δραστηριότητες (όπλα, εκρήξεις, κλπ). Μια άλλη ομάδα –μη αποδεκτών- απαντήσεων αφορούσε την άμεση ή έμμεση ταύτιση των όρων «ακτινοβολία» και «ραδιενέργεια»

*«από πυρηνικές δραστηριότητες, πυρηνικές εκρήξεις, πυρηνικά όπλα κ άλλες δραστηριότητες με ραδιενεργά υλικά. Επίσης και από τον ήλιο (κυρίως)», Φ37*

*«από τις ακτινοβολίες π.χ. του ήλιου», Φ41*

*«από την κοσμική ακτινοβολία, η οποία προέρχεται από τις πυρηνικές αντιδράσεις στα άστρα», ΠΤ11*

«η φυσική ραδιενέργεια μπορεί να προέρχεται από διαρροές στο Κοσλοντονι στη Βουλγαρία που δεν ειπώνονται<sup>19</sup> ποτέ, υπολείμματα από την έκρηξη του Τσέρνομπιλ», Φ23

Αναφορά στο ατύχημα του Τσέρνομπιλ έγινε και σε άλλες απαντήσεις, αλλά και σε αντίστοιχη ερώτηση του ερωτηματολογίου ITER. Και εδώ εμφανίζεται η επίδραση άτυπων μορφών γνώσης, όχι τόσο λόγω της αναφοράς στο Τσέρνομπιλ – στο σχολικό βιβλίο υπάρχει *φωτογραφία* του κατεστραμμένου αντιδραστήρα, με την αντίστοιχη περιγραφή – όσο για το πυρηνικό εργοστάσιο του *Κοζλοντούι*. Κατά τα τελευταία χρόνια, γίνονται πολύ τακτικά συζητήσεις και αναφορές για το συγκεκριμένο εργοστάσιο από τα δελτία ειδήσεων και τα λοιπά ΜΜΕ.

Ένα σημαντικό ποσοστό των απαντήσεων αναφέρθηκε στον Ήλιο, ως πηγή φυσικής ραδιενέργειας:

«από τις πυρηνικές αντιδράσεις στην επιφάνεια του ήλιου», Φ12

Ενώ, σε αρκετές περιπτώσεις, οι απαντήσεις έδειξαν σημαντικές παρανοήσεις αφού συνέδεσαν την έννοια της φυσικής ραδιενέργειας με καθημερινές ή *οικείες* δραστηριότητες<sup>20</sup> όπως:

«από την έκθεση σε κοινές πηγές ραδιενέργειας, π.χ. **κινητά**», ΠΤ25

«από πιθανές **ακτινογραφίες**», ΠΤ45

Πίνακας 3.11. Αποτελέσματα στη δραστηριότητα «**Φυσική ραδιενέργεια**» ανά κατεύθυνση προέλευσης και ανά τμήμα

|                           | ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ ΠΡΟΕΛΕΥΣΗΣ |                |                | ΤΜΗΜΑ        |               | Σύνολο | % ποσοστό |
|---------------------------|-----------------------|----------------|----------------|--------------|---------------|--------|-----------|
|                           | ΘΕΤ<br>(N=27)         | ΤΕΧΝ<br>(N=34) | ΘΕΩΡ<br>(N=34) | ΦΥΣ<br>f (%) | ΠΤΔΕ<br>f (%) |        |           |
| Α) Δεν απάντησε           | 11                    | 13             | 18             | 16 (39,0)    | 26 (48,1)     | 42     | 44,2      |
| Β) Απάντηση λανθασμένη    | 10                    | 13             | 12             | 17 (41,5)    | 18 (33,3)     | 35     | 36,8      |
| Γ) Μερικώς σωστή απάντηση | 4                     | 2              | 2              | 3 (7,3)      | 5 (9,3)       | 8      | 8,4       |
| Δ) Ορθή απάντηση          | 2                     | 6              | 2              | 5 (12,2)     | 5 (9,3)       | 10     | 10,6      |
| Άθροισμα απαντήσεων       | 27                    | 34             | 34             | 41           | 54            | 95     | 100,0     |

<sup>19</sup> Διατηρήθηκε η σύνταξη και η φρασεολογία της απάντησης

<sup>20</sup> Σε πολλές περιπτώσεις, σε κινηματογραφικές ταινίες ή ντοκιμαντέρ, η λέξη **radiation** (ακτινοβολία) αποδίδεται στα ελληνικά ως «ραδιενέργεια»



Το πολύ χαμηλό ποσοστό αποδεκτών αλλά και μερικώς αποδεκτών απαντήσεων δεν αφήνει περιθώρια σε ιδιαίτερα συμπεράσματα ή συγκρίσεις μεταξύ φοιτητών από τις τρεις κατευθύνσεις ή μεταξύ φοιτητών των δυο τμημάτων. Ακόμη και εάν συνυπολογιστούν τα ποσοστά των αποδεκτών και μερικώς αποδεκτών απαντήσεων, δεν υπερβαίνουν το 19%, πολύ μικρό ποσοστό για τέτοια ερώτηση και από φοιτητές αυτών των τμημάτων.

### «Είδη ακτινοβολιών»

Οι τέσσερις υποερωτήσεις (Α, Β, Γ, Δ) της δραστηριότητας 8 του ερωτηματολογίου μελετήθηκαν συνολικά κάτω από τον γενικότερο τίτλο «*Είδη ακτινοβολιών*». Η χαμηλή συμμετοχή είχε ως αποτέλεσμα να είναι λίγες οι λανθασμένες απαντήσεις, που προέρχονταν κυρίως από φοιτητές της θεωρητικής κατεύθυνσης. Διαπιστώθηκε ένας αριθμός παρανοήσεων που περιστρέφονταν γύρω από τα αποτελέσματα κάθε ακτινοβολίας και τη διεισδυτική τους ικανότητα κατά κύριο λόγο, όπως θα φανεί στη συνέχεια.

**8) Το επιτρεπόμενο ετήσιο όριο ακτινοβολίας ήταν 156 rem (δόση η οποία εξαρτάται και από το είδος της ακτινοβολίας και είναι δεκαπλάσια αν πρόκειται για σωματίδια α από ότι για ακτινοβολία γ ή X)**

**Α) Τι είναι τα σωματίδια α;**

Στο σχολικό βιβλίο της Γ λυκείου γενικής παιδείας, στην ενότητα «3.3 Η ραδιενέργεια», σελ.84 ορίζεται ως σωματίδιο α:

Ενας πυρήνας ηλίου ( ${}^4_2\text{He}$ )

Ακόμη, στη σελίδα 86, στην υποενότητα «Διεισδυτική ικανότητα των σωματιδίων α, β και γ», για τα σωματίδια α αναφέρεται απλώς ότι:

Μόλις που διαπερνούν ένα φύλλο χαρτιού

Ελάχιστες ήταν οι σωστές ή αποδεκτές απαντήσεις. Οι περισσότεροι φοιτητές (70,5%) δεν απάντησαν σε αυτή την ερώτηση, ενώ για όσους προέρχονταν από τη θεωρητική κατεύθυνση το ποσοστό αποχής από αυτή την ερώτηση ανήλθε σε 76,5%. Παραπλήσιο ποσοστό παρουσιάστηκε και σε επίπεδο τμημάτων για την περίπτωση των φοιτητών του ΠΤΔΕ (76%)

Μετά την καταγραφή των απαντήσεων διαπιστώθηκε ότι μόνο  $N = 8$  φοιτητές – και από τα δυο τμήματα – έδωσαν την απάντηση «*πυρήνες ηλίου*», ενώ λίγες απαντήσεις επιπλέον ( $N = 6$ ) περιλάμβαναν τη λέξη «*ήλιο*» και ένα συμβολισμό του στοιχείου *ήλιο*:

« ${}^4_2\text{He}$ », Φ22

«είναι σωμάτια  ${}_2\text{He}$ », Φ36

Αυτές οι 6 απαντήσεις χαρακτηρίστηκαν ως «μερικώς αποδεκτές», γιατί η λέξη «ήλιο» αφορά το *στοιχείο* και όχι απαραίτητα τον πυρήνα του. Ο χαρακτήρας της ακτινοβολίας α οφείλεται όχι μόνο στη σύσταση του πυρήνα αλλά και στο γεγονός ότι αφού πρόκειται για πυρήνες, *έχουν φορτίο*, άρα αλληλεπιδρούν με την ύλη κατά τη διέλευσή τους από αυτή και από αυτή την άποψη (Kim, Myung-Hee Y. et al, 1999) .

Υπήρξαν λανθασμένες και άσχετες απαντήσεις που δεν ήταν αποδεκτές, όπως:

«υπεριώδης ακτινοβολία», ΦΥΣ06

«τα σωμάτια με το μικρότερο μήκος κύματος», ΦΥΣ05

Σε μερικές περιπτώσεις απαντήσεων που δόθηκαν, διαπιστώθηκε ότι οι φοιτητές είχαν συγκρατήσει φράσεις από το σχολικό βιβλίο<sup>21</sup> σχετικά με τη διεισδυτική ικανότητα των σωματιδίων α:

«που περνούν από το χαρτί», Φ28

Ελάχιστες απαντήσεις έκαναν αναφορά στην *επικινδυνότητα* από την ακτινοβολία α

«λιγότερο *επικίνδυνα* ραδιενεργά σωματίδια», ΠΤ41

#### ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ (για την δραστηριότητα 8 γενικότερα):

Ο τρόπος με τον οποίο διατυπώνονται οι συνέπειες από τις ακτινοβολίες α, β και γ στο σχολικό βιβλίο και ίσως όχι μόνο, είναι πιθανό να οδηγήσει τους μαθητές σε *παρανοήσεις* σχετικά με το πόσο *επικίνδυνο* μπορεί να είναι το είδος κάθε ακτινοβολίας. Για παράδειγμα, δεν γίνεται καμία απολύτως αναφορά στις επιπτώσεις που μπορεί να έχει η έκθεση εσωτερικών οργάνων σε ακτινοβολία α (πολλαπλάσιες από τις αντίστοιχες των ακτίνων β και γ)<sup>22</sup>

#### **B) Τι είναι η ακτινοβολία γ;**

Η ακτινοβολία γ περιγράφεται στο σχολικό βιβλίο της τρίτης λυκείου ως εξής:

<sup>21</sup> Φυσική Γενικής Παιδείας ΟΕΔΒ, σελ. 86 – Διεισδυτική ικανότητα των σωματιδίων α, β και γ

<sup>22</sup> <http://web.princeton.edu/sites/ehs/osradtraining/biologicaleffects/page.htm>

Τα φωτόνια που εκπέμπονται κατά τις αποδιεγέρσεις πυρήνων ονομάζονται ακτίνες ή σωματίδια γ και έχουν πολύ υψηλές ενέργειες σε σχέση με τις ενέργειες των φωτονίων του ορατού φωτός

Ενώ στη συνέχεια, σχετικά με τη διεισδυτική τους ικανότητα

Μπορούν να περάσουν αρκετά εκατοστά μολύβδου. Λόγω της μεγάλης διεισδυτικής ικανότητας απαιτούνται αυξημένα μέτρα προφύλαξης από αυτά

Οι φοιτητές που προέρχονταν τόσο από τη θετική όσο και από την τεχνολογική κατεύθυνση είχαν επιπλέον διδαχθεί την ακτινοβολία γ και στο κεφάλαιο 2 της φυσικής κατεύθυνσης (στην ενότητα «Φάσμα της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας»), που αποτελούσε και αποτελεί τμήμα της εξεταστέας ύλης των εισαγωγικών εξετάσεων:

Είναι ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία που εκπέμπεται από ορισμένους ραδιενεργούς πυρήνες καθώς και σε αντιδράσεις πυρήνων και στοιχειωδών σωματιδίων ή ακόμα και κατά τη διάσπαση στοιχειωδών σωματιδίων. Τα μήκη κύματός τους αρχίζουν από  $10^{-10}$  m και φτάνουν ως τα  $10^{-14}$  m. Είναι πολύ διεισδυτικές και βλάπτουν τους οργανισμούς που τις απορροφούν (σελ. 63 – Φυσική Θετ/Τεχν Κατεύθυνσης)

Επομένως, θεωρήθηκε ότι γι αυτές τις δυο κατηγορίες φοιτητών, η έννοια της ακτινοβολίας γ θα ήταν περισσότερο οικεία, ενώ διαπιστώνεται – στο βιβλίο της κατεύθυνσης – η αποφυγή της χρήσης της έννοιας «σωματίδια». Παρ' όλα αυτά όμως, η υπόθεση αυτή δεν επαληθεύθηκε.

Και σε αυτή την υποερώτηση οι απαντήσεις ήταν λίγες (το 63% δεν απάντησε), ενώ από αυτές καμία δεν ήταν αποδεκτή. Η συμμετοχή των φοιτητών που προέρχονταν από τη θεωρητική κατεύθυνση ήταν πολύ χαμηλή (το 79,4% απέφυγε να απαντήσει).

Σε κάποιες περιπτώσεις, έγινε αναφορά στη **συχνότητα**<sup>23</sup> της ακτινοβολίας γ και στη **διεισδυτικότητά** της:

«είναι μια ακτινοβολία με μεγάλη συχνότητα (που χρησιμοποιείται και σε ορισμένες ηλεκτρικές συσκευές)», ΠΤ4

«δεν είναι ορατή, είναι επικίνδυνη, είναι διεισδυτική, μεγάλο f», Φ12

<sup>23</sup> Από τα προηγούμενα διαπιστώνεται ότι και στα δυο σχολικά βιβλία δεν αναφέρεται **άμεσα** η συχνότητα των ακτίνων γ

«ακτινοβολία μικρού μήκους κύματος αλλά μεγάλης ενέργειας», Φ18  
 «είναι μια μορφή ακτινοβολίας που έχει τη δυνατότητα να διαπερνάει ζωντανούς ιστούς και να τους παραμορφώνει ή καταστρέφει», ΠΤ41  
 «είναι το είδος ακτινοβολίας με τη μεγαλύτερη διεισδυτικότητα», Φ14  
 «μια πάρα πολύ διεισδυτική ακτινοβολία με βλαπτικές επιδράσεις στους οργανισμούς», ΠΤ36

Οι απαντήσεις (N = 14 ή ποσοστό 14,7%) στις οποίες έγινε *ορθή χρήση* της έννοιας της συχνότητας και της διεισδυτικής ικανότητας των ακτίνων γ θεωρήθηκαν ως «μερικώς αποδεκτές», σύμφωνα με το σχέδιο βαθμολόγησης.

Στις μη αποδεκτές απαντήσεις (N = 21 ή 22,1%) σημειώνονται γενικολογίες, επισημονικοφανείς φράσεις, λάθη διατύπωσης και άγνοια βασικών εννοιών:

«διάσπαση ατόμων **ηλίου**», Φ04  
 «**υπεριώδεις** ακτίνες», ΠΤΔΕ07  
 «είναι ακτινοβολία με **συγκεκριμένο** μήκος κύματος», ΠΤ40  
 «ακτινοβολία μήκους κύματος **μεγαλύτερου** της ορατής», Φ03

Να σημειωθεί ακόμη ότι στο σχολικό βιβλίο, η έννοια της *συχνότητας*  $f$  μιας ακτινοβολίας, η σχέση της με το μήκος κύματος  $\lambda$  ( $c = \lambda \cdot f$ ) καθώς και η σχέση του Planck, ( $E = h \cdot f$ ) για την ενέργεια, υπήρχαν και χρησιμοποιούνταν και σε ασκήσεις **και** στα *δύο* πρώτα κεφάλαια της διδακτέας ύλης, για το Φως (κεφάλαιο 1) και για τα Ατομικά Φαινόμενα (κεφάλαιο 2), επομένως θα ήταν αναμενόμενο οι φοιτητές να είναι σε κάποιο βαθμό εξοικειωμένοι με τις έννοιες αυτές.

### Γ) Τι είναι οι ακτίνες X;

Οι ακτίνες X στο βιβλίο της Γ λυκείου γενικής παιδείας αποτελούν την τελευταία ενότητα του κεφαλαίου 2 «Ατομικά φαινόμενα». Ο ορισμός του σχολικού βιβλίου για τη φύση των ακτίνων X είναι σαφής:

«Είναι αόρατη ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία με μήκη κύματος μικρότερα από τα μήκη κύματος των ορατών ακτινοβολιών» και «παράγονται, όταν ηλεκτρόνια μεγάλης ταχύτητας, που έχουν επιταχυνθεί από υψηλή τάση, προσπίπτουν σε μεταλλικό στόχο»

Όπως και στην προηγούμενη ερώτηση, στην ίδια ενότητα της φυσικής *θετικής* κατεύθυνσης σχετικά με το ηλεκτρομαγνητικό φάσμα, υπάρχει μικρή παράγραφος που περιγράφει περιληπτικά τι είναι οι ακτίνες X (ή Röntgen) και τη χρήση τους, λίγο έως πολύ όπως και στο προηγούμενο ένθετο, με την προσθήκη:

Η **πιο κοινή** αιτία παραγωγής ακτίνων X είναι η επιβράδυνση ηλεκτρονίων που προσι-  
σφύρουν με μεγάλη ταχύτητα σε ένα μεταλλικό στόχο

Παρά το γεγονός ότι η φράση «πιο κοινή» μπορεί να συνοδεύεται με τη σκέψη «και με *ποιο άλλο τρόπο*», δεν υπάρχει καμία σύνδεση των ακτίνων X με τη ραδιενέργεια στα σχολικά βιβλία, επομένως οι αντιλήψεις και παρανοήσεις που εμφανίζονται σε μερικές από τις απαντήσεις πρέπει να έχουν την προέλευση τους σε *άτυπες πηγές γνώσης*. Αποτελεί συνηθισμένη παρανόηση (Cooper, Yeo, Zadnik, 2003), (Boyes, Stanisstreet, 1994) ο χαρακτηρισμός των ακτίνων X ως «ραδιενεργών», που έχει την προέλευσή της στη σύγχυση των αγγλικών όρων radiation (= ακτινοβολία) και radioactivity (= ραδιενέργεια). Στην ελληνική και διεθνή βιβλιογραφία, σε πολλές περιπτώσεις ίσως και για ιστορικούς ακόμη λόγους<sup>24</sup>, η αναφορά στις ακτίνες X βρίσκεται στην ίδια ενότητα με την ραδιενέργεια.

Η αποχή από την ερώτηση αυτή ήταν μικρότερη σε σχέση με τις δυο προηγούμενες, αν και πάλι διαπιστώνεται ότι περισσότεροι από τους μισούς φοιτητές (52/95 ή 54,7%) απέφυγαν να δώσουν απάντηση. Ενδεικτικές απαντήσεις με αναφορά στη **συχνότητα** της ακτινοβολίας, στη **χρήση** και στις **επιπτώσεις**:

«Ακτίνες μεγάλης συχνότητας, χρησιμοποιούνται στην ιατρική (ακτινογραφίες). Σε μεγάλη ποσότητα είναι επιβλαβείς για τον άνθρωπο», ΠΤ4

«Ακτίνες που χρησιμοποιούνται στις ακτινογραφίες για ιατρικούς σκοπούς», ΠΤ23

Μια απάντηση που δείχνει μια προσπάθεια περιγραφής του **τρόπου παραγωγής** των ακτίνων X, όχι όμως πλήρη:

«Μια ακτινοβολία που χρησιμοποιείται από την πτώση  $e^-$  σε μόλυβδο», ΠΤ48

Και ίσως η πιο πλήρης απάντηση:

«Ακτίνες που παράγονται όταν κινούμενα ηλεκτρόνια με μεγάλη ταχύτητα προσπίπτουν σε ένα δύστηκτο υλικό στο σωλήνα του Crookes», Φ12

---

<sup>24</sup> Η ανακάλυψη των ακτίνων X από τον Roentgen πραγματοποιήθηκε δυο μήνες πριν από την ανακάλυψη της ραδιενέργειας από τον Becquerel, το 1896. Ο Becquerel προσπάθησε να ανακαλύψει μήπως μερικά στοιχεία εκπέμπουν αυθόρμητα ακτίνες X.

Ένας σημαντικός αριθμός φοιτητών χαρακτήρισε τις ακτίνες X ως *ραδιενεργές*, δηλαδή εντόπισε την *προέλευσή* τους σε πυρηνικά φαινόμενα, όπως δείχνουν οι παρακάτω ενδεικτικές απαντήσεις:

*«Είναι ραδιενεργή ακτινοβολία η οποία παρ' όλα αυτά χρησιμοποιείται για ιατρικούς σκοπούς, όπως η ακτινογραφία»*, Φ9 (από θετική κατεύθυνση)

*«Είναι αρκετά επιβλαβείς καθώς μεταφέρουν ραδιενέργεια και χρησιμοποιούνται στις ακτινογραφίες»*, ΠΤ37 (από τεχνολογική κατεύθυνση)

Οι δυο προηγούμενες απαντήσεις ελήφθησαν με διαφορά δυο εβδομάδων, από φοιτητές προερχόμενους από δυο διαφορετικές σχολές, παρόλα αυτά όμως είναι παρόμοιες τόσο στο περιεχόμενο όσο και στη σύνταξη τους. Η παρανόηση των ακτίνων X ως *«ραδιενεργών»* παρουσιάζεται σε μεγαλύτερο βαθμό και στη δραστηριότητα *«Πυρηνική φυσική και Ιατρική»*. Οι απαντήσεις αυτές αξιολογήθηκαν ως «μη αποδεκτές», παρόλο που το δεύτερο σκέλος τους, αυτό που αφορούσε τη χρήση τους, ήταν μεν σωστό (ακτινογραφία), αλλά όχι αποδεκτό για τη συγκεκριμένη ερώτηση και όχι ικανοποιητικό σε σχέση με το επίπεδο των συμμετεχόντων στην έρευνα (φοιτητές τμήματος φυσικής και παιδαγωγικού τμήματος). Αντίθετα, όσες απαντήσεις δεν αναφέρονταν σε *«ραδιενεργές»* ακτίνες X και απλά *ανέφεραν* τη χρήση τους, χαρακτηρίστηκαν ως «μερικώς αποδεκτές».

Ακόμη, άλλες απαντήσεις αξιολογήθηκαν ως «μη αποδεκτές» για διάφορους άλλους λόγους, όπως π.χ. λανθασμένη χρήση της έννοιας του μήκους κύματος ή γενική αναφορά σε *«αόρατες»* ακτίνες, ή σε σύγχυση εννοιών :

*«Ακτίνες μήκους κύματος  $> 700\text{nm}$  που διαπερνούν τα περισσότερα σώματα»*, Φ03

*«Είδος αόρατων ακτινών»*, ΠΤ34

*«Δέσμη σωματιδίων α που προσκρούει σε μεταλλικό στόχο με μεγάλη επιτάχυνση εκλύοντας ενέργεια»*, Φ08

Απαντήσεις όπως η τελευταία δείχνουν ότι έχουν συγκρατηθεί κάποια στοιχεία από τη θεωρία που είχε διδαχθεί, αλλά η εικόνα της ανάκλησης της συγκεκριμένης γνώσης έχει μεγάλα κενά.

**Δ) Γνωρίζετε κάποιο άλλο είδος ραδιενεργού ακτινοβολίας και τι είναι αυτό;**

Η λογική απάντηση που αναμενόταν από τους φοιτητές ήταν η «ακτινοβολία β», αφού αυτή είναι που διδάσκεται στη Γ λυκείου, στην ίδια ενότητα της ραδιενέργειας, όπως και οι α, γ. Ο ορισμός του σχολικού βιβλίου για τη διάσπαση β είναι:

Το φαινόμενο κατά το οποίο εκπέμπεται από τον πυρήνα ένα ηλεκτρόνιο (διάσπαση  $\beta^-$ ) ή ένα ποζιτρόνιο (διάσπαση  $\beta^+$ )

Δύο μόνο απαντήσεις (που προέρχονταν από φοιτητές του τμήματος φυσικής) βρέθηκαν να αναφέρονται σε ακτινοβολία ή σωματίδια β, χωρίς όμως να υπάρχει περιγραφή του τι είναι αυτά. Να σημειωθεί ότι, και την ερώτηση αυτή απέφυγαν να απαντήσουν οι περισσότεροι φοιτητές (64,2%).

Μερικές χαρακτηριστικές απαντήσεις στις οποίες φαίνονται αρκετές παρανοήσεις, σύγχυση της ραδιενεργού με άλλα είδη ακτινοβολίας, συμβολισμοί που δεν υπήρχαν στο σχολικό βιβλίο, επανάληψη των ειδών ακτινοβολίας των προηγούμενων ερωτήσεων και λανθασμένες αναφορές για την προέλευση της υπεριώδους ακτινοβολίας:

«η **υπεριώδης** και η **υπέρυθρη** ακτινοβολία καθώς και οι **ακτίνες X**», ΠΤ8

«**UVA, UVB**»<sup>25</sup>, ΠΤ7

«μέσω της τρύπας του όζοντος, **βλαβερή ακτινοβολία** περνά ελεύθερα στην ατμόσφαιρα», ΠΤ6

«η **κοσμική** ακτινοβολία γ από το διάστημα»

Υπήρξαν και απαντήσεις όπως:

«είναι η υπεριώδης που **είναι συστατικό του λευκού φωτός** αλλά απορροφάται από το όζον», ΠΤ53

Αλλά και άλλες, στις οποίες μεταξύ άλλων επαναλαμβάνονταν τα είδη που ήδη είχαν ζητηθεί στις προηγούμενες υποερωτήσεις:

«την α, γ, X και τα **μικροκύματα**», ΠΤ12

«τα **μικροκύματα** που έχουν μικρή συχνότητα και χρησιμοποιούνται για το ψήσιμο φαγητού αφού η ενέργεια που κουβαλάνε προκαλεί συντονισμό στα μόρια του», Φ5

---

<sup>25</sup> Σε κανένα από τα σχολικά βιβλία δεν αναφέρεται η υπεριώδης ακτινοβολία ως UV.

Η τελευταία απάντηση –λανθασμένη, αφού δεν είναι ραδιενεργός ακτινοβολία - εμφανίζεται στο περιεχόμενό της ίχνη άτυπης πηγής γνώσης. Τα μικροκύματα δεν περιγράφονται σε σχολικό βιβλίο γενικής παιδείας ως προς τον τρόπο που χρησιμοποιούνται στο φούρνο μικροκυμάτων, αλλά στο βιβλίο της φυσικής θετικής και τεχνολογικής κατεύθυνσης, υπάρχουν στην ενότητα που αναφέρεται στο φάσμα της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας, μόνο για ό,τι έχει σχέση με τη συχνότητά τους. Ταυτόχρονα όμως, στην ίδια ενότητα υπάρχει η αναφορά στην ακτινοβολία γ, καθώς και εικόνα που «απεικονίζει» το φάσμα των ακτινοβολιών. Είναι πιθανόν να προκαλείται τέτοια σύγχυση; Ναι, εφόσον δεν δίνεται ιδιαίτερη βαρύτητα στη διδασκαλία τέτοιων αντικειμένων ώστε να καταδεικνύεται η μεγάλη τους σχέση με καθημερινά θέματα και η παρουσία τους στο σχολικό βιβλίο είναι κυρίως η εξυπηρέτηση εξεταστικών αναγκών.

Όλες οι προηγούμενες απαντήσεις κατά συνέπεια, αξιολογήθηκαν ως λανθασμένες ή μη αποδεκτές, καθώς καμία δεν αφορά ραδιενεργό ακτινοβολία.

#### **Συνολική αξιολόγηση της δραστηριότητας «Είδη ακτινοβολιών»**

Η συνολική αξιολόγηση της δραστηριότητας, έγινε σύμφωνα με το ακόλουθο σχήμα, που αποτελείται από τέσσερις «κατηγορίες».

**A.** Η πρώτη περιλαμβάνει τους φοιτητές που δεν απάντησαν σε καμία από τις τέσσερις επιμέρους ερωτήσεις.

**B.** Η δεύτερη περιλαμβάνει: τους φοιτητές που απάντησαν μεν έστω και σε μια ερώτηση, αλλά οι απαντήσεις (ή η μοναδική απάντηση) δεν ήταν αποδεκτές. Σε αυτή την κατηγορία τοποθετήθηκαν και οι φοιτητές που μεταξύ των μη αποδεκτών απαντήσεων είχαν δώσει και 1-2 μερικώς αποδεκτές.

**Γ.** Στην τρίτη κατηγορία περιλαμβάνονται οι φοιτητές που είχαν περισσότερες μερικώς αποδεκτές απαντήσεις (και μόνο μια λανθασμένη ή μια που δεν είχαν απαντήσει) και,

**Δ.** Τέλος, στην τέταρτη, οι φοιτητές που είχαν δώσει από 1 έως 3 αποδεκτές απαντήσεις (ακόμη και εάν δεν είχαν δώσει απάντηση σε μια από τις τέσσερις υποερωτήσεις) αλλά όχι μη αποδεκτή.



Πίνακας 3.12. Αποτελέσματα στη δραστηριότητα «Είδη ακτινοβολιών» ανά κατεύθυνση προέλευσης και ανά τμήμα

|                           | ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ ΠΡΟΕΛΕΥΣΗΣ |                |                | ΤΜΗΜΑ        |               | Σύνολο | % ποσοστό |
|---------------------------|-----------------------|----------------|----------------|--------------|---------------|--------|-----------|
|                           | ΘΕΤ<br>(N=27)         | ΤΕΧΝ<br>(N=34) | ΘΕΩΡ<br>(N=34) | ΦΥΣ<br>f (%) | ΠΤΔΕ<br>f (%) |        |           |
| Α) Δεν απάντησε           | 9                     | 10             | 13             | 14 (34,1)    | 18 (33,3)     | 32     | 33,7      |
| Β) Απάντηση λανθασμένη    | 8                     | 15             | 14             | 16 (39,0)    | 21 (38,9)     | 37     | 38,9      |
| Γ) Μερικώς σωστή απάντηση | 7                     | 8              | 6              | 10 (24,4)    | 11 (20,4)     | 21     | 22,1      |
| Δ) Ορθή απάντηση          | 3                     | 1              | 1              | 1 (2,4)      | 4 (7,4)       | 5      | 5,3       |
| Άθροισμα απαντήσεων       | 27                    | 34             | 34             | 41           | 54            | 95     | 100,0     |

Διαπιστώνεται από τον προηγούμενο πίνακα το πολύ χαμηλό ποσοστό των φοιτητών (5,3%) που τοποθετήθηκαν στην κατηγορία Δ (ορθή απάντηση) σύμφωνα με το προηγούμενο βαθμολογικό σχήμα. Τα αποτελέσματα της αξιολόγησης για κάθε ερώτηση μεμονωμένα σαφώς ήταν χαμηλότερα.

Δεν διαπιστώνονται διαφοροποιήσεις ανάλογα με κατεύθυνση προέλευσης όσον αφορά όσους δεν απάντησαν ή κατατάχθηκαν στις κατηγορίες Γ και Β.

#### «Συνέπειες της ραδιενέργειας»

**9) Όπως διευκρινίζει ο κ. Γεράνιος, αν κάποιος σήμερα πάρει μια χαμηλή δόση ραδιενέργειας λίγων rem, τότε θα περάσει μια λανθάνουσα περίοδος περίπου 10 ετών για πιθανή εμφάνιση συμπτωμάτων νόσου που σχετίζεται με τη ραδιενέργεια.**

**Γνωρίζετε το πώς η ραδιενέργεια επηρεάζει την υγεία των ανθρώπων και των ζώων;**

Στο σχολικό βιβλίο της Γ λυκείου, υπάρχει ιδιαίτερη παράγραφος (3.5 «Εφαρμογές και κίνδυνοι της ραδιενέργειας», σελ.93) που περιγράφει, (στο πρώτο μέρος) τις βλάβες από ακτινοβολία. Ιδιαίτερη έμφαση δίνεται στις *ιονίζουσες* ακτινοβολίες (τι είναι και ποιες περιλαμβάνονται σε αυτές), περιγράφεται η «*διαταραχή της λειτουργίας των κυττάρων λόγω του σχηματισμού δραστικών ιόντων ή ριζών ως αποτέλεσμα της ακτινοβολίας και η καταστροφή κυττάρων*», ενώ αναφέρεται η «*πιθανότητα δημιουργίας μεταλλαγμένων κυττάρων και η εμφάνιση καρκίνου*» και η «*πρόκληση βλαβών στο γενετικό υλικό των γενετικών κυτ-*

τάρων». Σύμφωνα κυρίως με αυτά τα στοιχεία, έγινε και η αξιολόγηση των απαντήσεων. Οπωσδήποτε, ελήφθησαν υπόψη και όσες απαντήσεις ήταν επιστημονικά ορθές χωρίς να ακολουθούν τη φρασεολογία του σχολικού βιβλίου.

Οι κίνδυνοι από την έκθεση στη ραδιενέργεια είναι συχνό θέμα που προβάλλεται από τον τύπο, την τηλεόραση (ειδήσεις, ειδικά αφιερώματα και κινηματογραφικές ταινίες), επομένως αναμενόταν συμμετοχή μεγαλύτερη από αυτή των προηγούμενων ερωτήσεων. Πράγματι, η συμμετοχή σε αυτή την ερώτηση ήταν της τάξης του 67,4%, δηλαδή υψηλή σε σχέση με την προηγούμενη δραστηριότητα – στο σύνολό της. Επίσης, αρκετά υψηλό ήταν και το ποσοστό αποδεκτών απαντήσεων (36,8%), συγκριτικά πάντα με άλλες ερωτήσεις.

Οι περισσότερες απαντήσεις που ελήφθησαν σε αυτή τη δραστηριότητα έκαναν αναφορά σε μεταλλάξεις του γενετικού υλικού, σε αλλοιώσεις των κυττάρων, σε πρόκληση καρκίνων:

*«Η ραδιενέργεια σύμφωνα με τους επιστήμονες έχει την ικανότητα να μεταλλάσσει το DNA του ανθρώπου και των ζώων, όπως επίσης προκαλεί αλλοιώσεις στα κύτταρα (καρκινικά κύτταρα)», ΠΤ01*

*«Η ραδιενέργεια μπορεί να προκαλέσει αλλοίωση του γενετικού υλικού και η λάθος αντιγραφή των χρωμοσωμάτων (λόγω μετάλλαξης που προκαλείται) αν πραγματοποιηθεί σε κάποιο από τα κωδικόνια λήξης ή μετατρέψει ένα άλλο κωδικόνιο σε κωδικόνιο λήξης ίσως προκαλέσει καρκινογενέσεις λόγω ανεξέλεγκτης διαίρεσης των κυττάρων», Φ28*

*«Η ραδιενέργεια εισέρχεται στον οργανισμό (δεν ξέρω πως) και επηρεάζει τα γονίδια προκαλώντας αλλαγές σε αυτά, έτσι αλλάζει η δομή του DNA επομένως έχουμε επίπτωση στην υγεία», ΠΤ25*

*«Δημιουργεί μεταλλάξεις. Αυτό οφείλεται στην λανθασμένη αντιγραφή του DNA εφόσον η ραδιενέργεια επηρεάζει την αλληλουχία των θέσεων», Φ12*

*«Η ραδιενέργεια επηρεάζει την υγεία των ανθρώπων και των ζώων μέσω των τροφών αφού περνάει στο έδαφος και το νερό καθώς και μέσω του αέρα που αναπνέουν», ΠΤ24*

*«Αλλάζει DNA, RNA και μεταβάλλει τα κύτταρα, τα καταστρέφει ή αλλάζει το σχεδιασμό τους», Φ01*

*«Μέσω της διατροφικής αλυσίδας, περνάει στους οργανισμούς (βιοσυσσώρευση) και επηρεάζει το γενετικό υλικό τους», Φ41*

Η τελευταία απάντηση (που περιλαμβάνει τους όρους «*διατροφική αλυσίδα*» και «*γενετικό υλικό*») δόθηκε από φοιτητή/τρια που δεν είχε απαντήσει στην ερώτηση περί τροφικής αλυσίδας. Τέτοιου είδους φαινόμενα *απέτρεψαν* τον γράφοντα να αξιολογήσει τις «μη απαντήσεις», αυτές που δεν απάντησαν δηλαδή οι φοιτητές, ως «μη αποδεκτές». Ένα από τα προβλήματα που παρουσίασε το ερωτηματολόγιο, τόσο αυτό όσο και το σχετικό με τον αντιδραστήρα σύντηξης, ήταν ο παράγοντας «*έλλειψη χρόνου*» που αποδείχθηκε μάλλον καθοριστικός για πολλές από τις απαντήσεις.

Από απαντήσεις όπως οι προηγούμενες ενδεικτικές διαπιστώνεται ότι οι φοιτητές έχουν γενικά ορθές αντιλήψεις για τις βλάβες που προκαλεί η ραδιενέργεια στους οργανισμούς σε μια παράγραφο του σχολικού βιβλίου που είναι προς το τέλος της διδακτέας ύλης. Την ίδια στιγμή, σε άλλα θέματα πυρηνικής φυσικής που είναι στο σχολικό βιβλίο τα ποσοστά αποδεκτών απαντήσεων είναι πολύ χαμηλά. Δίνεται λοιπόν η εντύπωση ότι στην ερώτηση αυτή σημαντικό ρόλο για το συγκριτικά μεγαλύτερο ποσοστό συμμετοχής και αποδεκτών απαντήσεων, έχουν διαδραματίσει τρεις παράγοντες:

A) Το γεγονός ότι ως θέμα η ερώτηση άπτεται αρκετά της *Βιολογίας γενικής παιδείας*, ενός μαθήματος που προτιμάται από πολλούς υποψηφίους ως πανελλαδικά εξεταζόμενο μάθημα (σε πλήρη αντίθεση με τη φυσική γενικής παιδείας)

B) Η ερώτηση αφορά θέματα υγείας, επομένως αγγίζει τη *συναισθηματική* διάσταση της γνώσης.

Γ) Οι επιπτώσεις της ραδιενέργειας στην υγεία (και στο περιβάλλον) είναι ένα θέμα που προβάλλεται *εκτενώς* σε περιπτώσεις πυρηνικού ατυχήματος, σε ειδήσεις που αφορούν εκδηλώσεις διαμαρτυρίας διαφόρων οικολογικών οργανώσεων για τη μεταφορά και ταφή πυρηνικών αποβλήτων και γενικότερα σε ό,τι σχετίζεται με τη λειτουργία των πυρηνικών εργοστασίων ή τις δοκιμές των πυρηνικών όπλων και τη γενικότερη απειλή από αυτά.

Ως «μη αποδεκτές» χαρακτηρίστηκαν οι απαντήσεις που είχαν ασάφεια στη διατύπωση ή στις οποίες γινόταν χρήση φράσεων *επιστημονικοφανών* ή άσχετων με την ερώτηση, ή που έμμεσα ή άμεσα επαναλάμβαναν την ερώτηση:

«Έχει *τοξική*<sup>26</sup> δράση στον οργανισμό με σοβαρές συνέπειες στον οργανισμό, με συνέπεια αρκετές φορές το θάνατο του», Φ39

«Μέσω της μόλυνσης του περιβάλλοντος και της συσσώρευσης της στον οργανισμό του ατόμου», Φ3

---

<sup>26</sup> Η λέξη «τοξικός» έχει παρατηρηθεί σε σημαντικό αριθμό απαντήσεων, δείχνοντας ότι οι μαθητές αγνοούν την πραγματική της σημασία

«Επηρεάζει τη βιολογική λειτουργία άρα και τις λειτουργίες, τις εκφυλίζει», Φ32

«Μέσα από την αναπνοή και την τροφή», Φ04

Μεταξύ των απαντήσεων υπήρξαν και ορισμένες που χαρακτηρίστηκαν ως «μερικά αποδεκτές» με την έννοια ότι δεν ήταν λανθασμένες, αλλά είτε λιγότερο είτε περισσότερο ελλιπείς στο περιεχόμενο ή και στη διατύπωση:

«Η ραδιενέργεια **συσσωρεύεται** στα ζώα και στους ανθρώπους και δεν μπορεί να αποβληθεί από αυτά. Οπότε η συσσώρευση της δεν είναι αντιστρέψιμη. μπορεί να προκαλέσει μικρά προβλήματα καθώς και μεγαλύτερα όπως τερατογενέσεις, μέχρι θάνατο», ΠΤ32

«**Παραμορφώνει** το DNA, επηρεάζει τη λειτουργία των γονιδίων, προκαλεί ε-γκαύματα και καρκίνο», ΠΤ41

«Καταστρέφει τους ιστούς του ανθρώπινου οργανισμού και προκαλεί καρκίνο», Φ31

«Υπάρχουν τερατογενέσεις», ΠΤ29

Πίνακας 3.13. Αποτελέσματα στη δραστηριότητα «**Είδη ακτινοβολιών**» ανά κατεύθυνση προέλευσης και ανά τμήμα

|                                | ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ ΠΡΟΕΛΕΥ-<br>ΣΗΣ |                |                | ΤΜΗΜΑ        |               | Σύνολο | % ποσο-<br>στό |
|--------------------------------|----------------------------|----------------|----------------|--------------|---------------|--------|----------------|
|                                | ΘΕΤ<br>(N=27)              | ΤΕΧΝ<br>(N=34) | ΘΕΩΡ<br>(N=34) | ΦΥΣ<br>f (%) | ΠΤΔΕ<br>f (%) |        |                |
| A) Δεν απάντη-<br>σε           | 8                          | 11             | 12             | 13 (31,7)    | 18 (33,3)     | 31     | 32,6           |
| B) Απάντηση<br>λανθασμένη      | 3                          | 7              | 1              | 8 (19,5)     | 3 (5,6)       | 11     | 11,6           |
| Γ) Μερικώς σω-<br>στή απάντηση | 3                          | 7              | 8              | 7 (17,1)     | 11 (20,4)     | 18     | 19,0           |
| Δ) Ορθή απά-<br>ντηση          | 13                         | 9              | 13             | 13 (31,7)    | 22 (40,7)     | 35     | 36,8           |
| Άθροισμα απα-<br>ντήσεων       | 27                         | 34             | 34             | 41           | 54            | 95     | 100,0          |

Αξιοσημείωτος είναι ο πολύ μικρός αριθμός των λανθασμένων απαντήσεων που δόθηκαν από φοιτητές που είχαν ακολουθήσει την θεωρητική κατεύθυνση στο λύκειο, ενώ και η συνολική εικόνα τους σε αυτή τη δραστηριότητα ήταν καλή (38,2% αποδεκτές απαντήσεις). Οι φοιτητές που προέρχονταν από την τεχνολογική κατεύθυνση δεν είχαν παρό-

μοιες επιδόσεις (~25% αποδεκτές απαντήσεις), ενώ οι μισοί φοιτητές (48,2%) που προέρχονταν από τη θετική κατεύθυνση έδωσαν ορθές απαντήσεις (όμως το 30% απέφυγε να απαντήσει). Ακόμη, διαπιστώνεται το υψηλό (σε σύγκριση με άλλες ερωτήσεις) ποσοστό των φοιτητών που προέρχονται από το παιδαγωγικό τμήμα, που «δικαιολογούν» τον υψηλότερο βαθμό πρόσβασης στις εισαγωγικές εξετάσεις.

### «Πυρηνική φυσική και ιατρική»

**10) Γνωρίζετε αν η πυρηνική φυσική (ή η πυρηνική χημεία) έχει ιατρικές διαγνωστικές ή θεραπευτικές εφαρμογές; Αν ξέρετε κάποια τέτοια εφαρμογή, μπορείτε να την αναφέρετε.**

Η δραστηριότητα αυτή θεωρήθηκε ότι θα ήταν πιο εύκολη για τους φοιτητές αφού διαπραγματεύεται ένα θέμα που είναι τεράστιου και άμεσου κοινωνικού ενδιαφέροντος. Στη σύγχρονη εποχή οι εφαρμογές της πυρηνικής ιατρικής απλώνονται σε πλήθος διαγνωστικών εξετάσεων και θεραπευτικών αγωγών. Όμως και στο σχολικό βιβλίο υπάρχει συγκεκριμένη διδακτέα ενότητα. Πιο συγκεκριμένα: Το δεύτερο μέρος της παραγράφου 3.5 του σχολικού βιβλίου που συζητήθηκε στην προηγούμενη δραστηριότητα, είναι αφιερωμένο στις χρήσεις της ακτινοβολίας (γενικότερα). Αναφέρεται η περίπτωση της χρήσης ραδιενεργών σωματιδίων ως *ιχνηθετών* χημικών στοιχείων σε διάφορες αντιδράσεις, με παράθεση παραδείγματος το ισότοπο  $^{15}\text{O}$  στη Βιολογία και τη χρήση του ραδιενεργού ιωδίου  $^{131}\text{I}$  για τη μελέτη της δράσης του στην περίπτωση του θυρεοειδούς αδένος:

«Εισάγεται λοιπόν στον οργανισμό μια μικρή ποσότητα ραδιενεργού ιωδίου ( $^{131}\text{I}$ ) υπό μορφή διαλύματος  $\text{NaI}$ . Μερικές ώρες αργότερα μετριέται με κατάλληλες συσκευές η ακτινοβολία του  $^{131}\text{I}$  και συνεπώς η συγκέντρωσή του σε διάφορα όργανα του σώματος»

Η χρήση των ισοτόπων στην Ιατρική ως πηγών ακτινοβολίας, τονίζεται και στη συνέχεια για την περίπτωση της «επιλεκτικής καταστροφής ιστών, όπως οι όγκοι», με αναφορά στο τεχνητό ραδιοϊσότοπο κοβάλτιο ( $^{60}\text{Co}$ ). Τέλος, γίνεται πολύ απλή περιγραφή της τομογραφίας εκπομπής ποζιτρονίων (PET). Δεν γίνεται καμία αναφορά στο **σπινθηρογράφημα**,

μια ιδιαίτερα διαδεδομένη ιατρική διαγνωστική διαδικασία της πυρηνικής ιατρικής. Παρ' όλα αυτά, υπήρξαν απαντήσεις, όπως φαίνεται στη συνέχεια, που το *είχαν* συμπεριλάβει.

Η πρόοδος της πυρηνικής ιατρικής μετά από το 1950<sup>27</sup> υπήρξε ραγδαία και καταλυτική για τη διάγνωση και την αντιμετώπιση σοβαρών ασθενειών. Όμως, οι φοιτητές στην πλειονότητά τους, όπως διαπιστώθηκε από τις απαντήσεις, έδειξαν άγνοια για τα περισσότερα από αυτά τα θέματα. Παρά το γεγονός ότι στο σχολικό βιβλίο γίνεται επαρκής αναφορά σε χρήσεις της ραδιενεργού ακτινοβολίας, ένα σημαντικό ποσοστό (38,9%) δεν έγραψε τίποτε σε αυτή τη δραστηριότητα. Ένας άλλος μεγάλος αριθμός φοιτητών ανέφερε ως εφαρμογές της πυρηνικής φυσικής τις *ακτινογραφίες*, τις *ακτίνες X*, τη *χημειοθεραπεία*<sup>28</sup>, τα *λέιζερ*, απαντήσεις που αξιολογήθηκαν ως *λανθασμένες*. Μερικές χαρακτηριστικές απαντήσεις από αυτές που δόθηκαν και που αξιολογήθηκαν ως «μη αποδεκτές» κυρίως λόγω περιεχομένου :

*«με τις ακτίνες X, ακτινογραφία, μαγνητοσκόπηση»*, Φ11

*«ιατρικές θεραπευτικές εφαρμογές π.χ. στον καρκίνο οι ασθενείς εκτίθενται στις χημειοθεραπείες»*, Φ4

*«σε περιπτώσεις καρκίνου θεραπεύεται τοπικά με λέιζερ που στοχεύει τοπικά και σε συγκεκριμένες ποσότητες στον ιστό που πάσχει»*, Φ31

*«η πυρηνική φυσική έχει ιατρικές διαγνωστικές εφαρμογές με τη χρήση της ακτινογραφίας όπου οι ακτίνες X περιέχουν ραδιενέργεια»*, ΠΤ3

*«ναι, στις ακτινογραφίες χρησιμοποιείται ραδιενέργεια που προέρχεται από διάσπαση πυρήνων»*, ΠΤ23

Σε μερικές περιπτώσεις, οι φοιτητές έδειξαν να *γνωρίζουν* για τη *σχέση* της πυρηνικής φυσικής με την ιατρική, αλλά αγνοούν το *περιεχόμενό* της, είτε δίνοντας απλώς καταφατικές απαντήσεις είτε γράφοντας εφαρμογές που δεν είναι οι ζητούμενες:

*«έχει ιατρικές και θεραπευτικές εφαρμογές»*, Φ16

*«βεβαίως υπάρχουν εφαρμογές, άλλωστε υπάρχει και τομέας πυρηνικής ιατρικής όπου χρησιμοποιούνται διάφορες ακτινοβολίες. Χαρακτηριστικό παράδειγμα οι ακτινογραφίες ή ο μαγνητικός τομογράφος»*, Φ24

Σε όλες τις απαντήσεις που αναφέρεται η φράση «μαγνητικός τομογράφος», η οποία δεν υπάρχει στο σχολικό βιβλίο (υπάρχει η τομογραφία PET), αυτή συνδέεται με τον όρο «α-

<sup>27</sup> [http://en.wikipedia.org/wiki/Nuclear\\_medicine#History](http://en.wikipedia.org/wiki/Nuclear_medicine#History)

<sup>28</sup> (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/3885397>) – «Role of nuclear medicine in chemotherapy of malignant lesions»

κτινοβολία», κάτι το οποίο είναι λανθασμένο(Καρατόπης, Κανδαράκης, 2007)<sup>29</sup>. Αυτή ήταν μια παρανόηση που εμφανίστηκε σε ένα μικρό όχι όμως αμελητέο αριθμό απαντήσεων.

Οι – ελάχιστες – αποδεκτές απαντήσεις συνδέονταν με την αντίστοιχη παράγραφο του σχολικού βιβλίου, αλλά και με ενδεχομένως *οικογενειακές - προσωπικές* εμπειρίες (η διαδικασία του σπινθηρογραφήματος δεν αναφέρεται στο σχολικό βιβλίο):

*«υπάρχει μια μέθοδος όπου εισάγουν στον οργανισμό μια μικρή ποσότητα ραδιενεργής ουσίας και μέσω κάποιων ανιχνευτών ανιχνεύουν τον καρκίνο», Φ15*

*«χρησιμοποιείται η ραδιενέργεια για θεραπεία (π.χ. θυρεοειδούς με ραδιενεργό ιώδιο)», Φ23*

*«η πυρηνική φυσική έχει ιατρικές εφαρμογές – μια από αυτές είναι το σπινθηρογράφημα», ΠΤ17*

Σε συγκεκριμένες περιπτώσεις, δόθηκαν απαντήσεις που περιείχαν και σωστά και λανθασμένα στοιχεία, επομένως αξιολογήθηκαν ως «μερικώς αποδεκτές»:

*«Ακτίνες Χ, ακτινοβολίες για τον καρκίνο», ΠΤ40*

*«Στην εξέταση των ασθενών με ακτινογραφίες, στη θεραπεία του καρκίνου με ακτίνες γ», Φ18*

*«Ναι, στις ακτινογραφίες και στην καταστροφή των καρκινικών όγκων», ΠΤ46*

Ως «μερικώς αποδεκτές» αξιολογήθηκαν και μερικές απαντήσεις που ήταν ασαφείς, όμως λόγω του περιεχομένου τους δεν θεωρήθηκαν λανθασμένες:

*«Υπάρχει η ακτινολογία, η ακτινοδιαγνωστική ιατρική», ΠΤ34*

Η αναφορά στις ακτινογραφίες (ή ακτίνες Χ, όπως επέλεξαν αρκετοί φοιτητές) εμφάνισε μεγάλη συχνότητα. Σε 40 απαντήσεις από τις 58 συνολικά (69%), υπήρχε η έννοια της **ακτινογραφίας** ως εφαρμογής της πυρηνικής φυσικής στην ιατρική. Δεν εμφανίζεται καμία διαφορά στα ποσοστά μεταξύ των φοιτητών του ΠΤΔΕ και του Τμήματος Φυσικής. Όμως, το μεγαλύτερο ποσοστό φοιτητών (42,5%) που ανέφεραν τις ακτινογραφίες, προέρχονταν από τη θετική κατεύθυνση, με τη θεωρητική και τεχνολογική να ακολουθούν (32,5% και 25%, αντίστοιχα).

---

<sup>29</sup> Η Μαγνητική τομογραφία (MRI) είναι μια ιατρική διαγνωστική τεχνική που χρησιμοποιείται στην ακτινολογία για την απεικόνιση των εσωτερικών οργάνων ενός οργανισμού. Η Μ.Τ. χρησιμοποιεί την ιδιότητα του πυρηνικού μαγνητικού συντονισμού για την απεικόνιση των πυρήνων των ατόμων μέσα στο σώμα

Πίνακας 3.14. Αποτελέσματα στη δραστηριότητα «Πυρηνική φυσική και ιατρική») ανά κατεύθυνση προέλευσης και ανά τμήμα

|                           | ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ ΠΡΟΕΛΕΥΣΗΣ |                |                | ΤΜΗΜΑ        |               | Σύνολο | % ποσοστό |
|---------------------------|-----------------------|----------------|----------------|--------------|---------------|--------|-----------|
|                           | ΘΕΤ<br>(N=27)         | ΤΕΧΝ<br>(N=34) | ΘΕΩΡ<br>(N=34) | ΦΥΣ<br>f (%) | ΠΤΔΕ<br>f (%) |        |           |
| Α) Δεν απάντησε           | 8                     | 14             | 15             | 15 (36,6)    | 22 (40,7)     | 37     | 38,9      |
| Β) Απάντηση λανθασμένη    | 12                    | 17             | 12             | 19 (46,3)    | 22 (40,7)     | 41     | 43,2      |
| Γ) Μερικώς σωστή απάντηση | 5                     | 1              | 5              | 3 (7,3)      | 8 (14,8)      | 11     | 11,6      |
| Δ) Ορθή απάντηση          | 2                     | 2              | 2              | 4 (9,8)      | 2 (3,7)       | 6      | 6,3       |
| Άθροισμα απαντήσεων       | 27                    | 34             | 34             | 41           | 54            | 95     | 100,0     |

Επακόλουθο των παρανοήσεων που εμφανίστηκαν ήταν το μεγάλο ποσοστό λανθασμένων απαντήσεων (41/95 ή 43,2%). Όσον αφορά τις κατευθύνσεις προέλευσης διαπιστώνεται μεγαλύτερο ποσοστό μη αποδεκτών απαντήσεων μεταξύ των φοιτητών που είχαν ακολουθήσει την τεχνολογική κατεύθυνση (το 50% των φοιτητών αυτών). Είναι απογοητευτικό όμως γενικότερα το – πολύ – χαμηλό ποσοστό των ορθών απαντήσεων σε μια ερώτηση που ξεφεύγει όπως προαναφέρθηκε από τα στενά όρια της φυσικής και αφορά ένα περισσότερο κοινωνικό ζήτημα, αυτό των διαγνωστικών και θεραπευτικών εφαρμογών της ιατρικής. Και εάν τα αποτελέσματα αυτά αφορούν αντιλήψεις πρωτοετών φοιτητών με λίαν καλούς έως άριστους βαθμούς εισαγωγής, ποια θα ήταν η εικόνα στην περίπτωση αποφοίτων λυκείου με ακόμη χαμηλότερους βαθμούς;

#### «Το όριο της ακτινοβολίας»

**11) Το όριο όμως αυτό σταδιακά πέφτει, φτάνοντας τη δεκαετία του '50 στα 15 rem, την περίοδο μεταξύ 1960 και 1990 στα 5 rem, και τώρα πια μιλάμε για 2 rem! Σήμερα οι τιμές αυτές για τον γενικό πληθυσμό (και όχι για τους πυρηνικούς εργάτες) είναι το 1/10, δηλαδή 0,2 rem.**

*Μπορείτε να σκεφθείτε γιατί το όριο για τον γενικό πληθυσμό έχει τεθεί δέκα φορές λιγότερο από ό,τι για τους εργαζόμενους στα πυρηνικά εργοστάσια;*



Παρά το γεγονός ότι το σχολικό βιβλίο της γ λυκείου (σελ.94) παραθέτει τιμές ορίων (σε έγχρωμο ένθετο κείμενο, που δεν αποτελεί διδακτέα ύλη) και σχολιάζει τα μεγέθη αυτά, δεν κάνει καμία νύξη στη *διαφορά* των ορίων μεταξύ των εργαζομένων σε πυρηνικά εργοστάσια και του γενικού πληθυσμού. Επομένως, η δραστηριότητα αυτή ήταν αρκετά *απαιτητική* καθώς οι φοιτητές έπρεπε να συνδυάσουν *γνώσεις* και *κριτική σκέψη*. Εκτός αυτού όμως, η παράθεση των τιμών των επιτρεπτών ορίων απαιτούσε και την ιδιαίτερη μελέτη τους. Οι φοιτητές έπρεπε να απομονώσουν δύο στοιχεία: τη μείωση του ορίου και τη διαφορά του ορίου για τον γενικό πληθυσμό σε σχέση με τους πυρηνικούς εργάτες. Στο σημείο αυτό να σημειωθεί ότι η παράγραφος αυτή θεωρήθηκε ως ίσως «υπερβολική», με τη σκέψη να μορφοποιηθεί κατάλληλα ή να γίνει πιο περιληπτική ώστε να είναι περισσότερο σαφής. Μια τέτοια επέμβαση όμως θα αλλοίωνε σε μεγάλο βαθμό πλέον το αρχικό κείμενο και θα ξέφευγε από τα όρια των απλών επεμβάσεων που είχαν συζητηθεί να γίνουν – όπου χρειαζόταν.

Η συμμετοχή των φοιτητών (58%) ήταν ικανοποιητική, παρά το γεγονός ότι ήταν η τελευταία ερώτηση την οποία θα απαντούσαν.

Το περιεχόμενο των απαντήσεων είχε αρκετό ενδιαφέρον. Ένας μεγάλος αριθμός φοιτητών (20/55 ή 36,3%) έδωσε απαντήσεις που αφορούσαν μια υποτιθέμενη *ιδιότητα* του ανθρώπινου οργανισμού να «*συνηθίζει*» ή να «*προσαρμόζεται*», να αποκτά ένα «*είδος ανοσίας*», όπως σημείωσε ένας σημαντικός αριθμός. Τέτοια περίπτωση «*ανοσίας*» φυσικά δεν υφίσταται και αυτού του είδους οι απαντήσεις, όσο ενδιαφέρουσες και αν είναι, αξιολογήθηκαν ως «μη αποδεκτές»:

*«γιατί εκτίθενται καθημερινά σε αυτές τις συνθήκες οπότε ο οργανισμός τους έχει αποκτήσει περισσότερη ανοσία απ' ότι των άλλων ανθρώπων», Φ41*

*«γιατί ο οργανισμός τους είναι πιο ευαίσθητος στην ακτινοβολία, ενώ οι εργαζόμενοι έχουν κατά κάποιο τρόπο "προσαρμοστεί"», ΠΤ1*

*«ίσως λόγω της "ανοσίας" - συνήθειας του οργανισμού τους», Φ21*

*«γιατί οι εργαζόμενοι έχουν συνηθίσει στη ραδιενέργεια και φορούν ειδικές στολές», ΠΤ17*

*«γιατί οι εργαζόμενοι των πυρηνικών εργοστασίων λαμβάνουν καθημερινά πυρηνική ενέργεια και έχουν γίνει περισσότερο ανθεκτικοί σ' αυτήν», ΠΤ15*

Να σημειωθεί μια επιπλέον εναλλακτική έκφραση – παρανόηση στην τελευταία απάντηση, η φράση «*λαμβάνουν πυρηνική ενέργεια*». Αντίστοιχη φράση βρέθηκε και σε απαντήσεις φοιτητών του φυσικού τμήματος:

*«γιατί έρχονται καθημερινά σε επαφή με πυρηνική ενέργεια η οποία συσσωρεύεται στον οργανισμό τους», Φ35*

Μερικές απαντήσεις έχουν μια ορθή αφετηρία για να προσεγγίσουν το θέμα, αλλά είναι λίγο έως πολύ ελλιπείς, επομένως ταξινομήθηκαν ως «μερικώς αποδεκτές». Σε κάποιες περιπτώσεις γίνεται αναφορά στη **διάρκεια έκθεσης** στην ακτινοβολία:

*«γιατί ίσως οι υπόλοιποι άνθρωποι δεν απασχολούνται στα πυρηνικά εργοστάσια και δεν εκτίθενται στη ραδιενέργεια τόσο πολύ», ΠΤ39*

*«γιατί οι εργαζόμενοι στα πυρηνικά εργοστάσια εκτίθενται καθημερινά στη ραδιενέργεια», Φ14*

*«γιατί εκτίθενται σε μεγαλύτερη δόση ραδιενέργειας και για περισσότερο χρονικό διάστημα», Φ18*

Έμμεσα, σε ελάχιστες απαντήσεις, γίνεται αναφορά και στη φυσική ραδιενέργεια:  
*«γιατί οι εργαζόμενοι στα πυρηνικά εργοστάσια δέχονται και την ακτινοβολία από τη διάσπαση των πυρήνων του ουρανίου», ΠΤ53*

*«πολύ απλά γιατί στα πυρηνικά εργοστάσια είσαι πολύ πιο εκτεθειμένος σε διάφορες μορφές ακτινοβολίας και ραδιενέργειας», Φ24*

Στις ελάχιστες απαντήσεις που αξιολογήθηκαν ως «αποδεκτές» η διαφορά εστιάζεται στα **μέτρα προστασίας** που λαμβάνουν όσοι εργάζονται σε εγκαταστάσεις που αφορούν ραδιενεργό ακτινοβολία:

*«Ίσως είναι λιγότερο το όριο στο γενικό πληθυσμό διότι δεν έχουν τις ανάλογες προφυλάξεις που χρησιμοποιούν οι εργάτες στο εργοστάσιο», ΠΤ12*

*«Γιατί οι εργαζόμενοι σε πυρηνικά εργοστάσια θα λαμβάνουν περισσότερη ακτινοβολία και φοράνε στολές για να προστατεύονται. Ο υπόλοιπος πληθυσμός δεν προστατεύεται», ΠΤ30*

Η ακόλουθη απάντηση, που αξιολογήθηκε ως «αποδεκτή» και είναι ενδιαφέρουσα καθώς περιέχει στοιχεία που είναι πιθανό να προέρχονται από άτυπες πηγές γνώσης (κάποιο ντοκιμαντέρ ίσως ή άρθρο στον τύπο):

*«Οι εργαζόμενοι σε πυρηνικό εργοστάσιο δικαιούνται άδεια ειδική για να απομακρυνθούν λίγο από το χώρο της ενέργειας και συνταξιοδοτούνται γρηγορότερα. Αν ο γενικός πληθυσμός έπαιρνε την ίδια δόση ραδιενέργειας καθημερινά, συνολικά θα δεχόταν περισσότερη ενέργεια», ΠΤ4*

Πίνακας 3.15. Αποτελέσματα στη δραστηριότητα «**όριο ακτινοβολίας**» ανά κατεύθυνση προέλευσης και ανά τμήμα

|                           | ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ ΠΡΟΕΛΕΥΣΗΣ |                |                | ΤΜΗΜΑ        |               | Σύνολο | % ποσοστό |
|---------------------------|-----------------------|----------------|----------------|--------------|---------------|--------|-----------|
|                           | ΘΕΤ<br>(N=27)         | ΤΕΧΝ<br>(N=34) | ΘΕΩΡ<br>(N=34) | ΦΥΣ<br>f (%) | ΠΤΔΕ<br>f (%) |        |           |
| Α) Δεν απάντησε           | 11                    | 11             | 18             | 18 (43,9)    | 22 (40,7)     | 40     | 42,1      |
| Β) Απάντηση λανθασμένη    | 8                     | 12             | 9              | 13 (31,7)    | 16 (29,6)     | 29     | 30,5      |
| Γ) Μερικώς σωστή απάντηση | 7                     | 10             | 4              | 10 (24,4)    | 11 (20,4)     | 21     | 22,1      |
| Δ) Ορθή απάντηση          | 1                     | 1              | 3              | 0            | 5 (9,3)       | 5      | 5,3       |
| Άθροισμα απαντήσεων       | 27                    | 34             | 34             | 41           | 54            | 95     | 100,0     |

Όπως φαίνεται και από τον πίνακα 3.15, ήταν μια από τις πλέον δύσκολες δραστηριότητες και για την εξαγωγή συμπερασμάτων, αφού ελάχιστος αριθμός φοιτητών απάντησε σωστά. Εάν στον αριθμό των αποδεκτών απαντήσεων προστεθούν και οι μερικώς αποδεκτές, προκύπτει ότι μόλις το **27,4%** των φοιτητών μπορεί να εξηγήσει τους λόγους ή έστω κάποιους από τους λόγους θέσπισης διαφορετικών ορίων για τους πυρηνικούς εργάτες και τον γενικό πληθυσμό.

- Στο σημείο αυτό θα πρέπει να υπογραμμιστεί ένα σημαντικό ζήτημα που αφορά την ερώτηση αυτή: το όριο περιλαμβάνει όλα τα είδη ακτινοβολίας και όχι μόνο αυτά που οφείλονται αποκλειστικά σε πυρηνικά φαινόμενα. Δηλαδή περιλαμβάνονται **και** ακτίνες Χ από τις ιατρικές εξετάσεις **και** η κοσμική ακτινοβολία. Περιλαμβάνονται φυσικά οι πηγές φυσικής ραδιενέργειας (αέριο ραδόνιο, κάλιο – 40 στο ανθρώπινο σώμα) **και** οι δοκιμές πυρηνικών όπλων. Δεν υπήρξε όμως κάποια απάντηση που να σχετίζεται με αυτή την παρατήρηση, ώστε να ληφθεί υπόψη.

### «Λέξεις – κλειδιά»

#### 12) Φτιάξτε έναν κατάλογο λέξεων-κλειδιών στο άρθρο

Σε αυτή τη δραστηριότητα ζητήθηκε από τους φοιτητές να γράψουν τις έννοιες που θεωρούσαν ως σημαντικότερες ή αλλιώς τις λέξεις – κλειδιά (key concepts). Δεν υπήρχε περιορισμός για τον αριθμό των όρων που θα μπορούσαν να σημειώσουν, εκτός φυσικά από τον χρονικό. Καταγράφηκαν όλες οι λέξεις ή οι φράσεις που οι φοιτητές επέλεξαν ως

σημαντικές για το άρθρο και ταξινομήθηκαν κατάλληλα σε ένα φύλλο εργασίας του excel. Κατά την ταξινόμηση βρέθηκε ότι **επτά** έννοιες επιλέχθηκαν από τους φοιτητές ως συχνότερες έννοιες «κλειδιά»: **Ραδιενέργεια, Ισότοπα – Ραδιοϊσότοπα, Πυρηνικός αντιδραστήρας, Ημιζωή, Σχάση, Απεμπλουτισμένο ουράνιο**. Ακόμη συγκεντρώθηκαν σε μια κατηγορία οι απαντήσεις που έκαναν αναφορά σε: **Περιβάλλον – Ρύπανση – Επιπτώσεις – Φύση**, επειδή αφορούν περιβαλλοντικά θέματα.

Πολλές λέξεις αναφέρθηκαν με μικρή συχνότητα και δεν συμπεριλαμβάνονται στον πίνακα που ακολουθεί. Ενδεικτικά, η έννοια «**λανθάνουσα περίοδος**» – η οποία συμπεριλαμβάνεται – σημειώθηκε συνολικά από 8 (οκτώ) φοιτητές (πίνακας) και η αμέσως επόμενη σε συχνότητα εμφάνισης, μόλις από τρεις.

Στον πίνακα 3.16 της επόμενης σελίδας παρουσιάζονται οι έννοιες που εμφάνισαν τη μεγαλύτερη συχνότητα και πως αυτές κατανέμονται ανάλογα με την κατεύθυνση και το τμήμα προέλευσης των φοιτητών

Πίνακας 3.16 : Έννοιες – κλειδιά με τη μεγαλύτερη συχνότητα ανά κατεύθυνση και ανά τμήμα

| <i>Έννοια</i>                                              | <i>Συχνότητα</i> | <i>Θετική<br/>(N=27)</i> | <i>Τεχνολογική<br/>(N=34)</i> | <i>Θεωρητική<br/>(N=34)</i> | <i>ΦΥΣ<br/>(41)</i> | <i>ΠΤΔΕ<br/>(54)</i> |
|------------------------------------------------------------|------------------|--------------------------|-------------------------------|-----------------------------|---------------------|----------------------|
| Ραδιενέργεια                                               | 44               | 12<br>(44,4)             | 11 (32,3)                     | 21 (61,8)                   | 10<br>(24,4)        | 34<br>(63,0)         |
| Απεμπλουτισμένο ουράνιο                                    | 38               | 8 (29,6)                 | 10 (29,4)                     | 20 (58,8)                   | 6<br>(14,6)         | 32<br>(59,2)         |
| Πυρηνικός αντιδραστήρας                                    | 29               | 7 (25,9)                 | 7 (20,6)                      | 15 (44,1)                   | 8<br>(19,5)         | 21<br>(38,9)         |
| Περιβάλλον – Ρύπανση – Επιπτώσεις – Φύση – Τροφική αλυσίδα | 26               | 7 (25,9)                 | 7 (20,6)                      | 12 (35,3)                   | 8<br>(19,5)         | 18<br>(33,3)         |
| Ραδιενεργό Ουράνιο - Ουράνιο                               | 24               | 8 (29,6)                 | 8 (23,5)                      | 8 (23,5)                    | 8<br>(19,5)         | 16<br>(29,6)         |
| Σχάση                                                      | 23               | 6 (22,2)                 | 6 (17,6)                      | 11 (32,4)                   | 8<br>(19,5)         | 15<br>(27,8)         |
| Ισότοπα – Ραδιοϊσότοπα                                     | 18               | 6 (22,2)                 | 7 (20,6)                      | 5 (14,7)                    | 9<br>(21,9)         | 9<br>(16,7)          |
| Ημιζωή                                                     | 17               | 6 (22,2)                 | 8 (23,5)                      | 3 (8,8)                     | 8<br>(19,5)         | 9<br>(16,7)          |
| Ακτινοβολία                                                | 20               | 7 (25,9)                 | 4 (11,7)                      | 9 (26,4)                    | 7<br>(17,1)         | 13<br>(24,1)         |
| rem                                                        | 12               | 4 (14,8)                 | 3 (8,8)                       | 5 (14,7)                    | 7                   | 5                    |
| Λανθάνουσα περίοδος                                        | 8                | 3 (11,1)                 | 2 (5,9)                       | 3 (8,8)                     | 4<br>(9,8)          | 4<br>(7,4)           |
| <b><i>Δεν έγραψαν καμία</i></b>                            | <b><i>28</i></b> | <b><i>10</i></b>         | <b><i>12</i></b>              | <b><i>6</i></b>             | <b><i>21</i></b>    | <b><i>7</i></b>      |

Τι διαπιστώνεται από τον προηγούμενο πίνακα: Παρόλο που οι επιδόσεις των φοιτητών που προέρχονταν από το ΠΤΔΕ ήταν γενικά χαμηλότερες ποσοστιαία, σε αυτή τη δραστηριότητα εμφανίζεται *μεγαλύτερη* συμμετοχή και *μεγαλύτερη* ικανότητα ανάλυσης του κειμένου. Το ίδιο μπορεί να ειπωθεί και για τους φοιτητές που προέρχονταν από τη *θεωρητική* κατεύθυνση. Η λέξη «ραδιενέργεια» ήταν αυτή που επιλέχθηκε περισσότερο από τους φοιτητές όλων των κατευθύνσεων ως λέξη «κλειδί» και το «απεμπλουτισμένο

ουράνιο» η αμέσως επόμενη σε συχνότητα εμφάνισης. Στη συνέχεια, υπάρχουν διαφοροποιήσεις στη σειρά συχνότητας εμφάνισης των διαφόρων εννοιών, που μπορούν να εξηγηθούν από την θεωρητικά μεγαλύτερη ικανότητα των φοιτητών που προέρχονται από τη θεωρητική κατεύθυνση στην *ανάλυση* και στη *σύνθεση* ενός κειμένου, σε αντίθεση με τους φοιτητές που προέρχονταν από τις άλλες δυο κατευθύνσεις και που ήταν προσανατολισμένοι σε άλλο τρόπο μελέτης (π.χ. επίλυση προβλήματος). Οι φοιτητές που προέρχονταν από την τεχνολογική κατεύθυνση εμφάνισαν – σε σχέση με τις άλλες δυο κατευθύνσεις – χαμηλότερη συχνότητα αναφοράς σε έννοιες όπως η σχάση, ο πυρηνικός αντιδραστήρας, η ακτινοβολία και τα περιβαλλοντικά θέματα. Αντίστοιχα, οι φοιτητές που προέρχονταν από την θεωρητική κατεύθυνση έδειξαν μικρότερη προτίμηση σε σχέση με τις άλλες δυο κατευθύνσεως στις έννοιες της ημιζωής και των ισοτόπων. Σημειώνεται ακόμη το γεγονός ότι 28 φοιτητές (και από τα δυο τμήματα συνολικά, 29,5%) δεν σημείωσαν καμία έννοια. Οι περισσότεροι ποσοστιαία προέρχονταν από τη θετική κατεύθυνση, έχοντας όμως συμμετοχή σε *αρκετές* από τις προηγούμενες δραστηριότητες.

### «Ασαφείς έννοιες»

Σε αυτή την τελευταία δραστηριότητα, ζητήθηκε από τους φοιτητές να σημειώσουν τις **ασαφείς έννοιες** που συνάντησαν στο κείμενο, δηλαδή αυτές που αγνοούσαν ή δεν καταλάβαιναν τη σημασία τους. Στον ακόλουθο πίνακα φαίνονται οι έννοιες αυτές ανά κατεύθυνση και ανά τμήμα προέλευσης

Πίνακας 3.17. Ασαφείς έννοιες ανά τμήμα και ανά κατεύθυνση προέλευσης

| <i>Έννοια</i>                   | <i>Συχνότητα</i> | <i>Θετική<br/>(27)</i> | <i>Τεχνολογική<br/>(34)</i> | <i>Θεωρητική<br/>(34)</i> | <i>ΦΥΣ<br/>(41)</i> | <i>ΠΤΔΕ<br/>(54)</i> |
|---------------------------------|------------------|------------------------|-----------------------------|---------------------------|---------------------|----------------------|
| <b>Πυρηνική σχάση</b>           | 28               | 8 (29,6)               | 5 (14,7)                    | 15 (44,1)                 | 8<br>(19,5)         | 20<br>(37,0)         |
| <b>Απεμπλουτισμένο ουράνιο</b>  | 20               | 3 (11,1)               | 5 (14,7)                    | 12 (35,3)                 | 2<br>(4,9)          | 18<br>(33,3)         |
| <b>Ισότοπα – Ραδιοϊσότοπα</b>   | 19               | 3 (11,1)               | 5 (14,7)                    | 11 (32,4)                 | 3<br>(7,3)          | 16<br>(29,6)         |
| <b>Είδη ακτινοβολιών</b>        | 14               | 4 (14,8)               | 2 (5,9)                     | 8 (23,5)                  | 1<br>(2,4)          | 13<br>(24,1)         |
| <b>Σχάσιμο υλικό</b>            | 12               | 3 (11,1)               | 2 (5,9)                     | 7 (20,6)                  | 1<br>(2,4)          | 11<br>(20,4)         |
| <b>Ημιζωή</b>                   | 12               | 2 (7,4)                | 2 (5,9)                     | 8 (23,5)                  | 2<br>(4,8)          | 10<br>(29,4)         |
| <b>Πυρηνικός αντιδραστήρας</b>  | 8                | 1 (3,7)                | 2 (5,9)                     | 5 (14,7)                  | 2<br>(4,8)          | 6<br>(11,1)          |
| <b>rem</b>                      | 7                | 2 (7,4)                | 0                           | 5 (14,7)                  | 1<br>(2,4)          | 6<br>(11,1)          |
| <b><i>Δεν έγραψαν καμία</i></b> | <b>46</b>        | <b>12</b>              | <b>22</b>                   | <b>12</b>                 | <b>20</b>           | <b>26</b>            |

Η έννοια που δεν αναφέρεται σε κανένα σημείο του σχολικού βιβλίου είναι αυτή του «απεμπλουτισμένου ουρανίου». Παρόλα αυτά, από τον προηγούμενο πίνακα εμφανίζεται με μεγαλύτερη συχνότητα η έννοια της πυρηνικής σχάσης (και από τις τρεις κατευθύνσεις προέλευσης) και ακολουθεί τρίτη μετά το απεμπλουτισμένο ουράνιο η έννοια των ισοτόπων. Όπως σχολιάστηκε και στις αντίστοιχες δραστηριότητες, πρόκειται για αντικείμενα που αποτελούν τμήμα της διδακτέας ύλης. Γιατί λοιπόν οι φοιτητές δηλώνουν ότι τις αγνοούν; Είναι πιθανόν να μην ασχολούνται με όσα δεν βρίσκουν «χρήσιμα» για την επι-

τυχία τους στις εξετάσεις και η μελέτη τους σε αυτά να καλύπτει ανάγκες απλής ενδοσχολικής εξέτασης.

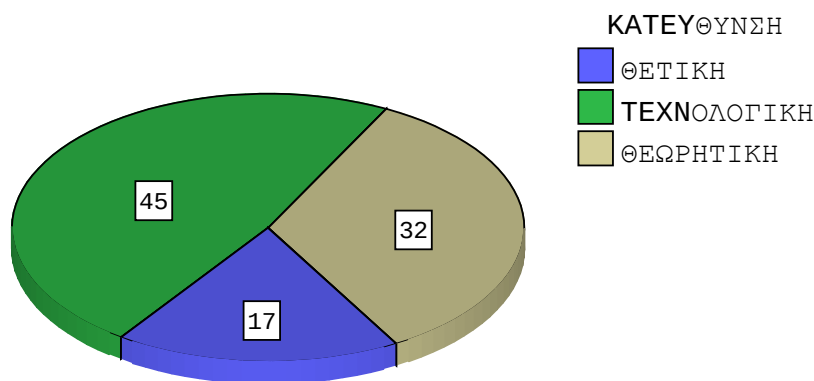
Αν εξετάσουμε τα αποτελέσματα στις δραστηριότητες 12 και 13, διαπιστώνουμε τα ακόλουθα: Δεν συμμετείχαν σε αυτές τις δυο δραστηριότητες συνολικά 23 φοιτητές. Οι 18 προέρχονταν από το Τμήμα Φυσικής και οι 5 από το ΠΤΔΕ. Ακόμη, οι 9 προέρχονταν από τη θετική κατεύθυνση, οι 10 από την τεχνολογική και οι 4 μόνο από τη θεωρητική. Αυτή είναι μια ακόμη ένδειξη ότι οι φοιτητές που προέρχονταν από την θεωρητική κατεύθυνση, παρά τις πάρα πολλές μη αποδεκτές απαντήσεις που έδωσαν σε όλη τη δραστηριότητα, παρουσίασαν σημαντική συμμετοχή.



### 3.3. ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ Β: ITER: Ο ΑΝΤΙΔΡΑΣΤΗΡΑΣ ΠΟΥ ΘΑ ΑΛΛΑΞΕΙ ΤΟΝ ΚΟΣΜΟ

Τα ερωτηματολόγια αυτής της δραστηριότητας συμπλήρωσαν συνολικά **94** πρωτοετείς φοιτητές, 50 προερχόμενοι από το ΠΤΔΕ και 44 από το τμήμα Φυσικής. Όσον αφορά την κατεύθυνση προέλευσης, 17 φοιτητές είχαν ακολουθήσει στην τελευταία τάξη του λυκείου την θετική, 45 προέρχονταν από την τεχνολογική και 32 από την θεωρητική κατεύθυνση (εικόνα 3.3).

ΦΟΙΤΗΤΕΣ/ΤΡΙΕΣ ΑΝΑ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ



Εικόνα 3.3

Η ομαδοποίηση των ερωτήσεων, όπου έγινε, ακολούθησε - όπως και στην περίπτωση της δραστηριότητας για το απεμπλουτισμένο ουράνιο, ως κριτήριο το *κοινό περιεχόμενο* των ερωτήσεων. Όπως διαπιστώνεται στη συνέχεια, ήταν λιγότερες οι περιπτώσεις ομαδοποίησης και αυτό λόγω του διαφορετικού περιεχομένου του συγκεκριμένου ερωτηματολογίου, που δεν επέτρεπε παρόμοια επεξεργασία, όπως φαίνεται στη συνέχεια.

Ακολουθεί το κείμενο του άρθρου και οι αντίστοιχες ερωτήσεις

## Β) ΑΝΤΙΔΡΑΣΤΗΡΑΣ ΣΥΝΤΗΞΗΣ (ITER)

**Κριτική ανάγνωση ενός κειμένου**

**ΤΜΗΜΑ:**

Από ΕΛΛΑΔΑ Από ΚΥΠΡΟ (κυ-  
κλώστε)

**ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ (γ' λυκείου) (κυκλώστε) : θετική / τεχνολογική / θεωρητική**  
**ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ (β' λυκείου) (κυκλώστε) : θετική / τεχνολογική / θεωρητική**

### ITER: Ο αντιδραστήρας που θα αλλάξει τον κόσμο

Ύστερα από μαραθώνιες διαβουλεύσεις πολλών ετών άρχισε επιτέλους η αντίστροφη μέτρηση για την κατασκευή στην πόλη Κανταράς της Γαλλίας του θερμοπυρηνικού αντιδραστήρα από μια ομάδα συνεργαζόμενων κρατών. Ο αντιδραστήρας αναμένεται να είναι έτοιμος το 2016. Η επιτυχής λειτουργία του θα σηματοδοτήσει την είσοδο του τεχνολογικού πολιτισμού μας σε μια νέα φάση

**Του Χ. ΒΑΡΒΟΓΛΗ**

*Ο κ. Χάρης Βάρβογλης είναι αναπληρωτής καθηγητής του Τμήματος Φυσικής στο Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.*

**ΕΦΗΜΕΡΙΔΑ Το ΒΗΜΑ, 04/09/2005 , Σελ.: Η04 (εδώ παρατίθεται απόσπασμα του άρθρου με μικρές τροποποιήσεις)**

|    |                                                                                                              |
|----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1  | Η εφαρμοσμένη έρευνα για την ανάπτυξη νέων τεχνολογιών έχει αρχίσει να ξεπερνά                               |
| 2  | την αντοχή του προϋπολογισμού ακόμη και των περισσότερο οικονομικά ανεπτυγμένων κρα-                         |
| 3  | τών. Η λύση στο πρόβλημα αυτό φαίνεται να είναι η διεθνής διακρατική συνεργασία και η                        |
| 4  | πρώτη κοινοπραξία κρατών που συνεργάζονται για την επίλυση του ενεργειακού προβλήμα-                         |
| 5  | τος της ανθρωπότητας φαίνεται ότι βρίσκεται σε καλό δρόμο. Σκοπός της συνεργασίας είναι                      |
| 6  | η κατασκευή του πρώτου πειραματικού <b>θερμοπυρηνικού αντιδραστήρα</b> , ο οποίος θα απο-                    |
| 7  | δείξει τη δυνατότητα κατασκευής <b>εργοστασίων παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος</b> που θα                      |
| 8  | χρησιμοποιούν ως πηγή ενέργειας τη <b>σύντηξη του υδρογόνου σε ήλιο</b> . Η ενέργεια που ε-                  |
| 9  | λευθερώνεται από τη σύντηξη 1 γραμμαρίου ατόμων υδρογόνου (1 μολ ατομικού υδρογό-                            |
| 10 | νου) είναι ίση με την ενέργεια που ελευθερώνεται από την καύση περίπου 23.000 λίτρων                         |
| 11 | βενζίνης! (από την οποία παίρνουμε τόση ενέργεια, όση ηλεκτρική ενέργεια καταναλίσκει                        |
| 12 | περίπου όλη η Ελλάδα σε μία ώρα!)                                                                            |
| 13 | Από το 1954, οπότε έγινε η πρώτη δοκιμή <b>βόμβας υδρογόνου</b> , οι φυσικοί είχαν ήδη                       |
| 14 | αρχίσει τις προσπάθειες για την <b>ειρηνική χρήση</b> αυτής της <b>νέας πηγής ενέργειας</b> , της <b>σύ-</b> |
| 15 | <b>ντηξης του υδρογόνου</b> . Ο στόχος αυτός όμως αποδείχθηκε πολύ δυσκολότερος από την α-                   |

ντίστοιχη προσπάθεια για την τιθάσευση της **ατομικής ενέργειας** από τη **διάσπαση (σχάση) του ουρανίου**. Ο λόγος είναι ότι η σύντηξη του υδρογόνου πραγματοποιείται σε θερμοκρασίες πολλών εκατομμυρίων βαθμών Κελσίου, ενώ ακόμη και τα πιο ανθεκτικά υλικά που διαθέτουμε στη Γη λιώνουν στους 3.000 ή 4.000 βαθμούς. Πώς μπορεί λοιπόν να κατασκευασθεί αντιδραστήρας που να αντέχει σε τόσο υψηλές θερμοκρασίες;

Από το 1954 ως σήμερα δοκιμάστηκαν πολλές ιδέες. Μία από τις πρώτες ιδέες, που αποδείχθηκε και η πιο επιτυχημένη, ήταν η χρήση ενός **μαγνητικού πεδίου** ως «**αόρατου τοιχώματος**» του αντιδραστήρα. Στις υψηλές θερμοκρασίες που απαιτούνται για τη σύντηξη, **το υδρογόνο είναι ιοντισμένο** και το αέριο είναι πια ένα **μείγμα από πρωτόνια και ηλεκτρόνια**. Το μείγμα αυτό ονομάζεται **πλάσμα**. Σύμφωνα όμως με έναν από τους βασικούς νόμους της Φυσικής, **το πλάσμα «απωθείται» από τις περιοχές όπου υπάρχει ισχυρό μαγνητικό πεδίο**. Επομένως το μόνο που χρειάζεται για να «συγκρατήσουμε» το πλάσμα στον θερμοπυρηνικό αντιδραστήρα είναι να τοποθετήσουμε μια σειρά από μαγνήτες με τέτοιο τρόπο ώστε **το μαγνητικό πεδίο να είναι ασθενές στο κέντρο του αντιδραστήρα και ισχυρό κοντά στα τοιχώματα**.

Σήμερα έχουμε καταλήξει στο μοντέλο TOKAMAK, έναν αντιδραστήρα σε σχήμα σαμπρέλας που έχει προταθεί από σοβιετικούς επιστήμονες. Ο **πειραματικός** αντιδραστήρας ITER θα κατασκευασθεί με βάση αυτό το μοντέλο και αναμένεται ότι θα επιβεβαιώσει την ορθότητα αυτής της επιλογής. Αν όλα πάνε καλά, το επόμενο βήμα θα είναι η κατασκευή του πρώτου **ολοκληρωμένου** θερμοπυρηνικού αντιδραστήρα, που θα παράγει ηλεκτρική ενέργεια από τη σύντηξη του υδρογόνου.

Όλες οι χώρες της κοινοπραξίας ήθελαν να φιλοξενήσουν τον αντιδραστήρα επειδή, σε αντίθεση με τους **ατομικούς αντιδραστήρες ουρανίου**, που έχουν πάντα τον **κίνδυνο έκρηξης** και παράγουν **ραδιενεργά κατάλοιπα**, οι θερμοπυρηνικοί αντιδραστήρες είναι ασφαλείς και «καθαροί». Τελικά φαίνεται ότι η συνεχιζόμενη αύξηση των τιμών του πετρελαίου επέδρασε καταλυτικά στις διαπραγματεύσεις και αποφασίστηκε τελικά να κατασκευαστεί ο αντιδραστήρας στην πόλη Κανταράς της Γαλλίας, θέση που υποστήριζε η Ευρωπαϊκή Ένωση.

Η επιτυχής λειτουργία του αντιδραστήρα ITER θα αποτελέσει ένα από τα πιο σημαντικά ορόσημα του τεχνολογικού μας πολιτισμού. Θα σημάνει την οριστική απεξάρτηση των ανθρώπων από τις σημαντικότερες ως σήμερα πηγές ενέργειας, το κάρβουνο και το πετρέλαιο. Αν κοιτάξει κανείς τις τελευταίες εκατονταετίες της ανθρώπινης ιστορίας, θα διαπιστώσει ότι οι περισσότεροι μεγάλοι πόλεμοι έγιναν για την κατοχή και διαχείριση των πηγών ενέργειας, που ήταν πάντοτε εντοπισμένες σε μικρές περιοχές του πλανήτη και είχαν περιορισμένη δυναμικότητα. Αντίθετα, **το υδρογόνο υπάρχει στο νερό και μπορούμε να το πάρουμε από αυτό**, έτσι ώστε με τον τρόπο αυτόν να θεωρείται λυμένο το ενεργειακό πρόβλημα των κατοίκων του πλανήτη μας για πολλές χιλιετίες.

1) >> Σκοπός της συνεργασίας είναι η κατασκευή του πρώτου πειραματικού **θερμοπυρηνικού αντιδραστήρα**. (Γραμμές 5-6).

Τι σημαίνει ο όρος **θερμοπυρηνικός αντιδραστήρας**;

2) >> ... θα χρησιμοποιούν ως πηγή ενέργειας τη **σύντηξη του υδρογόνου σε ήλιο**. (Γραμμή 8).

Μπορείτε να γράψετε την εξίσωση της πυρηνικής αντίδρασης που περιγράφει τη σύντηξη του υδρογόνου; (ΥΠΟΔΕΙΞΗ: Κατά την αντίδραση παράγονται ήλιο  ${}^4_2\text{He}$  και ποζιτρόνια  ${}^0_{+1}\text{e}$ .)

3) >> Η ενέργεια που ελευθερώνεται από την σύντηξη 1 γραμμαρίου ατόμων υδρογόνου (1 μολ ατομικού υδρογόνου) είναι ίση με την ενέργεια που ελευθερώνεται από την καύση περίπου 23.000 λίτρων βενζίνης! (Γραμμές 8-11).

Πώς εξηγείται με όρους φυσικής η μεγάλη ποσότητα ενέργειας που παράγεται κατά τις πυρηνικές αντιδράσεις; (ΥΠΟΔΕΙΞΗ: Η εξήγηση συνδέεται με έναν διάσημο Φυσικό του 20ού αιώνα)

4) Έχει σχέση η πυρηνική σύντηξη του υδρογόνου με τον ήλιο, τον απλανή αστέρα που μας τροφοδοτεί με ενέργεια;

5)>> Από το 1954, οπότε έγινε η πρώτη δοκιμή **βόμβας υδρογόνου**, οι φυσικοί είχαν ήδη αρχίσει τις προσπάθειες για την **ειρηνική χρήση** αυτής της **νέας πηγής ενέργειας**, της **σύντηξης του υδρογόνου**. (Γραμμές 13-15).

Ποια άλλη μη ειρηνική χρήση της πυρηνικής ενέργειας έχει γίνει; Μπορείτε να αναφέρετε και ιστορικές πληροφορίες.

6) >> Ο στόχος αυτός όμως αποδείχθηκε πολύ δυσκολότερος από την αντίστοιχη προσπάθεια για την **τιθάσευση της ατομικής ενέργειας από τη διάσπαση (σχάση) του ουρανίου**. (Γραμμές 15-17).

A) Τι γνωρίζετε για τη **διάσπαση (σχάση) του ουρανίου**;

B) Έχετε ακούσει τους όρους **εμπλουτισμένο ουράνιο** και **απεμπλουτισμένο ουράνιο**; Αν ναι, τι ξέρετε γι' αυτούς;

**εμπλουτισμένο ουράνιο:**

**απεμπλουτισμένο ουράνιο:**

7) >> Μία από τις πρώτες ιδέες, που αποδείχθηκε και η πιο επιτυχημένη, ήταν η χρήση ενός **μαγνητικού πεδίου** ως «**αόρατου τοιχώματος**» του αντιδραστήρα. (Γραμμές 21-23).

Πώς επιτυγχάνεται γενικά η παραγωγή ενός μαγνητικού πεδίου; (πώς εσείς θα επιτυγχάνατε με απλό τρόπο ένα μαγνητικό πεδίο;)

8) >> Στις υψηλές θερμοκρασίες που απαιτούνται για τη σύντηξη, **το υδρογόνο είναι ιοντισμένο** και το αέριο είναι πια ένα **μείγμα από πρωτόνια και ηλεκτρόνια**. Το μείγμα αυτό ονομάζεται **πλάσμα**. (γραμμές 23-25)

A) Τι σημαίνει «**το υδρογόνο είναι ιοντισμένο**»;

B) Από πού προέρχονται τα πρωτόνια και τα ηλεκτρόνια που απαρτίζουν το πλάσμα;

9) Ποια η βασική ιδιότητα του πλάσματος που είναι χρήσιμη στην υλοποίηση της κατασκευής του αντιδραστήρα σύντηξης;

10) >> Όλες οι χώρες της κοινοπραξίας ήθελαν να φιλοξενήσουν τον αντιδραστήρα επειδή, σε αντίθεση με τους **ατομικούς αντιδραστήρες ουρανίου**, που έχουν πάντα τον **κίνδυνο έκρηξης** και παράγουν **ραδιενεργά κατάλοιπα**, οι θερμοπυρηνικοί αντιδραστήρες είναι **ασφαλείς** και «καθαροί». (Γραμμές 37-40)

A) Συνδέεται αυτή η έκρηξη αυτή με αυτό που αναφέρουμε ως έκρηξη ατομικής βόμβας;

B) Ποια είναι η σημασία του όρου «ραδιενεργά κατάλοιπα»;

Γ) Σύμφωνα με τους υποστηρικτές των προγραμμάτων που αφορούν την πυρηνική ενέργεια, αυτά έχουν σημαντικά πλεονεκτήματα σε σχέση με τη χρήση των συμβατικών καυσίμων (που είναι ο άνθρακας και χημικές ενώσεις του άνθρακα όπως το πετρέλαιο). Μπορείτε να αναφέρετε τέτοια πλεονεκτήματα;

11) >> Αντίθετα, **το υδρογόνο υπάρχει στο νερό και μπορούμε να το πάρουμε από αυτό** (Γραμμές 50-51).

Με ποιο τρόπο μπορούμε να παρασκευάσουμε υδρογόνο από το νερό; Απαιτείται γι' αυτό ενέργεια και ποιας μορφής;

12) Φτιάξτε έναν κατάλογο λέξεων-κλειδιών στο άρθρο.

13) Απαριθμήστε τις έννοιες των οποίων η σημασία δεν είναι σαφής σε σας.

14) Σημειώστε τις κεντρικές ιδέες που συζητούνται στο άρθρο.

### 3.3.1. ΟΙ ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ ΤΩΝ ΦΟΙΤΗΤΩΝ ΑΝΑ ΕΡΩΤΗΣΗ – ΣΧΟΛΙΑ

#### «Θερμοπυρηνικός αντιδραστήρας»

1) Σκοπός της συνεργασίας είναι η κατασκευή του πρώτου πειραματικού θερμοπυρηνικού αντιδραστήρα. (Γραμμές 5-6).

Τι σημαίνει ο όρος θερμοπυρηνικός αντιδραστήρας;

Η φράση «θερμοπυρηνικός αντιδραστήρας» υπάρχει στο σχολικό βιβλίο της Γ λυκείου, όχι ως ιδιαίτερο αντικείμενο, αλλά στα πλαίσια της ενότητας «Πυρηνική σύντηξη» (σελ.92-93):

«Οι υψηλές αυτές<sup>30</sup> θερμοκρασίες δικαιολογούν την ονομασία θερμοπυρηνικές αντιδράσεις με τις οποίες χαρακτηρίζονται συχνά οι αντιδράσεις σύντηξης. Σε πολλά εργαστήρια στον κόσμο καταβάλλεται έντονη προσπάθεια κατασκευής θερμοπυρηνικού αντιδραστήρα, όπου θα γίνεται ελεγχόμενη πυρηνική σύντηξη»

Επομένως, τόσο λόγω της διδασκαλίας όσο και μέσω του κειμένου – κυρίως – θα ήταν αναμενόμενος ένας ικανοποιητικός αριθμός ορθών απαντήσεων.

Οι μισοί φοιτητές από αυτούς που απάντησαν (51,1%) όντως έδωσαν αποδεκτή απάντηση στην ερώτηση αυτή. Οι περισσότεροι χρησιμοποίησαν λίγο έως πολύ την φρασεολογία του κειμένου, όπως:

*«θερμοπυρηνικός αντιδραστήρας είναι το μηχάνημα με το οποίο κάνει σύντηξη του υδρογόνου σε ήλιο ελευθερώνοντας μεγάλα ποσά ενέργειας ακίνδυνα, τα οποία θα μπορέσει να χρησιμοποιήσει ο άνθρωπος», Φ2*

*«είναι ο χώρος μέσα στον οποίο αναπτύσσεται αρκετά υψηλή θερμοκρασία και προκαλείται τεχνητά πυρηνική σύντηξη», Φ42*

*«είναι η συσκευή μέσω της οποίας επιτυγχάνεται η σύντηξη υδρογόνου σε ήλιο, η οποία μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως πηγή ενέργειας στην κατασκευή εργοστασίων παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος», Φ32*

Οι απαντήσεις που χαρακτηρίστηκαν ως «μερικώς αποδεκτές» δεν περιείχαν την έννοια της σύντηξης αλλά χρησιμοποιούσαν άλλες εκφράσεις για να περιγράψουν κυρίως τη χρήση του θερμοπυρηνικού αντιδραστήρα:

---

<sup>30</sup> Αναφέρεται σε άλλο σημείο του κειμένου

*«Ο θερμοπυρηνικός αντιδραστήρας είναι μια συσκευή δέσμευσης της ενέργειας του H (στοιχείο που μέχρις ώρας υπάρχει σε μεγάλη ποσότητα στο νερό) προκειμένου να παραχθεί ηλεκτρικό ρεύμα (ηλεκτρική ενέργεια). Η κατασκευή του είναι σημαντική γιατί θα σημάνει τη λήξη του μονοπωλίου κάποιων κρατών σε σπάνιες πηγές ενέργειας», ΠΤ3*

Ως μερικώς αποδεκτές αξιολογήθηκαν και απαντήσεις που απλά δεν ήταν λανθασμένες, αλλά ήταν αρκετά ελλιπείς:

*«Είναι χώρος όπου μέσα σ' αυτόν έχουμε τις ιδανικές συνθήκες ώστε να γίνουν θερμοπυρηνικές αντιδράσεις», Φ41*

Προφανώς ο Φ41 εννοεί συνθήκες «κατάλληλες» ή «απαιτούμενες». Η απάντηση είναι ελλιπής όχι γι αυτό το λόγο, αλλά γιατί δεν αναφέρει τίποτε για την λειτουργία του θερμοπυρηνικού αντιδραστήρα.

Μεταξύ των απαντήσεων ήταν και λίγες που χαρακτηρίστηκαν ως μη – αποδεκτές, λόγω του λανθασμένου περιεχομένου. Το πλέον κοινό λάθος ήταν στην ερμηνεία της λειτουργίας του θερμοπυρηνικού αντιδραστήρα, στον οποίο στις απαντήσεις αυτές φαίνεται να πραγματοποιείται αντίδραση **σχάσης**:

*«είναι το μέρος που γίνεται η σχάση του ουρανίου για την παραγωγή θερμικής ενέργειας», Φ10*

*«ένας αντιδραστήρας που κάνει σχάση του πυρήνα του ατόμου του ουρανίου με τη χρήση θερμότητας», Φ12*

*«αντιδραστήρας που μέσω πολύ υψηλών θερμοκρασιών διασπά τον πυρήνα ενός ατόμου στα συστατικά του ( $p^+$ ,  $n$ ,  $e^-$ )», ΠΤ5<sup>31</sup>*

Στις προηγούμενες απαντήσεις διαπιστώνονται παρανοήσεις και ως προς το ρόλο της θερμότητας στη λειτουργία του αντιδραστήρα. Το πρόθεμα «θερμο» στη λέξη ερμηνεύεται με διάφορους τρόπους. Στην περίπτωση, για παράδειγμα του Φ10, το «θερμο» χρησιμοποιείται από τον φοιτητή για να αποδώσει τη θερμότητα που παράγεται κατά την αντίδραση **σχάσης**. Ο δεύτερος, Φ12, ερμηνεύει το «θερμο» για να εξηγήσει ότι η **σχάση** του ουρανίου γίνεται με «**χρήση θερμότητας**». Άλλες μη – αποδεκτές απαντήσεις περιλάμβαναν επιστημονικούς όρους χωρίς όμως καμία συνοχή, από τις οποίες δεν έβγαине νόημα:

*«αντιδραστήρας είναι μηχανισμός όπου επιτυγχάνονται αλυσιδωτές αντιδράσεις του πυρήνα μορίων για την παραγωγή ενέργειας», Φ38*

---

<sup>31</sup> Η «ύπαρξη» ηλεκτρονίων στον πυρήνα – όπως φαίνεται σε αυτή την απάντηση – συναντάται σε έναν αριθμό απαντήσεων (>10)

«αντιδραστήρας ο οποίος χρησιμοποιεί τις θερμοπυρηνικές ιδιότητες των ατόμων κατά τη σχάση τους ώστε να παράγουν ενέργεια», Φ36

«είναι ένα μηχάνημα μέσα στο οποίο φέρνουμε σε επαφή στοιχεία που δεν βρίσκονται σε αυτή τη μορφή στο εξωτερικό περιβάλλον και που είναι επικίνδυνο να ενωθούν παρά μόνο υπό ελεγχόμενες συνθήκες», ΠΤ11

Να σημειωθεί η δυσκολία που έδειξαν αρκετοί φοιτητές στο να εκφράσουν με **κατάλληλες λέξεις** την απάντησή τους. Η χρήση λέξεων όπως «μηχάνημα», «χώρος» ή «μέρος» ήταν πολύ συχνή ακόμη και σε ερωτήσεις που αξιολογήθηκαν ως αποδεκτές ή μερικώς αποδεκτές και προσθέτει στο πρόβλημα «επιστημονικός (αν)αλφαριθμητισμός» και το πρόβλημα «λεξιπενία».

Όπως φαίνεται στον επόμενο πίνακα 5.17, η επίδοση των φοιτητών που προέρχονταν από την θεωρητική κατεύθυνση ήταν πολύ καλή ή πιο σωστά, η καλύτερη (19/32 ή 59,4% απάντησαν σωστά ή έδωσαν μια σαφή απάντηση που προσδιόριζε τι είναι ο θερμοπυρηνικός αντιδραστήρας)

Πίνακας 3.18. Αποτελέσματα στη δραστηριότητα «**θερμοπυρηνικός αντιδραστήρας**» ανά κατεύθυνση προέλευσης και ανά τμήμα

|                           | ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ ΠΡΟΕΛΕΥΣΗΣ        |                              |                              | ΤΜΗΜΑ        |               | Σύνολο | % ποσοστό |
|---------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|--------------|---------------|--------|-----------|
|                           | ΘΕΤ<br>(N <sub>1</sub> = 17) | ΤΕΧΝ<br>(N <sub>2</sub> =45) | ΘΕΩΡ<br>(N <sub>3</sub> =32) | ΦΥΣ<br>f (%) | ΠΤΔΕ<br>f (%) |        |           |
| A) Δεν απάντησε           | 1                            | 10                           | 8                            | 11 (25,0)    | 8 (16,0)      | 19     | 20,2      |
| B) Απάντηση λανθασμένη    | 3                            | 7                            | 3                            | 9 (20,5)     | 4 (8,0)       | 13     | 13,8      |
| Γ) Μερικώς σωστή απάντηση | 5                            | 7                            | 2                            | 7 (15,9)     | 7 (14,0)      | 14     | 14,9      |
| Δ) Ορθή απάντηση          | 8                            | 21                           | 19                           | 17 (38,6)    | 31 (62,0)     | 48     | 51,1      |
| Άθροισμα απαντήσεων       | 17                           | 45                           | 32                           | 44           | 50            | 94     | 100,0     |

Η συμμετοχή στην ερώτηση αυτή πλησίασε το 80% ενώ η επίδοση των φοιτητών που προέρχονταν από το ΠΤΔΕ ήταν υψηλή, δεδομένου ότι περιλαμβάνονται οι φοιτητές που είχαν ακολουθήσει τη θεωρητική κατεύθυνση στο λύκειο, σε αντίθεση με άλλες ερωτήσεις που αφορούσαν περισσότερο «τεχνικά» θέματα ή θέματα που είχαν ιδιαίτερες απαιτήσεις στη φυσική, όπως η επόμενη.



## «Αντίδραση σύντηξης»

2) ...θα χρησιμοποιούν ως πηγή ενέργειας τη σύντηξη του υδρογόνου σε ήλιο.

Μπορείτε να γράψετε την εξίσωση της πυρηνικής αντίδρασης που περιγράφει τη σύντηξη του υδρογόνου; (ΥΠΟΔΕΙΞΗ: Κατά την αντίδραση παράγονται ήλιο  ${}^4_2\text{He}$  και ποζιτρόνια  ${}^0_{+1}\text{e}$ )

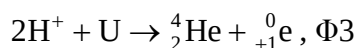
Στο σχολικό βιβλίο υπάρχει μια σειρά των αντιδράσεων του παραδείγματος σύντηξης, του κύκλου πρωτονίου – πρωτονίου. Σκοπός της δραστηριότητας δεν ήταν να διαπιστωθεί η ικανότητα των φοιτητών να γράψουν τη σειρά με φωτογραφική ακρίβεια, αλλά να δώσουν μια απλή *εξίσωση* που να περιγράφει τη σύντηξη του υδρογόνου σε ήλιο. Σε αυτή την εξίσωση τα ζητούμενα ήταν :

- Να φαίνεται καθαρά στα *αντιδρώντα* η ύπαρξη  ${}^1_1\text{H}$  (ή όπως συνέβη σε τρεις τουλάχιστον περιπτώσεις, η αντίδραση  ${}^1_1\text{H}$  με  ${}^2_1\text{H}$  ή με  ${}^3_2\text{He}$ ) που να «προστίθενται»
- Να αναγράφονται τα  ${}^4_2\text{He}$  και τα  ${}^0_{+1}\text{e}$  στα *προϊόντα*
- Να φαίνεται με κάποιο τρόπο η *έκλυση* ενέργειας (είτε με τη χρήση του συμβόλου «γ» είτε με τη χρήση κατάλληλης λέξης, π.χ. «θερμότητα»)

Η **γραφή** της αντίδρασης με τέτοιο τρόπο ώστε να ικανοποιούνται οι αρχές διατήρησης ήταν ένας *επιπρόσθετος* παράγοντας για τη *θετική* αντιμετώπιση μιας απάντησης, όχι όμως *καθοριστικός*. Θεωρήθηκε πολύ δύσκολο για τους φοιτητές να θυμούνται αυτές τις συνθήκες μετά από τόσο μεγάλο χρονικό διάστημα.

Στη δραστηριότητα δεν απάντησαν οι 58 από τους 94 συμμετέχοντες, δηλαδή ένα αρκετά μεγάλο ποσοστό (61,7%). Αλλά και από όσους έδωσαν κάποια απάντηση, για το 25,5% ήταν λανθασμένη και για το 7,5% μερικώς αποδεκτή.

Οι λανθασμένες απαντήσεις περιλάμβαναν προσπάθειες γραφής κάποιας αντίδρασης χωρίς όμως καμία λογική, απλά με χρήση κάποιων δεδομένων από την υπόδειξη, όπως στο ακόλουθο παράδειγμα:

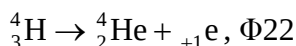


Σε αυτή την απάντηση διαπιστώνεται ότι χρησιμοποιείται το H (σε μορφή  $\text{H}^+$ ), το  ${}^4_2\text{He}$  και το  ${}^0_{+1}\text{e}$ , όμως στο πρώτο μέλος ο φοιτητής προσθέτει ουράνιο, πιθανότατα εμφανίζοντας μια παρανόηση σύγχυσης κάθε θέματος πυρηνικής φυσικής με το ουράνιο.

Παρόμοια περίπτωση είναι και η επόμενη απάντηση, από φοιτητές που προέρχονται και από τις τρεις κατευθύνσεις:



και στην οποία εμφανίζεται στα αντιδρώντα το οξυγόνο (σαν να γράφει αντίδραση καύσης), ενώ το ποζιτρόνιο στο δεύτερο μέλος αποδίδεται ως ηλεκτρόνιο.

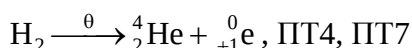


Σε αυτή την απάντηση, ο φοιτητής *εφευρίσκει* το υποθετικό άτομο  ${}^4_3\text{H}$  προσπαθώντας να γράψει μια σχέση που να *ικανοποιεί* τις αρχές διατήρησης όπως αυτές αναφέρονται στο σχολικό βιβλίο<sup>32</sup>.

Μια άλλη ομάδα απαντήσεων χρησιμοποιεί το δεδομένο μόνο για τα προϊόντα χωρίς να γράφει αντιδρώντα:



Σε μερικές περιπτώσεις οι φοιτητές χρησιμοποίησαν επιπλέον και το σύμβολο «θ», συνδυάζοντάς το – πιθανόν - με την έννοια του «θερμοπυρηνικού», όπως:

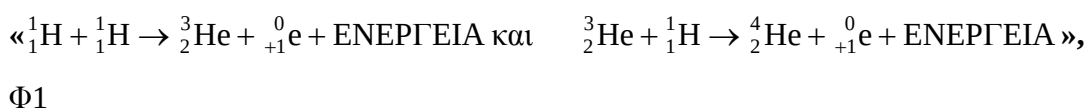


Οι απαντήσεις που αξιολογήθηκαν ως «*μερικώς αποδεκτές*» ήταν αυτές που χρησιμοποιούσαν τα στοιχεία της πληροφορίας, εξακολουθούσαν όμως να έχουν ελλείψεις ή να έχουν το υδρογόνου με συμβολισμό μορίου, όπως στο ακόλουθο παράδειγμα:



Η συγκεκριμένη απάντηση βρέθηκε σε 4 συνολικά ερωτηματολόγια

Ελάχιστες απαντήσεις αξιολογήθηκαν ως αποδεκτές (5,3%) και προήλθαν όλες από φοιτητές του τμήματος φυσικής. Μερικές χαρακτηριστικές απαντήσεις από αυτές που δόθηκαν και αξιολογήθηκαν ως αποδεκτές:

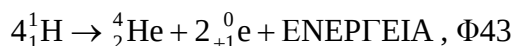


Στη συγκεκριμένο παράδειγμα ακολουθείται – όχι απόλυτα – ο τρόπος γραφής του σχολικού βιβλίου, που παρουσιάζει μια σειρά αντιδράσεων. Το παράδειγμα χαρακτηρίστηκε αποδεκτό διότι εμφανίζει δύο άτομα υδρογόνου (*κάνοντας χρήση του ορθού συμβολισμού*) να ενώνονται και ακόμη σημειώνει τη λέξη «*ενέργεια*». Η απουσία των παραγόμενων νε-

<sup>32</sup> Φυσική Γεν. Παιδείας Γ λυκείου, Σελ.90, 3.4. πυρηνικές αντιδράσεις

τρίνων και το γεγονός ότι η πρώτη από τις δύο δεν ικανοποιεί τις αρχές διατήρησης, δεν επηρέασαν σημαντικά την τελική της αξιολόγηση.

Μια άλλη απάντηση που αξιολογήθηκε ως αποδεκτή και που είναι πιο πλήρης από την προηγούμενη ήταν:



που ικανοποιεί και τις αρχές διατήρησης. Συνολικά, όπως φαίνεται και από τον πίνακα 3.19 που ακολουθεί, μόνο πέντε απαντήσεις θεωρήθηκαν σωστές, όλες από φοιτητές του τμήματος Φυσικής, εκ των οποίων οι τέσσερις προέρχονταν από την τεχνολογική κατεύθυνση.

Πίνακας 3.19. Αποτελέσματα στη δραστηριότητα «αντίδραση σύντηξης» ανά κατεύθυνση προέλευσης και ανά τμήμα

|                           | ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ ΠΡΟΕΛΕΥΣΗΣ        |                              |                              | ΤΜΗΜΑ        |               | Σύνολο | % ποσοστό |
|---------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|--------------|---------------|--------|-----------|
|                           | ΘΕΤ<br>(N <sub>1</sub> = 17) | ΤΕΧΝ<br>(N <sub>2</sub> =45) | ΘΕΩΡ<br>(N <sub>3</sub> =32) | ΦΥΣ<br>f (%) | ΠΤΔΕ<br>f (%) |        |           |
| Α) Δεν απάντησε           | 10                           | 27                           | 21                           | 26 (59,1)    | 32 (64,0)     | 58     | 61,7      |
| Β) Απάντηση λανθασμένη    | 4                            | 12                           | 8                            | 12 (27,3)    | 12 (24,0)     | 24     | 25,5      |
| Γ) Μερικώς σωστή απάντηση | 2                            | 3                            | 2                            | 1 (2,3)      | 6 (12,0)      | 7      | 7,4       |
| Δ) Ορθή απάντηση          | 1                            | 4                            | 0                            | 5 (11,4)     | 0             | 5      | 5,3       |
| Άθροισμα απαντήσεων       | 17                           | 45                           | 32                           | 44           | 50            | 94     | 100,0     |

#### «Εξήγηση της μεγάλης ποσότητας ενέργειας»

**3) Η ενέργεια που ελευθερώνεται από την σύντηξη 1 γραμμαρίου ατόμων υδρογόνου (1 μολ ατομικού υδρογόνου) είναι ίση με την ενέργεια που ελευθερώνεται από την καύση περίπου 23.000 λίτρων βενζίνης!**

**Πώς εξηγείται με όρους φυσικής η μεγάλη ποσότητα ενέργειας που παράγεται κατά τις πυρηνικές αντιδράσεις; (ΥΠΟΔΕΙΞΗ: Η εξήγηση συνδέεται με έναν διάσημο Φυσικό του 20ού αιώνα)**

Στην περίπτωση της υποερώτησης Γ της δραστηριότητας «Πυρηνικός αντιδραστήρας» του άλλου ερωτηματολογίου, αναφέρθηκε λεπτομερώς το περιεχόμενο του σχολικού βιβλίου της τρίτης λυκείου (σελ.75-76) και το οποίο – τυπικά – θα είχαν διδαχθεί οι φοιτητές κατά τη φοίτησή τους στο σχολείο.

Η συμμετοχή σε αυτή την ερώτηση ήταν πολύ χαμηλή, με τους 55 από 94 φοιτητές να μη δίνουν απάντηση (58,5%). Οι φοιτητές που προέρχονταν από τη θεωρητική κατεύθυνση ήταν αυτοί με το μεγαλύτερο ποσοστό μη συμμετοχής (22/32 ή 68,8%). Ένας αριθμός (N = 20) φοιτητών έδωσε *μη αποδεκτές* απαντήσεις, οι οποίες είτε ήταν ελλιπείς, είτε ασαφείς, είτε επιστημονικοφανείς, χρησιμοποιώντας λέξεις και φράσεις από το κείμενο:

*«λόγω της διάσπασης του ατόμου παράγεται αλυσιδωτή αντίδραση, δηλαδή τεράστια ποσά ενέργειας», Φ26*

*«οφείλεται στις συγκρούσεις των ατόμων», ΠΤ06*

*«για να διασπαστεί το άτομο χρειάζεται τεράστια ποσότητα ενέργειας άρα λογικό είναι μετά τη διάσπασή του να ελευθερώνεται τόσο μεγάλη ενέργεια όσο αυτή που αναφέρεται παραπάνω», ΠΤ25*

*«όταν γίνεται η σχάση, ένα μέρος της ύλης γίνεται ενέργεια»*

Όπως και στην αντίστοιχη ερώτηση του ερωτηματολογίου για το απεμπλουτισμένο ουράνιο, οι απαντήσεις που δόθηκαν και χαρακτηρίστηκαν ως «μερικώς αποδεκτές», ήταν αυτές που *ανέφεραν* – απλώς – τη σχέση ισοδυναμίας μάζας – ενέργειας του Αϊνστάιν (Claybourne, 2003 και Baierlein, 1991). Δεν υπήρξε καμία αναφορά σε ενέργεια σύνδεσης ή σταθερότητα πυρήνων, απλά η παράθεση μιας σχέσης που ούτως ή άλλως είναι «γνωστή» και από πάρα πολλές πηγές άτυπης γνώσης:

*«εξηγείται από τη σχέση ισοδυναμίας μάζας-ενέργειας,  $E = mc^2$  », ΦΥΣ01*

Πίνακας 3.20. Αποτελέσματα στη δραστηριότητα «**εξήγηση της μεγάλης ποσότητας ενέργειας**» ανά κατεύθυνση προέλευσης και ανά τμήμα

|                           | ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ ΠΡΟΕΛΕΥΣΗΣ        |                              |                              | ΤΜΗΜΑ        |               | Σύνολο | % ποσοστό |
|---------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|--------------|---------------|--------|-----------|
|                           | ΘΕΤ<br>(N <sub>1</sub> = 17) | ΤΕΧΝ<br>(N <sub>2</sub> =45) | ΘΕΩΡ<br>(N <sub>3</sub> =32) | ΦΥΣ<br>f (%) | ΠΤΔΕ<br>f (%) |        |           |
| A) Δεν απάντησε           | 8                            | 25                           | 22                           | 20 (45,5)    | 35 (70,0)     | 55     | 58,5      |
| B) Απάντηση λανθασμένη    | 2                            | 10                           | 8                            | 11 (25,0)    | 9 (18,0)      | 20     | 21,3      |
| Γ) Μερικώς σωστή απάντηση | 7                            | 10                           | 2                            | 13 (29,5)    | 11 (12,0)     | 19     | 20,2      |
| Δ) Ορθή απάντηση          | 0                            | 0                            | 0                            | 0            | 0             | 0      | 0         |
| Άθροισμα απαντήσεων       | 17                           | 45                           | 32                           | 44           | 50            | 94     | 100,0     |

### Η συνολική κριτική των ερωτήσεων 2Γ του ερωτηματολογίου του ‘απεμπλουτισμένου ουρανίου’ και της 3 του ερωτηματολογίου ‘ITER’

Αφού αυτή η ερώτηση υπήρχε και στα δύο ερωτηματολόγια, μπορεί να γίνει μια μελέτη για τη συνολική εικόνα που παρουσιάστηκε, ξεκινώντας από τον επόμενο πίνακα (3.21) που έχει προκύψει από το πρόγραμμα στατιστικής επεξεργασίας SPSS 17.0:

Πίνακας 3.21. ΕΡΩΤΗΣΗ 2Γ (ΑΠΕΜΠΛΟΥΤΙΣΜΕΝΟ ΟΥΡΑΝΙΟ) ΚΑΙ 3 (ΑΝΤΙΔΡΑΣΤΗΡΑΣ ITER)

|           | Frequency  | Percent     | Valid Percent | Cumulative Percent |
|-----------|------------|-------------|---------------|--------------------|
| Valid 1   | 39         | <b>20,6</b> | <b>55,7</b>   | 55,7               |
| Valid 2   | 30         | <b>15,9</b> | <b>42,9</b>   | 98,6               |
| Valid 3   | 1          | <b>0,5</b>  | <b>1,4</b>    | 100,0              |
| Total     | 70         | <b>37,0</b> | 100,0         |                    |
| Missing 0 | <b>119</b> | <b>63,0</b> |               |                    |
| Total     | <b>189</b> | 100,0       |               |                    |

Η πρώτη διαπίστωση είναι ότι από τους 189 φοιτητές μόνο οι 70 έδωσαν απάντηση, δηλαδή ένα ποσοστό **37%**. Από τις απαντήσεις που δόθηκαν, οι 39/189 (20,6%) ήταν λανθασμένες και αξιολογήθηκαν ως «μη αποδεκτές», οι 30/189 (15,9%) ήταν μερικώς αποδεκτές, έστω και με την απλή αναγραφή της σχέσης  $E = mc^2$  όπως σημειώθηκε προηγουμένως, ενώ μόνο μια (1/189) απάντηση αξιολογήθηκε ως αποδεκτή, επειδή αναφέρει τη φράση «ενέργεια σύνδεσης». Η περίπτωση αυτή συζητήθηκε πάλι στην περίπτωση του ερωτηματολογίου του *απεμπλουτισμένου ουρανίου*:

*«Πρώτα πρώτα  $E=mc^2$  . Όταν σχάζεται ένας πυρήνας περισσεύει ενέργεια σύνδεσης και αυτή η ενέργεια κάπου πρέπει να πάει και γίνεται θερμότητα. με αυτή τη σχέση μπορούμε να δούμε πόση είναι η ενέργεια σύνδεσης», Φ15*

#### Παρατήρηση:

Είναι προφανές ότι η συγκεκριμένη απάντηση απέχει αρκετά από το να χαρακτηριστεί «αποδεκτή». Η αρχική σκέψη ήταν να χαρακτηριστεί «μερικώς αποδεκτή», όμως από το «τεστ αξιοπιστίας» διαπιστώθηκε ότι οι 8 στους 10 εκπαιδευτικούς που αξιολόγησαν τις ερωτήσεις, χαρακτήρισαν τη συγκεκριμένη ως αποδεκτή, δίνοντάς της βαθμό «3».

## «Πυρηνική σύντηξη και Ήλιος»

### 4) Έχει σχέση η πυρηνική σύντηξη του υδρογόνου με τον ήλιο, τον απλανή αστέρα που μας τροφοδοτεί με ενέργεια;

Σε αυτή την ερώτηση ζητούνταν από τους φοιτητές η απλή ανάκληση γνώσης ότι:

«η σειρά των αντιδράσεων, που λέγεται κύκλος πρωτονίου – πρωτονίου, πιστεύεται ότι συμβαίνει στο εσωτερικό του Ήλιου αλλά και άλλων αστεριών, όπου αφθονεί το υδρογόνο, και από αυτήν προέρχεται η ενέργεια των άστρων»

και λίγο παρακάτω:

«η ενέργεια του Ήλιου προέρχεται από το ‘πυρηνικό καύσιμο υδρογόνο’, καθώς αυτό μετατρέπεται βαθμιαία σε ήλιο»<sup>33</sup>,

(μέσω της διαδικασίας της πυρηνικής σύντηξης).

Η ερώτηση αφορά και εγκυκλοπαιδική γενικότερη γνώση, επομένως θεωρήθηκε ότι θα ήταν «εύκολη» δεδομένου ότι και στο μάθημα της φυσικής στο γυμνάσιο, στην ενότητα της ενέργειας, οι μαθητές διδάσκονται λίγα βασικά για την πυρηνική ενέργεια <sup>34</sup>. Όπως διαπιστώνεται όμως στη συνέχεια, η εικόνα ήταν αρκετά διαφορετική.

Τυπικά αποδεκτές απαντήσεις ήταν όπως οι ακόλουθες:

«Έχει σχέση διότι στον Ήλιο το υδρογόνο μετατρέπεται σε ήλιο-4 λόγω των υψηλών θερμοκρασιών που επικρατούν εκεί και έτσι απελευθερώνονται τεράστια ποσά ενέργειας σε μορφή ακτινοβολιών», Φ1

«Στον πυρήνα του Ηλίου συμβαίνει πυρηνική σύντηξη. Αυτή ακριβώς τη διαδικασία προσπαθούν οι επιστήμονες να αναπαραστήσουν στην πράξη», ΠΤ22

«Ναι καθώς στον ήλιο οι τεράστιες υψηλές θερμοκρασίες προκαλούν τη σύντηξη του υδρογόνου και μετατροπή του σε ήλιο», Φ42

Οι μερικά αποδεκτές απαντήσεις ήταν αυτές που είχαν μεν σωστά στοιχεία, αλλά είτε ήταν ελλιπείς, είτε η έκφραση που χρησιμοποιήθηκε δεν ήταν ορθή:

«η σύντηξη γίνεται σε μεγάλες θερμοκρασίες που πλησιάζουν του ήλιου», Φ17

«ναι, έχει σχέση γιατί και οι αντιδράσεις που γίνονται στον ήλιο απελευθερώνουν μεγάλες ποσότητες ενέργειας», ΠΤ07

<sup>33</sup> Φυσική Γεν.Παιδείας Γ' λυκείου, σελ.92 - πυρηνική σύντηξη

<sup>34</sup> Και στο βιβλίο Φυσικής της Β' γυμνασίου, υπάρχει η αναφορά «Στο εσωτερικό του Ήλιου πραγματοποιούνται πυρηνικές αντιδράσεις με τις οποίες πυρηνική ενέργεια μετατρέπεται τελικά σε ενέργεια ακτινοβολίας» (σελ. 103)

«οι πυρηνικές αυτές διεργασίες γίνονται στον αστέρα και είναι αυτές που κρατούν τον ήλιο θερμό και ενεργό», Φ36

Στις μη αποδεκτές απαντήσεις περιλαμβάνονται όσες περιείχαν σοβαρά λάθη ή ασάφειες. Οι μονολεκτικές απαντήσεις της μορφής «ναι» ή «όχι» είχε αποφασιστεί εκ των προτέρων ότι **δεν θα λαμβάνονταν ως αποδεκτές**<sup>35</sup>. Συνολικά μετρήθηκαν 15 τέτοιου είδους απαντήσεις (12 «ναι» και 3 «όχι»).

«ναι, πάνω στον ήλιο γίνονται **διασπάσεις Η** που ελευθερώνουν ποσά ενέργειας τα οποία εν μέρει εκμεταλλευόμαστε εμείς και τροφοδοτείται με ενέργεια ο ίδιος ο αστέρας ενώ παράλληλα παρατείνεται η ζωή του», Φ02

«δεν έχει γιατί η διαδικασία γίνεται στον πυρηνικό αντιδραστήρα», ΠΤ26

Πίνακας 3.22. Αποτελέσματα στη δραστηριότητα «Πυρηνική σύντηξη και Ήλιος» ανά κατεύθυνση προέλευσης και ανά τμήμα

|                           | ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ ΠΡΟΕΛΕΥΣΗΣ        |                              |                              | ΤΜΗΜΑ        |               | Σύνολο | % ποσοστό |
|---------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|--------------|---------------|--------|-----------|
|                           | ΘΕΤ<br>(N <sub>1</sub> = 17) | ΤΕΧΝ<br>(N <sub>2</sub> =45) | ΘΕΩΡ<br>(N <sub>3</sub> =32) | ΦΥΣ<br>f (%) | ΠΤΔΕ<br>f (%) |        |           |
| Α) Δεν απάντησε           | 5                            | 20                           | 12                           | 18 (40,9)    | 19 (38,0)     | 37     | 39,4      |
| Β) Απάντηση λανθασμένη    | 6                            | 13                           | 16                           | 13 (29,5)    | 22 (44,0)     | 35     | 37,2      |
| Γ) Μερικώς σωστή απάντηση | 2                            | 5                            | 2                            | 5 (11,4)     | 4 (8,0)       | 9      | 9,6       |
| Δ) Ορθή απάντηση          | 4                            | 7                            | 2                            | 8 (18,2)     | 5 (10,0)      | 13     | 13,8      |
| Άθροισμα απαντήσεων       | 17                           | 45                           | 32                           | 44           | 50            | 94     | 100,0     |

Όπως φαίνεται από τον προηγούμενο πίνακα, οι φοιτητές που προέρχονταν από τη θεωρητική κατεύθυνση ήταν αυτοί με τα χαμηλότερα ποσοστά αποδεκτών και μερικώς αποδεκτών απαντήσεων (συνολικά 28 σε σύνολο 32 φοιτητών ή ποσοστό 88%! ). Η ίδια εικόνα υπάρχει και στην περίπτωση των φοιτητών που προέρχονται από το ΠΤΔΕ. Πιθανόν η εικόνα να ήταν ελαφρώς διαφοροποιημένη στην περίπτωση που θεωρούνταν ως αποδεκτές ή έστω μερικώς αποδεκτές οι μονολεκτικές καταφατικές απαντήσεις. Στην περί-

<sup>35</sup> Το συγκεκριμένο σημείο εκ των υστέρων αποδείχθηκε το «αδύναμο σημείο» της ερώτησης. Θα μπορούσε να είναι διατυπωμένη «εξηγήστε αν ...»

πτωση αυτή, το ποσοστό των αποδεκτών απαντήσεων θα έφθανε το 25% περίπου, όμως και πάλι θα ήταν πολύ χαμηλό σε σχέση με το περιεχόμενο της ερώτησης. Ακόμη, αν αθροιστούν οι ορθές και οι μερικώς ορθές απαντήσεις, διαπιστώνεται η καλύτερη εικόνα των φοιτητών του τμήματος φυσικής.

#### **«Μη ειρηνική χρήση της πυρηνικής ενέργειας»**

**5) Από το 1954, οπότε έγινε η πρώτη δοκιμή βόμβας υδρογόνου, οι φυσικοί είχαν ήδη αρχίσει τις προσπάθειες για την ειρηνική χρήση αυτής της νέας πηγής ενέργειας, της σύντηξης του υδρογόνου. (Γραμμές 13-15).**

**Ποια άλλη μη ειρηνική χρήση της πυρηνικής ενέργειας έχει γίνει; Μπορείτε να αναφέρετε και ιστορικές πληροφορίες.**

Αυτή η δραστηριότητα είχε σκοπό να εξερευνήσει την ικανότητα ανάκλησης ιστορικής κυρίως γνώσης – όχι απαραίτητα σχολικής – για τη μη ειρηνική χρήση της πυρηνικής ενέργειας. Η απάντηση ήταν αναμενόμενο να εστιάζεται στη χρήση των ατομικών βομβών που σηματοδότησαν το τέλος του δευτέρου Παγκοσμίου Πολέμου και την είσοδο του κόσμου στην ασταθή ισορροπία των πυρηνικών υπερδυνάμεων τα επόμενα χρόνια του ψυχρού πολέμου, κυρίως, αλλά και έως τις μέρες μας. Οι πληροφορίες και τα αφιερώματα τόσο για τις Ιαπωνικές πόλεις Χιροσίμα (κυρίως) και Ναγκασάκι ήταν ευρύτατα μέχρι τα μέσα της προπερασμένης δεκαετίας, μέχρι την κατάρρευση της πάλαι ποτέ κραταιάς Σοβιετικής Ένωσης, λόγω του πυρηνικού φόβου που υπήρχε κυρίως στα κράτη που είχαν την «τιμή» να φιλοξενούν βάσεις με πυρηνικά όπλα, αλλά και λόγω των πολύ συχνών (για μια 30ετία) πυρηνικών δοκιμών. Αλλά και στις μέρες μας, γίνεται αναφορά στα ΜΜΕ και στον ηλεκτρονικό τύπο για τις προσπάθειες χωρών να αποκτήσουν ή και να κατασκευάσουν πυρηνικά όπλα. Στις μη ειρηνικές εφαρμογές της πυρηνικής ενέργειας θα μπορούσαν να αναφερθούν και τα πυρηνοκίνητα πλοία και υποβρύχια αφού πρόκειται για πολεμικές μηχανές.

Τα αποτελέσματα επαλήθευσαν τις προβλέψεις. Μόνο 16 φοιτητές (6 από το φυσικό και 10 από το παιδαγωγικό) δεν είχαν συμμετοχή σε αυτή τη δραστηριότητα (συνολικά 17%). Το περιεχόμενο στις απαντήσεις εστιασθηκε, όπως αναμενόταν, στις Ιαπωνικές πόλεις Χιροσίμα και Ναγκασάκι (59% των φοιτητών του τμήματος Φυσικής και 50% των φοιτητών του ΠΤΔΕ).



*«μη ειρηνική χρήση έγινε στο 2ο παγκόσμιο πόλεμο με τις ρίψεις των ατομικών βομβών σε Ναγκασάκι-Χιροσίμα. βέβαια αυτές οι βόμβες στηριζόταν<sup>36</sup> στην πυρηνική σχάση», Φ27*

*«η πυρηνική ενέργεια χρησιμοποιήθηκε στην κατασκευή ατομικής βόμβας. Στη Χιροσίμα και στο Ναγκασάκι η έκρηξη της ατομικής βόμβας προκάλεσε την απώλεια πολλών χιλιάδων ανθρώπινων ζωών», ΠΤ7*

Μια απαραίτητη σημείωση: στο σχολικό βιβλίο της φυσικής, στο κεφάλαιο για την πυρηνική φυσική δεν αναφέρεται σε κανένα σημείο η δεύτερη ατομική βόμβα στην πόλη Ναγκασάκι. Όμως, όλοι σχεδόν ανέφεραν και τις δυο πόλεις, γεγονός που ερμηνεύεται ενδεχομένως από την ύπαρξη ενότητας με αναφορά και στις δυο αυτές πόλεις στο μάθημα της Ιστορίας Γεν. Παιδείας, αλλά και από τις άτυπες πηγές γνώσης (ΜΜΕ, περιοδικά, βιβλία). Ακόμη, λίγοι συμπλήρωσαν και τη φράση «*πυρηνικά όπλα*», ή απλώς τα ανέφεραν, χωρίς να γράψουν κάτι περισσότερο.

Ένα αρκετά ενδιαφέρον εύρημα ήταν το υψηλό ποσοστό απαντήσεων στις οποίες γινόταν αναφορά στο ατύχημα που συνέβη το 1986 στο πυρηνικό εργοστάσιο του Τσέρνομπιλ. Δεκαπέντε φοιτητές θεώρησαν ότι το ατύχημα ήταν έμμεσα ή άμεσα *μη ειρηνική* χρήση της πυρηνικής ενέργειας:

*«Μια χρήση της πυρηνικής ενέργειας που έχει γίνει και δεν ήταν ειρηνική, ήταν ο ατομικός αντιδραστήρας ουρανίου. Αυτός ήταν επικίνδυνος γιατί παρήγαγε ραδιενεργά κατάλοιπα. χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι η έκρηξη του εργοστασίου στο Τσέρνομπιλ», ΠΤ13*

*«Μη ειρηνική χρήση έγινε στον 2ο παγκόσμιο πόλεμο με τις ρίψεις των ατομικών βομβών σε Ναγκασάκι – Χιροσίμα. Ακόμη, αξίζει να αναφερθούμε στην έκρηξη που συνέβη σε εργοστάσιο παραγωγής πυρηνικής ενέργειας στο Τσέρνομπιλ της Ουκρανίας στη δεκαετία του '80», Φ34*

Η δεύτερη απάντηση εμφανίζει μια παρανόηση των φοιτητών που οφείλεται στο γεγονός ότι δεν διάβασαν προσεκτικά την ερώτηση. Ο Φ34 προσθέτει, στο πρώτο μέρος της απάντησής του που είναι ορθό, και το πυρηνικό ατύχημα χωρίς όμως να το χαρακτηρίζει «μη ειρηνική» χρήση, όπως ο προηγούμενος ΠΤ13. Είναι πολύ πιθανόν, φοιτητές που έδωσαν παρόμοιες απαντήσεις να αντιμετωπίσαν την ερώτηση 5 ως «*μειονεκτήματα της πυρηνικής ενέργειας*»

---

<sup>36</sup> Διατηρήθηκε η γραφή του φοιτητή

Σε μια απόπειρα να ταξινομηθούν οι απαντήσεις σε σχέση με τον επιστημονικό αλλά και τον ιστορικό αλφαριθμητισμό, χαρακτηρίστηκαν ως «μη αποδεκτές» αυτές που είχαν αποκλειστική αναφορά στο *Τσέρνομπιλ*, αυτές που οι φοιτητές είχαν σημειώσει «δεν γνωρίζω» και αυτές (λίγες) που ήταν άσχετες ή ασαφείς, όπως οι ακόλουθες:

«*Τσερνομπιλ, ατομική ενέργεια*», ΠΤ41

«*μια μη ειρηνική χρήση της πυρηνικής ενέργειας ήταν η προσπάθεια για την τιθά-  
σευση της ατομικής ενέργειας από τη διάσπαση του ουρανίου η οποία είχε πολύ  
αρνητικές συνέπειες*», ΠΤ8

Η συνολική εικόνα των απαντήσεων φαίνεται συνοπτικά στον πίνακα 3.23 που ακολουθεί:

Πίνακας 3.23. Αποτελέσματα στη δραστηριότητα «**Μη ειρηνική χρήση πυρηνικής ενέργειας**» ανά κατεύθυνση προέλευσης και ανά τμήμα

|                                | ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ ΠΡΟΕΛΕΥ-<br>ΣΗΣ   |                              |                              | ΤΜΗΜΑ        |               | Σύνολο | % ποσο-<br>στό |
|--------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|--------------|---------------|--------|----------------|
|                                | ΘΕΤ<br>(N <sub>1</sub> = 17) | ΤΕΧΝ<br>(N <sub>2</sub> =45) | ΘΕΩΡ<br>(N <sub>3</sub> =32) | ΦΥΣ<br>f (%) | ΠΤΔΕ<br>f (%) |        |                |
| Α) Δεν απάντη-<br>σε           | 3                            | 5                            | 8                            | 6 (13,6)     | 10 (20,0)     | 16     | 17,0           |
| Β) Απάντηση<br>λανθασμένη      | 1                            | 5                            | 8                            | 2 (4,5)      | 12 (24,0)     | 14     | 14,9           |
| Γ) Μερικώς σω-<br>στή απάντηση | 2                            | 5                            | 2                            | 5 (11,4)     | 4 (8,0)       | 9      | 9,6            |
| Δ) Ορθή απά-<br>ντηση          | 11                           | 30                           | 14                           | 31 (70,5)    | 24 (48,0)     | 55     | 58,5           |
| Άθροισμα απα-<br>ντήσεων       | 17                           | 45                           | 32                           | 44           | 50            | 94     | 100,0          |

Και από τον προηγούμενο πίνακα διαπιστώνεται το μεγάλο ποσοστό αποδεκτών απαντήσεων (~60%), με τους φοιτητές που προέρχονταν από τη θετική και την τεχνολογική κατεύθυνση (παραδόξως) να έχουν την καλύτερη εικόνα (~66%). Η ερώτηση αυτή αναμενόταν να έχει υψηλά ποσοστά και για τους φοιτητές που προέρχονταν από τη θεωρητική κατεύθυνση, αφού είναι κυρίως ιστορική και είναι αντικείμενο που διδάσκεται και στο βιβλίο της ιστορίας γενικής παιδείας της τρίτης λυκείου. Η εικόνα των φοιτητών της *θεωρητικής* κατεύθυνσης (και κατά συνέπεια του ΠΤΔΕ) δεν ήταν η αναμενόμενη, ιδιαίτερα αν σκεφτεί κανείς ότι το άθροισμα των ποσοστών όσων δεν απάντησαν και όσων έδωσαν λανθασμένη απάντηση έφτασε το 50% (44% για τους φοιτητές του ΠΤΔΕ!). Πολύ χαμηλή

επίδοση παρ' όλα αυτά, χωρίς όμως δεν φτάνει τα χαμηλά ποσοστά των άλλων ερωτήσεων που αφορούσαν αποκλειστικά θέματα φυσικής.

Παρά το γεγονός της σημαντικής ιστορικής σημασίας μιας τέτοιας ερώτησης, φαίνεται ότι και το μάθημα επιλογής για τις εισαγωγικές εξετάσεις, που δεν προτιμάται από πολλούς μαθητές, η Ιστορία Γενικής Παιδείας της τρίτης λυκείου (όπου συναντάται το συγκεκριμένο αντικείμενο των ατομικών βομβαρδισμών), δεν έχει την ανάλογη ανταπόκριση από τους μαθητές που ακολούθησαν την θεωρητική κατεύθυνση.

### «Η σχάση του ουρανίου»

**6) Ο στόχος αυτός όμως αποδείχθηκε πολύ δυσκολότερος από την αντίστοιχη προσπάθεια για την τιθάσευση της ατομικής ενέργειας από τη διάσπαση (σχάση) του ουρανίου.**

**A) Τι γνωρίζετε για τη διάσπαση (σχάση) του ουρανίου;**

Στη δραστηριότητα 2Δ του ερωτηματολογίου του απεμπλουτισμένου ουρανίου περιγράφηκε το περιεχόμενο του σχολικού βιβλίου. Όπως και στην ερώτηση εκείνη έτσι και σε αυτό το ερωτηματολόγιο δεν ζητούνταν από τους φοιτητές να γράψουν απλώς έναν ορισμό της μορφής «διάσπαση σε μικρότερους πυρήνες», καθώς μια τέτοιου είδους απάντηση θα ήταν απλά μια απόδοση της ίδιας της ερώτησης.

Όπως και στην αντίστοιχη ερώτηση στη δραστηριότητα του απεμπλουτισμένου ουρανίου, τα αποτελέσματα σε αυτή την ερώτηση ήταν, σε βαθμό που ίσως δεν αναμενόταν, απογοητευτικά. Δεν είναι μόνο το γεγονός ότι 51 φοιτητές (54,3%) δεν έδωσαν καμία απάντηση, αλλά και από αυτούς τους 43 που απάντησαν, οι 30 έδωσαν *μη αποδεκτές* απαντήσεις εμφανίζοντας πλήθος **γενικολογιών**, **ασαφειών** και **παρανοήσεων**, όπως οι ακόλουθες:

«Είναι πολύ επικίνδυνη διαδικασία που γίνεται με αλυσιδωτές εκρήξεις», ΠΤ29

«Το  $^{238}\text{U}$  επειδή είναι **πολύ ασταθές** στοιχείο διασπάται **πολύ εύκολα σε ισότοπα** και παράγεται και επιβλαβής ακτινοβολία», Φ23

«Κατά τη διάσπαση του ουρανίου απελευθερώνονται μεγάλα ποσά ενέργειας και το ουράνιο μετατρέπεται σε υλικά τα οποία δεν είναι **ασταθές**»<sup>37</sup>, Φ1

«Εκτοξεύονται με τεράστια ταχύτητα σ' ένα άτομο ουρανίου **πρωτόνια** και από αυτή τη σύγκρουση αποβάλλονται μεγάλα ποσά ενέργειας», Φ33

---

<sup>37</sup> Έχει διατηρηθεί η σύνταξη και η έκφραση των απαντήσεων των φοιτητών

*«Εκπέμπουμε πρωτόνια για να γίνει η διάσπαση του πυρήνα», ΠΤ42*

*«Η σχάση του ουρανίου έχει σαν αποτέλεσμα την εκπομπή ραδιενεργών αερίων», Φ24*

Άλλοι φοιτητές εστίασαν σε αποτελέσματα ή σε χρήσεις, χωρίς να γράψουν τι είναι η σχάση του ουρανίου, όπως:

*«Η σχάση του ουρανίου παράγει απόβλητα ραδιενεργά. γνωστό είναι και το **απεμπλουτισμένο** ουράνιο που χρησιμοποιήθηκε πρόσφατα στον πόλεμο του Κόσσοβου», ΠΤ37<sup>38</sup>*

Ή ακόμη:

*«η διάσπαση (σχάση) του ουρανίου **χρησιμοποιείται** στους πυρηνικούς αντιδραστήρες», Φ43*

Ως «μερικώς αποδεκτές» αξιολογήθηκαν οι απαντήσεις που απλώς έδιναν μια εικόνα ότι ο φοιτητής ήταν σε θέση να ορίσει πολύ περιληπτικά τη διάσπαση, χρησιμοποιώντας την ίδια την ερώτηση, όπως προαναφέρθηκε στην αρχή της παραγράφου:

*«Κατά τη σχάση διασπάται ο πυρήνας του ουρανίου σε νέους πυρήνες», Φ22*

Οι ελάχιστες (πέντε) απαντήσεις που αξιολογήθηκαν ως «αποδεκτές» ήταν ενδεικτικά όπως οι ακόλουθες:

*«Το ουράνιο είναι το στοιχείο με το μέγιστο δυνατό αριθμό νετρονίων (περισσότερο δημιουργεί σπάσιμο του στοιχείου σε απλούστερα). Έτσι ρίχνοντας ένα νετρόνιο πάνω στο άτομο του ουρανίου προκαλούμε διάσπαση σε ελαφρότερα στοιχεία και έκλυση ενέργειας», Φ9*

*«Γίνεται με βομβαρδισμό του ουρανίου από νετρόνια. Με τη σχάση **παράγονται μεγάλα ποσά ενέργειας και ακτινοβολίας**», Φ21*

---

<sup>38</sup> Το απεμπλουτισμένο ουράνιο χαρακτηρίζεται ως «ραδιενεργό απόβλητο» και σε άλλες απαντήσεις, αποτελώντας έτσι μια εναλλακτική αντίληψη ή παρανόηση

Πίνακας 3.24. Αποτελέσματα στη δραστηριότητα «**Η σχάση του ουρανίου**» ανά κατεύθυνση προέλευσης και ανά τμήμα

|                           | ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ ΠΡΟΕΛΕΥΣΗΣ        |                              |                              | ΤΜΗΜΑ              |                    | Σύνολο | % ποσοστό   |
|---------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|--------------------|--------------------|--------|-------------|
|                           | ΘΕΤ<br>(N <sub>1</sub> = 17) | ΤΕΧΝ<br>(N <sub>2</sub> =45) | ΘΕΩΡ<br>(N <sub>3</sub> =32) | ΦΥΣ<br>f (%)       | ΠΤΔΕ<br>f (%)      |        |             |
| Α) Δεν απάντησε           | 7                            | 24                           | 20                           | 19 ( <b>43,2</b> ) | 32 ( <b>64,0</b> ) | 51     | <b>54,3</b> |
| Β) Απάντηση λανθασμένη    | 6                            | 12                           | 12                           | 13 ( <b>29,5</b> ) | 17 ( <b>34,0</b> ) | 30     | <b>31,9</b> |
| Γ) Μερικώς σωστή απάντηση | 2                            | 6                            | <b>0</b>                     | 7 (15,9)           | 1 (2,0)            | 8      | 8,5         |
| Δ) Ορθή απάντηση          | 2                            | 3                            | <b>0</b>                     | 5 (11,4)           | <b>0</b>           | 5      | <b>5,3</b>  |
| Άθροισμα απαντήσεων       | 17                           | 45                           | 32                           | 44                 | 50                 | 94     | 100,0       |

Οι τάσεις που παρατηρήθηκαν κατά την επεξεργασία και αξιολόγηση των απαντήσεων που δόθηκαν σε αυτή τη δραστηριότητα, ανεξάρτητα από το αν οι απαντήσεις ήταν αποδεκτές, διακρίνονται σε:

- Αναφορά σε διάσπαση του πυρήνα σε νέους πυρήνες, χωρίς να γίνει συζήτηση για τα μεγέθη των θυγατρικών πυρήνων. Η έκφραση «*θυγατρικός πυρήνας*» βρέθηκε μόνο στην απάντηση ενός μόνο φοιτητή.

- Βομβαρδισμό του πυρήνα με σωματίδια. Σε ελάχιστες περιπτώσεις, όπως προαναφέρθηκε, το είδος των σωματιδίων ήταν το σωστό (νετρόνια), ενώ σε καμία περίπτωση δεν έγινε μνεία σε «*βραδέως κινούμενα νετρόνια*», όπως αναφέρει το σχολικό βιβλίο. Απεναντίας, τα *πρωτόνια* ήταν αυτά που – εσφαλμένα – «επέλεξαν» οι περισσότεροι φοιτητές ως σωματίδια – βλήματα για την επίτευξη της σχάσης.

- Αποφυγή περιγραφής της διαδικασίας της σχάσης, αλλά εστίαση σε αποτελέσματα ή εφαρμογές, στην πλειοψηφία τους αρνητικά («...επιβλαβής ακτινοβολία...», «...παράγονται ενώσεις πολύ επικίνδυνες για τον άνθρωπο...», «...η παραγωγή όμως ενέργειας με αυτό τον τρόπο αφήνει ραδιενεργά απόβλητα...»)

- Αναφορά στην ενέργεια που παράγεται κατά τη σχάση. Σύγχυση σε αρκετές απαντήσεις της ενέργειας με τη ραδιενέργεια («...διασπάται το ουράνιο όπου βομβαρδίζεται με νετρόνια και παράγονται τεράστια ποσά ενέργειας (ραδιενέργεια)...»)

Στα αρνητικά αξιοσημείωτα αυτής της δραστηριότητας είναι η εξαιρετικά χαμηλή επίδοση των φοιτητών που είχαν ακολουθήσει την θεωρητική κατεύθυνση (κανείς δεν έδωσε αποδεκτή αλλά ούτε και εν μέρει αποδεκτή απάντηση) καθώς και αυτών που προέρχονταν από το ΠΤΔΕ.

### **Η συνολική κριτική των ερωτήσεων 2Δ του ερωτηματολογίου του ‘απεμπλουτισμένου ουρανίου’ και της 6Α του ερωτηματολογίου ‘ITER’**

Η συνολική μελέτη της έννοιας «σχάση» μέσω των ερωτήσεων **2δ** και **6α** των δυο ερωτηματολογίων (απεμπλουτισμένου ουρανίου και ITER αντίστοιχα) έδωσε τα αποτελέσματα που φαίνονται στους πίνακες που ακολουθούν (με τη βοήθεια του στατιστικού προγράμματος SPSS 17.0). Φαίνεται η συνολική χαμηλή συμμετοχή στην ερώτηση της σχάσης, όπου 94 φοιτητές (!) – και στα δυο ερωτηματολόγια – απέφυγαν να απαντήσουν. Ο αριθμός αυτός αντιστοιχεί στο 50% των συμμετεχόντων (συνολικά 189) και θεωρείται υψηλό για αυτή την ερώτηση.

Πίνακας 3.25. Συνολική συμμετοχή και μέση επίδοση για την έννοια της πυρηνικής σχάσης (ερώτηση 2δ – απεμπλουτισμένο ουράνιο – και 6α – αντιδραστήρας ITER)

|                    |         |             |
|--------------------|---------|-------------|
| N                  | Valid   | <b>95</b>   |
|                    | Missing | <b>94</b>   |
| Mean               |         | <b>1,62</b> |
| Std. Error of Mean |         | 0,082       |
| Std. Deviation     |         | 0,801       |
| Variance           |         | 0,642       |
| Minimum            |         | 1           |
| Maximum            |         | 3           |

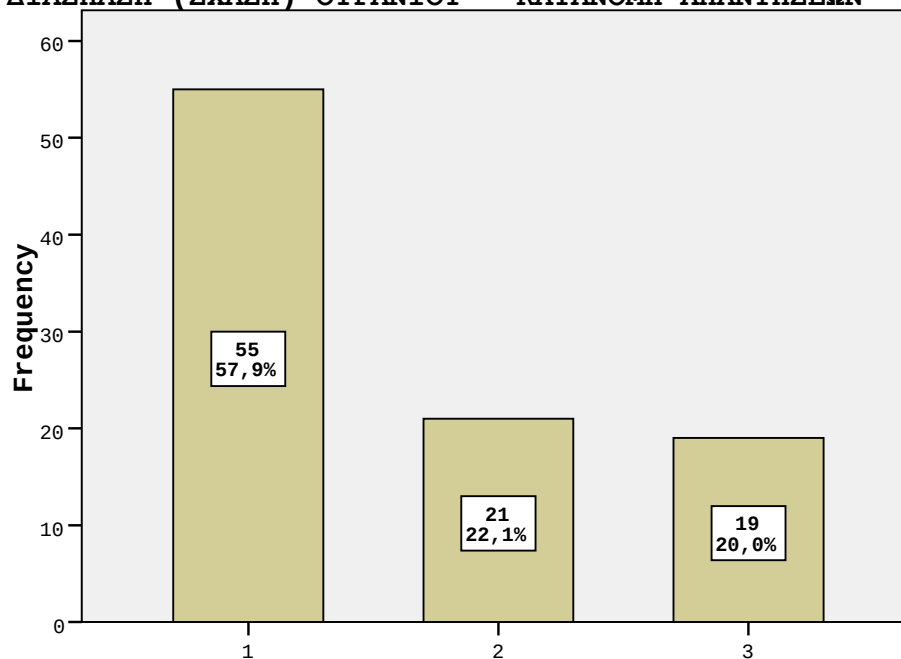
Πίνακας 3.26. Συνολική συμμετοχή και ποσοστά λανθασμένων, μερικά ορθών και ορθών απαντήσεων για την έννοια της πυρηνικής σχάσης (ερώτηση 2δ – απεμπλουτισμένο ουράνιο – και 6α – αντιδραστήρας ITER)

|         |       | Frequency | Percent | Valid Percent | Cumulative Percent |
|---------|-------|-----------|---------|---------------|--------------------|
| Valid   | 1     | 55        | 29,1    | <b>57,9</b>   | 57,9               |
|         | 2     | 21        | 11,1    | <b>22,1</b>   | 80,0               |
|         | 3     | 19        | 10,1    | <b>20,0</b>   | 100,0              |
|         | Total | 95        | 50,3    | 100,0         |                    |
| Missing | 0     | 94        | 49,7    |               |                    |
| Total   |       | 189       | 100,0   |               |                    |

Από τους 95 φοιτητές που απάντησαν συνολικά στην ερώτηση αυτή, ένα μεγάλο ποσοστό (57,9%) έδωσε μη αποδεκτή απάντηση, ενώ το 22,1% μερικώς αποδεκτή και μόνο το 20% (μια στις πέντε απαντήσεις) αποδεκτή. Μια παρατήρηση στο σημείο αυτό είναι ότι οι φοιτητές που ασχολήθηκαν με τη δραστηριότητα του απεμπλουτισμένου ουρανίου έδωσαν περισσότερες σωστές απαντήσεις από αυτούς που ασχολήθηκαν με τη δραστηριότητα του ITER, αλλά το γεγονός αυτό μπορεί να θεωρηθεί ως τυχαίο. Πολύ χαμηλός είναι και ο μέσος όρος της βαθμολογίας (**1,62**), που εμφανίζει μια αρνητική εικόνα για την επίδοση των φοιτητών σε μια τόσο σημαντική ερώτηση.

Ο πίνακας 3.27 που ακολουθεί είναι κατατοπιστικός σε σχέση με τις επιδόσεις ανά κατεύθυνση προέλευσης. Φαίνεται το ποσοστό αποχής ανά κατεύθυνση (οι της θεωρητικής εμφανίζουν μεγαλύτερη αποχή – 60,6% και της θετικής μικρότερη – 38,6%), ενώ και οι μέσοι όροι ακολουθούν παρόμοια αναλογία (1,89 της θετικής, 1,64 της τεχνολογικής και μόλις 1,33 της θεωρητικής)<sup>39</sup>

**ΔΙΑΣΠΑΣΗ (ΣΧΑΣΗ) ΟΥΡΑΝΙΟΥ - ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΑΠΑΝΤΗΣΕΩΝ**



<sup>39</sup> Δεν περιλαμβάνονται οι φοιτητές που δεν έδωσαν απάντηση. Στο πρόγραμμα στατιστικής επεξεργασίας οι μη απαντήσεις ορίστηκαν ως «απουσες τιμές» (missing values)

Πίνακας 3.27. Συνολική συμμετοχή και μέση επίδοση για την έννοια της πυρηνικής σχάσης (ερώτηση 2δ – απεμπλουτισμένο ουράνιο – και 6α – αντιδραστήρας ITER) ανά κατεύθυνση προέλευσης

|                    |                    |         |       |
|--------------------|--------------------|---------|-------|
| <b>Θετική</b>      | N                  | Valid   | 27    |
|                    |                    | Missing | 17    |
|                    | Mean               |         | 1,89  |
|                    | Std. Error of Mean |         | 0,163 |
|                    | Std. Deviation     |         | 0,847 |
|                    | Variance           |         | 0,718 |
|                    | Minimum            |         | 1     |
|                    | Maximum            |         | 3     |
| <b>Τεχνολογική</b> | N                  | Valid   | 42    |
|                    |                    | Missing | 37    |
|                    | Mean               |         | 1,64  |
|                    | Std. Error of Mean |         | 0,122 |
|                    | Std. Deviation     |         | 0,791 |
|                    | Variance           |         | 0,625 |
|                    | Minimum            |         | 1     |
|                    | Maximum            |         | 3     |
| <b>Θεωρητική</b>   | N                  | Valid   | 26    |
|                    |                    | Missing | 40    |
|                    | Mean               |         | 1,31  |
|                    | Std. Error of Mean |         | 0,133 |
|                    | Std. Deviation     |         | 0,679 |
|                    | Variance           |         | 0,462 |
|                    | Minimum            |         | 1     |
|                    | Maximum            |         | 3     |

#### «Εμπλουτισμένο – απεμπλουτισμένο ουράνιο»

Η δραστηριότητα αυτή αποτελείται από την Ερώτηση 6B του ερωτηματολογίου:

**«Έχετε ακούσει τους όρους εμπλουτισμένο ουράνιο και απεμπλουτισμένο ουράνιο; Αν ναι, τι ξέρετε γι' αυτούς;»**

Η ερώτηση αυτή αποσκοπούσε στην ανίχνευση της ικανότητας διαχείρισης της πληροφορίας που υπήρχε στο κείμενο, σχετικά με το εμπλουτισμένο και το απεμπλουτισμένο ουράνιο κατά κύριο λόγο. Δεδομένου ότι δεν υπάρχει ενότητα ή έστω κάποια αναφορά στο σχολικό βιβλίο, οι απαντήσεις που θα διατύπωναν οι φοιτητές θα μπορούσαν να αναζητηθούν και στις άτυπες πηγές γνώσης<sup>40</sup>.

<sup>40</sup> Μια σημαντική πηγή που έδωσε πολλές πληροφορίες πάνω σε αυτό το θέμα ήταν και η εκπομπή της κρατικής τηλεόρασης «Ρεπορτάζ Χωρίς Σύνορα», για το Σύνδρομο του Κόλπου. (<http://www.rwf-archive.gr/episode1-new.php?id=98>). Να σημειωθεί ότι κατά τη διάρκεια της συγκεκριμένης εκπομπής (3-



Δυστυχώς, το ποσοστό αποχής σε αυτή τη δραστηριότητα ήταν πολύ υψηλό, όπως φαίνεται και από τον ακόλουθο πίνακα. Συνολικά και από τα δυο τμήματα, 62 φοιτητές από τους 94 (66%) δεν απάντησαν, ενώ οι 20 έδωσαν άσχετες ή μη αποδεκτές απαντήσεις, δείχνοντας είτε ότι *δεν διάβασαν προσεκτικά το κείμενο* είτε δεν μπόρεσαν να αντιληφθούν τις έννοιες ή απλά έδωσαν «μια απάντηση», αδιαφορώντας για τον βαθμό ορθότητάς της:

«Εμπλουτισμένο: *είναι το ουράνιο που έχει εμπλουτιστεί με ηλεκτρόνια* και Α-πεμπλουτισμένο: *είναι το ουράνιο που δεν έχει εμπλουτιστεί με ηλεκτρόνια*», ΠΤ12

«Εμπλουτισμένο: *είναι ιοντισμένο ουράνιο* και Απεμπλουτισμένο: *το ουράνιο όπως είναι στον περιοδικό πίνακα*», ΠΤ23

Μια άλλη χαρακτηριστική απάντηση που δόθηκε από αρκετούς φοιτητές ήταν η ακόλουθη:

«*τους έχω ακούσει αλλά δεν γνωρίζω*», Φ18

Οι λίγες «μερικώς αποδεκτές» απαντήσεις σχετίζονταν όχι τόσο με το «*τι είναι*», αλλά με τη *χρήση* του απεμπλουτισμένου ουρανίου και ενώ ουσιαστικά δεν έδιναν απάντηση, τουλάχιστον έδειξαν ότι η φράση δεν τους ήταν εντελώς άγνωστη:

«*ανενεργό ουράνιο που χρησιμοποιήθηκε σαν ενίσχυση σε κάποιους αντιαρματικούς πυραύλους λόγω της σκληρότητας του*»<sup>41</sup>, ΦΥΣ36

Μια παρανόηση που εμφανίστηκε

«*ήδη χρησιμοποιημένο ουράνιο*», ΠΤ26

Οι ακόμη λιγότερες – μόλις τέσσερις – αποδεκτές απαντήσεις ήταν της μορφής:

«*Εμπλουτισμένο: Το φυσικό ουράνιο εμπλουτίζεται με ειδική διαδικασία αφαιρώντας μεγάλο μέρος του U-238 αφήνοντας U-235*», ΠΤ4

---

10-1998), το απεμπλουτισμένο ουράνιο αναφέρεται αρκετές φορές και ως «εξασθενημένο», προκαλώντας πιθανές παρανοήσεις. Η συγκεκριμένη λέξη χρησιμοποιείται ως όρος στην περίπτωση του απεμπλουτισμένου ουρανίου, αλλά έχει άλλη σημασία στην καθημερινή χρήση.

<sup>41</sup> Είναι αληθής αυτή η πρόταση. Το απεμπλουτισμένο ουράνιο χρησιμοποιείται στα διατρητικά αντιαρματικά βλήματα λόγω της υψηλής πυκνότητάς του (περίπου διπλάσιας του μολύβδου!) - <http://hps.org/publicinformation/ate/q746.html>

Πίνακας 3.28. Αποτελέσματα στη δραστηριότητα «Εμπλουτισμένο - απεμπλουτισμένο ουράνιο» ανά κατεύθυνση προέλευσης και ανά τμήμα

|                           | ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ ΠΡΟΕΛΕΥΣΗΣ        |                              |                              | ΤΜΗΜΑ              |                    | Σύνολο | % ποσοστό   |
|---------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|--------------------|--------------------|--------|-------------|
|                           | ΘΕΤ<br>(N <sub>1</sub> = 17) | ΤΕΧΝ<br>(N <sub>2</sub> =45) | ΘΕΩΡ<br>(N <sub>3</sub> =32) | ΦΥΣ<br>f (%)       | ΠΤΔΕ<br>f (%)      |        |             |
| A) Δεν απάντησε           | 11                           | 27                           | 24                           | 27 ( <b>61,4</b> ) | 35 ( <b>70,0</b> ) | 62     | <b>66,0</b> |
| B) Απάντηση λανθασμένη    | 1                            | 14                           | 5                            | 14 (31,8)          | 6 (12,0)           | 20     | 21,2        |
| Γ) Μερικώς σωστή απάντηση | 2                            | 3                            | 3                            | 0                  | 8 (16,0)           | 8      | 8,5         |
| Δ) Ορθή απάντηση          | 3                            | 1                            | 0                            | 3 (6,8)            | 1 (2,0)            | 4      | <b>4,3</b>  |
| Άθροισμα απαντήσεων       | 17                           | 45                           | 32                           | 44                 | 50                 | 94     | 100,0       |

Άλλη μια σημαντική έννοια, που θα έπρεπε να γνωρίζουν οι μαθητές που ολοκληρώνουν τις σπουδές τους στο λύκειο, φαίνεται ότι αποτελεί *άγνωστη* λέξη. Τα αποτελέσματα ήταν τόσο χαμηλά ώστε δεν έχει νόημα η κριτική των επιμέρους επιδόσεων ανά κατεύθυνση ή ανά τμήμα. Ίσως θα έπρεπε να υπάρχει μια *ξεχωριστή ενότητα* στο σχολικό βιβλίο σχετικά με το θέμα του απεμπλουτισμένου ουρανίου, για την αποφυγή παρανοήσεων κατά κύριο λόγο, κυρίως για γνωρίσουν ότι η τοξικότητά του που είναι αυτή που δημιουργεί προβλήματα στους οργανισμούς και όχι η ραδιενέργειά του. Αυτή η ενότητα θα μπορούσε επίσης να εγείρει το ενδιαφέρον των μαθητών και να τους προτείνει μια ερευνητική συνθετική εργασία (project) μέσα από την οποία θα διέκριναν τις διαφορές του ουρανίου 235 από το 238, τους διαφορετικούς τρόπους χρήσης τους, ιστορικά στοιχεία και γενικά θα εκτίθεντο σε πλήθος χρήσιμων και ουσιαστικών πληροφοριών σχετικών με το θέμα. Οι μελέτες αλλά και οι συζητήσεις σχετικά με τις επιπτώσεις του απεμπλουτισμένου ουρανίου είναι πάρα πολλές και υπάρχει για το θέμα τακτική ενημέρωση στο διαδίκτυο από *έγκυρες* πηγές<sup>42</sup>

<sup>42</sup> <http://www.wise-uranium.org/diss.html#GEN>

### «Έννοια μαγνητικού πεδίου»

Η δραστηριότητα αυτή αφορούσε την ερώτηση 7 του ερωτηματολογίου:

*«Μία από τις πρώτες ιδέες, που αποδείχθηκε και η πιο επιτυχημένη, ήταν η χρήση ενός μαγνητικού πεδίου ως «αόρατου τοιχώματος» του αντιδραστήρα.*

**Πώς επιτυγχάνεται γενικά η παραγωγή ενός μαγνητικού πεδίου; (πώς εσείς θα επιτυγχάνατε με απλό τρόπο ένα μαγνητικό πεδίο;)**

Η ερώτηση αυτή, όπως και η αμέσως επόμενη δεν είναι ερωτήσεις πυρηνικής φυσικής αλλά σχετίζονται με την διαδικασία της λειτουργίας του αντιδραστήρα σύντηξης. Η χρήση του μαγνητικού πεδίου για τη λειτουργία του αντιδραστήρα ΤΟΚΑΜΑΚ δεν περιγράφεται στο σχολικό βιβλίο, αλλά σε δυο σχήματα (3-29 και 3-30, σελ.91) υπάρχει απλώς αναφορά αυτού του ονόματος, ενώ στο πρώτο υπάρχει και μια απλουστευμένη περιγραφή, όπου μεταξύ των άλλων είναι σημειωμένη η λέξη μαγνήτες.

Οι μαθητές κατά τη διάρκεια της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης και πιο συγκεκριμένα στο Λύκειο, συναντούν τον μαγνητισμό ως τμήμα της ύλης της φυσικής γενικής παιδείας στη Β τάξη. Η ενότητα του μαγνητισμού (3.3.1., Μαγνητικό πεδίο, Φυσική γεν. παιδείας, σελ.143) ξεκινά με μια πειραματική δραστηριότητα:

«Πάνω σε μία γυάλινη επιφάνεια απλώνουμε ρινίσματα σιδήρου. Κάτω από την επιφάνεια τοποθετούμε ένα ραβδόμορφο μαγνήτη, ώστε τα ρινίσματα σιδήρου να μαγνητιστούν. Κτυπάμε λίγο τη γυάλινη επιφάνεια με το χέρι μας και βλέπουμε τα ρινίσματα να παίρνουν μια καθορισμένη μορφή. Η εικόνα που σχηματίστηκε είναι ανάλογη με αυτή των δυναμικών γραμμών ενός ηλεκτρικού πεδίου. Μπορούμε να πούμε ότι πρόκειται για δυναμικές γραμμές ενός μαγνητικού πεδίου.»

Οι απαντήσεις κατέδειξαν ένα ευρύ φάσμα παρανοήσεων, σχετικά με τη δημιουργία ενός απλού μαγνητικού πεδίου, όπως:

*«Με τη χρήση ενός μαγνήτη και ενός μετάλλου. Όταν τους βάζουμε σε κοντινή απόσταση ανάμεσα τους δημιουργείται μαγνητικό πεδίο», ΠΤ1*

*«Με ρινίσματα σιδήρου και ένα μαγνήτη», ΠΤ14*

*«Θα τοποθετούσα ρινίσματα σιδήρου σε ένα τραπέζι και από πάνω θα έβαζα ένα μαγνήτη», ΠΤ38*

*«Χρησιμοποιώντας μαγνητικό υλικό (οι κλασικοί μαγνήτες) και φέρνοντας τους σε επαφή με μεταλλικά υλικά (π.χ. ρινίσματα σιδήρου) δημιουργείται ένα μαγνητικό πεδίο», ΠΤ6*

Στις προηγούμενες απαντήσεις διαπιστώνεται η αντίληψη των φοιτητών για την ανάγκη ύπαρξης κάποιου «υποθέματος» ώστε να δημιουργηθεί μαγνητικό πεδίο.

Στην απάντηση που ακολουθεί παρουσιάζεται αναφορά στην έννοια των *δυναμικών γραμμών*:

*«Παίρνουμε ένα χαρτόνι και βάζουμε πάνω ρινίσματα σιδήρου. Τοποθετούμε στη συνέχεια έναν μαγνήτη από κάτω και τα ρινίσματα σιδήρου δημιουργούν ένα κύκλο δείχνοντας ότι υπάρχει μαγνητικό πεδίο μέσα σ' αυτόν», ΠΤ17*

Ακόμη, ένας ικανός αριθμός απαντήσεων απαιτεί **δυο μαγνήτες** προκειμένου να κατασκευάσει ένα μαγνητικό πεδίο:

*«Με τη χρήση δυο μαγνητών μπορούμε πολύ εύκολα να κατασκευάσουμε ένα μαγνητικό πεδίο», ΠΤ7*

*«Με τη χρήση δυο μαγνητών, φέρνοντας τους σε κοντινή απόσταση, ο ένας με το βόρειο πόλο και ο άλλος με το νότιο», ΠΤ4*

*«παίρνουμε δυο μαγνήτες και πλησιάζουμε τη θετικά φορτισμένη πλευρά του ενός με την αρνητικά φορτισμένη πλευρά του άλλου και έτσι έχουμε δημιουργία δυναμικών γραμμών», Φ15*

Στην τελευταία απάντηση διακρίνεται και μια ακόμη τάση, αυτή που χαρακτηρίζει τους πόλους των μαγνητών ως **«θετικούς»** και **«αρνητικούς»**, κάτι που δεν υπάρχει σε κανένα σχολικό βιβλίο. Η σύγχυση μεταξύ μαγνητικών και ηλεκτρικών φαινομένων φαίνεται και σε απαντήσεις όπως η ακόλουθη, που χαρακτηρίστηκαν ως *«μη αποδεκτές»*:

*«τρίβοντας ένα αντικείμενο πάνω σε μάλλινο ύφασμα», ΠΤ12*

Μια άλλη ομάδα απαντήσεων που εμφάνισαν παρανοήσεις, ήταν αυτή που «έφερε τους μαγνήτες σε επαφή»:

*«μαγνητικό πεδίο δημιουργείται αν φέρουμε σε επαφή δυο μαγνήτες», ΠΤ34*

Σε άλλες απαντήσεις (κυρίως των φοιτητών του τμήματος φυσικής) παρουσιάζεται το μαγνητικό πεδίο που δημιουργείται σε ένα πηνίο που διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα. Οι απαντήσεις αυτές αξιολογήθηκαν ως αποδεκτές, εφόσον ήταν σωστές στη διατύπωσή τους:

*«για να παραχθεί ένα μαγνητικό πεδίο πρέπει να περάσει ηλεκτρικό ρεύμα από ένα πηνίο», Φ1*

«αν εφαρμόσουμε τάση στα άκρα ενός πηνίου, δημιουργείται μαγνητικό πεδίο», ΠΤ22

«θα χρησιμοποιούσα ένα μαγνήτη με δυο πόλους, θετικό και αρνητικό. αλλιώς θα χρησιμοποιούσα ένα πηνίο **ηλεκτροφόρο**», ΠΤ37

«με ηλεκτρομαγνήτες», Φ10

Υπήρξαν απαντήσεις που αξιολογήθηκαν ως «μη αποδεκτές» και οι οποίες συνδύαζαν **δύο ή περισσότερες** παρανοήσεις, όπως οι ακόλουθες:

«Με ένα μέταλλο το οποίο το συνδέουμε με μια ηλεκτρική πηγή ώστε να αποκτήσει μαγνητικό πεδίο, ή τρίβοντας το με μια μάλλινη μπλούζα», Φ19

«Επιτυγχάνεται με την τοποθέτηση ενός ρευματοφόρου καλωδίου σε κομμάτι με-τάλλου», ΠΤ42

Ως «μερικώς αποδεκτές» χαρακτηρίστηκαν απαντήσεις που αποτελούνταν από **συν-δυσμό** τόσο ορθών, όσο και ασαφών ή μη αποδεκτών απαντήσεων:

«Με τη χρήση μαγνητών. Επίσης, μαγνητικό πεδίο μπορεί να δημιουργηθεί και από ένα ηλεκτρικό πεδίο», ΠΤ29

«Μαγνητικό πεδίο δημιουργείται με την κίνηση ηλεκτρικά αγώγιμων υλικών όπως τα λιωμένα μέταλλα στο εσωτερικό της γης που δημιουργούν το μαγνητικό πεδίο της. Ένα απλό μαγνητικό πεδίο παράγεται με ένα απλό ηλεκτρικό κύκλωμα», Φ9

«με την έλξη δυο πηνίων που διαρρέονται από ηλεκτρικό ρεύμα», Φ33

Πίνακας 3.29. Αποτελέσματα στη δραστηριότητα «**Έννοια μαγνητικού πεδίου**» ανά κατεύθυνση προέλευσης και ανά τμήμα

|                                | ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ ΠΡΟΕΛΕΥ-<br>ΣΗΣ   |                              |                              | ΤΜΗΜΑ        |               | Σύνολο | % ποσο-<br>στό |
|--------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|--------------|---------------|--------|----------------|
|                                | ΘΕΤ<br>(N <sub>1</sub> = 17) | ΤΕΧΝ<br>(N <sub>2</sub> =45) | ΘΕΩΡ<br>(N <sub>3</sub> =32) | ΦΥΣ<br>f (%) | ΠΤΔΕ<br>f (%) |        |                |
| Α) Δεν απάντη-<br>σε           | 4                            | 13                           | 11                           | 12 (27,3)    | 16 (32,0)     | 28     | <b>29,8</b>    |
| Β) Απάντηση<br>λανθασμένη      | 3                            | 11                           | 4                            | 13 (29,5)    | 5 (10,0)      | 18     | 19,1           |
| Γ) Μερικώς σω-<br>στή απάντηση | 0                            | 6                            | 4                            | 5 (11,4)     | 5 (10,0)      | 10     | 10,6           |
| Δ) Ορθή απά-<br>ντηση          | 10                           | 15                           | 13                           | 14 (31,8)    | 24 (48,0)     | 38     | <b>40,4</b>    |
| Άθροισμα απα-<br>ντήσεων       | 17                           | 45                           | 32                           | 44           | 50            | 94     | 100,0          |

Από τον προηγούμενο πίνακα διαπιστώνεται ένα ικανοποιητικό ποσοστό αποδεκτών / ορθών απαντήσεων (38/94 ή 40,4%), σε σύγκριση με όσες δόθηκαν στα προηγούμενα θέματα πυρηνικής φυσικής. Οι φοιτητές που προέρχονταν από την θετική κατεύθυνση παρουσίασαν 10/17 (ή 59% περίπου) αποδεκτές απαντήσεις. Όμως, μεγάλο – για τέτοιου είδους ερώτηση – είναι και το ποσοστό των φοιτητών που απείχαν από αυτή τη δραστηριότητα, περίπου ένας στους τρεις (29,8%) απ’ όσους προέρχονταν από την θεωρητική και την τεχνολογική κατεύθυνση, ενώ συγκριτικά μεγάλο είναι και το ποσοστό των μη αποδεκτών απαντήσεων των φοιτητών που προέρχονταν από την τεχνολογική κατεύθυνση (~25%). Η ερώτηση αυτή όπως προαναφέρθηκε δεν αποτελεί θέμα πυρηνικής φυσικής. Όμως, δείχνει ότι ακόμη και σε έννοιες που μπορούν να γίνουν κατανοητές με απλά πειράματα στη σχολική αίθουσα, υπάρχουν πολλές και σημαντικές παρανοήσεις.

Ακόμη, από τη μελέτη του προηγούμενου πίνακα η επίδοση των φοιτητών του ΠΤΔΕ φαίνεται να είναι αρκετά υψηλότερη σε αυτή τη δραστηριότητα από αυτή των φοιτητών του τμήματος φυσικής (48% έναντι 31,8% όσον αφορά τις αποδεκτές απαντήσεις και 10% έναντι 29,5% όσον αφορά τις μη αποδεκτές). Το γεγονός αυτό μπορεί να ερμηνευτεί *ενδεχομένως* από τους υψηλότερους βαθμούς πρόσβασης των φοιτητών του ΠΤΔΕ, με την έννοια ότι στην τάξη που διδάχθηκαν αυτή την έννοια (του μαγνητικού πεδίου) είχαν πιθανόν δώσει μεγαλύτερη προσοχή ή ήταν πιο επιμελείς.

### **«Πλάσμα»**

Η δραστηριότητα αυτή αποτελούνταν από τα δύο σκέλη της ερώτησης 8 του ερωτηματολογίου. Τόσο το πρώτο όσο και το δεύτερο σκέλος της ερώτησης αφορούσαν αντικείμενα και έννοιες τις οποίες οι φοιτητές είχαν τυπικά διδασχθεί στο σχολείο, ταυτόχρονα όμως, με λίγη προσοχή μπορούσαν να απαντηθούν και με τη βοήθεια των πληροφοριών που παρείχε το κείμενο:

**Ερώτηση 8. Στις υψηλές θερμοκρασίες που απαιτούνται για τη σύντηξη, το υδρογόνο είναι ιοντισμένο και το αέριο είναι πια ένα μείγμα από πρωτόνια και ηλεκτρόνια. Το μείγμα αυτό ονομάζεται πλάσμα.**

**Α) Τι σημαίνει «το υδρογόνο είναι ιοντισμένο»;**

Στην παράγραφο «Πυρηνική σύντηξη» της ενότητας 3.4 (Πυρηνικές αντιδράσεις) του σχολικού βιβλίου Φυσικής Γενικής Παιδείας της Γ Λυκείου, τονίζεται πως:

«Η θερμοκρασία, για να προκληθεί αντίδραση σύντηξης, είναι της τάξης των  $10^8\text{K}$ . Στις θερμοκρασίες αυτές τα άτομα έχουν πια ιονιστεί τελείως, δηλαδή έχουν χάσει τα ηλεκτρόνιά τους, και η ιονισμένη αυτή κατάσταση, όπου έχουμε μόνο ηλεκτρόνια και πυρήνες, λέγεται **πλάσμα**.»

Σε αυτό το σκέλος της ερώτησης αναμενόταν να γίνει αναφορά είτε σε «απομάκρυνση» ηλεκτρονίου, είτε έστω απλώς ότι το άτομο αποκτά φορτίο. Σύμφωνα με τη σχολική βιβλιογραφία (Χημεία Α' λυκείου Γεν. Παιδείας, σελ. 12),

«τα άτομα (όμως) μπορούν να μετατραπούν σε ιόντα με αποβολή ή με πρόσληψη ενός ή περισσότερων ηλεκτρονίων»

Στο κεφάλαιο των ατομικών φαινομένων της Φυσικής Γ λυκείου Γεν. Παιδείας, (παραγρ. 2.2, σελ.52) ορίζεται ως ιονισμός:

«η απομάκρυνση ενός ηλεκτρονίου του ατόμου σε περιοχή εκτός του ηλεκτρικού πεδίου του πυρήνα»

Τέλος, ο ιοντισμός είναι αντικείμενο που διδάσκονται επιπλέον οι μαθητές της τρίτης λυκείου που ακολουθούν την θετική κατεύθυνση. Στην ενότητα 1.4, σελ.24 του βιβλίου Χημείας θετικής κατεύθυνσης, συζητείται η έννοια της **ενέργειας ιοντισμού**:

«Η ελάχιστη ενέργεια που απαιτείται για την πλήρη απομάκρυνση ενός ηλεκτρονίου από ελεύθερο άτομο, που βρίσκεται στη θεμελιώδη του κατάσταση και σε αέρια φάση, ονομάζεται ενέργεια πρώτου ιοντισμού και συμβολίζεται  $E_{I1}$ »

η οποία έχει αποτελέσει αρκετές φορές και *θέμα* στις Εισαγωγικές Εξετάσεις. Ειδικότερα για το άτομο του υδρογόνου, που ήταν και το αντικείμενο της ερώτησης, μια τυπικά αποδεκτή απάντηση θα έπρεπε να διαχειρίζεται *ορθά* την έννοια της απομάκρυνσης ηλεκτρονίων από το συγκεκριμένο άτομο. Τμήμα της διδακτέας ύλης, όμως, δεν αποτελεί η **ηλεκτροσυγγένεια** η οποία αποτελεί την αμέσως επόμενη παράγραφο (σελ.26) και στην οποία ορίζεται:

«Ηλεκτρονιοσυγγένεια ( $E_{ea}$ ) στοιχείου είναι η μεταβολή της ενέργειας που παρατηρείται κατά την **πρόσληψη** ενός ηλεκτρονίου από άτομο που βρίσκεται στη θεμελιώδη του κατάσταση και σε αέρια φάση»

Ένα θέμα που απασχόλησε τον γράφοντα στο σημείο αυτό ήταν η περίπτωση των υδριδίων των αλκαλιμετάλλων (π.χ.  $\text{NaH}$ ) στα οποία το υδρογόνο εμφανίζεται με το αρνητικό του ιόν ( $\text{H}^-$ ) λόγω του ισχυρού ηλεκτροθετικού χαρακτήρα του μετάλλου. Άλλωστε, και στην ενότητα του αριθμού οξείδωσης (*Χημεία Α' λυκείου Γεν. Παιδείας*, σελ. 64) αναφέρεται ότι:

«2. Το H στις ενώσεις του έχει Α.Ο. ίσο με +1, εκτός από τις ενώσεις του με τα μέταλλα (υδρίδια) που έχει -1»

Ως εκ τούτου υπήρξε *προβληματισμός* σχετικά με τις απαντήσεις της μορφής «**έχει πάρει ή έχει δώσει ηλεκτρόνια**». Τέτοιου είδους απάντηση παρότι **σωστή**, είναι **γενική**. Η ερώτηση όμως αφορούσε το υδρογόνο συγκεκριμένα σε κατάσταση πλάσματος, επομένως η αποδεκτή απάντηση θα αναφερόταν στο άτομο του υδρογόνου που το ηλεκτρόνιο του έχει απομακρυνθεί από την επίδραση του πυρήνα. Απαντήσεις της μορφής «**έχει πάρει ή έχει δώσει ηλεκτρόνια**», τελικά αξιολογήθηκαν ως «*μερικώς αποδεκτές*».

Μερικές απαντήσεις:

«σημαίνει ότι έχει ιονιστεί, έχει φύγει ένα ηλεκτρόνιο ( $e^-$ )», ΠΤ2

«έχει υποστεί την απομάκρυνση ηλεκτρονίων», ΠΤ42

«αφού το υδρογόνο είναι ιοντισμένο θα είναι ή ανιόν ή κατιόν, δηλαδή ή έχει πάρει ή έχει διώξει ηλεκτρόνιο», ΠΤ8

Σε μερικές περιπτώσεις, δόθηκε γενικός ορισμός για τον **ιοντισμό**, όπως αυτός περιγράφεται στο σχολικό βιβλίο:

«...ιοντισμός είναι η κατάσταση στην οποία τα  $e$  του ατόμου απομακρύνονται από την έλξη του πυρήνα λόγω της ενέργειας που έχει δεχθεί το άτομο...», Φ9

Ένας αριθμός φοιτητών εμφάνισε σύγχυση των εννοιών **ιοντισμού** και **διέγερσης**:

«τα ηλεκτρόνια του βρίσκονται σε υψηλότερη ενεργειακή στάθμη», Φ16

Άλλες απαντήσεις θεωρούν τον ιοντισμό ως κατάσταση «άπειρης ενέργειας»:

«σημαίνει ότι ξεφεύγει από την επίδραση του πυρήνα και η ενέργεια του απειρίζεται», Φ29



Ενώ υπήρξε και ένας αριθμός απαντήσεων, οι οποίες απλά επαναλάμβαναν την ερώτηση ή ήταν ταυτόσημες:

«περιλαμβάνει ιόντα», ΠΤ9

«σημαίνει ότι περιέχει ανιόντα ή κατιόντα», Φ23

Ακόμη, στις απαντήσεις που αξιολογήθηκαν ως «μη αποδεκτές», περιλαμβάνονται και ό-  
σες περιείχαν λάθη που αφορούσαν **αλλαγές στον πυρήνα του ατόμου**:

«ο ατομικός του αριθμός έχει μειωθεί», Φ38

«έχει αφαιρεθεί το ηλεκτρόνιο που βρίσκεται στον πυρήνα του», ΠΤ36

Στον πίνακα που ακολουθεί εμφανίζεται η κατανομή των απαντήσεων, ανάλογα με  
το τμήμα και την κατεύθυνση προέλευσης:

Πίνακας 3.30. Αποτελέσματα στην ερώτηση «**το υδρογόνο είναι ιοντισμένο**» ανά κατεύθυνση  
προέλευσης και ανά τμήμα

|                                | ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ ΠΡΟΕΛΕΥ-<br>ΣΗΣ   |                              |                              | ΤΜΗΜΑ              |               | Σύνολο | % ποσο-<br>στό |
|--------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|--------------------|---------------|--------|----------------|
|                                | ΘΕΤ<br>(N <sub>1</sub> = 17) | ΤΕΧΝ<br>(N <sub>2</sub> =45) | ΘΕΩΡ<br>(N <sub>3</sub> =32) | ΦΥΣ<br>f (%)       | ΠΤΔΕ<br>f (%) |        |                |
| Α) Δεν απάντη-<br>σε           | 3                            | 10                           | 10                           | 8 (18,2)           | 15 (30,0)     | 23     | <b>24,5</b>    |
| Β) Απάντηση<br>λανθασμένη      | 2                            | 11                           | 4                            | 12 ( <b>27,3</b> ) | 5 (10,0)      | 17     | 18,1           |
| Γ) Μερικώς σω-<br>στή απάντηση | 6                            | 20                           | 16                           | 17 (38,6)          | 25 (50,0)     | 42     | <b>44,7</b>    |
| Δ) Ορθή απά-<br>ντηση          | 2                            | 6                            | 3                            | 6 (13,6)           | 5 (10,0)      | 11     | 11,7           |
| Άθροισμα απα-<br>ντήσεων       | 17                           | 45                           | 32                           | 44                 | 50            | 94     | 100,0          |

Διαπιστώνεται ότι το μεγαλύτερο ποσοστό (44,7%) έδωσε «*μερικώς αποδεκτές*» α-  
παντήσεις. Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι οι φοιτητές του τμήματος φυσικής έδωσαν  
τόσο σε απόλυτους αριθμούς όσο και σε ποσοστά, περισσότερες *λανθασμένες* απαντήσεις.  
Ο ιονισμός (ή ιοντισμός) ενός ατόμου είναι φαινόμενο το οποίο συναντάται ως αντικείμε-  
νο διδασκαλίας – και – στο μάθημα της χημείας, και αυτό το γεγονός πιθανόν να εξηγεί το  
προηγούμενο μεγάλο ποσοστό μη αποδεκτών απαντήσεων αφού οι περισσότεροι φοιτητές  
του τμήματος φυσικής είχαν ακολουθήσει την τεχνολογική κατεύθυνση, άρα δεν είχαν δι-  
δαχτεί την αντίστοιχη ενότητα χημείας κατεύθυνσης. Τέλος, το ποσοστό των φοιτητών

που δεν απάντησε (24,5%) είναι υψηλό για τέτοια ερώτηση, που δεν είναι αυστηρά ερώτηση πυρηνικής φυσικής.

Από τον προηγούμενο πίνακα διαπιστώνεται ακόμη ότι οι φοιτητές που προέρχονταν από την θεωρητική και την τεχνολογική κατεύθυνση έδωσαν τα μικρότερα ποσοστά ορθών απαντήσεων (~9%), ενώ σε αυτούς που προερχόταν από τη θετική κατεύθυνση, το ποσοστό είναι αρκετά υψηλότερο (29,4%). Όμως, ο αριθμός τους είναι πολύ μικρός (N = 5) επομένως δεν είναι δυνατό να εξαχθούν ιδιαίτερα συμπεράσματα.

#### **B) Από πού προέρχονται τα πρωτόνια και τα ηλεκτρόνια που απαρτίζουν το πλάσμα;**

Οι μισοί και πλέον φοιτητές απέφυγαν να δώσουν κάποια απάντηση σε αυτή την ερώτηση, παρότι αφορούσε απόσπασμα του κειμένου. Αυτός ο αριθμός είναι υπερδιπλάσιος όσων δεν απάντησαν στο προηγούμενο, πρώτο μέλος της ερώτησης 8. Μερικές χαρακτηριστικές απαντήσεις από αυτές που δόθηκαν και αξιολογήθηκαν ως αποδεκτές:

*«τα πρωτόνια είναι οι πυρήνες του υδρογόνου ενώ τα ηλεκτρόνια είναι αυτά που έχασαν τα άτομα H», Φ21*

*«από το υδρογόνο που έχει ιονιστεί», ΠΤ12*

Υπήρξαν και απλούστερες απαντήσεις, όπως για παράδειγμα «από το υδρογόνο», αλλά υπήρξαν και απαντήσεις που αξιολογήθηκαν ως μερικώς αποδεκτές:

*«τα πρωτόνια προέρχονται από τον πυρήνα του πλάσματος, τα δε ηλεκτρόνια περιστρέφονται γύρω από τον πυρήνα», ΠΤ18*

Καθώς και αυτές που ήταν λανθασμένες ή απλά μη αποδεκτές:

*«από το ισχυρά μαγνητισμένο πεδίο που υπάρχει γύρω από το πλάσμα», Φ11*

*«από τον πυρήνα του πλάσματος», Φ5*

*«τα πρωτόνια είναι μέσα στον πυρήνα και τα ηλεκτρόνια είναι έξω από τον πυρήνα»*

Πίνακας 5.30. Αποτελέσματα στη δραστηριότητα «Προέλευση πρωτονίων και ηλεκτρονίων του πλάσματος» ανά κατεύθυνση προέλευσης και ανά τμήμα

|                           | ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ ΠΡΟΕΛΕΥΣΗΣ        |                              |                              | ΤΜΗΜΑ        |               | Σύνολο | % ποσοστό |
|---------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|--------------|---------------|--------|-----------|
|                           | ΘΕΤ<br>(N <sub>1</sub> = 17) | ΤΕΧΝ<br>(N <sub>2</sub> =45) | ΘΕΩΡ<br>(N <sub>3</sub> =32) | ΦΥΣ<br>f (%) | ΠΤΔΕ<br>f (%) |        |           |
| Α) Δεν απάντησε           | 8                            | 26                           | 18                           | 23 (52,3)    | 29 (58,0)     | 52     | 55,3      |
| Β) Απάντηση λανθασμένη    | 0                            | 6                            | 2                            | 6 (13,6)     | 2 (4,0)       | 8      | 8,5       |
| Γ) Μερικώς σωστή απάντηση | 1                            | 5                            | 5                            | 4 (9,1)      | 7 (14,0)      | 11     | 11,7      |
| Δ) Ορθή απάντηση          | 7                            | 9                            | 7                            | 11 (25,0)    | 12 (24,0)     | 23     | 24,5      |
| Άθροισμα απαντήσεων       | 17                           | 45                           | 32                           | 44           | 50            | 94     | 100,0     |

Παρόλα αυτά, σε σχέση με το προηγούμενο σκέλος της ερώτησης περί ιονισμού, παρατηρείται ότι διπλασιάζεται και ο απόλυτος αριθμός (και το ποσοστό) όσων απάντησαν ορθά σε μια ούτως ή άλλως εύκολη ερώτηση, που απαιτούσε απλά προσεκτική ανάγνωση του κειμένου.

Όπως προκύπτει και από τις ενδεικτικές απαντήσεις, σε αυτή την ερώτηση διαπιστώθηκε μια **παρανόηση**, αρκετά συνήθης σε έρευνες και μελέτες, αυτή της **επικράτησης του μοντέλου του Bohr ως εικόνα του ατόμου**, που εκφράστηκε με τη φράση «τα ηλεκτρόνια περιστρέφονται ή βρίσκονται γύρω από τον πυρήνα». Η παρανόηση αυτή καθώς και οι μεγάλες διαφορές στα επιμέρους αποτελέσματά τους ήταν και ο λόγος για τον οποίο δεν συγχωνεύτηκαν οι δυο αυτές ερωτήσεις για μια συνολική μελέτη τους, όπως έγινε σε άλλες περιπτώσεις, κυρίως του πρώτου ερωτηματολογίου.

#### «Ιδιότητα πλάσματος»

#### Ερώτηση 9. Ποια η βασική ιδιότητα του πλάσματος που είναι χρήσιμη στην υλοποίηση της κατασκευής του αντιδραστήρα σύντηξης:

Και σε αυτή την ερώτηση υπήρξε μεγάλος αριθμός φοιτητών που δεν απάντησαν, παρά το γεγονός ότι η απάντηση βρισκόταν μέσα στο κείμενο (στ. 25–27). Η ερώτηση δεν ήταν ανάκλησης γνώσης ή κρίσης αλλά αποσκοπούσε περισσότερο να εξετάσει εάν οι φοιτητές είχαν διαβάσει *προσεκτικά* το κείμενο και όχι να αναπτύξουν κάποια θεωρία που δεν γνώριζαν. Όντως, οι 29/94 απαντήσεις που αξιολογήθηκαν ως αποδεκτές, χρησιμοποίησαν

λίγο έως πολύ τη διατύπωση του κειμένου, όπως φαίνεται από τα ακόλουθα ενδεικτικά παραδείγματα:

*«το πλάσμα απωθείται από τις περιοχές που υπάρχει ισχυρό μαγνητικό πεδίο»,*

ΠΤ3

*«το πλάσμα μπορεί να ‘ελεγχθεί’ από ένα μαγνητικό πεδίο», Φ1*

Υπήρξαν και ορισμένες μη αποδεκτές απαντήσεις, όπως:

*«είναι ένα μίγμα πρωτονίων και ηλεκτρονίων, οι ατομικές δυνάμεις δεν είναι τόσο ισχυρές, άρα μπορεί να επιτευχθεί η σύντηξη», Φ42*

*«η υψηλή θερμοκρασία και είναι χρήσιμο στην προσομοίωση των συνθηκών που επικρατούν στον ήλιο», Φ9*

*«η μεγάλη του ενέργεια?», ΠΤ5*

*«το πλάσμα είναι ελεύθερα ηλεκτρόνια και ιοντισμένοι πυρήνες<sup>43</sup>», ΠΤ23*

*«γιατί το μαγνητικό πεδίο που δημιουργεί το κάνει ασθενές στο κέντρο του αντι-δραστήρα και ισχυρό στα τοιχώματα», Φ11*

Οι προηγούμενες απαντήσεις αξιολογήθηκαν ως μη αποδεκτές, καθώς είτε είναι λανθασμένες, είτε ασαφείς, είτε άσχετες.

#### ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ:

- Διαπιστώθηκε απουσία απαντήσεων που θα μπορούσαν να χαρακτηριστούν ως «μερικώς αποδεκτές». Αυτό ερμηνεύεται από τον γράφοντα ότι προέρχεται από τη φύση της ερώτησης
- Το μικρό ποσοστό των λανθασμένων απαντήσεων. Οι φοιτητές που δεν γνώριζαν την απάντηση ή που δεν ήταν βέβαιοι ότι θα έδιναν κάποια σωστή, πιθανόν προτίμησαν να μην δώσουν καμία (απ' όπου και το μεγάλο ποσοστό των φοιτητών που δεν απάντησαν)

---

<sup>43</sup> Ουσιαστικά δίνει περιγραφή του πλάσματος, χωρίς όμως να απαντά στην ερώτηση

Πίνακας 3.31. Αποτελέσματα στη δραστηριότητα «Ιδιότητα πλάσματος» ανά κατεύθυνση προέλευσης και ανά τμήμα

|                           | ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ ΠΡΟΕΛΕΥΣΗΣ        |                              |                              | ΤΜΗΜΑ        |               | Σύνολο | % ποσοστό |
|---------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|--------------|---------------|--------|-----------|
|                           | ΘΕΤ<br>(N <sub>1</sub> = 17) | ΤΕΧΝ<br>(N <sub>2</sub> =45) | ΘΕΩΡ<br>(N <sub>3</sub> =32) | ΦΥΣ<br>f (%) | ΠΤΔΕ<br>f (%) |        |           |
| Α) Δεν απάντησε           | 11                           | 24                           | 16                           | 27 (61,4)    | 24 (48,0)     | 51     | 54,3      |
| Β) Απάντηση λανθασμένη    | 1                            | 10                           | 3                            | 9 (20,5)     | 5 (10,0)      | 14     | 14,9      |
| Γ) Μερικώς σωστή απάντηση | -                            | -                            | -                            | -            | -             | 0      | 0,0       |
| Δ) Ορθή απάντηση          | 5                            | 11                           | 13                           | 8 (18,2)     | 21 (42,0)     | 29     | 30,8      |
| Άθροισμα απαντήσεων       | 17                           | 45                           | 32                           | 44           | 50            | 94     | 100,0     |

Από τον προηγούμενο πίνακα (3.31) προκύπτει ότι οι φοιτητές που προέρχονταν από τη θεωρητική κατεύθυνση, όπως και αντίστοιχα αυτοί του ΠΤΔΕ έδωσαν μεγαλύτερα ποσοστά αποδεκτών απαντήσεων (περίπου 41%), έχοντας περισσότερη ευχέρεια στην ανάγνωση ενός κειμένου και στον εντοπισμό των φράσεων ή λέξεων που το χαρακτηρίζουν, όπως είχαν διδαχθεί να κάνουν στα μαθήματα της λογοτεχνίας. Αντίθετα, οι φοιτητές που προέρχονταν από θετική κατεύθυνση εμφάνισαν μεγαλύτερα ποσοστά αποχής από τη δραστηριότητα αυτή.

#### «Πυρηνικός αντιδραστήρας και ατομική βόμβα»

**10) Όλες οι χώρες της κοινοπραξίας ήθελαν να φιλοξενήσουν τον αντιδραστήρα επειδή, σε αντίθεση με τους ατομικούς αντιδραστήρες ουρανίου, που έχουν πάντα τον κίνδυνο έκρηξης και παράγουν ραδιενεργά κατάλοιπα, οι θερμοπυρηνικοί αντιδραστήρες είναι ασφαλείς και «καθαροί». (Γραμμές 37-40)**

**Α) Συνδέεται αυτή η έκρηξη αυτή με αυτό που αναφέρουμε ως έκρηξη ατομικής βόμβας;**

Στο σχολικό βιβλίο δεν υπάρχει καμία αναφορά σε αυτό το πάντα σημαντικό θέμα, το οποίο αναδεικνύεται σε πολλές περιπτώσεις κατά τις οποίες γίνεται συζήτηση για λειτουργία πυρηνικών εργοστασίων ή μετά από ατυχήματα που συνδέονται με πυρηνικά ερ-

γοστάσια. Στο κείμενο, η φράση «έχουν πάντα τον κίνδυνο έκρηξης», αφορά την έκρηξη που θα απελευθερώσει στο περιβάλλον ποσότητες ραδιενεργού υλικού με αποτέλεσμα τη ρύπανση τεράστιων εκτάσεων, αν τα προϊόντα της έκρηξης είναι αέρια ή διοχετεύονται στον υδροφόρο ορίζοντα, μέσω τεχνητών ή – όπως συμβαίνει στα περισσότερα πυρηνικά εργοστάσια – φυσικών υδάτινων συστημάτων ψύξης.

Σε αυτή τη δραστηριότητα παρατηρήθηκε σχετικά αυξημένη συμμετοχή σε σύγκριση με την αντίστοιχη του πλάσματος. Παρ' όλα αυτά, 35 φοιτητές απέφυγαν να απαντήσουν, με χαρακτηριστικά μεγαλύτερο το ποσοστό αυτών του φυσικού τμήματος (45,4% έναντι 30% των φοιτητών του ΠΤΔΕ). Ένας μεγαλύτερος αριθμός (N = 44) έδωσε απαντήσεις που αξιολογήθηκαν ως «μη – αποδεκτές», όπως οι ακόλουθες:

*«Ναι, συνδέεται. Χαρακτηριστικές οι περιπτώσεις στη Χιροσίμα και στο Ναγκασάκι», ΠΤ6*

*«Θα έλεγα πως είναι πιο ισχυρή από μια ατομική βόμβα», Φ8*

*«Η ατομική βόμβα αφήνει πολλά κατάλοιπα και σκοτώνει πολλές ζωές για πολλά χρόνια μετά την έκρηξη της, η άλλη όχι», Φ19*

Ως μη αποδεκτές χαρακτηρίστηκαν και οι απαντήσεις που μονολεκτικά ανέφεραν «ναι», «όχι» ή «πιθανόν». Η ερώτηση δεν αποσκοπούσε να αντιμετωπίσει **στατιστικά** τις καταφατικές ή τις αρνητικές απαντήσεις, αλλά να εξερευνήσει τις **αντιλήψεις** των φοιτητών σχετικά με ένα ιδιαίτερα σημαντικό θέμα<sup>44</sup>. Υπήρξαν 15 συνολικά απαντήσεις στις οποίες διατυπώθηκαν κάποιες **λογικές σκέψεις και απόψεις**, χωρίς όμως να πλησιάζουν σε **μια τεκμηριωμένη απάντηση**. Αυτές οι απαντήσεις δεν ταξινομήθηκαν στην προηγούμενη κατηγορία, αν και ήσαν στην πλειονότητά τους αρκετά ελλιπείς, π.χ.:

*«Ναι, και στις δυο περιπτώσεις η μόλυνση που προκαλείται είναι τεράστια λόγω των ραδιενεργών στοιχείων και καταλοίπων που απελευθερώνονται», Φ42*

*«Συνδέεται διότι και στις δυο περιπτώσεις παράγονται τεράστια ποσά ενέργειας», ΠΤ37*

*«Συνδέεται εφόσον γίνεται εκπομπή ραδιενέργειας προς το περιβάλλον», ΠΤ42*

*«Ναι, νομίζω έχει σχέση με τη σχάση», ΠΤ14*

*«Η ατομική βόμβα περιέχει U», ΠΤ3*

<sup>44</sup> Τόσο κατά το ατύχημα στον πυρηνικό αντιδραστήρα του **Τσέρνομπιλ**, όσο και κατά την πρόσφατη καταστροφή στο πυρηνικό εργοστάσιο της **Φουκουσίμα**, διαπιστώθηκε και από την κοινή γνώμη ότι όντως **δεν** συνδέεται αυτή καθαυτή η έκρηξη, με την αντίστοιχη μιας ατομικής βόμβας. Εν τούτοις, τα αποτελέσματα (βραχυπρόθεσμα και μακροπρόθεσμα) σε όσα αφορούν την εκπομπή ραδιενέργειας είναι συγκρίσιμα.

«Ναι διότι το ουράνιο είναι το βασικό υλικό από το οποίο κατασκευάζονται οι ατομικές βόμβες», ΠΤ38

«Όχι απαραίτητα. Ίσως συνδέεται περισσότερο με τα κατάλοιπα ή τις διαρροές», ΠΤ25

Είναι πολύ πιθανόν, οι φοιτητές να μην αντιλήφθηκαν την ερώτηση, η οποία αφορούσε την έκρηξη αποκλειστικά ως τη βίαιη εκδήλωση ενός φαινομένου. Απεναντίας, στις προηγούμενες απαντήσεις, διακρίνονται αναφορές σε κατάλοιπα, ραδιενέργεια, ουράνιο και σχάση. Οι αναφορές αυτές δεν είναι λανθασμένες, όμως δεν απαντούν στην ερώτηση.

Ο πίνακας 3.32 που ακολουθεί, σχετικά με τη δραστηριότητα αυτή είναι απλά για να εμφανίσει τις συχνότητες και τα ποσοστά των απαντήσεων σε αυτή την ούτως ή άλλως δύσκολη δραστηριότητα.

Πίνακας 3.32. Αποτελέσματα στη δραστηριότητα «Πυρηνικός αντιδραστήρας και ατομική βόμβα - Έκρηξη» ανά κατεύθυνση προέλευσης και ανά τμήμα

|                           | ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ ΠΡΟΕΛΕΥΣΗΣ        |                              |                              | ΤΜΗΜΑ        |               | Σύνολο | % ποσοστό |
|---------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|--------------|---------------|--------|-----------|
|                           | ΘΕΤ<br>(N <sub>1</sub> = 17) | ΤΕΧΝ<br>(N <sub>2</sub> =45) | ΘΕΩΡ<br>(N <sub>3</sub> =32) | ΦΥΣ<br>f (%) | ΠΤΔΕ<br>f (%) |        |           |
| A) Δεν απάντησε           | 6                            | 18                           | 11                           | 20           | 15            | 35     | 37,2      |
| B) Απάντηση λανθασμένη    | 7                            | 21                           | 16                           | 18           | 26            | 44     | 46,8      |
| Γ) Μερικώς σωστή απάντηση | 4                            | 6                            | 5                            | 6            | 9             | 15     | 16,0      |
| Δ) Ορθή απάντηση          | 0                            | 0                            | 0                            | 0            | 0             | 0      | 0,0       |
| Άθροισμα απαντήσεων       | 17                           | 45                           | 32                           | 44           | 50            | 94     | 100,0     |

Από τα αποτελέσματα που φαίνονται στον προηγούμενο πίνακα προκύπτει ότι ένα πολύ μεγάλο ποσοστό (84%) είτε δεν γνωρίζει είτε έχει λανθασμένη αντίληψη για αυτή την ερώτηση.

#### ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ:

- Θα μπορούσε να υπάρχει συγκεκριμένη παράγραφος στο σχολικό βιβλίο η οποία να διαπραγματεύεται ακριβώς αυτό το θέμα, τόσο με επιστημονική εξήγηση σε επίπεδο

κατανοητό από μαθητές που δεν έχουν ιδιαίτερες δεξιότητες στη φυσική όσο και με ιστορικές πληροφορίες για τα μεγαλύτερα ατυχήματα σε πυρηνικά εργοστάσια που έχουν συμβεί από τότε που λειτούργησε ο πρώτος εμπορικός πυρηνικός αντιδραστήρας.

- Η ερώτηση 10Α είναι ενδιαφέρον θέμα για μια ερευνητική συνθετική εργασία (project) στο οποίο οι μαθητές που έχουν περισσότερα ενδιαφέροντα σε φιλολογικά μαθήματα, θα μπορούσαν να ασχοληθούν κυρίως με την ιστορική διάσταση. Ταυτόχρονα όμως, θα έρχονταν αντιμέτωποι και με «τεχνικές» πληροφορίες τις οποίες πιθανόν να μην αντιμετώπιζαν όπως ένα τυπικό μάθημα φυσικής, αλλά ως ένα σύγχρονο αντικείμενο που είναι δυνατόν να επηρεάσει την ζωή τους. Υπό από αυτή την οπτική, η ερώτηση αυτή, όπως και η επόμενη, αφορά τον **συναισθηματικό** τομέα της γνώσης.

## **B) Ποια είναι η σημασία του όρου «ραδιενεργά κατάλοιπα»;**

Στην ερώτηση αυτή απάντησαν ακόμη περισσότεροι φοιτητές (N = 65), αφού όπως σχολιάστηκε και στο ερωτηματολόγιο του απεμπλουτισμένου ουρανίου είναι αντικείμενο που *υπάρχει* στο σχολικό βιβλίο, αλλά είναι και συνηθισμένο αντικείμενο συζήτησης στα ΜΜΕ στις περιπτώσεις ατυχημάτων ή διαμαρτυριών για την εγκατάσταση πυρηνικών εργοστασίων ή τη μεταφορά πυρηνικών αποβλήτων.

Παρά τη μεγάλη συμμετοχή, ο αριθμός των αποδεκτών απαντήσεων κυμάνθηκε σε χαμηλά επίπεδα (περίπου 16%), παραπλήσιο ποσοστό με το αντίστοιχο του ερωτηματολογίου του απεμπλουτισμένου ουρανίου (20%). Σε μερικές από τις (λίγες) απαντήσεις που δόθηκαν και που αξιολογήθηκαν ως «αποδεκτές» διαπιστώνεται η τάση να συνδέεται η έννοια των ραδιενεργών καταλοίπων *αποκλειστικά* με την έκρηξη ατομικής βόμβας. Μερικές χαρακτηριστικές απαντήσεις από αυτές που δόθηκαν:

*«Τα άχρηστα προϊόντα που δημιουργούνται κατά την πυρηνική σχάση», Φ6*

*«Απόβλητα που εκπέμπουν ραδιενέργεια», Φ10*

*«Είναι τα κατάλοιπα της πυρηνικής σχάσης ουρανίου», Φ27*

*«Είναι τα υπολείμματα της πυρηνικής διάσπασης και ακτινοβολούν ραδιενέργεια», Φ43*

*«Ό,τι απομένει μετά τη λειτουργία του αντιδραστήρα και είναι άχρηστο ως ενεργειακή πηγή», ΠΤ5*

*«Μετά από μια έκρηξη ατομικής βόμβας απελευθερώνονται διάφορα αέρια που είναι επικίνδυνα και γεμάτα ραδιενέργεια. Αυτά αιωρούνται στον αέρα για κάποιο*



*χρονικό διάστημα και μετά πέφτουν στη γη. Αυτά είναι τα ραδιενεργά κατάλοιπα»,*  
ΠΤ13

Οι προηγούμενες απαντήσεις αξιολογήθηκαν ως αποδεκτές. Διαπιστώθηκε ότι ενώ ήταν από τις τελευταίες ερωτήσεις, υπήρξε διάθεση για να γραφτούν όσο γίνεται περισσότερες πληροφορίες.

Απαντήσεις όπως αυτές που παρατίθενται στη συνέχεια, χαρακτηρίστηκαν ως «μερικώς αποδεκτές» κυρίως λόγω ελλείψεων και κάποιων ασαφειών:

*«Είναι τα υπολείμματα που αφήνει μια αντίδραση και είναι βλαβερά για το περιβάλλον»,* Φ41 (Δίνει απάντηση από τα συμφραζόμενα)

*«Υστερα από μια έκρηξη σε ατομικό αντιδραστήρα, η περιοχή "μολύνεται" από ραδιενέργεια»,* Φ22

*«Μετά την έκρηξη ραδιενεργού βόμβας συνεχίζουν να υπάρχουν κατάλοιπα που είναι επικίνδυνα»,* ΠΤ25

*«Είναι οι ενώσεις που μένουν μετά την υλοποίηση μιας πυρηνικής αντίδρασης»,*  
ΠΤ26

Τέλος, υπήρξαν και απαντήσεις που δεν μπορούσαν να χαρακτηριστούν ούτε ως «μερικώς αποδεκτές» αφού περιείχαν λάθη, πολλές ασάφειες, συγχύσεις εννοιών, ταυτοσημίες και κατασκευή επιστημονικοφανών όρων:

*«Είναι σώματα που εκπέμπουν υπεριώδη ακτινοβολία»,* Φ1

*«Απελευθέρωση ραδιενεργών καταλοίπων»,* Φ16 (Ταυτόσημη απάντηση – επαναλαμβάνει την ερώτηση)

*«Ραδιενεργές ουσίες που δεν χρησιμεύουν πλέον στην παραγωγή ραδιενέργειας»,* Φ38

*«Αυτά που απομένουν από την χημική αντίδραση. Τα προϊόντα δηλαδή ή οι ουσίες που δεν μπορούν να διασπαστούν και παραμένουν βλαβερά στην ατμόσφαιρα»,*  
ΠΤ10

*«είναι ότι απομένει από τη διάσπαση των ραδιενεργών στοιχείων π.χ. U-238 τα οποία έχουν μεγάλο χρόνο ημιζωής»,*

Πίνακας 3.33. Αποτελέσματα στη δραστηριότητα «Πυρηνικός αντιδραστήρας και ατομική βόμβα - ραδιενεργά κατάλοιπα» ανά κατεύθυνση προέλευσης και ανά τμήμα

|                           | ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ ΠΡΟΕΛΕΥΣΗΣ        |                              |                              | ΤΜΗΜΑ        |               | Σύνολο | % ποσοστό |
|---------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|--------------|---------------|--------|-----------|
|                           | ΘΕΤ<br>(N <sub>1</sub> = 17) | ΤΕΧΝ<br>(N <sub>2</sub> =45) | ΘΕΩΡ<br>(N <sub>3</sub> =32) | ΦΥΣ<br>f (%) | ΠΤΔΕ<br>f (%) |        |           |
| Α) Δεν απάντησε           | 6                            | 14                           | 9                            | 16           | 13            | 29     | 30,9      |
| Β) Απάντηση λανθασμένη    | 2                            | 6                            | 3                            | 7            | 4             | 11     | 11,7      |
| Γ) Μερικώς σωστή απάντηση | 6                            | 20                           | 13                           | 14           | 25            | 39     | 41,5      |
| Δ) Ορθή απάντηση          | 3                            | 5                            | 7                            | 7            | 8             | 15     | 15,9      |
| Άθροισμα απαντήσεων       | 17                           | 45                           | 32                           | 44           | 50            | 94     | 100,0     |

Τα αποτελέσματα, όπως σχολιάστηκε προηγουμένως, είναι παραπλήσια με των φοιτητών που ασχολήθηκαν με το πρώτο ερωτηματολόγιο. Και στις δυο περιπτώσεις εμφανίζεται ποσοστό αποδεκτών και μερικώς αποδεκτών απαντήσεων πάνω από 50%, δηλαδή υψηλό σε σχέση με άλλες ερωτήσεις, όχι όμως ικανοποιητικό για το επίπεδο των φοιτητών αν ληφθεί υπόψη και ο βαθμός πρόσβασής τους.

**Γ) Σύμφωνα με τους υποστηρικτές των προγραμμάτων που αφορούν την πυρηνική ενέργεια, αυτά έχουν σημαντικά πλεονεκτήματα σε σχέση με τη χρήση των συμβατικών καυσίμων (που είναι ο άνθρακας και χημικές ενώσεις του άνθρακα όπως το πετρέλαιο). Μπορείτε να αναφέρετε τέτοια πλεονεκτήματα;**

Η αξιολόγηση των απαντήσεων σε αυτή την ερώτηση ήταν δύσκολη. Η βασική αιτία προέρχονταν από την ίδια την ερώτηση: «Σύμφωνα με τους **υποστηρικτές των προγραμμάτων πυρηνικής ενέργειας, αυτά έχουν σημαντικά πλεονεκτήματα** έναντι των συμβατικών καυσίμων». Αυτό σημαίνει ότι οι φοιτητές έπρεπε να σκεφτούν γιατί οι υποστηρικτές των πυρηνικών προγραμμάτων **υποστηρίζουν** αυτές τις ιδέες. Έτσι, κάποιες απαντήσεις, μπορούσαν να θεωρηθούν ορθές ή λανθασμένες ανάλογα από την οπτική γωνία με την οποία κανείς τις αντιμετωπίζει, αλλά η βαθμολόγησή τους, υποβαθμίζει το σημαντικότερο μέρος, που είναι οι **αντιλήψεις** των φοιτητών.

Στον πίνακα 3.34 υπάρχουν οι τρεις κατηγορίες, των αποδεκτών, μερικώς αποδεκτών και μη αποδεκτών απαντήσεων, όμως αφορούν κατά κύριο λόγο την **ικανότητα έκφρασης και διατύπωσης άποψης και λιγότερο το περιεχόμενο**.

Μη αποδεκτές απαντήσεις χαρακτηρίστηκαν όσες περιείχαν *ασυναρτησίες και λάθη*, άσχετα με την ερώτηση. Παραδείγματα απαντήσεων που αξιολογήθηκαν ως μη αποδεκτές:

«*έχουν να κάνουν με τις ιδιότητες των στοιχείων και ποιες συνέπειες έχουν σ' αυτά μετά την καύση τους*», Φ33

«*Μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε το  $H_2$  που εκλύεται από τις εκρήξεις για την παραγωγή ενέργειας. Καύσιμα όπως ο άνθρακας και το πετρέλαιο αρχίζουν να εξατμούνται. Το  $H_2O$  βρίσκεται σε μεγαλύτερες ποσότητες*», ΠΤ3

«*Η χρήση πυρηνικής ενέργειας δεν αφήνει ελεύθερες ρίζες στην ατμόσφαιρα. Ποσότητα ουρανίου δίνει περισσότερη ενέργεια από ίση ποσότητα άνθρακα*», ΠΤ29 (έννοιες από την ενότητα της ατμοσφαιρικής ρύπανσης της χημείας β λυκείου γενικής παιδείας)

«*Σε ιατρικές μεθόδους, στην ανάπτυξη της επιστήμης, στην παραγωγή ενέργειας ηλεκτρικής*», Φ19

«*Παράγεται ενέργεια*», ΠΤ30

Μερικώς αποδεκτές χαρακτηρίστηκαν απαντήσεις που παρέθεταν μια άποψη, όμως αυτή θεωρήθηκε ότι θα ήταν *διαφορετική* αν η ερώτηση γινόταν κατά τη χρονική περίοδο που θα ήταν πρόσφατο ένα πυρηνικό ατύχημα:

«*Δεν είναι επιβλαβή για το περιβάλλον και δεν είναι εύκολα να εξαντληθούν τα αποθέματα, όπως π.χ. ο κίνδυνος με το πετρέλαιο*», ΠΤ23

«*Είναι ακίνδunami και ασφαλείς - Το πετρέλαιο είναι συσσωρευμένο σε συγκεκριμένα μέρη του πλανήτη, ενώ το υδρογόνο πιο εύκολα διαθέσιμο - Πιο οικονομικό*», ΠΤ14

«*όπως γνωρίζουμε τα αποθέματα πετρελαίου λιγοστεύουν και δεν υπάρχουν άλλες μορφές ενέργειας που μπορούν να χρησιμοποιηθούν*», Φ34

Στις προηγούμενες απαντήσεις εμφανίζεται μια παρανόηση, μάλλον δικαιολογημένη καθώς δεν υπάρχει καμία αναφορά στο σχολικό βιβλίο, σχετικά με τα αποθέματα του ουρανίου. Η τρίτη απάντηση παρουσιάζει άγνοια εναλλακτικών μορφών ενέργειας.

Μερικές ακόμη χαρακτηριστικές απαντήσεις από αυτές που δόθηκαν:

«*Δεν προκαλούν ρύπανση στο περιβάλλον και είναι ανεξάντλητα*», Φ6

«Εξοικονόμηση ενέργειας και χρημάτων», Φ7

«Αφθονία ενέργειας - δεν εκλύουν CO<sub>2</sub> στην ατμόσφαιρα». Φ36

«Δεν πρόκειται κάποτε να εξαντληθεί όπως το κάρβουνο κλπ.», Φ37

«Χρησιμοποιείται μικρότερη ποσότητα πυρηνικών και παράγεται μεγάλη ενέργεια η οποία για να παραχθεί από τη χρήση συμβατικών καυσίμων θα απαιτούσε μεγάλη ποσότητα αυτών», ΠΤ1

«δεν μολύνουν το περιβάλλον, δεν επιδεινώνεται το φαινόμενο του θερμοκηπίου», ΠΤ48

«Το μόνο πλεονέκτημα είναι στο ποσό ενέργειας (πολύ μεγαλύτερο)», Φ8

«Απεξάρτηση από το κάρβουνο και το πετρέλαιο, θα αποφευχθούν πιθανοί πόλεμοι για τις πηγές ενέργειας γιατί το H<sub>2</sub> περιέχεται στο νερό που είναι άφθονο», ΠΤ16 (αναφορά στον αντιδραστήρα σύντηξης)

«ένα μεγάλο πλεονέκτημα είναι ότι θα σταματήσουν οι πόλεμοι και δεν θα εξαντληθούν τα αποθέματα του πετρελαίου και του άνθρακα», ΠΤ13

«Εκλύουν μεγάλες ποσότητες ενέργειας με μικρές ποσότητες καυσίμων και δεν προκαλούν καταστροφές», ΠΤ36

«δεν εκλύεται CO<sub>2</sub> που είναι καταστροφικό για την ατμόσφαιρα», ΠΤ37

«Είναι ανεξάντλητα καθώς τα δημιουργεί ο άνθρωπος (το πετρέλαιο αν εξαντληθεί θα χρειαστούν εκατομμύρια χρόνια για την εκ νέου παραγωγή του)», Φ31

Συνοψίζοντας, υπάρχουν συγκεκριμένες τάσεις στις απαντήσεις των φοιτητών που μπορούν να ταξινομηθούν στα εξής:

Α) Μείωση ρύπανσης από διοξείδιο του άνθρακα και τα άλλα αέρια που είναι υπεύθυνα για το φαινόμενο του θερμοκηπίου, γενικά μικρότερη ρύπανση του περιβάλλοντος (δεν έγινε αναφορά σε απόβλητα ή σε ατυχήματα, οι φοιτητές εστίασαν στην ερώτηση περί πλεονεκτημάτων μόνο)

Β) Απεξάρτηση από το πετρέλαιο

Γ) Τα μεγάλα ποσά ενέργειας σε σύγκριση με αυτά των συμβατικών καυσίμων

Δ) Τα μικρά αποθέματα των συμβατικών καυσίμων

Σημείωση: Η απάντηση του Φ31 (ανεξάντλητα καθώς τα δημιουργεί ο άνθρωπος) παραπέμπει ευθέως στους αντιδραστήρες νέας γενεάς (breeder reactors) που δημιουργούν εν ολίγοις τα καύσιμα με τα οποία λειτουργούν. Η φράση «ανεξάντλητος» βρέθηκε σε τέσσερις απαντήσεις, δεν υπάρχει όμως κανένα στοιχείο αν οι φοιτητές που έδωσαν τέτοια απάντηση γνώριζαν αυτού του είδους την τεχνολογία.

Μεγάλο εμφανίζεται και το ποσοστό αποχής (συνολικά 52,1%) από την ερώτηση αυτή, που ενδεχομένως να εξηγείται από τον χρονικό περιορισμό της μιας ώρας για να γραφτούν όλες οι απαντήσεις. Συνοπτικά, τα αποτελέσματα στην ερώτηση αυτή φαίνονται στον ακόλουθο πίνακα 3.34

Πίνακας 3.34. Αποτελέσματα στην ερώτηση «**πλεονεκτήματα πυρηνικής ενέργειας**» ανά κατεύθυνση προέλευσης και ανά τμήμα

|                           | ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ ΠΡΟΕΛΕΥΣΗΣ        |                              |                              | ΤΜΗΜΑ        |               | Σύνολο | % ποσοστό |
|---------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|--------------|---------------|--------|-----------|
|                           | ΘΕΤ<br>(N <sub>1</sub> = 17) | ΤΕΧΝ<br>(N <sub>2</sub> =45) | ΘΕΩΡ<br>(N <sub>3</sub> =32) | ΦΥΣ<br>f (%) | ΠΤΔΕ<br>f (%) |        |           |
| Α) Δεν απάντησε           | 8                            | 19                           | 22                           | 18 (40,9)    | 31 (62,0)     | 49     | 52,1      |
| Β) Απάντηση λανθασμένη    | 6                            | 17                           | 3                            | 17 (38,6)    | 8 (16,0)      | 25     | 26,6      |
| Γ) Μερικώς σωστή απάντηση | 1                            | 2                            | 6                            | 5 (11,4)     | 9 (18,0)      | 14     | 14,9      |
| Δ) Ορθή απάντηση          | 1                            | 7                            | 1                            | 4 (9,1)      | 2 (4,0)       | 9      | 9,6       |
| Άθροισμα απαντήσεων       | 17                           | 45                           | 32                           | 44           | 50            | 94     | 100,0     |

### «Ηλεκτρόλυση»

**11) >> Αντίθετα, το υδρογόνο υπάρχει στο νερό και μπορούμε να το πάρουμε από αυτό (Γραμμές 50-51).**

**Με ποιο τρόπο μπορούμε να παρασκευάσουμε υδρογόνο από το νερό; Απαιτείται γι' αυτό ενέργεια και ποιας μορφής;**

Όπως διαπιστώνεται, έγινε διάκριση της ερώτησης σε δύο σκέλη: το πρώτο σκέλος αφορούσε τη διαδικασία παρασκευής υδρογόνου από νερό, δηλαδή τη διαδικασία της ηλεκτρόλυσης. Το δεύτερο, απλώς ζητούσε από τους φοιτητές τον όρο «*ηλεκτρική ενέργεια*». Για την αξιολόγηση μιας απάντησης ως αποδεκτής η σωστή, θα έπρεπε να υπάρχει σωστή απάντηση και στα δυο σκέλη. Απαντήσεις του τύπου «*διάσπαση του νερού*» η «*απαιτείται ενέργεια*» (χωρίς τον προσδιορισμό της ενέργειας αυτής) δεν αξιολογήθηκαν ως αποδεκτές.

Η ηλεκτρόλυση δεν διδάσκεται πλέον σε καμία τάξη στο λύκειο. Υπάρχει στο βιβλίο της χημείας θετικής κατεύθυνσης της Β λυκείου, όμως είναι εκτός διδακτέας ύλης. Βέβαια, τόσο στην α' λυκείου (μέχρι το σχολικό έτος 2010-11), κατά τη διδασκαλία των οξέων,

βάσεων και αλάτων, τονίζεται ότι οι ενώσεις αυτές είναι ηλεκτρολύτες. Ακόμη, στην Γ λυκείου, στη χημεία θετικής κατεύθυνσης, στο κεφάλαιο 3, γίνεται αναφορά στη θεωρία της ηλεκτρολυτικής διάστασης κατά **Arrhenius**, ενώ κατατάσσονται οι *ηλεκτρολύτες* σε ισχυρούς και ασθενείς, *χωρίς* όμως να περιγράφεται η διαδικασία της ηλεκτρόλυσης. Κατά συνέπεια, οι φοιτητές θα έπρεπε να αναζητήσουν την απάντηση σε γνώσεις που πιθανόν απέκτησαν σε άλλη πιο πρώιμη φάση της σχολικής τους διαδρομής. Ως αποτέλεσμα, η επίδοση των φοιτητών σε αυτή τη δραστηριότητα ήταν *πάρα πολύ χαμηλή*. Το ένα τρίτο (32/94), απέφυγε να απαντήσει έστω στο ένα από τα δυο σκέλη της ερώτησης. Οι μισοί (46/94) έδωσαν λανθασμένη ή μη αποδεκτή απάντηση, ενώ ένα πολύ μικρό ποσοστό, έδωσε μερικώς αποδεκτή απάντηση.

Τελικά, μόνο 12 φοιτητές (ποσοστό 12,8%) απάντησαν σωστά και στα δυο σκέλη της ερώτησης. Υπάρχει διαφορά μεταξύ των φοιτητών του τμ. Φυσικής (20,5%) και του ΠΤΔΕ (6%), αλλά ο αριθμός των απαντήσεων και στις δυο περιπτώσεις είναι αρκετά μικρός, επομένως ο γράφων έκρινε ότι δεν έχει ιδιαίτερο λόγο σχολιασμού αυτής της διαφοράς.

Στον ακόλουθο πίνακα (3.35) φαίνονται τα συνολικά αποτελέσματα για την ερώτηση 11

Πίνακας 3.35. Αποτελέσματα στη δραστηριότητα «**ηλεκτρόλυση**» ανά κατεύθυνση προέλευσης και ανά τμήμα

|                           | ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ ΠΡΟΕΛΕΥΣΗΣ        |                              |                              | ΤΜΗΜΑ        |               | Σύνολο | % ποσοστό |
|---------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|--------------|---------------|--------|-----------|
|                           | ΘΕΤ<br>(N <sub>1</sub> = 17) | ΤΕΧΝ<br>(N <sub>2</sub> =45) | ΘΕΩΡ<br>(N <sub>3</sub> =32) | ΦΥΣ<br>f (%) | ΠΤΔΕ<br>f (%) |        |           |
| Α) Δεν απάντησε           | 4                            | 18                           | 10                           | 18 (40,9)    | 14 (28,0)     | 32     | 34,0      |
| Β) Απάντηση λανθασμένη    | 9                            | 21                           | 16                           | 17 (38,6)    | 29 (58,0)     | 46     | 48,9      |
| Γ) Μερικώς σωστή απάντηση | -                            | -                            | 4                            | -            | 4 (8,0)       | 4      | 4,3       |
| Δ) Ορθή απάντηση          | 4                            | 6                            | 2                            | 9 (20,5)     | 3 (6,0)       | 12     | 12,8      |
| Άθροισμα απαντήσεων       | 17                           | 45                           | 32                           | 44           | 50            | 94     | 100,0     |

Μερικές χαρακτηριστικές απαντήσεις από αυτές που δόθηκαν:

«Απαιτείται η διαδικασία της ηλεκτρόλυσης, δηλαδή, ηλεκτρική ενέργεια», Φ1 (Η απάντηση αυτή αξιολογήθηκε ως ορθή και βαθμολογήθηκε με 3)

«Μπορούμε να πάρουμε το  $H_2$  από το  $H_2O$  μέσω της ηλεκτρόλυσης - Πιστεύω ότι η ενέργεια που χρειάζεται είναι η **χημική**», ΠΤ10 (σ.σ.: η απάντηση αυτή είναι ορθή μόνο στο πρώτο σκέλος, επομένως αξιολογήθηκε ως μερικώς αποδεκτή)

Στις απαντήσεις που δόθηκαν και αξιολογήθηκαν ως μη αποδεκτές, συναντώνται τα εξής:

Α) Σύγχυση της μορφής της ενέργειας, με έμφαση στην πυρηνική, όπως στις ακόλουθες:

«Το νερό αποτελείται από υδρογόνο και οξυγόνο. Απαιτείται ενέργεια της μορφής **πυρηνική**»<sup>45</sup>, Φ20

«Το νερό αποτελείται από υδρογόνο ( $H_2$ ) κ οξυγόνο ( $O$ ). Άρα μπορούμε να παρασκευάσουμε το υδρογόνο μέσω της **σχάσης**», Φ28

«Το νερό αποτελείται από υδρογόνο και οξυγόνο. μέσω της **πυρηνικής** ενέργειας μπορεί να διασπαστεί ο πυρήνας του νερού», Φ34

Β) Σύγχυση με τις γνώσεις από το μάθημα της χημείας θετικής κατεύθυνσης της τρίτης λυκείου. Τέτοιου είδους απαντήσεις δόθηκαν αποκλειστικά από φοιτητές που είχαν ακολουθήσει την θετική κατεύθυνση:

«Με **ιοντισμό**,  $2H_2O \rightarrow HO^- + H_2$ », Φ23

Γ) Απαντήσεις οι οποίες μέσω της ταυτοσημίας τους, εμφανίζουν αντιλήψεις που δεν αντιστοιχούν σε επίπεδο πρωτοετών φοιτητών:

«Γνωρίζουμε ότι υδρογόνο + οξυγόνο  $\rightarrow$  νερό. αρκεί λοιπόν να **αφαιρέσουμε** το οξυγόνο από το νερό», Φ38

«Με **διάσπαση** του νερού στα συστατικά του μπορούμε να παρασκευάσουμε υδρογόνο - απαιτείται **θερμότητα** (ενέργεια)», ΠΤ7

Δ) Άλλες απαντήσεις, στις οποίες χρησιμοποιήθηκαν επιστημονικοί όροι, χωρίς όμως να αντιστοιχούν σε ορθή απάντηση:

«με την **υδρόλυση** - απαιτείται **θερμότητα**», ΠΤ15

«με **καύση** - απαιτείται **χημική** ενέργεια», ΠΤ45

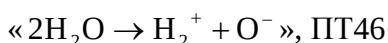
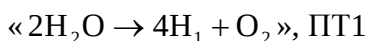
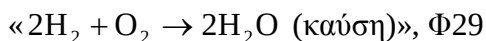
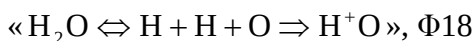
«μέσω της **εξάτμισης** πράγμα που υλοποιείται μέσω... .. της **θερμικής** ενέργειας», ΠΤ19

---

<sup>45</sup> Έχει διατηρηθεί αυτούσια η διατύπωση

(Η προηγούμενη απάντηση αποτελεί κοινή παρανόηση που θεωρεί ότι η εξάτμιση και (ι-δίδως) ο βρασμός συνίστανται σε διάσπαση του νερού στα αέρια στοιχεία τους)

• Ένας αριθμός φοιτητών ( $N = 10$ ) χρησιμοποίησε στην απάντησή του (και) κάποια μορφή εξίσωσης, όπως<sup>46</sup>:



.

### «Λέξεις – κλειδιά»

#### 12. Φτιάξτε έναν κατάλογο λέξεων-κλειδιών στο άρθρο

Όπως και στο ερωτηματολόγιο του απεμπλουτισμένου ουρανίου, ζητήθηκε σε αυτή τη δραστηριότητα από τους φοιτητές, να γράψουν τις έννοιες που θεωρούσαν ως σημαντικότερες ή αλλιώς τις λέξεις ή έννοιες– κλειδιά (key concepts). Δεν υπήρχε περιορισμός για τον αριθμό των όρων που θα μπορούσαν να σημειώσουν. Καταγράφηκαν όλες οι λέξεις ή οι φράσεις που οι φοιτητές επέλεξαν ως σημαντικές για το άρθρο και ταξινομήθηκαν κατάλληλα σε ένα φύλλο εργασίας του excel.

Στον πίνακα που ακολουθεί αναγράφονται οι έννοιες που προτιμήθηκαν περισσότερο από τους φοιτητές. Υπήρξαν και άλλες έννοιες φυσικά, αλλά η συχνότητα προτίμησης τους ήταν χαμηλότερη (π.χ. «ηλεκτρικό ρεύμα» – 14 φορές, «αόρατο τοίχωμα» - 9 φορές).

---

<sup>46</sup> Διατηρήθηκε η γραφή όπως ακριβώς δόθηκε στην απάντηση



Πίνακας 3.36. Έννοιες - λέξεις κλειδιά με τη μεγαλύτερη συχνότητα ανά κατεύθυνση και ανά τμήμα

| <i>Έννοια</i>                | <i>Συχνότητα</i> | <i>Θετική<br/>(17)</i> | <i>Τεχνολογική<br/>(45)</i> | <i>Θεωρητική<br/>(32)</i> | <i>ΦΥΣ<br/>(44)</i> | <i>ΠΤΔΕ<br/>(50)</i> |
|------------------------------|------------------|------------------------|-----------------------------|---------------------------|---------------------|----------------------|
| Θερμοπυρηνικός αντιδραστήρας | 50 (53,2)        | 7 (41,2)               | 23 (51,1)                   | 20 (62,5)                 | 18 (40,9)           | 32 (64,0)            |
| Σύντηξη υδρογόνου (σε ήλιο)  | 43 (45,7)        | 8 (47,1)               | 17 (37,8)                   | 18 (56,3)                 | 13 (29,5)           | 30 (60,0)            |
| Πλάσμα                       | 31 (33,0)        | 7 (41,2)               | 11 (24,4)                   | 13 (40,6)                 | 10 (22,7)           | 21 (42,0)            |
| Διάσπαση ουρανίου            | 25 (26,6)        | 2 (11,8)               | 10 (22,2)                   | 13 (40,6)                 | 8 (18,2)            | 17 (34,0)            |
| Ραδιενεργά κατάλοιπα         | 25 (26,6)        | 3 (17,6)               | 10 (22,2)                   | 12 (37,5)                 | 8 (18,2)            | 17 (34,0)            |
| Μαγνητικό πεδίο              | 23 (24,5)        | 4 (23,5 )              | 9 (20,0)                    | 10 ( 31,3)                | 6 (13,6)            | 17 (34,0)            |
| Ατομική ενέργεια             | 20 (21,3)        | 2 (11,8)               | 7 (15,6)                    | 11 (34,4)                 | 6 (13,6)            | 14 (28,0)            |
| Ειρηνική χρήση               | 16 (17,0)        | 3 (17,6)               | 5 (11,1)                    | 8 (25,0)                  | 7 (15,9)            | 9 (18,0)             |
| <i>Δεν έγραψαν καμία</i>     | <i>28 (29,8)</i> | <i>7 (41,2)</i>        | <i>16 (35,6)</i>            | <i>5 (15,6)</i>           | <i>20 (45,5)</i>    | <i>8 (16,0)</i>      |

Από τον προηγούμενο πίνακα φαίνεται ότι 28 φοιτητές, δηλαδή σχεδόν το 30%, δεν έγραψε κάποια έννοια ως κομβική για το κείμενο. Αναζητήθηκε η επίδοση αυτών των φοιτητών στις άλλες δραστηριότητες, ώστε να γίνει έλεγχος της συμμετοχής τους στη συνολική δραστηριότητα. Διαπιστώθηκε ότι το 39% αυτών των φοιτητών (N = 11) είχαν δώσει απάντηση σε πέντε ή λιγότερες ερωτήσεις, το 25% των φοιτητών (N = 7) είχε απαντήσει στις περισσότερες (πάνω από 11), ενώ το 36% (N = 10) είχαν δώσει κάποια απάντηση σε έναν αριθμό έξι έως και δέκα ερωτήσεων. Ακόμη, να σημειωθεί πως **δώδεκα** (~43%) από αυτούς που δεν σημείωσαν κάποια φράση ως κομβική, είχαν πάνω από 4 **αποδεκτές** απαντήσεις σε όλο το ερωτηματολόγιο.

Έχοντας πλέον εικόνα και για τις δυο δραστηριότητες μπορεί να αναρωτηθεί κανείς: Για ποιο λόγο απέφυγαν να συμπληρώσουν αυτή τη δραστηριότητα; Πιθανές αιτίες θεωρήθηκαν:

- Ο περιορισμένος χρόνος που είχαν οι φοιτητές στη διάθεσή τους
- Ο «μη – υποχρεωτικός» χαρακτήρας της δραστηριότητας, με αποτέλεσμα οι φοιτητές να μην πιέζονται να απαντήσουν

Όπως φαίνεται από τον προηγούμενο πίνακα, την μεγαλύτερη συμμετοχή είχαν σε αυτή τη δραστηριότητα οι φοιτητές που προέρχονταν από το ΠΤΔΕ και είχαν ακολουθήσει την θεωρητική κατεύθυνση. Είναι πιθανόν να προσπάθησαν να καλύψουν τη χαμηλή επίδοση και συμμετοχή τους στις περισσότερες «τεχνικές» ερωτήσεις, συμμετέχοντας στη δραστηριότητα αυτή μέσω της εμπειρίας που είχαν αποκτήσει από τα λογοτεχνικά μαθήματα. Για το λόγο αυτό, οι φοιτητές αυτοί είχαν και περισσότερο χρόνο στη διάθεσή τους να απαντήσουν στις τελευταίες ερωτήσεις του ερωτηματολογίου.

### **«Ασαφείς έννοιες»**

#### **13. Απαριθμήστε τις έννοιες των οποίων η σημασία δεν είναι σαφής σε σας**

Ζητήθηκε από τους φοιτητές, όπως και στο ερωτηματολόγιο του απεμπλουτισμένου ουρανίου, να γράψουν τις λέξεις και τις έννοιες του κειμένου που τους ήταν ασαφείς ή που δεν κατανοούσαν το περιεχόμενό τους.

Διαπιστώνεται από τον ακόλουθο πίνακα ότι σημαντικές έννοιες, όπως σχάση και σύντηξη περιλαμβάνονται στον κατάλογο που φτιάχτηκε από τις απαντήσεις των φοιτητών:

Πίνακας 3.37. Ασαφείς έννοιες - λέξεις με τη μεγαλύτερη συχνότητα ανά κατεύθυνση και ανά τμήμα

| <i>Έννοια</i>                           | <i>Συχνότητα_ (ποσοστό)</i> | <i>Θετική (N =17)</i> | <i>Τεχνολογική (N = 45)</i> | <i>Θεωρητική (N = 32)</i> | <i>ΦΥΣ (N=44)</i> | <i>ΠΤΔΕ (N=50)</i> |
|-----------------------------------------|-----------------------------|-----------------------|-----------------------------|---------------------------|-------------------|--------------------|
| Σύντηξη υδρογόνου σε ήλιο               | 30 (31,9)                   | 2 (11,8)              | 13 (28,9)                   | 15 (46,9)                 | 10 (22,7)         | 20 (40,0)          |
| Σχάση                                   | 25 (26,6)                   | 2 (11,8)              | 9 (20,0)                    | 14 (43,8)                 | 6 (13,6)          | 19 (38,0)          |
| Πλάσμα                                  | 22 (23,4)                   | 2 (11,8)              | 12 (26,7)                   | 8 (25,0)                  | 8 (18,2)          | 14 (28,0)          |
| Εμπλουτισμένο – Απεμπλουτισμένο ουράνιο | 21 (22,3)                   | 2 (11,8 )             | 9 (20,0)                    | 10 ( 31,3)                | 10 (22,7)         | 11 (22,0)          |
| Θερμοπυρηνικός αντιδραστήρας            | 20 (21,3)                   | 3 (17,6)              | 4 (8,9)                     | 13 (40,7)                 | 5 (11,4)          | 15 (30,0)          |
| Ιοντισμένο                              | 17 (18,1)                   | 1 (5,9)               | 5 (11,1)                    | 11 (34,4)                 | 4 (9,1)           | 13 (26,0)          |
| <i>Δεν έγραψαν καμία</i>                | <i>38 (40,4)</i>            | <i>10 (58,8)</i>      | <i>22 (48,9)</i>            | <i>6 (18,8)</i>           | <i>27 (61,4)</i>  | <i>11 (22,0)</i>   |

Επίσης, 38 φοιτητές δεν έγραψαν έστω και μία έννοια ως ασαφή, χωρίς αυτό να σημαίνει απόλυτα ότι γνώριζαν όλες τις έννοιες. Αυτό άλλωστε προκύπτει με τη μελέτη των επιμέρους απαντήσεων που είχαν δώσει. Είναι πιθανόν να μην ήταν επαρκής ο χρόνος για την συμπλήρωση αυτής της δραστηριότητας. Συνολικά οι 10 από τους 17 φοιτητές που προέρχονταν από τη θετική κατεύθυνση δεν σημείωσαν καμία ασαφή έννοια (~59%), ενώ αντίστοιχα τα ποσοστά όσων προέρχονταν από την τεχνολογική ήταν περίπου 49% και από την θεωρητική περίπου 19%. Αυτά τα αποτελέσματα μπορούν να χαρακτηριστούν και ως αναμενόμενα: είναι λογικό να συνάντησαν στο κείμενο περισσότερες ασαφείς έννοιες οι φοιτητές που διδάχθηκαν κατά την τελευταία τάξη του λυκείου το *μονόωρο* μάθημα της φυσικής γενικής παιδείας (και τη βιολογία γ.π) και οι φοιτητές που ακολουθώντας την τεχνολογική κατεύθυνση δεν είχαν διδαχθεί συγκεκριμένα μαθήματα χημείας. Παρόμοια αποτελέσματα προκύπτουν και από τη σύγκριση μεταξύ των φοιτητών του τμήματος φυσικής και του ΠΤΔΕ, όπου διαπιστώνεται ότι το 22% στη δεύτερη περίπτωση δεν σημείωσε κάποια έννοια ως ασαφή σε αντίθεση με το 61% της πρώτης. Μελετώντας τη συμμετοχή και τις επιδόσεις των φοιτητών που *δεν σημείωσαν* κάποια έννοια ως ασαφή διαπιστώ-

θηκε ότι όλοι είχαν δώσει απάντηση σε περισσότερες από τις μισές ερωτήσεις, αν και με γενικά μέτρια επίδοση (~1,9)

Οι έννοιες που αναφέρθηκαν περισσότερο ως ασαφείς από τους φοιτητές που προέρχονταν από τη θεωρητική κατεύθυνση ήταν, όπως φαίνεται από τον προηγούμενο πίνακα, η *σύντηξη*, η *σχάση* και ο *θερμοπυρηνικός αντιδραστήρας*, με άλλα λόγια *οι έννοιες που οι ίδιοι φοιτητές αναγνώρισαν ως έννοιες – κλειδιά*. Στην περίπτωση των φοιτητών που προέρχονταν από τη τεχνολογική κατεύθυνση, οι ασαφείς έννοιες είναι η *σύντηξη* και το *πλάσμα* ενώ για όσους προέρχονταν από θετική κατεύθυνση υπάρχει μια «ισορροπία» στην καταγραφή – αν και είναι μικρός ο αριθμός και δεν μπορεί να δώσει συμπεράσματα.

### 3.4. ΚΑΤΗΓΟΡΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΩΝ ΕΡΩΤΗΣΕΩΝ

Μετά την αναλυτική περιγραφή των απαντήσεων, οι ερωτήσεις και των δυο ερωτηματολογίων μπορούν να ταξινομηθούν στις ακόλουθες κατηγορίες:

- Ερωτήσεις πάνω σε γνώση και πληροφορίες που περιλαμβάνονται στα κείμενα
- Επιστημονικές ερωτήσεις σχετικές με την πυρηνική επιστήμη
- Ερωτήσεις φυσικής και χημείας που δεν εμπλέκουν άμεσα και αποκλειστικά πυρηνική επιστήμη
- Ερωτήσεις γενικής γνώσης
- Ερωτήσεις ειδικής γνώσης που συζητούνται στα μαζικά μέσα ενημέρωσης και που δεν αποτελούν συνήθως τμήμα διδακτέας σχολικής ύλης
- Ερωτήσεις κριτικής σκέψης

Αυτή η κατηγοριοποίηση προέκυψε μετά από συζητήσεις μεταξύ του γράφοντος και του επιβλέποντος καθηγητή κ. Γεώργιου Τσαπαρλή. Να σημειωθεί ότι έγινε προσπάθεια μέσω της στατιστικής επεξεργασίας Ανάλυσης Κυρίων Παραγόντων (Principal Component Analysis - PCA) να βρεθούν στοιχεία, μέσω των επιδόσεων στις δραστηριότητες, για μια επιπλέον παραγοντοποίηση για αυτή την κατηγοριοποίηση των ερωτήσεων. Επιλέχθηκαν διαδικασίες με 4 έως 6 παράγοντες, όμως με τα στοιχεία και τα αποτελέσματα που ελήφθησαν δεν ανιχνεύτηκαν κάποιες άλλες δομές μεταξύ των ερωτήσεων, παρά το γεγονός ότι διάφοροι κοινοί παράγοντες φαίνεται να παρουσιάζονται στα ερωτηματολόγια. Έτσι, η κατηγοριοποίηση που έγινε τελικά αντιμετωπίζεται απλώς ως ένα κατάλληλο εργαλείο ομαδοποίησης.

Εξετάζοντας αναλυτικά τις επιδόσεις των φοιτητών σε κάθε μια από τις προηγούμενες κατηγορίες διαπιστώνονται τα εξής:

#### **A. Ερωτήσεις πάνω σε γνώση και πληροφορίες που περιλαμβάνονται στα κείμενα**

Όπως φαίνεται από τον ακόλουθο πίνακα 3.38, οι ερωτήσεις που θα μπορούσαν να απαντηθούν με τη χρήση πληροφορίας, άμεσης ή συνδυασμένης που παρείχε το κείμενο, εμφάνισαν αποτελέσματα που μπορούν να χαρακτηριστούν ως *μέτρια*. Στον πίνακα αυτό, όπως και στους επόμενους, υπάρχει και μια νέα στήλη, αυτή που περιλαμβάνει «*αποδεκτές και μερικώς αποδεκτές απαντήσεις*», υπό την έννοια ότι οι μερικώς αποδεκτές απαντήσεις των φοιτητών δεν ήταν «*άσχετες*», δείχνοντας ότι είχαν κάποια γνώση. Θα μπορούσε ο πίνακας αυτός να αποτελεί κατά κάποιο τρόπο και ένα κριτήριο του κατά πόσον οι φοιτη-

τές ασχολήθηκαν με την σε βάθος ανάγνωση των άρθρων. Επίσης, το ικανοποιητικό ποσοστό αποδεκτών και μερικώς αποδεκτών απαντήσεων στη δραστηριότητα «ραδιενέργεια και υγεία» του απεμπλουτισμένου ουρανίου, παραπέμπει, όπως σχολιάστηκε σε άλλη ενότητα, στην επιλογή του μαθήματος της Βιολογίας Γεν. παιδείας.

Πίνακας 3.38. Ποσοστά στις κατηγορίες απαντήσεων σε ερωτήσεις πάνω σε γνώση και πληροφορίες που περιλαμβάνονται στα κείμενα

| Ερωτηματολόγιο / ερώτηση |                                                              | Μόνο αποδεκτές | Αποδεκτές + μερικώς αποδεκτές | Μη αποδεκτές | Δεν απάντησαν |
|--------------------------|--------------------------------------------------------------|----------------|-------------------------------|--------------|---------------|
| ITER<br>Ερ.1             | Θερμοπυρηνικός αντιδραστήρας                                 | 51,1           | <b>66,0</b>                   | 16,0         | 18,0          |
| ITER<br>Ερ.7             | Παραγωγή μαγνητικού πεδίου                                   | 40,4           | 51,0                          | 19,1         | 29,9          |
| ITER<br>Ερ.9             | Κύρια ιδιότητα του πλάσματος στον αντιδραστήρα σύντηξης      | 30,9           | 30,9                          | 14,9         | <b>54,2</b>   |
| DU<br>Ερ.2Α              | Πυρηνικός αντιδραστήρας                                      | 30,5           | 42,1                          | 17,9         | 40,0          |
| DU<br>Ερ.4Β              | Το U-238 μολύνει για πάντα                                   | 30,5           | 40,0                          | 22,1         | 37,9          |
| DU<br>Ερ.9               | Η ραδιενέργεια επηρεάζει την υγεία των ανθρώπων και των ζώων | 36,8           | <b>55,7</b>                   | 12,6         | 31,7          |

## Β. Επιστημονικές ερωτήσεις σχετικές με την πυρηνική επιστήμη

Οι ακόλουθες ερωτήσεις απαιτούσαν *ιδιαίτερη γνώση* εννοιών της πυρηνικής φυσικής. Οι επιδόσεις είναι σαφώς *πιο χαμηλές* από την προηγούμενη κατηγορία και η αποφυγή απάντησης *μεγαλύτερη*. Μόνο σε δυο περιπτώσεις η αποφυγή απάντησης είναι μικρότερη του 50%, ενώ σε καμία οι αποδεκτές μαζί με τις μερικώς αποδεκτές δεν ξεπερνούν το 28,4%. Σχετικά με το τελευταίο, φαίνεται πως με μια διαφορετική διδακτική προσέγγιση θα μπορούσε το ποσοστό των αποδεκτών απαντήσεων να είναι μεγαλύτερο. Δυστυχώς, το ποσοστό των μη αποδεκτών απαντήσεων είναι μεγαλύτερο σε όλες σχεδόν τις περιπτώσεις σε αυτή την ομάδα, στην οποία μόνο η ερώτηση για τα ραδιοϊσότοπα δεν υπάρχει, όπως συζητήθηκε στην αντίστοιχη ενότητα, ως ορισμός ή ως έννοια στο σχολικό βιβλίο.

Πίνακας 3.39. Ποσοστά στις κατηγορίες απαντήσεων σε ερωτήσεις σχετικές με την πυρηνική επιστήμη

| Ερωτηματολόγιο / ερώτηση |                                             | Μόνο απο-<br>δεκτές | Αποδεκτές +<br>μερικώς<br>αποδεκτές | Μη αποδε-<br>κτές | Δεν απά-<br>νησαν |
|--------------------------|---------------------------------------------|---------------------|-------------------------------------|-------------------|-------------------|
| ITER<br>Ερ.2             | Εξίσωση της αντίδρασης σύντη-<br>ξης        | 4,3                 | 11,7                                | 25,5              | 62,8              |
| ITER<br>Ερ.3             | <i>Εξήγηση και <math>E = m c^2</math></i>   | 2,1                 | 20,2                                | 21,3              | 58,5              |
| DU<br>Ερ.3Γ              | <i>Εξήγηση και <math>E = m c^2</math></i>   | 1,1                 | 12,7                                | 20,0              | 67,3              |
| ITER<br>Ερ.6Α            | Διάσπαση (σχάση) του ουρανίου               | 5,3                 | 13,8                                | 31,9              | 54,3              |
| DU<br>Ερ.1α΄             | Ραδιοϊσότοπα                                | 4,2                 | 7,4                                 | 5,3               | 87,3              |
| DU<br>Ερ.2Δ              | Αντίδραση πυρηνικής σχάσης                  | <b>14,7</b>         | <b>28,4</b>                         | 26,3              | 45,3              |
| DU<br>Ερ.2Ε              | Άλλη πυρηνική αντίδραση εκτός<br>της σχάσης | <b>17,9</b>         | 17,9                                | 13,7              | 68,4              |
| DU<br>Ερ.3               | ημιζωή                                      | 7,4                 | 17,9                                | 42,1              | 40,0              |
| DU<br>Ερ. 8Α             | Σωματίδια α                                 | 8,4                 | 14,7                                | 14,7              | 70,6              |
| DU<br>Ερ.8Β              | Ακτινοβολία γ                               | -                   | 14,7                                | 22,1              | 63,2              |
| DU<br>Ερ.8Γ              | Ακτίνες Χ                                   | 2,1                 | 20,0                                | 26,3              | 53,7              |
| DU<br>Ερ.8Δ              | Άλλο είδος ραδιενεργού ακτινο-<br>βολίας    | 2,1                 | 4,2                                 | 32,6              | 63,2              |

### Γ. Ερωτήσεις φυσικής και χημείας που δεν περιλαμβάνουν απαραίτητα ή αποκλειστικά θέματα πυρηνικής επιστήμης

Η επόμενη ομάδα ερωτήσεων απαιτούσε *ανάκληση γνώσης* εννοιών που δεν αφορούσαν αποκλειστικά θέματα της πυρηνικής φυσικής. Όλα τα αντικείμενα διδάσκονται στο μάθημα της χημείας κυρίως της Α΄ Λυκείου και το αυξημένο ποσοστό αποδεκτών και

μερικώς αποδεκτών απαντήσεων σε σχέση με την προηγούμενη ομάδα ερωτήσεων, πιθανόν να αποδίδεται σε αυτό το στοιχείο. Δηλαδή, να αποτελεί γνώση που αποκτήθηκε μεν σε προηγούμενη τάξη και με την πάροδο των τριών ετών του λυκείου να εξακολουθεί σε κάποιο βαθμό να ανακαλείται. Οι επιδόσεις είναι καλύτερες από αυτές της ομάδας Β, αλλά αρκετά χαμηλότερες από της Α.

Πίνακας 3.40. Ποσοστά στις κατηγορίες απαντήσεων σε ερωτήσεις που δεν περιλαμβάνουν απαραίτητα ή αποκλειστικά θέματα πυρηνικής επιστήμης

| Ερωτηματολόγιο / ερώτηση |                                                   | Μόνο α-ποδεκτές | Αποδεκτές + μερικώς αποδεκτές | Μη αποδεκτές | Δεν απάντησαν |
|--------------------------|---------------------------------------------------|-----------------|-------------------------------|--------------|---------------|
| ITER<br>Ερ.8Α            | Ιονισμός υδρογόνου                                | 11,7            | <b>52,1</b>                   | 19,1         | 28,8          |
| ITER<br>Ερ.8Β            | Προέλευση ηλεκτρονίων και πρωτονίων του πλάσματος | 24,5            | 36,2                          | 8,5          | <b>55,3</b>   |
| ITER<br>Ερ.11            | Παραγωγή υδρογόνου με ηλεκτρόλυση του νερού       | 12,8            | 17,1                          | <b>48,9</b>  | 34,0          |
| DU<br>Ερ.1Α              | Ισότοπα                                           | 24,2            | 29,5                          | 27,4         | 43,1          |
| DU<br>Ερ.1Β              | Ορολογία και σημασία του μαζικού αριθμού          | 21,1            | 29,5                          | 38,9         | 31,6          |

#### Α. Ερωτήσεις γενικής γνώσης

Οι ερωτήσεις που αποτελούν αυτή την ομάδα, αλλά και την επόμενη, σχετίζονται σε ένα μεγάλο βαθμό και με πηγές άτυπης γνώσης. Η διαφορά της με την επόμενη είναι ότι τα θέματα που ζητούνταν να απαντηθούν διδάσκονται στο σχολείο, σε διάφορα αντικείμενα και όχι απαραίτητα στο μάθημα μόνο της φυσικής και ήταν γενικής γνώσης.

Ήταν και η ομάδα που εμφάνισε (στο σύνολο των αποδεκτών και μερικώς αποδεκτών απαντήσεων) ικανοποιητικά αποτελέσματα, συγκρίσιμα με αυτά της ομάδας Α.



Πίνακας 3.41. Ποσοστά στις κατηγορίες απαντήσεων σε ερωτήσεις γενικής γνώσης

| Ερωτηματολόγιο / ερώτηση |                                                           | Μόνο α-<br>ποδεκτές | Αποδεκτές<br>+ μερικώς<br>αποδεκτές | Μη αποδε-<br>κτές | Δεν απά-<br>νησαν |
|--------------------------|-----------------------------------------------------------|---------------------|-------------------------------------|-------------------|-------------------|
| ITER<br>Ερ.5             | Μη ειρηνική χρήση της πυρηνικής<br>ενέργειας              | 58,5                | <b>68,1</b>                         | 14,9              | 17,0              |
| ITER<br>Ερ.10B           | Ραδιενεργά απόβλητα                                       | 16,0                | <b>57,5</b>                         | 11,7              | 30,8              |
| DU<br>Ερ. 2B             | Ομοιότητες πυρηνικής βόμβας και<br>πυρηνικού αντιδραστήρα | 15,8                | 30,5                                | 11,6              | <b>57,9</b>       |
| DU<br>Ερ.2B'             | Διαφορές πυρηνικής βόμβας και πυ-<br>ρηνικού αντιδραστήρα | 23,2                | 33,7                                | 8,4               | <b>57,9</b>       |
| DU<br>Ερ.5               | Πυρηνικά απόβλητα                                         | 20,0                | <b>52,6</b>                         | 15,8              | 31,6              |

#### Ε. Ερωτήσεις ειδικής γνώσης που συζητούνται στα μαζικά μέσα ενημέρωσης και που δεν αποτελούν συνήθως τμήμα διδακτέας σχολικής ύλης

Είναι θέματα που είναι πιθανό να έχουν συναντήσει οι φοιτητές σε περιοδικά, εφημερίδες, βιβλία, ειδήσεις ή άλλες εκπομπές στην τηλεόραση, δηλαδή, έξω από τα πλαίσια των αναλυτικών προγραμμάτων. Αποτελούν, όμως, ως διαφοροποίηση με την προηγούμενη ομάδα, πιο «εξειδικευμένα» θέματα. Σε αυτή την ομάδα, οι επιδόσεις των φοιτητών που προέρχονταν από τη θεωρητική κατεύθυνση ήταν χαμηλότερες, κάτι που μπορεί να διαπιστωθεί με μελέτη των πινάκων που παρατέθηκαν στις αντίστοιχες ερωτήσεις.

Οι επιδόσεις όπως φαίνεται από τον ακόλουθο πίνακα, ήταν χαμηλές ακόμη και στην περίπτωση της άθροισης των αποδεκτών και μερικώς αποδεκτών απαντήσεων. Από την τελευταία στήλη φαίνεται ότι οι φοιτητές απέφυγαν σε μεγάλα ποσοστά να απαντήσουν σε αυτές τις ερωτήσεις. Παρατηρούμε ότι συμπεριλαμβάνονται και οι ερωτήσεις για το εμπλουτισμένο και απεμπλουτισμένο ουράνιο, και στις οποίες το ποσοστό αποχής ή λανθασμένων απαντήσεων ήταν υψηλό.

Πίνακας 3.42. Ποσοστά στις κατηγορίες απαντήσεων σε ερωτήσεις ειδικής γνώσης που συζητούνται στα μαζικά μέσα ενημέρωσης και που δεν αποτελούν συνήθως τμήμα διδακτέας σχολικής ύλης

| Ερωματολόγιο / ερώτηση |                                                                        | Μόνο αποδεκτές | Αποδεκτές + μερικώς αποδεκτές | Μη αποδεκτές | Δεν απάντησαν |
|------------------------|------------------------------------------------------------------------|----------------|-------------------------------|--------------|---------------|
| ITER<br>Ερ.4           | Πυρηνική σύντηξη στον Ήλιο                                             | 13,8           | 23,4                          | 37,2         | 39,4          |
| ITER<br>Ερ.6B          | Εμπλουτισμένο ουράνιο                                                  | 4,3            | 8,6                           | 28,7         | 62,7          |
| ITER<br>Ερ.6Γ          | Απεμπλουτισμένο ουράνιο                                                | 5,3            | 9,6                           | 30,9         | 59,5          |
| DU<br>Ερ. 4A           | Ραδιενεργό υλικό                                                       | 5,3            | 21,1                          | 23,2         | 55,7          |
| DU<br>Ερ.4A'           | Πυρηνική ακτινοβολία                                                   | 3,2            | 23,2                          | 18,9         | 57,9          |
| DU<br>Ερ.7             | Φυσική ραδιενέργεια                                                    | 10,5           | 18,9                          | 36,8         | 44,3          |
| DU<br>Ερ.10            | Ιατρικές διαγνωστικές και θεραπευτικές εφαρμογές της πυρηνικής φυσικής | 6,3            | 17,9                          | 44,2         | 37,9          |

### ΣΤ. Ερωτήσεις κριτικής σκέψης

Η τελευταία ομάδα περιελάμβανε μόνο δύο ερωτήσεις που απαιτούσαν, πέρα από πιο εξειδικευμένες γνώσεις, και κριτική σκέψη. Οι επιδόσεις και σε αυτή την ομάδα δεν ήταν καλές, στην πρώτη ερώτηση, ενώ στη δεύτερη ερώτηση όπως φαίνεται στον πίνακα που ακολουθεί, οι φοιτητές προτίμησαν να μην απαντήσουν.

Πίνακας 3.43. Ποσοστά στις κατηγορίες απαντήσεων σε ερωτήσεις κριτικής σκέψης

| Ερωματολόγιο / ερώτηση |                                                                            | Μόνο αποδεκτές | Αποδεκτές + μερικώς αποδεκτές | Μη αποδεκτές | Δεν απάντησαν |
|------------------------|----------------------------------------------------------------------------|----------------|-------------------------------|--------------|---------------|
| ITER<br>Ερ.10A         | Έκρηξη σε πυρηνικό αντιδραστήρα και έκρηξη πυρηνικής βόμβας                | 13,8           | 23,4                          | 37,2         | 39,4          |
| DU<br>Ερ.11            | Όρια ακτινοβολίας για τον γενικό πληθυσμό και τους πυρηνικούς εργαζόμενους | 4,3            | 8,6                           | 28,7         | 62,7          |



### 3.5. ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΕΣ ΙΔΕΕΣ – ΠΑΡΑΝΟΗΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΙΣ ΕΝΝΟΙΕΣ ΤΗΣ ΠΥΡΗΝΙΚΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ

#### 3.5.1 Εισαγωγή – Οι παρανοήσεις στις φυσικές επιστήμες

Οι ιδέες και οι αντιλήψεις που έχουν οι μαθητές για τον φυσικό κόσμο διαφέρουν συνήθως από τις επιστημονικές προσεγγίσεις και διαδραματίζουν, σύμφωνα με πολλούς ερευνητές της διδακτικής των φυσικών επιστημών, ένα σημαντικό ρόλο στην κατανόηση των εννοιών που σχετίζονται με αυτές (Driver & Easley, 1978). Έτσι, έχει δοθεί μεγάλη σημασία στην αναζήτηση αυτών των αντιλήψεων, που χαρακτηρίζονται «αυθόρμητες ή πρώτες ιδέες και αναπαραστάσεις», αν το βάρος δίνεται στον κοινωνικό χαρακτήρα της γνώσης, ως *προαντιλήψεις* ή *προϊδέσεις* (preconceptions) (a priori ιδέες και αρχικές αντιλήψεις), ως «παρανοήσεις» (misconceptions) (Wandersee, Mintzes, Novak, 1994) ή «εναλλακτικές αντιλήψεις» (alternative conceptions) (Gilbert & Swift, 1985) και «εναλλακτικές δομές» (alternative structures) (Driver & Easley, 1978) αν η προσοχή εστιάζεται στον εσφαλμένο χαρακτήρα του περιεχομένου τους ή της δομής τους αντίστοιχα. Οι Gilbert, Osborn και Fensham (1982) αντιμετωπίζουν ως εναλλακτική αντίληψη κάθε έννοια ή μοντέλο που είναι διαφορετικό απ' ό,τι είναι συμφωνημένο και αποδεκτό επιστημονικά.

Οι μαθητές αρχίζουν να μαθαίνουν έχοντας πολλές παρανοήσεις σχετικά με επιστημονικά φαινόμενα, που μπορούν να συγκρουστούν κατά τη διαδικασία της παρουσίασης και διδασκαλίας των σωστών επιστημονικών εννοιών ή αρχών (Driver & Easley, 1978; Driver & Erickson, 1983; Posner *et al.*, 1982; Taber, 2000) και να αποτελέσουν εμπόδιο για τη μετάδοση της επιστημονικής γνώσης. Οι αιτίες των παρανοήσεων ποικίλλουν και περιλαμβάνουν, για παράδειγμα, την παρατήρηση γεγονότων και φαινομένων στη ζωή τους, λέξεις που έχουν ένα νόημα στην καθημερινή ζωή αλλά διαφορετικό στην επιστημονική γλώσσα και στη σχολική της εκδοχή, πληροφορία που προέρχεται από *άτυπες* πηγές γνώσης και μέτριας ποιότητας διδασκαλία (Committee on Undergraduate Science Education, 1997<sup>1</sup>).

Οι παράγοντες που διαμορφώνουν ή που μπορεί να επηρεάσουν τις ιδέες των μαθητών καθορίζονται από το κοινωνικό, το πολιτισμικό, το φυσικό και το τεχνολογικό περιβάλλον που με τη σειρά τους περιλαμβάνουν το σχολικό και το ευρύτερο οικογενειακό

---

<sup>1</sup> Science Teaching Reconsidered, A Handbook, Committee on Undergraduate Science Education, National Academy Press, Washington, D.C., 1997  
(Ανοικτό βιβλίο στη διεύθυνση [http://www.nap.edu/openbook.php?record\\_id=5287&page=R1](http://www.nap.edu/openbook.php?record_id=5287&page=R1))

περιβάλλον (Καρανίκας, 1996). Ο Κόκκοτας (1998) αναφέρει ότι οι ιδέες των παιδιών δεν είναι απλές παρανοήσεις που οφείλονται σε κακή πληροφόρηση, αλλά δημιουργούνται από τους μηχανισμούς που αυτά διαθέτουν και με τους οποίους αντιλαμβάνονται ότι συμβαίνει γύρω τους. Οι Skelly και Hall (1993) διαχώρισαν τις αντιλήψεις των μαθητών σε αυτές που οφείλονται στις εμπειρίες τους και σε αυτές που οφείλονται στη διδασκαλία. Όπως αναφέρουν οι Osborne και Cosgrove (1983) και κατά την επίλυση ενός προβλήματος είναι δυνατόν ο μαθητής να αναπτύξει μια εναλλακτική αντίληψη που να φαίνεται ότι οδηγεί σε μια αποδεκτή λύση. Αυτού του είδους οι καταστάσεις, τονίζουν οι Ben-Zvi και Hofstein (1996) είναι συχνότερες στις περιπτώσεις που οι μαθητές αντιμετωπίζουν αφηρημένες γενικά έννοιες, κυρίως στο μάθημα της χημείας, αλλά και σε αντικείμενα της φυσικής στα οποία συναντούν μικροσκοπικές έννοιες.

Οι Driver and Erickson (1983) έχουν σημειώσει ότι οι παρανοήσεις συνήθως είναι δύσκολο να αλλάξουν, καθώς η διόρθωσή τους απαιτεί πολλά περισσότερα από την απλή παράθεση και διδασκαλία των σωστών απόψεων. Η αποικοδόμηση της παρανόησης κανονικά χρειάζεται να γίνει πριν επιτευχθεί η καινούργια (επιστημονικά αποδεκτή) κατανόηση. Η σύγχρονη έρευνα στη διδακτική των ΦΕ δίνει έμφαση στη σημασία που έχει η αντίχρευση των αρχικών αντιλήψεων των μαθητών, για τον σχεδιασμό αποτελεσματικών, μαθητοκεντρικών διδακτικών στρατηγικών και τη μετάδοση της επιστημονικής γνώσης (Driver και Oldham, 1986). Γι αυτό το λόγο, ο προσδιορισμός των παρανοήσεων και των προϋπαρχουσών ιδεών των μαθητών πριν από την διδασκαλία, για το αντικείμενο που πρόκειται να διδαχθεί, είναι από τις πολύ σημαντικές διαδικασίες ώστε να γίνει αποτελεσματικά η δόμηση της γνώσης (Harrison & Treagust, 1996). Ως εκ τούτου, οι καθηγητές των ΦΕ έχουν αρχίσει να ασχολούνται με την αναζήτηση των παρανοήσεων και των εναλλακτικών ιδεών και την αποκατάστασή τους (Ozmen, 2004).

Από τη δεκαετία του '80 εμφανίζονται μελέτες μέσω των οποίων γίνονται προσπάθειες διδακτικής αξιοποίησης των εναλλακτικών ιδεών και παρανοήσεων, έχοντας ως σημείο εκκίνησης τη σπουδαιότητά τους στη διδακτική πράξη (Kariotoglou & Psillos, 1993). Παρότι οι αντιλήψεις αυτές είναι ατομικές, μπορούν να ομαδοποιηθούν αφού έχει αποδειχθεί ότι αποτελούν συγκροτημένα εννοιολογικά πλαίσια ή νοητικά μοντέλα (Κώτσης, 2001).

Όπως σημειώνουν οι Coll και Taylor (2001a,b), από μελέτες διαπιστώνεται ότι οι εναλλακτικές αντιλήψεις που αναφέρεται ότι έχουν μαθητές και πρωτοετείς φοιτητές εξακολουθούν να υπάρχουν και σε περιπτώσεις φοιτητών μεγαλύτερων ετών αλλά και σε α-

πόφοιτους. Ένα από τα πλέον συνήθη και σημαντικά ευρήματα στη βιβλιογραφία της διδακτικής των ΦΕ είναι ότι οι εναλλακτικές αντιλήψεις έχουν γερά θεμέλια και είναι πολύ ανθεκτικές στην αλλαγή (Banerjee, 1995, Barrow, 1994; Carmichael et al., 1990). Τέτοιου είδους έρευνες εγείρουν ερωτήματα ως προς την αξία των συμβατικών διδακτικών στρατηγικών για τη διδασκαλία επιστημονικών εννοιών που φαίνεται να είναι αντίθετα στην κοινή λογική. Πολλοί ερευνητές της διδακτικής των ΦΕ θεωρούν επομένως ότι οι διδάσκοντες χρειάζεται να είναι περισσότερο ενήμεροι σχετικά με τις τρέχουσες θεωρίες μάθησης, καθώς προσπαθούν να μεταδώσουν τη γνώση στους μαθητές (Kettle, 2001; Taber, 2000, 2001; Tsaparlis, 2001)

### 3.5.2 Έρευνες για παρανοήσεις σε θέματα πυρηνικής φυσικής

Οι παρανοήσεις σε σύγχρονα θέματα φυσικών επιστημών και κυρίως σε έννοιες πυρηνικής φυσικής (αλλά και γενικότερα ατομικής δομής) και κβαντομηχανικής (αναφορά στην περίπτωση της χημείας Γ' λυκείου) μπορούν να αποδοθούν τόσο στη διδασκαλία των αντικειμένων στο σχολείο όσο και στις πληροφορίες που μπορεί να έχει ο μαθητής από το περιβάλλον του. Οι βασικές αιτίες στην πρώτη περίπτωση μπορεί να είναι η εγγενής δυσκολία κατανόησης των εννοιών και η σύγχυσή τους λόγω της χρήσης διαφόρων παραπλήσιων και μη μοντέλων, οι γλωσσικές δυσκολίες, η αφηρημένη φύση των θεμάτων αυτών και η αδυναμία σύλληψης της μικροσκοπικής κλίμακας της ύλης (Taber, 2001)

Οι έρευνες στα θέματα της πυρηνικής φυσικής είναι περιορισμένες σε σύγκριση με όσες αφορούν άλλα αντικείμενα της φυσικής (μηχανική, ηλεκτρισμός, μαγνητισμός, θερμοδυναμική, ακόμη πιο πρόσφατα και σε θέματα κβαντομηχανικής). Είναι σημαντική η ορθή κατανόηση των εννοιών της πυρηνικής φυσικής, αν ληφθούν υπόψη οι σημαντικές εφαρμογές της στην ιατρική, στη βιομηχανία, στην παραγωγή ενέργειας και οι συζητήσεις και οι στάσεις απέναντι στα πυρηνικά όπλα αλλά και την πιθανότητα ατυχημάτων (Kohnle et al, 2011).

Οι περισσότερες έρευνες που στοχεύουν στην ανίχνευση των αντιλήψεων μαθητών ή φοιτητών σε θέματα πυρηνικής φυσικής, περιστρέφονται κυρίως στις έννοιες της ακτινοβολίας και της ραδιενέργειας και στη **σύγχυση** μεταξύ τους, στην έννοια της ημιζωής, της ενέργειας σύνδεσης, στις πυρηνικές αντιδράσεις και στην πυρηνική δύναμη.

Σε εργασία του Prather (2005) ερευνήθηκαν αντιλήψεις φοιτητών για το ρόλο των ατόμων στη ραδιενεργό διάσπαση και την ημιζωή μέσω ερωτηματολογίων ανοικτού τύπου και ατομικών συνεντεύξεων. Βρέθηκε ότι οι φοιτητές δυσκολεύονταν να διαχωρίσουν τις

έννοιες της ακτινοβόλησης και της ραδιενεργού μόλυνσης και σημειώθηκε ότι πολλές από τις δυσκολίες που συνάντησαν οι φοιτητές για να εξηγήσουν την ραδιενεργό διάσπαση και την ημιζωή προέρχονταν από τα ανακριβή νοητικά μοντέλα που είχαν διαμορφώσει για το άτομο. Σε άλλη εργασία των Prather και Harrington (2001), διαπιστώθηκε (σε ερώτηση για τη διάσπαση β) η παρανόηση «κατά τη διάσπαση β, εκπέμπονται ηλεκτρόνια σθένους από το άτομο». Αναφορά των Durant, Evans, & Thomas (Nature, 1989) εξερεύνησε τη σύγχυση και τη μερική κατανόηση της έννοιας της ραδιενέργειας, ενώ σε ξεχωριστές μεταξύ τους μελέτες οι Eijkelhof & Millar, 1998; Martins, 1992; Nunes & Zylbersztain, 1990) εξερεύνησαν αντιλήψεις που σχετίζονταν με πυρηνικά ατυχήματα περισσότερο γνωστά όπως το Chernobyl ή λιγότερο γνωστά όπως η ραδιενεργός μόλυνση που συνέβη το 1987 στην περιοχή Goiânia στη Βραζιλία, μετά την κλοπή ραδιενεργού πηγής Cs-137 από εγκαταλελειμμένο νοσοκομείο.

Οι Kaczmarek, Bednarek, & Wong (1987) εστίασαν σε παρανοήσεις δευτεροετών φοιτητών ιατρικής σχετικά με την ακτινοβολία. Ένα αξιοσημείωτο εύρημα τους ήταν ότι σχεδόν το 75% των φοιτητών είχαν την αντίληψη ότι τα αντικείμενα στο χώρο που είχαν γίνει διαγνωστικές εξετάσεις με ακτίνες X θα μπορούσαν να εκπέμψουν στη συνέχεια ακτινοβολία.

Οι όροι «ακτινοβολία», «ραδιενέργεια» και «ραδιενεργό υλικό» φαίνεται να έχουν το ίδιο νόημα σε έρευνα του Eijkelhof *et al.* (1990) που διεξήχθη μεταξύ μαθητών. Στην ίδια εργασία διαπιστώνεται η αντίληψη ότι η ακτινοβολία θεωρείται ότι συγκεντρώνεται σε ζωντανούς οργανισμούς, αντικείμενα και στον περιβάλλοντα χώρο, για παράδειγμα αναφέρθηκε ότι «η ακτινοβολία συγκεντρώθηκε στα φυτικά προϊόντα και ελευθερώθηκε στους ανθρώπους που τα κατανάλωσαν μετά το ατύχημα στο Chernobyl». Η τρίτη σημαντική διαπίστωση σε αυτή την εργασία αφορά την αντίληψη ότι «οποδήποτε σχετίζεται με ακτινοβολία συνδέεται με κίνδυνο», μια αντίδραση που συχνά ενισχύεται από τα ΜΜΕ (Klaassen, Eijkelhof, & Lijnse, 1990). Ο Eijkelhof στην ίδια εργασία ζήτησε τη βοήθεια ειδικών σε θέματα ακτινοβολίας ώστε να έχει καλύτερη εικόνα για τις μη επιστημονικές αντιλήψεις που έχει το ευρύ κοινό για θέματα ιοντίζουσας ακτινοβολίας, την αξία αυτών των αντιλήψεων για την αξιολόγηση των κινδύνων και τις διαφορές σχέσεις μεταξύ τους. Στη συνέχεια αυτές οι σχέσεις τέθηκαν σε ένα πλαίσιο ώστε να συγκριθούν οι κοινές αντιλήψεις με τις απόψεις των ειδικών.

Σε παρόμοιο μήκος κύματος κινείται και έρευνα των Lijnse *et al.* (1990) σχετικά με αντιλήψεις μαθητών για το ατύχημα στο Chernobyl, αφού τους δόθηκαν πληροφορίες ό-

πως παρουσιάστηκε το ατύχημα στα μέσα μαζικής ενημέρωσης. Οι Boyes και Stanisstreet (1994) μελέτησαν την κατανόηση μαθητών K-8, K-10 σχετικά με την ακτινοβολία και τη ραδιενέργεια και βρήκαν ότι σχετικά λίγοι μαθητές γνώριζαν για τις φυσικές πηγές ραδιενέργειας ενώ η πλειονότητά τους θεωρούσε ότι η ραδιενέργεια προέρχεται από τα πυρηνικά εργοστάσια. Ένα υψηλό ποσοστό ανέφερε ότι η ραδιενέργεια οπωσδήποτε μπορεί να σκοτώσει ή να βλάψει ζωντανούς οργανισμούς.

Οι Colclough, Lock, και Soares (2011) εστίασαν τη μελέτη τους σε αδιόριστους καθηγητές δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης σχετικά με τις γνώσεις που είχαν για κινδύνους που συνδέονται με ακτινοβολίες  $\alpha$ ,  $\beta$  και  $\gamma$  και με τα ευρήματά τους ρωτούν για το κατά πόσον όσοι πρόκειται να διδάξουν φυσικές επιστήμες και ιστορία έχουν τις απαιτούμενη γνώση για να διδάξουν αυτό το αντικείμενο.

Η αξία της διδασκαλίας θεμάτων πυρηνικής φυσικής και διαχείρισης πυρηνικών αποβλήτων στο σχολείο αναδεικνύεται και από την εργασία των Powell, Robinson και Pankratius (1994). Προσεγγίσεις που παρουσιάζουν ολοκληρωμένα θέματα φυσικών επιστημών και ενεργειακές συγκρίσεις θεωρούνται ως απαραίτητα για να διδαχτούν αυτά τα αντικείμενα. Σύμφωνα με τους συγγραφείς, οι διδάσκοντες μπορούν να βοηθήσουν τους μαθητές να κατανοήσουν τα επιστημονικά και κοινωνικά πλαίσια της πυρηνικής ενέργειας και της διαχείρισης πυρηνικών αποβλήτων, όταν διδάσκουν αυτά τα αντικείμενα σε ένα ευρύτερο πλαίσιο σχετικά με τις ανάγκες της κοινωνίας και να τους βοηθήσουν να αντιληφθούν τις συνδέσεις μεταξύ επιστήμης, τεχνολογίας και κοινωνίας. Επιπρόσθετα, συγκρίνοντας τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα της χρήσης των διαφόρων ενεργειακών πηγών (π.χ. πυρηνική ενέργεια, ηλιακή, ορυκτή, γεωθερμική) οι μαθητές μπορεί να είναι καλύτερα προετοιμασμένοι για να τις διακρίνουν και να εκτιμούν κριτικά την αξία τους μέσα σε οικονομικά, κοινωνικά και περιβαλλοντικά πλαίσια.

Οι Henriksen και Jorde (2001) οργάνωσαν μια έκθεση στο Νορβηγικό Μουσείο Επιστήμης και Τεχνολογίας σχετική με περιβαλλοντικά θέματα που αφορούσαν ακτινοβολία ώστε να την επισκεφτούν μαθητές K-10 και κατόπιν εξέτασαν τις αντιλήψεις μαθητών στην κατανόηση της ακτινοβολίας. Σε πολλές περιπτώσεις, αυτά τα ευρήματα ήταν παρόμοια με όσα έχουν εξακριβωθεί για ομάδες μαθητών διαφορετικών ηλικιών και εθνικότητων. Ο Williams (1995) θεώρησε ως σημείο εκκίνησης για τη διδασκαλία της πυρηνικής φυσικής στα πλαίσια της πολιτικής και της ιστορίας, την ασφαλή απομόνωση των πυρηνικών αποβλήτων.



Οι Nakiboğlu και Tekin (2006), ερευνήσαν παρανοήσεις μαθητών σχετικά με έννοιες πυρηνικής χημείας και βρέθηκε ότι οι μαθητές είχαν μια σειρά παρανοήσεων σε αντικείμενα όπως η πυρηνική σταθερότητα, ημιζωή, ενέργεια σύνδεσης, ρυθμός ραδιενεργού διάσπασης, και άλλες προαπαιτούμενες έννοιες απαραίτητες για τη διδασκαλία πυρηνικής χημείας. Για παράδειγμα, ένας αριθμός μαθητών σημείωσε ότι *«η ημιζωή ενός πυρήνα εξαρτάται από την υψηλή του ραδιενέργεια και από τον υψηλό λόγο  $n/p$ »*, δείχνοντας ότι αγνοούν την επίδραση της σταθεράς  $\lambda$  στην ημιζωή. Ακόμη διαπιστώθηκαν σημαντικές παρανοήσεις σε θέματα σχετικά με πρακτικές εφαρμογές της πυρηνικής χημείας.

Ο Eijkelhof (1994) σε έρευνά του διαπιστώνει αντιλήψεις φοιτητών για τη ραδιενέργεια ως μια μορφή ύλης: *«η ραδιενέργεια μετακινείται από ένα μέρος σε άλλο μέσω των καιρικών παραγόντων, όπως ο άνεμος»* και *«Μετά το ατύχημα στον πυρηνικό αντιδραστήρα του Τσερνομπίλ, η ραδιενέργεια μεταφέρθηκε σε διάφορες περιοχές μέσω αερίων ρευμάτων»*. Ο Eijkelhof θεωρεί σημαντικότερο παράγοντα για την παρανόηση αυτή, τα ΜΜΕ που αναπαράγουν μη επιστημονικά άρθρα και ειδήσεις ή χρησιμοποιούν λανθασμένη ή μη επιστημονική ορολογία.

Οι Alsop και Watts (1997) στηρίχτηκαν στο μοντέλο εννοιολογικής αλλαγής των Strike και Posner (όπως το διαμόρφωσε ο Treagust) αναγνωρίζοντας τον σημαντικό ρόλο των συναισθηματικών και κοινωνικών παραγόντων εκτός του καθαρά γνωστικού. Πραγματοποίησαν τέσσερις μελέτες που αφορούσαν την άτυπη γνώση μεταξύ των κατοίκων ενός αγροτικού χωριού σε περιοχή της Βρετανίας με υψηλά επίπεδα φυσικής ραδιενέργειας σχετικά με την ακτινοβολία και τη ραδιενέργεια. Αργότερα, μια άλλη, διεπιστημονική συγκριτική μελέτη του Alsop (2001) μεταξύ δυο ομάδων πρωτοετών φοιτητών στο Ηνωμένο Βασίλειο που είχαν μοιραστεί και επιλεγεί ανάλογα με το αν οι περιοχές προέλευσής τους είχαν υψηλή συγκέντρωση σε ραδόνιο, αναζήτησε τη **συναισθηματική** κυρίως προσέγγιση του κινδύνου του υψηλού επιπέδου ραδιενέργειας. Οι φοιτητές ακολουθούσαν σπουδές που δεν είχαν σχέση με φυσικές επιστήμες και η μεθοδολογία βασίστηκε σε συνεντεύξεις που περιελάμβαναν διάφορα **σενάρια**. Η έρευνα αναζήτησε το εάν υπήρχε διαφορά στις αντιλήψεις μεταξύ των φοιτητών που λόγω προέλευσης ήταν περισσότερο εκτεθειμένοι σε φυσική ραδιενέργεια λόγω ραδονίου και αυτών που δεν είχαν τέτοια ανησυχία. Δεν παρατηρήθηκαν ιδιαίτερες γνωστικές και συναισθηματικές διαφορές. Εν τούτοις οι συμμετέχοντες που **προέρχονταν από περιοχές υψηλότερων επιπέδων ραδιενέργειας, βρέθηκε ότι είχαν μεγαλύτερη επίγνωση της κατάστασης του τι σημαίνει να ζουν σε τέτοιες περιοχές**. Σημειώνει ότι σε μια εκπαιδευτική εποχή όπου ο επιστημονικός αλφαριθμητικός

σμός, η κατανόηση της επιστήμης από το ευρύ κοινό και οι τοπικές ιδιαιτερότητες είναι κοινές επιδιώξεις ενός αναλυτικού προγράμματος, και πρότεινε μια αναμόρφωσή του, ώστε να καλύπτει περισσότερο θέματα της καθημερινής ζωής. Μια παρανόηση που τονίζει ιδιαίτερα ο Alsop αφορά τη διαπίστωση ότι οι φοιτητές ανέφεραν «*Στους θαλάμους των ακτίνων X, οι ακτίνες X αυξάνουν την ποσότητα ακτινοβολίας στο σώμα όσων εκτίθενται σε αυτές*», καθώς θεωρούν ότι η ακτινοβολία συσσωρεύεται στο σώμα με την πάροδο του χρόνου, παρατήρηση που έχει κάνει και ο Eijkkelhof, (1994), όπως διαπιστώνουμε στη συνέχεια.

Άλλες παρανοήσεις – εναλλακτικές απόψεις παραθέτουν οι Prather και Harrington (2001) («*Κατά τη διάρκεια της διάσπασης β, ηλεκτρόνια σθένους αποβάλλονται από το άτομο*»), ενώ τόσο ο Eijkkelhof (1994) όσο και οι Millar & Gill, (1996) έχουν εντοπίσει την παρανόηση «*Κατά τη διάρκεια ενός πειράματος σε περιβάλλον εργαστηρίου, εάν ένα αντικείμενο εκτεθεί σε ακτινοβολία α, μολύνεται με ραδιενέργεια*». Βρέθηκε ότι τέτοιου είδους απαντήσεις, θεωρούν πως συμβαίνει πάντα ραδιενεργός μόλυνση κατά την επαφή ενός αντικειμένου με ραδιενεργό πηγή. Ειδικότερα, ο Millar (1994) μελέτησε την κατανόηση της ραδιενέργειας και της ιοντίζουσας ακτινοβολίας από μαθητές K-10 στη Βρετανία. Βρέθηκε ότι οι μαθητές είχαν παρανοήσεις και ιδέες που συγκρούονταν με την επιστημονική άποψη. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι οι μαθητές δεν μπορούσαν να διακρίνουν μεταξύ των διαδικασιών της ακτινοβολήσης και της μόλυνσης και συνέχισαν τους όρους της ραδιενέργειας και της ραδιενεργού ουσίας, διαπιστώνοντας ισχυρή σύνδεση μεταξύ των φράσεων «περιέχει ραδιενεργό υλικό», «περιέχει ραδιενέργεια» και «γίνεται ραδιενεργό». Ως εκ τούτου, πρότεινε ως ξεχωριστό στόχο της διδασκαλίας του αντίστοιχου μαθήματος τη διάκριση μεταξύ των εννοιών *ακτινοβολήση* (irradiation) και *μόλυνση* (contamination).

Σε άλλη εργασία των Harrington, Prather, Paradis (1997), η οποία στηρίχθηκε στα προηγούμενα αποτελέσματα του Millar, τέθηκε ένα σύνθετο πρόβλημα ώστε να διερευνηθούν οι αντιλήψεις φοιτητών και μαθητών για την έννοια του «ραδιενεργού» σώματος. Συγκεκριμένα, δόθηκε μια σειρά από πολύ απλά σχήματα μιας ραδιενεργού πηγής και ενός φρούτου. Στο πρώτο σχήμα αναφέρεται ότι το φρούτο εκτίθεται στην ακτινοβολία της ραδιενεργού πηγής (φάση A) η οποία στη συνέχεια απομακρύνεται (φάση B). Οι ερωτήσεις ήταν: α) στη φάση A, ποιο από τα δυο είναι ραδιενεργό, και στη φάση B β) εάν το φρούτο είναι ραδιενεργό όταν είναι πλέον μόνο και γ) εάν το φρούτο είναι πηγή ραδιενέργειας<sup>2</sup>.

---

<sup>2</sup> Με την υποσημείωση να αγνοήσουν την παρουσία <sup>12</sup>C και <sup>40</sup>K στο φρούτο

Διαπιστώθηκε ότι ένας μεγάλος αριθμός συμμετεχόντων (>50%) έδωσε καταφατικές απαντήσεις στα σκέλη β και γ, ενώ στο α η πλειονότητα δέχτηκε μόνο την πηγή ως ραδιενεργό. Οι συγγραφείς σταχυολόγησαν μια σειρά από απαντήσεις, όπως «είναι ραδιενεργά όλα, είναι παρόμοια περίπτωση με το Τσέρνομπιλ, όπου οι άνθρωποι εκτέθηκαν σε ακτινοβολία και ο αέρας μολύνθηκε» και «το φρούτο δεν είναι ραδιενεργό, γιατί είναι μονωτής». Ελάχιστοι σημείωσαν πως «η έκθεση ενός σώματος κοντά σε ραδιενεργό πηγή δεν δημιουργεί νέα πηγή». Άλλα ευρήματα ήταν αντιλήψεις του τύπου «η ραδιενέργεια απορροφάται από τα κύτταρα του φρούτου» και «ναι, το φρούτο θα γίνει ραδιενεργό, όπως ακριβώς συμβαίνει με κάποιον που παθαίνει ηλεκτροπληξία – αν τον αγγίζει κάποιος παθαίνει κι αυτός», «η ραδιενέργεια μολύνει το φρούτο» και «η ραδιενέργεια έχει μεγάλο χρόνο ημιζωής». Γενικότερα, παρουσιάστηκε η τάση να θεωρείται ένα σώμα που έχει ακτινοβοληθεί ως μολυσμένο και ακόμη ταύτιση της πυρηνικής με την μη πυρηνική ακτινοβολία. Στην έρευνα του δείγματος σχετικά με την εξήγηση των απαντήσεών τους, βρέθηκε ότι οι φοιτητές που προέρχονταν από τμήμα χημείας, έδιναν εξήγηση βασισμένη στη *μοριακή δομή*, εκείνοι του τμήματος φυσικής έδιναν εξήγηση βασισμένη στην έννοια της *ημιζωής* και οι φοιτητές που προέρχονταν από τμήματα που δεν είχαν σχέση με ΦΕ σε έννοιες που σχετίζονται με *φόρτιση* (όπως στον ηλεκτρισμό)

Οι Aubrecht και Torick (2000) αναφέρουν παρανοήσεις σχετικές μεταξύ των άλλων με τις ακτίνες γ, όπως για παράδειγμα ότι «δεν είναι είδος ραδιενεργού ακτινοβολίας, αφού δεν έχουν ηλεκτρικό φορτίο», ενώ ο Eijkelhof (1986) ανέλυσε τις απαντήσεις μαθητών σε ένα ερωτηματολόγιο πριν και μετά την ολοκλήρωση μια διδακτικής ενότητας για την ραδιενέργεια και την ιοντίζουσα ακτινοβολία, εστιάζοντας στην κατανόηση των κινδύνων που συνδέονται με τις εφαρμογές της ιοντίζουσας ακτινοβολίας. Τα αποτελέσματα κατέδειξαν ένα σημαντικό ενδιαφέρον για τους κινδύνους που σχετίζονται με την ραδιενέργεια και την ιοντίζουσα ακτινοβολία, ενώ διαπίστωσε μια γενικότερη αδυναμία διαχωρισμού των δυο αυτών εννοιών από τους μαθητές.

Διαπιστώνεται από τα προηγούμενα δείγματα εργασιών ότι δυο κυρίως έννοιες, η *ακτινοβολία* και η *ραδιενέργεια*, έχουν ισχυρούς δεσμούς με το περιεχόμενο των φυσικών επιστημών και ιδιαίτερα τη φυσική και τη χημεία, και είναι αυτές στις οποίες εμφανίζονται περισσότερες παρανοήσεις, παρά το γεγονός ότι ως έννοιες έχουν ιδιαίτερη σημασία για την σύγχρονη κοινωνία λόγω των εφαρμογών και των επιπτώσεών τους. Στη σύγχρονη βιομηχανία, για παράδειγμα, είναι ευρύτατη η χρήση τους για τη μέτρηση του πάχους διαφόρων υλικών (χαρτί, μέταλλο, πολυαιθυλένιο, κλπ), την επίβλεψη αυτοματοποιημένων

συστημάτων αποθήκευσης, την ανίχνευση διαρροών σε υπόγειους αγωγούς, τον έλεγχο για σφάλματα σε μεταλλικές κατασκευές, τη μέτρηση της ροής υγρών και άλλες. Στα ιατρικά θέματα, πολλές εφαρμογές που περιλαμβάνουν την ραδιενεργό ιχνηλάτηση<sup>3</sup> (radioactive tracing), την αποστείρωση ιατρικών εργαλείων, την ακτινοθεραπεία και τις διαγνωστικές τεχνικές. Αλλά και πέρα από τις ιατρικές εφαρμογές, μπορεί να τονιστούν η ραδιοχρονολόγηση για τον υπολογισμό της ηλικίας πετρωμάτων ή ιστορικών εργαλείων για παράδειγμα ή οι συναγερμοί καπνού που λειτουργούν με την ανίχνευση ακτινοβολίας α (Hutchison & Hutchison, 1997). Όμως, παρά τις σημαντικές σύγχρονες εφαρμογές της ραδιενεργού ακτινοβολίας, μερικές από τις οποίες περιγράφηκαν προηγουμένως, οι μαθητές, οι φοιτητές αλλά και γενικότερα η κοινωνία, αγνοούν τη σημασία των αντικειμένων αυτών για την καθημερινή ζωή.

### **3.5.3 Οι κυριότερες παρανοήσεις σχετικές με θέματα της καθημερινής ζωής που καταγράφηκαν κατά την έρευνα των θεμάτων πυρηνικής φυσικής από τους Έλληνες φοιτητές**

Οι ανοικτού τύπου ερωτήσεις έδωσαν τη δυνατότητα καταγραφής αντιλήψεων των φοιτητών και σε θέματα που αναφέρονται από ελάχιστα έως καθόλου στο σχολικό βιβλίο ή κατά την αναφορά τους σε αυτό δεν δίνεται ανάλογη βαρύτητα. Πρόκειται για αντικείμενα που σχετίζονται με εφαρμογές της πυρηνικής φυσικής στην καθημερινή ζωή ή γίνονται θέματα συζήτησης στα ΜΜΕ και σε άλλες πηγές άτυπης γνώσης. Από τις απαντήσεις των φοιτητών σε αυτού του είδους τα θέματα διαπιστώθηκαν αρκετές παρανοήσεις, οι οποίες ήδη σχολιάστηκαν στο κεφάλαιο της ποιοτικής μελέτης, και οι επτά – κατά την κρίση του γράφοντος – σημαντικότερες, όσον αφορά τη σχέση τους με την κοινωνία, παρουσιάζονται στη συνέχεια ώστε να τονιστούν ιδιαίτερα.

#### **A. Οι ακτίνες X και η ιατρική. Η σχετική ερώτηση ήταν:**

- *Γνωρίζετε αν η πυρηνική φυσική (ή η πυρηνική χημεία) έχει ιατρικές διαγνωστικές ή θεραπευτικές εφαρμογές; Αν ξέρετε κάποια τέτοια εφαρμογή, μπορείτε να την αναφέρετε.*

Η πρόοδος της πυρηνικής ιατρικής μετά από το 1950 υπήρξε ραγδαία και καταλυτική για τη διάγνωση και την αντιμετώπιση σοβαρών ασθενειών. Όμως, οι φοιτητές στην

---

<sup>3</sup> Η ραδιενεργός ιχνηλάτηση αναπτύχθηκε από τον George de Hevesy, που πήρε το βραβείο Νομπέλ Χημείας το 1943 για την πρωτοποριακή εργασία του να χρησιμοποιήσει ραδιενεργές ουσίες ως ιχνηλάτες για τη μελέτη των μεταβολισμών σε φυτά και ζώα

πλειονότητά τους, όπως διαπιστώθηκε από τις απαντήσεις, έδειξαν άγνοια για τα περισσότερα από αυτά τα θέματα. Να σημειωθεί ότι παρά το γεγονός ότι στο σχολικό βιβλίο γίνεται επαρκής αναφορά σε χρήσεις της ραδιενεργού ακτινοβολίας, ένα σημαντικό ποσοστό (38,9%) δεν έγραψε τίποτε σχετικό. Ένας άλλος μεγάλος αριθμός φοιτητών ανέφερε ως εφαρμογές της πυρηνικής φυσικής τις ακτινογραφίες, τις ακτίνες X, τη χημειοθεραπεία, τα λέιζερ, απαντήσεις που αξιολογήθηκαν ως μη αποδεκτές, με μερικά χαρακτηριστικά παραδείγματα τα ακόλουθα:

*«με τις ακτίνες X, ακτινογραφία, μαγνητοσκόπηση» / «Ιατρικές θεραπευτικές εφαρμογές π.χ. στον καρκίνο οι ασθενείς εκτίθενται στις χημειοθεραπείες» / «Σε περιπτώσεις καρκίνου θεραπεύεται τοπικά με λέιζερ που στοχεύει τοπικά και σε συγκεκριμένες ποσότητες στον ιστό που πάσχει» / «Η πυρηνική φυσική έχει ιατρικές διαγνωστικές εφαρμογές με τη χρήση της ακτινογραφίας όπου οι ακτίνες X περιέχουν ραδιενέργεια» / «Στην εξέταση των ασθενών με ακτινογραφίες, στη θεραπεία του καρκίνου με ακτίνες γ»*

Να σημειωθεί ότι η παρανόηση που αφορούσε τις ακτίνες X εμφανίστηκε στο 69% των απαντήσεων, χωρίς να διαπιστωθεί διαφορά μεταξύ των φοιτητών των δύο τμημάτων. Στο ποσοστό αυτό, τη μεγαλύτερη συμμετοχή (42,5%) είχαν οι φοιτητές που προέρχονταν από τη θετική κατεύθυνση, ακολουθούμενοι από τους φοιτητές από τη θεωρητική (32,5%) και την τεχνολογική (25%) κατευθύνσεις. Ως αιτία της παρανόησης αυτής μπορεί να θεωρηθεί η **σύγχυση μεταξύ των εννοιών της ακτινοβολίας (γενικώς) και της ραδιενέργειας**, σύγχυση που ήδη έχει ανιχνευθεί και σε άλλες, διεθνείς έρευνες, όπως αναφέρθηκε προηγουμένως

**B. Η έκρηξη της ατομικής βόμβας και του πυρηνικού αντιδραστήρα.** Το απόσπασμα του άρθρου με την αντίστοιχη ερώτηση ήταν:

*«Όλες οι χώρες της κοινοπραξίας ήθελαν να φιλοξενήσουν τον αντιδραστήρα επειδή, σε αντίθεση με τους ατομικούς αντιδραστήρες ουρανίου, που έχουν πάντα τον κίνδυνο έκρηξης και παράγουν ραδιενεργά κατάλοιπα, οι θερμοπυρηνικοί αντιδραστήρες είναι ασφαλείς και ‘καθαροί’».*

- Συνδέεται αυτή η έκρηξη αυτή με αυτό που αναφέρουμε ως έκρηξη ατομικής βόμβας;

Στο σχολικό βιβλίο δεν υπάρχει καμιά αναφορά σε αυτό το πάντοτε επίκαιρο θέμα, το οποίο αναδεικνύεται σε πολλές περιπτώσεις κατά τις οποίες γίνεται συζήτηση για λειτουργία πυρηνικών εργοστασίων ή μετά από ατυχήματα που συνδέονται με πυρηνικά εργοστάσια. Στο κείμενο, η φράση «έχουν πάντα τον κίνδυνο έκρηξης» αφορά την έκρηξη που θα απελευθερώσει στο περιβάλλον ποσότητες ραδιενεργών υλικών, με αποτέλεσμα τη

ρύπανση τεράστιων εκτάσεων με τη μεταφορά τους με τον άνεμο, αν τα προϊόντα της έκρηξης είναι αέρια, ή τη διοχέτευσή τους στον υδροφόρο ορίζοντα, μέσω τεχνητών ή φυσικών υδάτινων συστημάτων ψύξης (το τελευταίο συμβαίνει στα περισσότερα πυρηνικά εργοστάσια).

Διαπιστώθηκε ότι υπήρξαν μερικές απαντήσεις στις οποίες διατυπώθηκαν κάποιες λογικές σκέψεις και απόψεις, χωρίς όμως να πλησιάζουν σε μια τεκμηριωμένη απάντηση. Το 46% των ερωτηθέντων έδωσε καταφατική απάντηση, δικαιολογώντας την επιλογή τους με φράσεις όπως:

*«Θα έλεγα πως είναι πιο ισχυρή από μια ατομική βόμβα» / «Ναι διότι το ουράνιο είναι το βασικό υλικό από το οποίο κατασκευάζονται οι ατομικές βόμβες»,  
ή εστιάζοντας στις συνέπειες:*

*«Ναι, και στις δυο περιπτώσεις η μόλυνση που προκαλείται είναι τεράστια λόγω των ραδιενεργών στοιχείων και καταλοίπων που απελευθερώνονται».*

Δεν υπήρξε σημαντική διαφορά μεταξύ των απαντήσεων των φοιτητών που προέρχονταν από τα δυο τμήματα ή τις τρεις κατευθύνσεις.

**Γ. Τα όρια της ακτινοβολίας και η «ανοσία» των πυρηνικών εργατών.** Το απόσπασμα του άρθρου με την αντίστοιχη ερώτηση ήταν:

*«Το όριο όμως αυτό σταδιακά πέφτει, φτάνοντας τη δεκαετία του '50 στα 15 rem, την περίοδο μεταξύ 1960 και 1990 στα 5 rem, και τώρα πια μιλάμε για 2 rem! Σήμερα οι τιμές αυτές για τον γενικό πληθυσμό (και όχι για τους πυρηνικούς εργάτες) είναι το 1/10, δηλαδή 0,2 rem.»*

- *Μπορείτε να σκεφθείτε γιατί το όριο για τον γενικό πληθυσμό έχει τεθεί δέκα φορές λιγότερο από ότι για τους εργαζόμενους στα πυρηνικά εργοστάσια;*

Παρά το γεγονός ότι το σχολικό βιβλίο της γ' λυκείου (σελ. 94) παραθέτει τιμές ορίων και σχολιάζει τα μεγέθη αυτά, δεν κάνει καμιά νύξη στη διαφορά των ορίων μεταξύ των εργαζομένων σε πυρηνικά εργοστάσια και του γενικού πληθυσμού. Επομένως, η δραστηριότητα αυτή ήταν αρκετά απαιτητική καθώς οι φοιτητές έπρεπε να συνδυάσουν γνώσεις και κριτική σκέψη. Ένα μεγάλο ποσοστό απαντήσεων (36,3%) αναφέρονταν σε μια υποτιθέμενη ιδιότητα του ανθρώπινου οργανισμού να «συνηθίζει» ή να «προσαρμόζεται», να αποκτά ένα «είδος ανοσίας», όπως σημείωσαν αρκετοί φοιτητές. Τέτοια περίπτωση «ανοσίας» φυσικά δεν υφίσταται και αυτού του είδους οι απαντήσεις, αξιολογήθηκαν ως «μη αποδεκτές»:

*«Γιατί εκτίθενται καθημερινά σε αυτές τις συνθήκες οπότε ο οργανισμός τους έχει αποκτήσει περισσότερη ανοσία απ' ό,τι των άλλων ανθρώπων» / «Γιατί ο οργανισμός τους είναι πιο ευαίσθητος στην*

*ακτινοβολία, ενώ οι εργαζόμενοι έχουν κατά κάποιο τρόπο "προσαρμοστεί"*» / *«Ίσως λόγω της "α-νοσίας" - συνήθειας του οργανισμού τους»* / *«Γιατί οι εργαζόμενοι έχουν συνηθίσει στη ραδιενέργεια και φορούν ειδικές στολές».*

Το μεγαλύτερο ποσοστό τέτοιου είδους απαντήσεων έδωσαν οι φοιτητές που είχαν ακολουθήσει τεχνολογική κατεύθυνση (42%), ενώ τα ποσοστά των φοιτητών από θετική και τεχνολογική κατεύθυνση ήταν παραπλήσια (27 - 29%). Δεν διαπιστώθηκε διαφορά μεταξύ των φοιτητών του ΠΤΔΕ και αυτών του τμήματος φυσικής.

#### **Δ. Τι είναι το απεμπλουτισμένο ουράνιο. Η ερώτηση ήταν:**

*Έχετε ακούσει τους όρους εμπλουτισμένο ουράνιο και απεμπλουτισμένο ουράνιο; Αν ναι, τι ξέρετε γι' αυτούς;*

Δεδομένου ότι δεν υπάρχει αντίστοιχη ενότητα ή έστω κάποια αναφορά στο σχολικό βιβλίο, οι απαντήσεις που θα διατύπωναν οι φοιτητές θα μπορούσαν να αναζητηθούν και στις άτυπες πηγές γνώσης. Ελάχιστοι φοιτητές (<5%) έδωσαν αποδεκτή απάντηση, ενώ μεταξύ των υπόλοιπων απαντήσεων δόθηκαν και οι ακόλουθες, με την ίδια ή παρόμοια διατύπωση, σε ποσοστά περί το 22%:

*«Ανενεργό ουράνιο που χρησιμοποιήθηκε σαν ενίσχυση σε κάποιους αντιαρματικούς πυραύλους λόγω της σκληρότητας του»* / *«Ήδη χρησιμοποιημένο ουράνιο».*

Να σημειωθεί ότι σε διάφορες πηγές άτυπης γνώσης, όπως άρθρα σε μη επιστημονικά περιοδικά και εκπομπές στην τηλεόραση, το απεμπλουτισμένο ουράνιο συνηθίζεται να αποκαλείται και «εξασθενημένο» ή «εξαντλημένο» ουράνιο, με αποτέλεσμα να προκαλούνται παρανοήσεις όπως η προηγούμενη. Ο όρος αυτός χρησιμοποιείται στην πυρηνική φυσική (Αντωνόπουλος, Μ.Ν., 2004), έχει όμως διαφορετική σημασία από την καθημερινή του χρήση. Οι φοιτητές προφανώς αγνοούσαν την επιστημονική ορολογία. Το θέμα του απεμπλουτισμένου ουρανίου, με την έμφαση που έχει δοθεί τα τελευταία χρόνια, αποτελεί ένα σοβαρό θέμα το οποίο **θα έπρεπε να έχει ιδιαίτερη αναφορά στο σχολικό βιβλίο.**

#### **Ε. Ποια είναι η σημασία του όρου «ραδιενεργά κατάλοιπα»;**

Στην ερώτηση αυτή απάντησαν περισσότεροι φοιτητές (~70%), αφού είναι αντικείμενο που υπάρχει στο σχολικό βιβλίο, αλλά είναι και συνηθισμένο αντικείμενο συζήτησης στα ΜΜΕ σε περιπτώσεις ατυχημάτων ή διαμαρτυριών για την εγκατάσταση πυρηνικών εργοστασίων ή τη μεταφορά πυρηνικών αποβλήτων. Όμως, παρά τη μεγάλη συμμετοχή, ο

αριθμός των αποδεκτών απαντήσεων κυμάνθηκε σε χαμηλά επίπεδα (περίπου 16%). Οι λανθασμένες απαντήσεις που δόθηκαν περιλάμβαναν φράσεις όπως:

*«Ραδιενεργές ουσίες που δεν χρησιμεύουν πλέον στην παραγωγή ραδιενέργειας» / «Ό,τι απομένει από τη διάσπαση των ραδιενεργών στοιχείων, π.χ. U-238, τα οποία έχουν μεγάλο χρόνο ημιζωής».*

Οι απαντήσεις αυτές παραπέμπουν σε ουσίες που δεν επικίνδυνες για τη δημόσια υγεία και φράσεις όπως *«Είναι σώματα που εκπέμπουν υπεριώδη ακτινοβολία»*. Άλλες απαντήσεις εστίασαν αποκλειστικά τα κατάλοιπα σε μη ειρηνικές χρήσεις της πυρηνικής ενέργειας: *«Μετά την έκρηξη ραδιενεργού βόμβας συνεχίζουν να υπάρχουν κατάλοιπα που είναι επικίνδυνα»*, χωρίς όμως να εξηγούν τι είναι αυτά. Καλύτερες επιδόσεις σε αυτή τη δραστηριότητα εμφάνισαν οι φοιτητές που προέρχονταν από το ΠΤΔΕ και γενικότερα από τη θεωρητική κατεύθυνση.

### **ΣΤ. Το Τσέρνομπιλ και η μη ειρηνική χρήση της πυρηνικής ενέργειας.**

Το απόσπασμα του άρθρου με την αντίστοιχη ερώτηση ήταν:

*«Από το 1954, οπότε έγινε η πρώτη δοκιμή βόμβας υδρογόνου, οι φυσικοί είχαν ήδη αρχίσει τις προσπάθειες για την ειρηνική χρήση αυτής της νέας πηγής ενέργειας, της σύντηξης του υδρογόνου.»*

- *Ποια άλλη μη ειρηνική χρήση της πυρηνικής ενέργειας έχει γίνει; Μπορείτε να αναφέρετε και ιστορικές πληροφορίες.*

Η συμμετοχή των φοιτητών σε αυτή τη δραστηριότητα ήταν πολύ υψηλή (της τάξης του 95%) και στα δύο τμήματα, ενώ το 82% αναφέρθηκε στη χρήση των ατομικών βομβών στις πόλεις Χιροσίμα και Ναγκασάκι. Αρκετά ενδιαφέρον όμως ήταν το υψηλό ποσοστό απαντήσεων στις οποίες γινόταν αναφορά στο ατύχημα που συνέβη το 1986 στο πυρηνικό εργοστάσιο του Τσέρνομπιλ, όπου ένα ποσοστό 15% των φοιτητών ανέφεραν αποκλειστικά το ατύχημα ως *μη ειρηνική χρήση της πυρηνικής ενέργειας*. Μια χαρακτηριστική απάντηση:

*«Μια χρήση της πυρηνικής ενέργειας που έχει γίνει και δεν ήταν ειρηνική, ήταν ο ατομικός αντιδραστήρας ουρανίου. Αυτός ήταν επικίνδυνος γιατί παρήγαγε ραδιενεργά κατάλοιπα. χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι η έκρηξη του εργοστασίου στο Τσέρνομπιλ».*

Ακόμη, και σε απαντήσεις που αναφέρονταν στις ατομικές βόμβες, έγινε μνεία του Τσέρνομπιλ:

*«Μη ειρηνική χρήση έγινε κατά το 2ο παγκόσμιο πόλεμο, με τις ρίψεις των ατομικών βομβών σε Ναγκασάκι – Χιροσίμα. Ακόμη, αξίζει να αναφερθούμε στην έκρηξη που συνέβη σε εργοστάσιο παραγωγής πυρηνικής ενέργειας στο Τσέρνομπιλ της Ουκρανίας στη δεκαετία του '80».*



Η σύγχυση των μη ειρηνικών χρήσεων της πυρηνικής ενέργειας με τα ατυχήματα που συνέβησαν είναι πιθανόν να πηγάζει από την έμφαση που έχει δοθεί από τα ΜΜΕ και, ειδικότερα από το γεγονός ότι έχουν γίνει εκτεταμένες αναφορές σχετικά με τις συνέπειες από αυτά για τη χώρα μας.

**Ζ. Η φυσική ραδιενέργεια και η προέλευσή της.** Το απόσπασμα του άρθρου με την αντίστοιχη ερώτηση ήταν:

*«Η φυσική ραδιενέργεια που παίρνει κανείς ετησίως είναι 0,1-0,15 rem.»*

- *Από πού προέρχεται αυτή η φυσική ραδιενέργεια;*

Πρόθεση ήταν να ανιχνεύσουμε τις αντιλήψεις των φοιτητών για το εάν η ραδιενέργεια είναι αποτέλεσμα αποκλειστικά ανθρωπογενών δραστηριοτήτων, δεδομένου ότι δεν συναντάται αντίστοιχη παράγραφος στο σχολικό βιβλίο. Σε αυτή την ερώτηση δεν απάντησαν 42 φοιτητές συνολικά (44,2%), ενώ όσοι έδωσαν κάποια απάντηση έδειξαν ότι δεν διάβασαν προσεκτικά την ερώτηση ή δεν αντιλήφθηκαν τον προσδιορισμό «φυσική» για τη ραδιενέργεια, με αποτέλεσμα να αναφερθούν (αποκλειστικά) σε ανθρώπινες δραστηριότητες (όπλα, εκρήξεις, κ.λπ.). Μια άλλη ομάδα μη αποδεκτών απαντήσεων αφορούσε την άμεση ή έμμεση ταύτιση των όρων «ακτινοβολία» και «ραδιενέργεια»:

*«Από ακτινογραφίες και άλλες ιατρικές εφαρμογές» / «Από πυρηνικές δραστηριότητες, πυρηνικές εκρήξεις, πυρηνικά όπλα και άλλες δραστηριότητες με ραδιενεργά υλικά».*

Ένα σημαντικό ποσοστό των απαντήσεων αναφέρθηκε στον Ήλιο ως πηγή φυσικής ραδιενέργειας: «από τις πυρηνικές αντιδράσεις στην επιφάνεια του ήλιου». Σε αρκετές περιπτώσεις, οι απαντήσεις έδειξαν σημαντικές παρανοήσεις αφού συνέδεσαν την έννοια της φυσικής ραδιενέργειας με καθημερινές ή οικείες δραστηριότητες όπως:

*«Από την έκθεση σε κοινές πηγές ραδιενέργειας, π.χ. κινητά» / «Από πιθανές ακτινογραφίες» / «Η φυσική ραδιενέργεια μπορεί να προέρχεται από διαρροές στο Κοσλοντουι στη Βουλγαρία,..., υπολείμματα από την έκρηξη του Τσέρνομπιλ».*

Θα μπορούσε να υπάρξει συγκεκριμένη ενότητα στο σχολικό βιβλίο που να αναφέρεται στο θέμα της φυσικής ραδιενέργειας. Το ραδόνιο, που αποτελεί ίσως τη σημαντικότερη πηγή φυσικής ραδιενέργειας δεν αναφέρθηκε σε καμία απάντηση.

### 3.5.4 Συμπεράσματα και Προτάσεις

Από τα παραπάνω ευρήματα, διαπιστώνεται ότι πρωτοετείς φοιτητές τμημάτων άμεσα σχετικού με το μελετώμενο αντικείμενο (τμήμα φυσικής) ή με σχετικά μεγάλους βαθ-

μούς πρόσβασης από τις εισαγωγικές εξετάσεις (παιδαγωγικό τμήμα δημοτικής εκπαίδευσης (~16-19)) έχουν πολλές παρανοήσεις σε σημαντικά ζητήματα της πυρηνικής φυσικής που σχετίζονται με τη σύγχρονη κοινωνία. Αν ληφθεί υπόψη και το γεγονός της ολοένα και μεγαλύτερης μείωσης της διδακτέας ύλης γι' αυτά τα θέματα, η μελλοντική εικόνα σε αντίστοιχη μελέτη πιθανόν να είναι πιο απογοητευτική. Το γεγονός ακόμη ότι το συγκεκριμένο μάθημα δεν αποτελεί επιλογή των υποψηφίων για εξέταση στις πανελλαδικές εξετάσεις τονίζει τον υποβαθμισμένο του χαρακτήρα, με συνέπειες αυτές που διαπιστώθηκαν και τις παρανοήσεις που συζητήθηκαν προηγουμένως.

Είναι σαφές ότι για την εικόνα που παρουσιάστηκε μέσω των αποτελεσμάτων της έρευνας ως υπεύθυνοι εμφανίζονται αρκετοί παράγοντες:

- Η διδασκαλία του αντικειμένου της πυρηνικής φυσικής στην τελευταία τάξη του λυκείου, ως απόσπασμα της Φυσικής Γενικής Παιδείας, μη υποχρεωτικά εξεταζόμενου πανελλαδικά μαθήματος, είναι πολύ πιθανόν να το υποβαθμίζει στη συνείδηση των μαθητών.
- Το συγκεκριμένο μάθημα, σύμφωνα με το ωρολόγιο πρόγραμμα, διδάσκεται μια ώρα την εβδομάδα, επομένως είναι ευάλωτο σε πιθανές απώλειες μαθημάτων λόγω σχολικών ή εξωσχολικών δραστηριοτήτων (εορτές, εκδρομές, διάφορες εκδηλώσεις, κλπ). Οι ώρες που χάνονται είναι δύσκολο έως και αδύνατο να αναπληρωθούν.
- Η χρονική περίοδος κατά την οποία, σύμφωνα με την δομή του αναλυτικού προγράμματος και τις οδηγίες που δημοσιεύει το Υπουργείο Παιδείας, ξεκινά η διδασκαλία των εννοιών της πυρηνικής φυσικής, αντιστοιχεί στο μέσο της σχολικής χρονιάς, όταν οι μαθητές εστιάζουν περισσότερο την προσοχή και τις επαναλήψεις τους στα μαθήματα των κατευθύνσεών τους.

Το σχολικό βιβλίο από τη φύση του και τη δομή του δείχνει ότι δεν είναι εντελώς αποκομμένο από θέματα που αφορούν την πυρηνική ενέργεια, όμως όπου γίνεται αυτό δείχνει αποσπασματικότητα και όχι μελετημένη παρουσίαση. Για παράδειγμα, δεν υπάρχει καμία αναφορά για το τι είναι και πώς λειτουργεί ένας πυρηνικός αντιδραστήρας ή τα είδη του έστω και πολύ περιγραφικά, όπως π.χ. γίνεται με τον αντιδραστήρα σύντηξης. Όπως διαπιστώθηκε και στην προηγούμενη παράγραφο δεν αναφέρεται καν το τι είναι το απεμπλουτισμένο ουράνιο, ενώ τα όρια της ακτινοβολίας είναι ελεύθερο ανάγνωσμα. Απουσιάζει εντελώς η σημαντικότερη έννοια (παρούσα σχεδόν σε όλα τα επιστημονικά συγγράμματα) της ιονίζουσας ακτινοβολίας, ενώ ακόμη και στην περίπτωση της ατομικής βόμβας, όπως συζητήθηκε, απουσιάζει η πόλη Ναγκασάκι ως δεύτερο θύμα της.

Ακόμη και με την περίπτωση του Τσέρνομπιλ, θα μπορούσε να υπάρχει μια έστω χρονική αναφορά των γεγονότων, να συζητηθούν οι πιθανές αιτίες και οι κανόνες ασφαλείας που θα έπρεπε να έχουν τηρηθεί ώστε να μη συμβεί αυτό το τεράστιο για τις επιπτώσεις του στην ανθρωπότητα πυρηνικό ατύχημα. Τι θα σήμαινε η κατασκευή ενός ακόμη πυρηνικού εργοστασίου σε περιοχή γειτονική με την Ελλάδα ή ακόμη και στην ίδια την Ελλάδα, όπως σχεδιαζόταν από τις αρχές της δεκαετίας του '60. Θέματα που θα μπορούσαν να διεγείρουν το ενδιαφέρον των μαθητών ακόμη και στην τελευταία τάξη του λυκείου στην οποία οι πανελλαδικές εξετάσεις κυριαρχούν στη ζωή τους.

Είναι, επομένως, επιτακτική η ανάγκη για αλλαγή του περιεχομένου και κυρίως της διδακτικής προσέγγισης. Η διδακτική των φυσικών επιστημών (Φ.Ε.) και της τεχνολογίας απαιτεί διδακτικές προσεγγίσεις διαμέσου του γενικότερου πλαισίου των φυσικών επιστημών. Τέτοιου είδους προσεγγίσεις, με τη χρήση των νέων τεχνολογιών, αναμένεται να είναι δημοφιλείς και ουσιώδεις και επομένως να προάγουν τον επιστημονικό αλφαριθμητισμό. Ακόμη, να αυξήσουν το ενδιαφέρον των μαθητών για την επιλογή επαγγελματίων που σχετίζονται με τις Φ.Ε. και την τεχνολογία.

Ως παράδειγμα, μπορεί να αναφερθεί το ευρωπαϊκό πρόγραμμα «PARSEL» (Popularity and Relevance of Science Education for scientific Literacy: *Επιστημονικός Αλφαριθμητισμός μέσω δημοφιλών και σχετικών με τη ζωή Μαθημάτων Φυσικών Επιστημών*), ένα μέσο που διαθέτει δωρεάν αυτοτελή διδακτικά αντικείμενα, στην αγγλική αλλά και σε άλλες ευρωπαϊκές γλώσσες (και στα ελληνικά). Τέτοιου είδους προσεγγίσεις είναι δυνατόν να προσελκύσουν το ενδιαφέρον των μαθητών που έχουν αρνητική στάση απέναντι στα μαθήματα των Φ.Ε., ώστε να αναβαθμίσουν και αυτοί το επίπεδο του επιστημονικού τους αλφαριθμητισμού, ειδικότερα σε θέματα φυσικής που σχετίζονται άμεσα με τις ανάγκες του σήμερα και του αύριο. Η περίπτωση του PARSEL για τα αντικείμενα της Πυρηνικής Φυσικής, μελετάται σε επόμενη ενότητα.

Τελευταίο, αλλά όχι ασήμαντο, είναι το γεγονός της σπουδαιότητας της *διαθεματικότητας* σε πρόσφατες εκπαιδευτικές μεταρρυθμίσεις σε αρκετές χώρες. Η διαθεματικότητα συνδέει διάφορα σχολικά αντικείμενα, μια σύζευξη που αναδεικνύει την αλληλεξάρτηση καθώς και την αλληλεπίδραση μεταξύ των μαθημάτων. Μια άλλη παράμετρος της διαθεματικότητας είναι η σύνδεση των σχολικών αντικειμένων με την καθημερινή ζωή και γενικότερα την κοινωνία. Το αντικείμενο της πυρηνικής φυσικής *ταιριάζει τέλεια σε μια τέτοιου είδους διαθεματική προσέγγιση*, συνδυάζοντας γνώση φυσικής, χημείας, βιολογίας, μαθηματικών και ακόμη οικονομικής, κοινωνικής και πολιτικής επιστήμης.

### 3.6 ΠΟΣΟΤΙΚΗ ΔΙΑΣΤΑΣΗ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ – ΜΙΑ ΠΕΡΙΓΡΑΦΙΚΗ και ΕΠΕΞΗΓΗΜΑΤΙΚΗ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΤΩΝ ΣΥΝΟΛΙΚΩΝ ΕΠΙΔΟΣΕΩΝ

#### 3.6.1 Εισαγωγή

Στην ενότητα αυτή παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της ποσοτικής έρευνας που αφορά τα δυο ερωτηματολόγια με τα θέματα πυρηνικής φυσικής. Αρχικά παρατίθεται μια περιγραφική στατιστική των επιδόσεων των φοιτητών. Με τον όρο «περιγραφική στατιστική» εννοούνται τα στοιχεία των στηλών των ακολούθων πινάκων, και πιο συγκεκριμένα, η ελάχιστη και η μέγιστη τιμή της βαθμολογίας σε κάθε ερώτηση, ο μέσος όρος, η τυπική απόκλιση και η διακύμανση.

Η αξιολόγηση των απαντήσεων υπενθυμίζεται ότι ακολούθησε την εξής κλίμακα:

Με «3» βαθμολογήθηκε η απάντηση που χαρακτηρίζεται ως «ορθή» ή (και) «δείχνει ικανότητα συλλογισμού και κατανόησης»

Με «2» η απάντηση που χαρακτηρίζεται ως «εν μέρει σωστή (εν μέρει αποδεκτή)» ή «δείχνει κάποια κατανόηση» ή «εμφανίζει περιορισμένη ικανότητα συλλογισμού»

Με «1» η απάντηση που χαρακτηρίζεται ως «λανθασμένη (μη αποδεκτή)» ή «δείχνει έλλειψη κατανόησης» ή «εμφανίζει άσχετο συλλογισμό»

Με «0» δεν απαντά

Το «0» (μηδέν) δεν αποτελεί σκαλοπάτι της βαθμολογικής κλίμακας, αλλά έναν *αριθμό* που δόθηκε στο πρόγραμμα στατιστικής επεξεργασίας για τον *χαρακτηρισμό* της κατηγορίας αυτής. Ο γράφων θεώρησε αυθαίρετη την ταξινόμηση των μη – απαντήσεων μαζί με τις λανθασμένες. Το πιθανότερο βέβαια, είναι οι φοιτητές να μην γνώριζαν τις απαντήσεις και γι αυτό το λόγο να απέφυγαν να απαντήσουν, όμως δεν υπάρχουν επαρκή στοιχεία γι αυτό το γεγονός ή για την έκταση στην οποία συνέβη αυτό. Γι αυτό το λόγο, δεν επιχειρήθηκε η παράθεση του «μηδενός» ως βαθμολογικό στοιχείο. Η επεξεργασία έγινε με το στατιστικό πρόγραμμα SPSS Statistics 17.0 for Windows.

Στους πίνακες που ακολουθούν, φαίνονται και οι *ελάχιστες συνολικές* τιμές. Σε μερικές από αυτές παρατηρείται η τιμή 3 (τρία). Το γεγονός αυτό υποδεικνύει ότι οι αντίστοιχοι φοιτητές ή φοιτήτριες έδωσαν μόνο 3 απαντήσεις και αυτές μη αποδεκτές. Δεν αποκλείστηκαν από την περαιτέρω επεξεργασία των αποτελεσμάτων επειδή είχαν συμμετοχή και στις δραστηριότητες 12 και 13 (*λέξεις κλειδιά και ασαφείς έννοιες*). Όπως σχολιάζεται και στην ενότητα της ποιοτικής έρευνας, για να συμπεριληφθεί ένα απαντημένο ερωτημα-

τολόγιο στα αποτελέσματα, θα έπρεπε να έχει συμπληρωμένες περισσότερες από τέσσερις συνολικά δραστηριότητες, συμπεριλαμβανομένων των δυο τελευταίων.

### 3.6.2. Συγκεντρωτική παρουσίαση – Επεξεργασία των αποτελεσμάτων

#### Α. Ερωτηματολόγιο απεμπλουτισμένου ουρανίου

Ο πρώτος πίνακας (1) περιλαμβάνει τα περιγραφικά στατιστικά για το σύνολο των φοιτητών που ασχολήθηκαν με το ερωτηματολόγιο του απεμπλουτισμένου ουρανίου. Έχουν αφαιρεθεί οι περιπτώσεις μη – απαντήσεων και διαπιστώνεται το χαμηλό ποσοστό συμμετοχής των φοιτητών σε συγκεκριμένες από αυτές καθώς και οι χαμηλοί μέσοι όροι στη βαθμολογία κάθε ερώτησης. Με έντονη γραφή σημειώνονται σε κάθε πίνακα τα στοιχεία που χρήζουν ιδιαίτερης προσοχής, όπως η χαμηλή συμμετοχή σε ερωτήσεις, η μέγιστη βαθμολογία και οι μεγαλύτεροι μέσοι όροι (>2,3)

| Πίνακας 1. Περιγραφικά στατιστικά για το σύνολο των φοιτητών (N = 95)<br>(ΑΠΕΜΠΛΟΥΤΙΣΜΕΝΟ ΟΥΡΑΝΙΟ - DU) |           |         |          |             |                   |          |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|---------|----------|-------------|-------------------|----------|
|                                                                                                         | N         | Minimum | Maximum  | Mean        | Std.<br>Deviation | Variance |
| EP1A1                                                                                                   | 54        | 1       | 3        | 1,93        | 0,968             | 0,938    |
| EP1A2                                                                                                   | <b>12</b> | 1       | 3        | 1,83        | 0,937             | 0,879    |
| EP1B                                                                                                    | 65        | 1       | 3        | 1,74        | 0,906             | 0,821    |
| EP2A                                                                                                    | 57        | 1       | 3        | 2,21        | 0,881             | 0,776    |
| EP2B                                                                                                    | 40        | 1       | 3        | 2,10        | 0,81              | 0,656    |
| EP2B1                                                                                                   | 40        | 1       | 3        | <b>2,35</b> | 0,802             | 0,644    |
| EP2Γ                                                                                                    | <b>31</b> | 1       | 3        | 1,42        | 0,564             | 0,318    |
| EP2Δ                                                                                                    | 53        | 1       | 3        | 1,81        | 0,856             | 0,733    |
| EP2E                                                                                                    | <b>29</b> | 1       | 3        | 2,07        | 0,998             | 0,995    |
| EP3                                                                                                     | 57        | 1       | 3        | 1,40        | 0,678             | 0,459    |
| EP4A                                                                                                    | 43        | 1       | 3        | 1,63        | 0,691             | 0,477    |
| EP4B                                                                                                    | 40        | 1       | 3        | 1,62        | 0,628             | 0,394    |
| EP4Γ                                                                                                    | 59        | 1       | 3        | 2,14        | 0,918             | 0,843    |
| EP5                                                                                                     | 65        | 1       | 3        | 2,06        | 0,726             | 0,527    |
| EP6                                                                                                     | 76        | 1       | 3        | 2,13        | 0,806             | 0,649    |
| EP7                                                                                                     | 53        | 1       | 3        | 1,53        | 0,799             | 0,639    |
| EP8A                                                                                                    | <b>28</b> | 1       | 3        | 1,79        | 0,876             | 0,767    |
| EP8B                                                                                                    | 35        | 1       | <b>2</b> | 1,40        | 0,497             | 0,247    |
| EP8Γ                                                                                                    | 44        | 1       | 3        | 1,48        | 0,59              | 0,348    |
| EP8Δ                                                                                                    | 35        | 1       | 3        | 1,17        | 0,514             | 0,264    |
| EP9                                                                                                     | 64        | 1       | 3        | <b>2,37</b> | 0,766             | 0,587    |
| EP10                                                                                                    | 58        | 1       | 3        | 1,43        | 0,704             | 0,495    |
| EP11                                                                                                    | 55        | 1       | 3        | 1,56        | 0,66              | 0,436    |

Από τον πίνακα 1 διαπιστώνεται ότι μόνο σε δυο ερωτήσεις ο μέσος όρος ήταν  $>2,3$  και συγκεκριμένα στην ερ2B1 (ομοιότητα της πυρηνικής αντίδρασης που γίνεται κατά την έκρηξη της ατομικής βόμβας και της αντίστοιχης σε ένα πυρηνικό αντιδραστήρα) και στην ερ.9 (γνωρίζετε πως η ραδιενέργεια επηρεάζει την υγεία των ανθρώπων και των ζώων)

Στη συνέχεια, στον πίνακα 2 παρατίθενται τα αποτελέσματα για τους φοιτητές του φυσικού τμήματος και στον πίνακα 3 για τους φοιτητές του ΠΤΔΕ, ξεχωριστά

| Πίνακας 2. Περιγραφικά στατιστικά για τους πρωτοετείς φοιτητές Τμ. Φυσικής (N = 41)<br>(ΑΠΕΜΠΛΟΥΤΙΣΜΕΝΟ ΟΥΡΑΝΙΟ – D.U.) |           |         |         |             |                   |          |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|---------|---------|-------------|-------------------|----------|
|                                                                                                                         | N         | Minimum | Maximum | Mean        | Std.<br>Deviation | Variance |
| EP1A1                                                                                                                   | 24        | 1       | 3       | 1,92        | 1,018             | 1,036    |
| EP1A2                                                                                                                   | 2         | 1       | 3       | 2           | 1,414             | 2        |
| EP1B                                                                                                                    | 31        | 1       | 3       | 1,68        | 0,945             | 0,892    |
| EP2A                                                                                                                    | 32        | 1       | 3       | <b>2,34</b> | 0,827             | 0,684    |
| EP2B                                                                                                                    | 20        | 1       | 3       | 2,1         | 0,718             | 0,516    |
| EP2B1                                                                                                                   | 21        | 1       | 3       | <b>2,48</b> | 0,814             | 0,662    |
| EP2Γ                                                                                                                    | 17        | 1       | 3       | 1,53        | 0,624             | 0,39     |
| EP2Δ                                                                                                                    | 30        | 1       | 3       | 1,87        | 0,819             | 0,671    |
| EP2E                                                                                                                    | 17        | 1       | 3       | <b>2,47</b> | 0,874             | 0,765    |
| EP3                                                                                                                     | 30        | 1       | 3       | 1,5         | 0,777             | 0,603    |
| EP4A                                                                                                                    | 19        | 1       | 2       | 1,68        | 0,478             | 0,228    |
| EP4B                                                                                                                    | 17        | 1       | 2       | 1,65        | 0,493             | 0,243    |
| EP4Γ                                                                                                                    | 25        | 1       | 3       | <b>2,48</b> | 0,823             | 0,677    |
| EP5                                                                                                                     | 29        | 1       | 3       | 1,86        | 0,639             | 0,409    |
| EP6                                                                                                                     | 30        | 1       | 3       | 2,4         | 0,621             | 0,386    |
| EP7                                                                                                                     | 25        | 1       | 3       | 1,52        | 0,823             | 0,677    |
| EP8A                                                                                                                    | 15        | 1       | 3       | 2           | 0,845             | 0,714    |
| EP8B                                                                                                                    | 21        | 1       | 2       | 1,48        | 0,512             | 0,262    |
| EP8Γ                                                                                                                    | 19        | 1       | 3       | 1,47        | 0,612             | 0,374    |
| EP8Δ                                                                                                                    | <b>14</b> | 1       | 3       | 1,43        | 0,756             | 0,571    |
| EP9                                                                                                                     | 28        | 1       | 3       | 2,18        | 0,863             | 0,745    |
| EP10                                                                                                                    | 26        | 1       | 3       | 1,5         | 0,812             | 0,66     |
| EP11                                                                                                                    | 23        | 1       | 2       | 1,43        | 0,507             | 0,257    |

| Πίνακας 3. Περιγραφικά στατιστικά για τους πρωτοετείς ΠΤΔΕ (N = 54)<br>(ΑΠΕΜΠΛΟΥΤΙΣΜΕΝΟ ΟΥΡΑΝΙΟ – D.U.) |           |         |          |             |                   |          |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|---------|----------|-------------|-------------------|----------|
|                                                                                                         | N         | Minimum | Maximum  | Mean        | Std.<br>Deviation | Variance |
| EP1A1                                                                                                   | 30        | 1       | 3        | 1,93        | 0,944             | 0,892    |
| EP1A2                                                                                                   | <b>10</b> | 1       | 3        | 1,8         | 0,919             | 0,844    |
| EP1B                                                                                                    | 34        | 1       | 3        | 1,79        | 0,88              | 0,775    |
| EP2A                                                                                                    | 25        | 1       | 3        | 2,04        | 0,935             | 0,873    |
| EP2B                                                                                                    | 20        | 1       | 3        | 2,1         | 0,912             | 0,832    |
| EP2B1                                                                                                   | 19        | 1       | 3        | 2,21        | 0,787             | 0,62     |
| EP2Γ                                                                                                    | <b>14</b> | 1       | <b>2</b> | 1,29        | 0,469             | 0,22     |
| EP2Δ                                                                                                    | 23        | 1       | 3        | 1,74        | 0,915             | 0,838    |
| EP2E                                                                                                    | <b>12</b> | 1       | 3        | 1,5         | 0,905             | 0,818    |
| EP3                                                                                                     | 27        | 1       | 3        | 1,3         | 0,542             | 0,293    |
| EP4A                                                                                                    | 24        | 1       | 3        | 1,58        | 0,83              | 0,688    |
| EP4B                                                                                                    | 23        | 1       | 3        | 1,61        | 0,722             | 0,522    |
| EP4Γ                                                                                                    | 34        | 1       | 3        | 1,88        | 0,913             | 0,834    |
| EP5                                                                                                     | 36        | 1       | 3        | 2,22        | 0,76              | 0,578    |
| EP6                                                                                                     | 46        | 1       | 3        | 1,96        | 0,868             | 0,754    |
| EP7                                                                                                     | 28        | 1       | 3        | 1,54        | 0,793             | 0,628    |
| EP8A                                                                                                    | <b>13</b> | 1       | 3        | 1,54        | 0,877             | 0,769    |
| EP8B                                                                                                    | <b>14</b> | 1       | <b>2</b> | 1,29        | 0,469             | 0,22     |
| EP8Γ                                                                                                    | 25        | 1       | 3        | 1,48        | 0,586             | 0,343    |
| EP8Δ                                                                                                    | 21        | 1       | <b>1</b> | <b>1</b>    | <b>0</b>          | <b>0</b> |
| EP9                                                                                                     | 36        | 1       | 3        | <b>2,53</b> | 0,654             | 0,428    |
| EP10                                                                                                    | 32        | 1       | 3        | 1,38        | 0,609             | 0,371    |
| EP11                                                                                                    | 32        | 1       | 3        | 1,66        | 0,745             | 0,555    |

Από τους πίνακες 2 και 3 διαπιστώνονται τα εξής:

A) Οι ερωτήσεις στις οποίες οι φοιτητές απέφυγαν να δώσουν απάντηση ήταν:

Το δεύτερο σκέλος της ερώτησης 1A (EP1A1: *τι είναι τα ραδιοϊσότοπα*), οι ερωτήσεις 2Γ και 2E (*εξήγηση με όρους φυσικής της μεγάλης παραγωγής ενέργειας κατά τις πυρηνικές α-ντιδράσεις και άλλα είδη πυρηνικών αντιδράσεων*), οι ερωτήσεις 8A και 8B (*σωματίδια α και ακτινοβολία γ*)

B) Οι φοιτητές του ΠΤΔΕ έδωσαν μεγαλύτερα ποσοστά μη απαντήσεων, δηλαδή εμφάνισαν μικρότερη συμμετοχή στις ερωτήσεις, αλλά ταυτόχρονα εμφάνισαν σε μερικές περιπτώσεις (π.χ. ερωτ. 5, *τι σημαίνει η φράση πυρηνικά απόβλητα*) υψηλούς μέσους όρους που αντιστοιχεί πιθανότατα στο μεγαλύτερο βαθμό πρόσβασης που απαιτούνταν για την εισαγωγή τους στη σχολή ή και σε μια μεγαλύτερη ικανότητα έκφρασης.

Γ) Οι ερωτήσεις στις οποίες εμφανίζεται – ανά τμήμα – σχετικά υψηλή επίδοση (>2,3) ήταν η 2Α (τι είναι ένας πυρηνικός αντιδραστήρας), η 2Β1 (ομοιότητα αντίδρασης σε αντιδραστήρα και βόμβα), η 2Ε (παρά τη χαμηλή συμμετοχή σε απαντήσεις), η 4Γ, η 6 και η 9 Δ) Στις ερωτήσεις 2Γ και 8Β καμία απάντηση δεν αξιολογήθηκε ως αποδεκτή, ενώ στην ερώτηση 8Δ, δεν δόθηκαν ούτε εν μέρει αποδεκτές απαντήσεις.

Στον πίνακα 4 που ακολουθεί εξετάζονται οι συνολικές βαθμολογίες σε όλες τις ερωτήσεις και διαπιστώνεται ότι το επίπεδο των απαντήσεων ήταν αρκετά *χαμηλό*. Με μέγιστη τιμή το 69, αν όλες οι απαντήσεις που θα έδινε ένας φοιτητής ή μια φοιτήτρια ήταν σωστές, ο μέσος όρος είναι 20,92, ενώ η καλύτερη (μέγιστη) επίδοση είναι 52 (από το ΠΤΔΕ, με αντίστοιχη επίδοση το 51 από το τμήμα φυσικής).

| Πίνακας 4. Περιγραφικά στατιστικά στοιχεία για τη συνολική βαθμολογία των ερωτήσεων – σύνολο φοιτητών<br>(ΑΠΕΜΠΛΟΥΤΙΣΜΕΝΟ ΟΥΡΑΝΙΟ – DU) |    |         |         |       |                |          |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|---------|---------|-------|----------------|----------|
|                                                                                                                                         | N  | Minimum | Maximum | Mean  | Std. Deviation | Variance |
| SUM                                                                                                                                     | 95 | 3       | 52      | 20,92 | 11,768         | 138,482  |
| Valid N (listwise)                                                                                                                      | 95 |         |         |       |                |          |

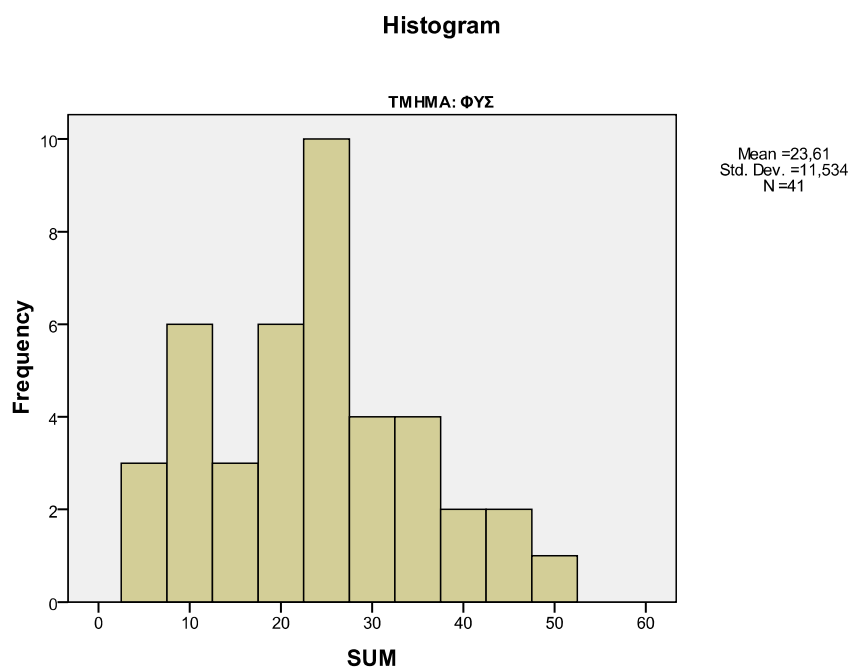
| Πίνακας 5. Περιγραφικά στατιστικά στοιχεία για τη συνολική βαθμολογία των ερωτήσεων – φοιτητές Τμημ. Φυσικής (ΑΠΕΜΠΛΟΥΤΙΣΜΕΝΟ ΟΥΡΑΝΙΟ – DU) |    |       |                |         |         |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|-------|----------------|---------|---------|
|                                                                                                                                             | N  | Mean  | Std. Deviation | Minimum | Maximum |
| SUM                                                                                                                                         | 41 | 23,61 | 11,534         | 5       | 51      |
| a. ΤΜΗΜΑ = ΦΥΣ                                                                                                                              |    |       |                |         |         |

| Πίνακας 6. Περιγραφικά στατιστικά στοιχεία για τη συνολική βαθμολογία των ερωτήσεων – φοιτητές ΠΤΔΕ (ΑΠΕΜΠΛΟΥΤΙΣΜΕΝΟ ΟΥΡΑΝΙΟ – DU) |    |       |                |         |         |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|-------|----------------|---------|---------|
|                                                                                                                                    | N  | Mean  | Std. Deviation | Minimum | Maximum |
| SUM                                                                                                                                | 54 | 18,87 | 11,633         | 3       | 52      |
| a. ΤΜΗΜΑ = ΠΤΔΕ                                                                                                                    |    |       |                |         |         |

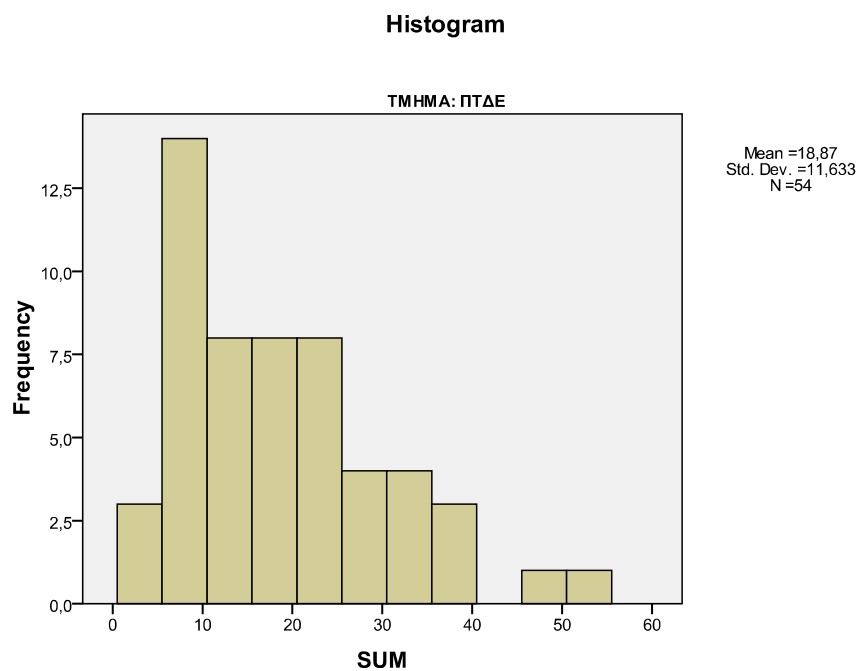
Αντίστοιχα, ο μέσος όρος για τους φοιτητές που προερχόντουσαν από το τμήμα Φυσικής και από το ΠΤΔΕ ήταν 23,81 και 18,87. Από τους πίνακες 5 και 6 διαπιστώνεται ο μεγα-



λύτερος μέσος όρος της συνολικής βαθμολογίας για τους φοιτητές που προερχόντουσαν από το τμήμα φυσικής, κάτι που αποτυπώνεται και στα ιστογράμματα 1 και 2 που ακολουθούν:



**Ιστόγραμμα 1: Συνολική βαθμολογία, πρωτοετείς Τμ. Φυσικής**



**Ιστόγραμμα 2: Συνολική βαθμολογία, πρωτοετείς ΠΤΔΕ**

Από τα ιστογράμματα φαίνεται πιο καθαρά η διαφορά των μέσων επιδόσεων των δυο τμημάτων.

Ακολουθεί ο πίνακας που δίνει τα αποτελέσματα της δοκιμασίας Kolmogorov-Smirnov, για τη **συνολική** βαθμολογία και των δυο τμημάτων, για κάθε **τμήμα** χωριστά και ανά **κατεύθυνση** προέλευσης. Όπως διαπιστώνεται, ο αριθμός Z (το γινόμενο της τετραγωνικής ρίζας του μεγέθους του δείγματος επί τη μέγιστη διαφορά ανάμεσα στη θεωρητική και την πραγματική τιμή που έχει υπολογιστεί) δεν είναι στατιστικά σημαντικός (σε όλες τις περιπτώσεις προκύπτει  $\text{sig} > 0,05$ ) επομένως όλες οι συνολικές βαθμολογίες ακολουθούν την κανονική κατανομή. Η κανονική κατανομή χρησιμοποιείται ως μία πρώτη προσέγγιση για να περιγραφούν τυχαίες μεταβλητές πραγματικών τιμών, οι οποίες τείνουν να συγκεντρώνονται γύρω από μια μέση τιμή.

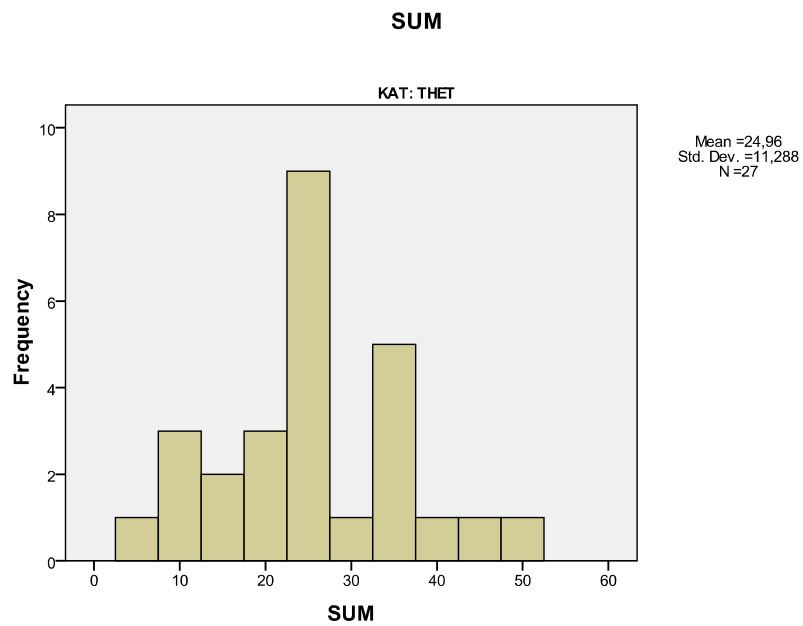
| <b>Πίνακας 7. Αποτελέσματα δοκιμασίας Kolmogorov-Smirnov στις συνολικές βαθμολογίες (ΑΠΕΜΠΛΟΥΤΙΣΜΕΝΟ ΟΥΡΑΝΙΟ)</b><br>One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test |                   |                                    |                                         |                                      |                                       |                                         |                                       |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|------------------------------------|-----------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|-----------------------------------------|---------------------------------------|
|                                                                                                                                                         |                   | Συνολική<br>βαθμολογία<br>φοιτητών | Συνολική<br>βαθμολογία<br>φοιτ. Φυσικής | Συνολική<br>βαθμολογία<br>φοιτ. ΠΤΔΕ | Συνολική<br>βαθμολογία<br>Θετική κατ. | Συνολική<br>βαθμολογία<br>Τεχνολογ. κατ | Συνολική<br>βαθμολογία<br>Θεωρητ. κατ |
| N                                                                                                                                                       |                   | 95                                 | 41                                      | 54                                   | 27                                    | 34                                      | 34                                    |
| Normal<br>Parameters <sup>a</sup> ,<br><sup>b</sup>                                                                                                     | Mean              | 20,92                              | 23,61                                   | 18,87                                | 24,96                                 | 21,56                                   | 17,06                                 |
|                                                                                                                                                         | Std.<br>Deviation | 11,768                             | 11,534                                  | 11,633                               | 11,288                                | 12,285                                  | 10,677                                |
| Most<br>Extreme<br>Differences                                                                                                                          | Absolute          | ,123                               | ,100                                    | ,167                                 | ,130                                  | ,135                                    | ,182                                  |
|                                                                                                                                                         | Positive          | ,123                               | ,100                                    | ,167                                 | ,130                                  | ,135                                    | ,182                                  |
|                                                                                                                                                         | Negative          | -,067                              | -,069                                   | -,086                                | -,104                                 | -,089                                   | -,094                                 |
| Kolmogorov-Smirnov<br>Z                                                                                                                                 |                   | 1,199                              | ,643                                    | 1,228                                | ,676                                  | ,785                                    | 1,062                                 |
| Asymp. Sig. (2-tailed)                                                                                                                                  |                   | ,113                               | ,802                                    | ,098                                 | ,751                                  | ,568                                    | ,209                                  |

### Σύγκριση συνολικών αποτελεσμάτων των κατευθύνσεων προέλευσης

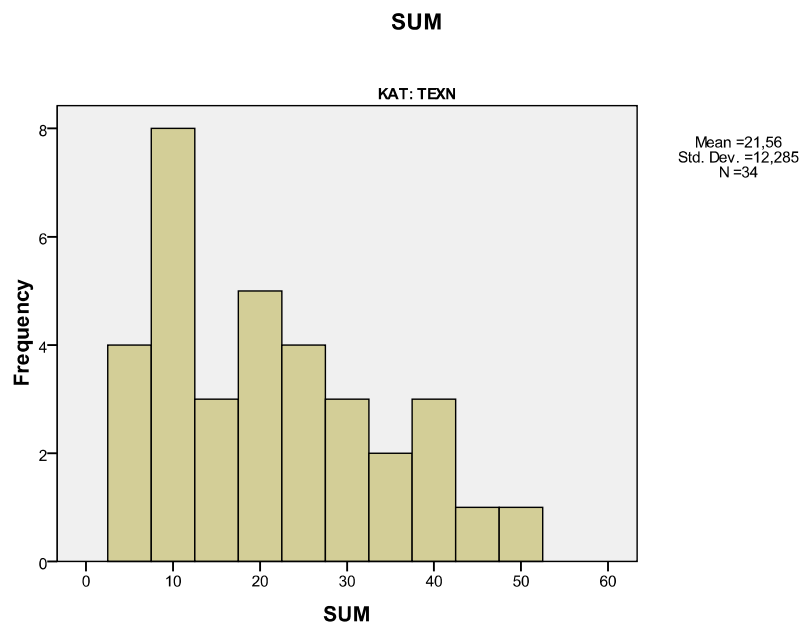
Η συνολική βαθμολογία των τριών κατευθύνσεων προέλευσης ελέγχθηκε προκειμένου να διαπιστωθεί εάν υπήρξε στατιστική συμφωνία μεταξύ τους. Στον επόμενο πίνακα φαίνονται τα περιγραφικά στατιστικά στοιχεία για κάθε κατεύθυνση (θετική, τεχνολογική και θεωρητική χωριστά)

| <b>Πίνακας 8. Περιγραφικά στατιστικά στοιχεία για τη συνολική βαθμολογία ανά κατεύθυνση προέλευσης (ΑΠΕΜΠΛΟΥΤΙΣΜΕΝΟ ΟΥΡΑΝΙΟ)</b> |    |       |                |         |         |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|-------|----------------|---------|---------|
| κατεύθυνση                                                                                                                       | N  | Mean  | Std. Deviation | Minimum | Maximum |
| Θετική                                                                                                                           | 27 | 24,96 | 11,288         | 5       | 51      |
| Τεχνολογική                                                                                                                      | 34 | 21,56 | 12,285         | 5       | 50      |
| Θεωρητική                                                                                                                        | 34 | 17,06 | 10,677         | 3       | 52      |

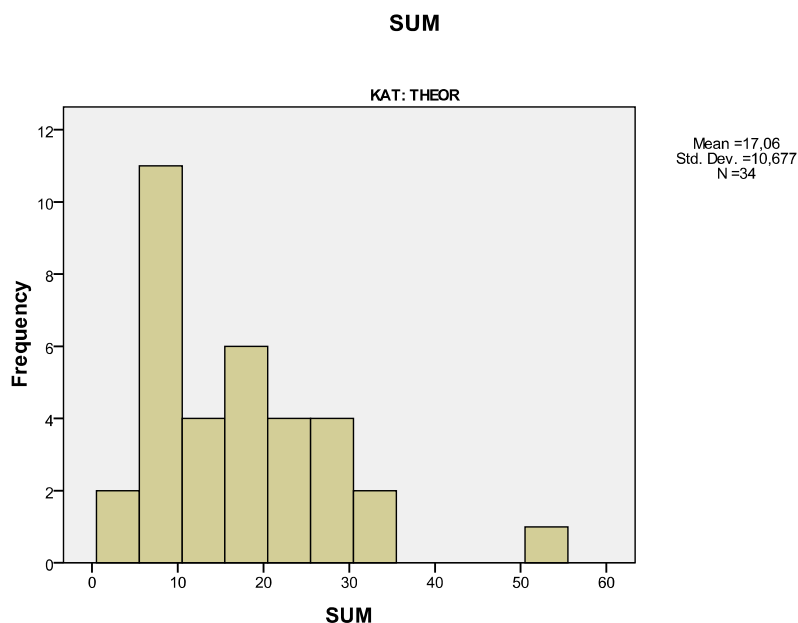
Από τον πίνακα αυτόν προκύπτει ότι οι φοιτητές που προερχόντουσαν από τη θετική κατεύθυνση εμφανίζουν καλύτερη επίδοση, κάτι που ήταν λίγο έως πολύ αναμενόμενο. Παρόλα αυτά η τελική μέση επίδοση δεν μπορεί να χαρακτηριστεί ικανοποιητική, αφού είναι ~25 σε σύνολο 69 μονάδων. Πολύ *χαμηλότερη* είναι η μέση επίδοση των φοιτητών που προερχόντουσαν από την θεωρητική κατεύθυνση, γεγονός που μπορεί να εξηγηθεί από τον γενικό προσανατολισμό των μαθητών που την παρακολουθούν, οι οποίοι δίνουν ιδιαίτερη ή και αποκλειστική έμφαση στα φιλολογικά μαθήματα. Η επίδοση, τέλος, των φοιτητών που είχαν ακολουθήσει την τεχνολογική κατεύθυνση είναι ενδιάμεση. Ιδιαίτερο χαρακτηριστικό, που όμως τελικά δεν αποδεικνύεται αντιπροσωπευτικό, είναι η ανώτερη βαθμολογία που είναι σχεδόν ίδια και για τις τρεις κατευθύνσεις. Στα επόμενα ιστογράμματα 3, 4 και 5 απεικονίζεται η μέση επίδοση ανά κατεύθυνση προέλευσης:



**Ιστόγραμμα 3: Συνολική βαθμολογία, πρωτοετείς προερχόμενοι από θετική κατεύθυνση**



**Ιστόγραμμα 4: Συνολική βαθμολογία, πρωτοετείς προερχόμενοι από τεχνολογική κατεύθυνση**



**Ιστογράμμα 5: Συνολική βαθμολογία, πρωτοετείς προερχόμενοι από θεωρητική κατεύθυνση**

Από τα ιστογράμματα φαίνεται ο μεγαλύτερος μέσος όρος (24,96) στην περίπτωση των φοιτητών που προερχόντουσαν από τη θετική κατεύθυνση και ο – κατά πολύ – μικρότερος (17,06) για τους φοιτητές που προερχόντουσαν από τη θεωρητική κατεύθυνση. Ο αντίστοιχος μέσος όρος των φοιτητών από την τεχνολογική κατεύθυνση βρίσκεται στο μέσον αυτών των δυο Μ.Ο. (21,56). Παρά τους χαμηλούς μέσους όρους, η κλίμακα των μέσων όρων κρίνεται φυσιολογική.

## **Β. Ερωτηματολόγιο αντιδραστήρα ITER**

Στην περίπτωση του ερωτηματολογίου του αντιδραστήρα ITER διαπιστώνονται μερικές διαφορές σχετικά με την μέση επίδοση των φοιτητών, συγκριτικά με το ερωτηματολόγιο του απεμπλουτισμένου ουρανίου. Όπως παρουσιάζεται στον ακόλουθο πίνακα για το σύνολο των φοιτητών, όσο και στους πίνακες των επιμέρους αποτελεσμάτων, υπήρξαν περισσότερες ερωτήσεις στις οποίες η μέση επίδοση των φοιτητών ήταν >2,3. Μια ερμηνεία για το γεγονός αυτό είναι το περιεχόμενο του συγκεκριμένου αντικειμένου, με το οποίο οι φοιτητές παρουσιάζονται μέσω των αποτελεσμάτων αλλά και των απαντήσεων που έδωσαν, πιο «εξοικειωμένοι»

**Πίνακας 9. Περιγραφικά στατιστικά για το σύνολο των φοιτητών (N = 94)**

**(ΑΝΤΙΔΡΑΣΤΗΡΑΣ ITER)**

|         | N  | Minimum | Maximum  | Mean        | Std.<br>Deviation | Variance |
|---------|----|---------|----------|-------------|-------------------|----------|
| ΕΡΩΤ1   | 75 | 1       | 3        | <b>2,49</b> | ,778              | ,605     |
| ΕΡΩΤ2   | 36 | 1       | 3        | 1,47        | ,736              | ,542     |
| ΕΡΩΤ3   | 39 | 1       | 3        | 1,54        | ,600              | ,360     |
| ΕΡΩΤ4   | 57 | 1       | 3        | 1,63        | ,837              | ,701     |
| ΕΡΩΤ5   | 78 | 1       | 3        | <b>2,54</b> | ,768              | ,589     |
| ΕΡΩΤ6Α  | 42 | 1       | 3        | 1,43        | ,703              | ,495     |
| ΕΡΩΤ6Β  | 35 | 1       | 3        | 1,34        | ,684              | ,467     |
| ΕΡΩΤ6Γ  | 38 | 1       | 3        | 1,37        | ,714              | ,509     |
| ΕΡΩΤ7   | 66 | 1       | 3        | <b>2,30</b> | ,877              | ,768     |
| ΕΡΩΤ8Α  | 67 | 1       | 3        | 2,21        | ,808              | ,653     |
| ΕΡΩΤ8Β  | 42 | 1       | 3        | <b>2,48</b> | ,773              | ,597     |
| ΕΡΩΤ9   | 43 | 1       | 3        | <b>2,37</b> | ,926              | ,858     |
| ΕΡΩΤ10Α | 59 | 1       | <b>2</b> | 1,27        | ,448              | ,201     |
| ΕΡΩΤ10Β | 65 | 1       | 3        | 2,06        | ,634              | ,402     |
| ΕΡΩΤ11  | 62 | 1       | 3        | 1,45        | ,803              | ,645     |

**Πίνακας 10. Περιγραφικά στατιστικά για τους φοιτητές τμήματος φυσικής (N = 44) (ITER)**

|         | N  | Minimum | Maximum  | Mean        | Std.<br>Deviation | Variance |
|---------|----|---------|----------|-------------|-------------------|----------|
| ΕΡΩΤ1   | 33 | 1       | 3        | <b>2,27</b> | ,876              | ,767     |
| ΕΡΩΤ2   | 18 | 1       | 3        | 1,61        | ,916              | ,840     |
| ΕΡΩΤ3   | 24 | 1       | 3        | 1,63        | ,647              | ,418     |
| ΕΡΩΤ4   | 26 | 1       | 3        | 1,85        | ,881              | ,775     |
| ΕΡΩΤ5   | 38 | 1       | 3        | <b>2,76</b> | ,542              | ,294     |
| ΕΡΩΤ6Α  | 25 | 1       | 3        | 1,68        | ,802              | ,643     |
| ΕΡΩΤ6Β  | 17 | 1       | 3        | 1,35        | ,786              | ,618     |
| ΕΡΩΤ6Γ  | 17 | 1       | 3        | 1,35        | ,786              | ,618     |
| ΕΡΩΤ7   | 32 | 1       | 3        | 2,03        | ,933              | ,870     |
| ΕΡΩΤ8Α  | 33 | 1       | 3        | 1,76        | ,708              | ,502     |
| ΕΡΩΤ8Β  | 21 | 1       | 3        | <b>2,33</b> | ,856              | ,733     |
| ΕΡΩΤ9   | 17 | 1       | 3        | 2,00        | 1,000             | 1,000    |
| ΕΡΩΤ10Α | 24 | 1       | <b>2</b> | 1,29        | ,464              | ,216     |
| ΕΡΩΤ10Β | 28 | 1       | 3        | 2,00        | ,720              | ,519     |
| ΕΡΩΤ11  | 26 | 1       | 3        | 1,69        | ,970              | ,942     |

**Πίνακας 11. ΠΕΡΙΓΡΑΦΙΚΑ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΑ ΓΙΑ ΤΟΥΣ ΦΟΙΤΗΤΕΣ ΠΤΔΕ (N = 50)  
(ΑΝΤΙΔΡΑΣΤΗΡΑΣ ΙΤΕΡ)**

|         | N  | Minimum | Maximum  | Mean        | Std.<br>Deviation | Variance |
|---------|----|---------|----------|-------------|-------------------|----------|
| ΕΡΩΤ1   | 42 | 1       | 3        | <b>2,67</b> | ,650              | ,423     |
| ΕΡΩΤ2   | 18 | 1       | <b>2</b> | 1,33        | ,485              | ,235     |
| ΕΡΩΤ3   | 15 | 1       | <b>2</b> | 1,40        | ,507              | ,257     |
| ΕΡΩΤ4   | 31 | 1       | 3        | 1,45        | ,768              | ,589     |
| ΕΡΩΤ5   | 40 | 1       | 3        | <b>2,33</b> | ,888              | ,789     |
| ΕΡΩΤ6Α  | 17 | 1       | <b>2</b> | 1,06        | ,243              | ,059     |
| ΕΡΩΤ6Β  | 18 | 1       | 3        | 1,33        | ,594              | ,353     |
| ΕΡΩΤ6Γ  | 21 | 1       | 3        | 1,38        | ,669              | ,448     |
| ΕΡΩΤ7   | 34 | 1       | 3        | <b>2,56</b> | ,746              | ,557     |
| ΕΡΩΤ8Α  | 34 | 1       | 3        | <b>2,65</b> | ,646              | ,417     |
| ΕΡΩΤ8Β  | 21 | 1       | 3        | <b>2,62</b> | ,669              | ,448     |
| ΕΡΩΤ9   | 26 | 1       | 3        | <b>2,62</b> | ,804              | ,646     |
| ΕΡΩΤ10Α | 35 | 1       | <b>2</b> | 1,26        | ,443              | ,197     |
| ΕΡΩΤ10Β | 37 | 1       | 3        | 2,11        | ,567              | ,321     |
| ΕΡΩΤ11  | 36 | 1       | 3        | 1,28        | ,615              | ,378     |

Όπως και στην προηγούμενη περίπτωση, του απεμπλουτισμένου ουρανίου, έτσι και εδώ παρατηρούνται τα εξής:

Α) Οι ερωτήσεις στις οποίες οι φοιτητές απέφυγαν σε μεγάλο ποσοστό να δώσουν απάντηση ήταν:

Οι ερωτήσεις 2 (*εξίσωση που περιγράφει την πυρηνική σύντηξη*), 3 (*εξήγηση της μεγάλης ποσότητας ενέργειας κατά τις πυρηνικές αντιδράσεις*), 6Β και 6Γ (*εμπλουτισμένο και απεμπλουτισμένο ουράνιο*)

Β) Οι ερωτήσεις στις οποίες εμφανίζεται – ανά τμήμα – σχετικά υψηλή επίδοση (>2,3) ήταν

οι 1 (*τι σημαίνει ο όρος θερμοπυρηνικός αντιδραστήρας*), 5 (*μη ειρηνική χρήση της πυρηνικής ενέργειας*), 7 (*επίτευξη μαγνητικού πεδίου*), 8Α (*ιοντισμένο υδρογόνο*), 8Β (*προέλευση πρωτονίων ηλεκτρονίων του πλάσματος*) και η 9 (*βασική ιδιότητα πλάσματος*)

Γ) Οι φοιτητές του ΠΤΔΕ έδωσαν μεγαλύτερα ποσοστά μη απαντήσεων, δηλαδή εμφάνισαν μικρότερη συμμετοχή στις ερωτήσεις, αλλά ταυτόχρονα εμφάνισαν υψηλότερους μέσους όρους που αντιστοιχεί πιθανότατα στο μεγαλύτερο βαθμό πρόσβασης που απαιτούνταν για την εισαγωγή τους στη σχολή, όπως συνέβη και με το άλλο ερωτηματολόγιο

Δ) Σε μια ερώτηση (10Α – *έκρηξη βόμβας και έκρηξη σε αντιδραστήρα*) δεν δόθηκε αποδεκτή απάντηση από κανέναν από τους συμμετέχοντες και από τα δυο τμήματα. Επιπλέον,

όπως παρατηρείται από τον πίνακα αποδεκτές απαντήσεις δεν έδωσε κανείς φοιτητής προερχόμενος από το ΠΤΔΕ στις ερωτήσεις 2, 3 και 6Α (σχάση του ουρανίου).

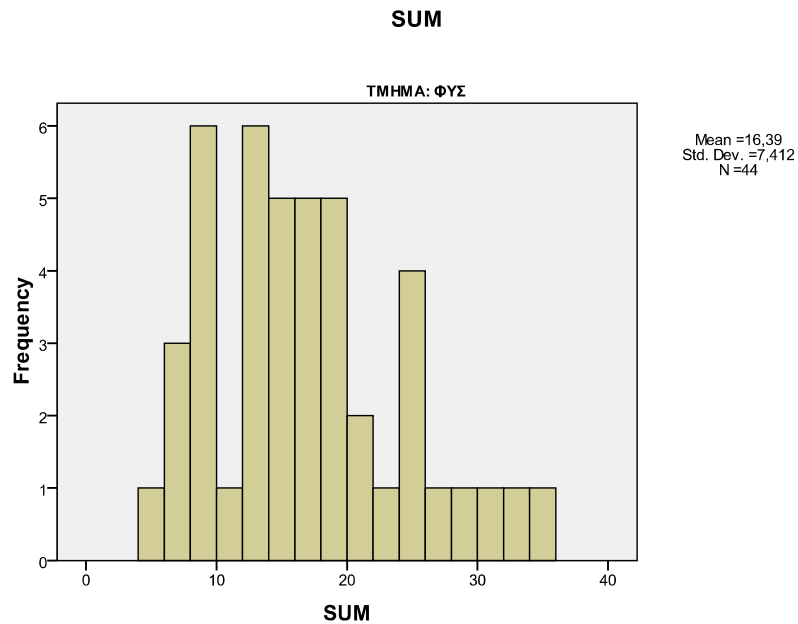
Το τεστ Kolmogorov – Smirnov, τα αποτελέσματα του οποίου φαίνονται στον πίνακα που ακολουθεί, για τη **συνολική** βαθμολογία και των δυο τμημάτων, για κάθε **τμήμα** χωριστά και ανά **κατεύθυνση** προέλευσης, δείχνει – όπως και στην περίπτωση του ερωτηματολογίου του απεμπλουτισμένου ουρανίου – ότι ο αριθμός Z δεν είναι στατιστικά σημαντικός (σε όλες τις περιπτώσεις προκύπτει sig >0,05) επομένως όλες οι συνολικές βαθμολογίες (για το σύνολο των φοιτητών, ανά τμήμα και ανά κατεύθυνση) ακολουθούν την κανονική κατανομή

| <b>Πίνακας 12. Αποτελέσματα δοκιμασίας Kolmogorov-Smirnov στις συνολικές βαθμολογίες</b><br><b>(ΑΝΤΙΔΡΑΣΤΗΡΑΣ - ITER)</b><br>One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test |           |                                    |                                         |                                      |                                       |                                         |                                       |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|------------------------------------|-----------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|-----------------------------------------|---------------------------------------|
|                                                                                                                                                                 |           | Συνολική<br>βαθμολογία<br>φοιτητών | Συνολική<br>βαθμολογία<br>φοιτ. Φυσικής | Συνολική<br>βαθμολογία<br>φοιτ. ΠΤΔΕ | Συνολική<br>βαθμολογία<br>Θετική κατ. | Συνολική<br>βαθμολογία<br>Τεχνολογ. κατ | Συνολική<br>βαθμολογία<br>Θεωρητ. κατ |
| N                                                                                                                                                               |           | 94                                 | 44                                      | 50                                   | 17                                    | 45                                      | 32                                    |
| Normal<br>Parameters <sup>a,b</sup>                                                                                                                             | Mean      | 16,54                              | 16,39                                   | 16,68                                | 19,29                                 | 16,11                                   | 15,69                                 |
|                                                                                                                                                                 | Std.      | 7,307                              | 7,412                                   | 7,286                                | 7,983                                 | 7,129                                   | 7,069                                 |
|                                                                                                                                                                 | Deviation |                                    |                                         |                                      |                                       |                                         |                                       |
| Most Extreme<br>Differences                                                                                                                                     | Absolute  | ,080                               | ,096                                    | ,100                                 | ,127                                  | ,085                                    | ,105                                  |
|                                                                                                                                                                 | Positive  | ,080                               | ,096                                    | ,100                                 | ,112                                  | ,085                                    | ,105                                  |
|                                                                                                                                                                 | Negative  | -,064                              | -,062                                   | -,071                                | -,127                                 | -,060                                   | -,085                                 |
| Kolmogorov-Smirnov Z                                                                                                                                            |           | ,773                               | ,634                                    | ,705                                 | ,523                                  | ,571                                    | ,596                                  |
| Asymp. Sig. (2-tailed)                                                                                                                                          |           | ,589                               | ,816                                    | ,703                                 | ,947                                  | ,900                                    | ,870                                  |
| a. Test distribution is Normal.                                                                                                                                 |           |                                    |                                         |                                      |                                       |                                         |                                       |
| b. Calculated from data.                                                                                                                                        |           |                                    |                                         |                                      |                                       |                                         |                                       |

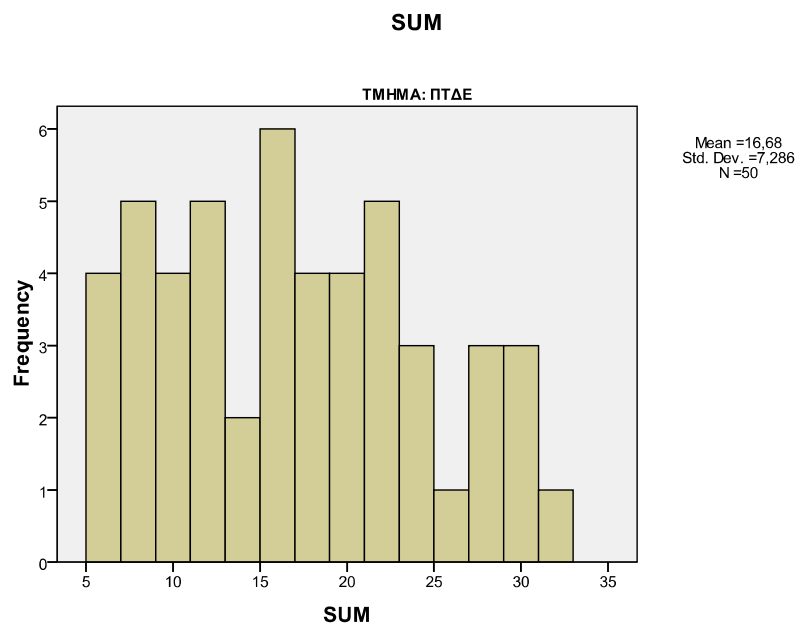
Διαπιστώνεται, τόσο από τους προηγούμενους πίνακες όσο και από τα ιστογράμματα 6 και 7 που ακολουθούν ότι οι φοιτητές που προερχόντουσαν από το ΠΤΔΕ είχαν οριακά καλύτερη μέση επίδοση. Το γεγονός αυτό μπορεί να εξηγηθεί από το περιεχόμενο των ερωτήσεων του ερωτηματολογίου του ITER που ενδεχομένως να ήταν πιο προσιτές στους φοιτη-



τές που είχαν μεγαλύτερη ικανότητα έκφρασης και περιγραφής και λιγότερο απόδοσης τεχνικών όρων. Οι ερωτήσεις του ερωτηματολογίου ITER



**Ιστόγραμμα 6: Συνολική βαθμολογία , πρωτοετείς Τμ. Φυσικής**



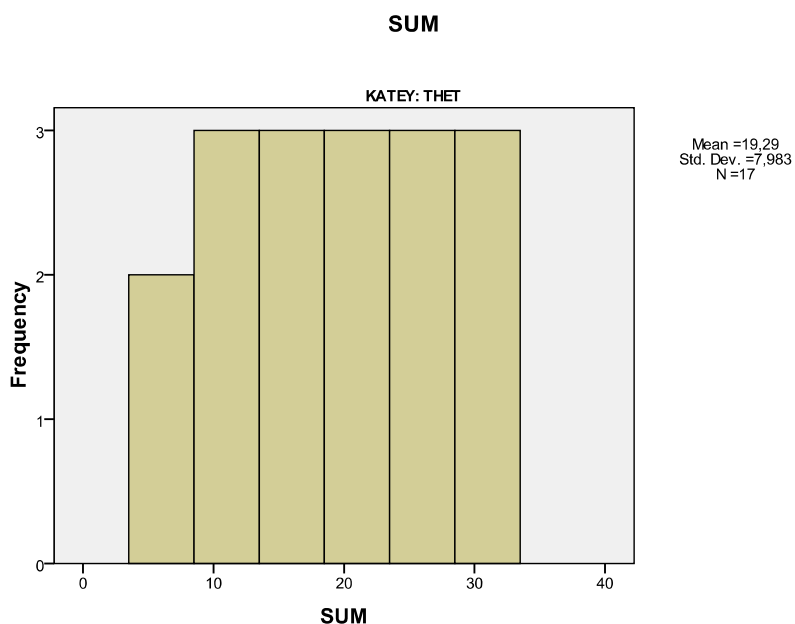
**Ιστόγραμμα 7: Συνολική βαθμολογία , πρωτοετείς ΠΤΔΕ**

### Σύγκριση συνολικών αποτελεσμάτων των κατευθύνσεων προέλευσης

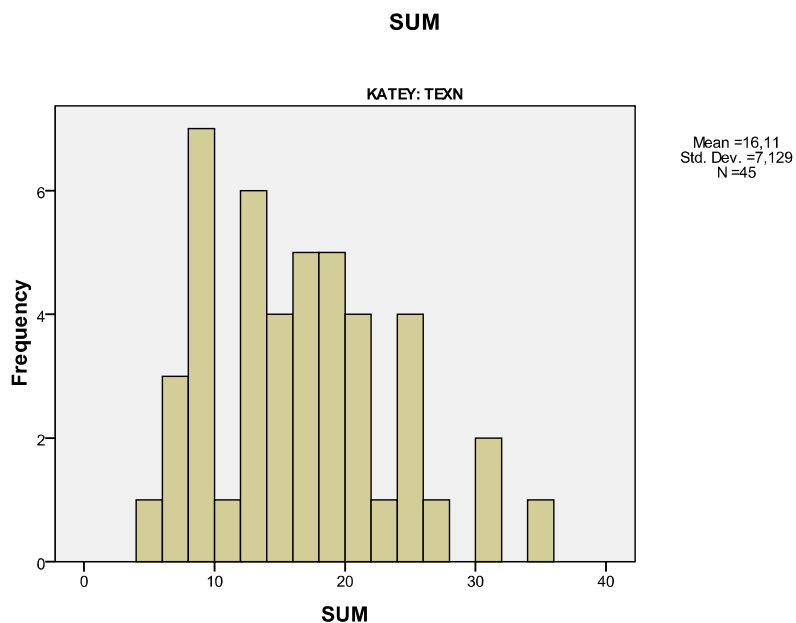
Η συνολική βαθμολογία των τριών κατευθύνσεων προέλευσης ελέγχθηκε προκειμένου να διαπιστωθεί εάν υπήρξε στατιστική συμφωνία μεταξύ τους. Στον επόμενο πίνακα φαίνονται τα περιγραφικά στατιστικά στοιχεία για κάθε κατεύθυνση (θετική, τεχνολογική και θεωρητική χωριστά)

| Πίνακας 13. ΠΕΡΙΓΡΑΦΙΚΑ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΓΙΑ ΤΗ ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΒΑΘΜΟΛΟΓΙΑ ΚΑΘΕ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗΣ ΠΡΟΕΛΕΥΣΗΣ (ΑΝΤΙΑΡΑΣΤΗΡΑΣ - ITER) |    |         |         |       |                |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|---------|---------|-------|----------------|
|                                                                                                                           | N  | Minimum | Maximum | Mean  | Std. Deviation |
| ΘΕΤΙΚΗ                                                                                                                    | 17 | 6       | 33      | 19,29 | 7,983          |
| ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΗ                                                                                                               | 45 | 5       | 34      | 16,11 | 7,129          |
| ΘΕΩΡΗΤΙΚΗ                                                                                                                 | 32 | 6       | 30      | 15,69 | 7,069          |

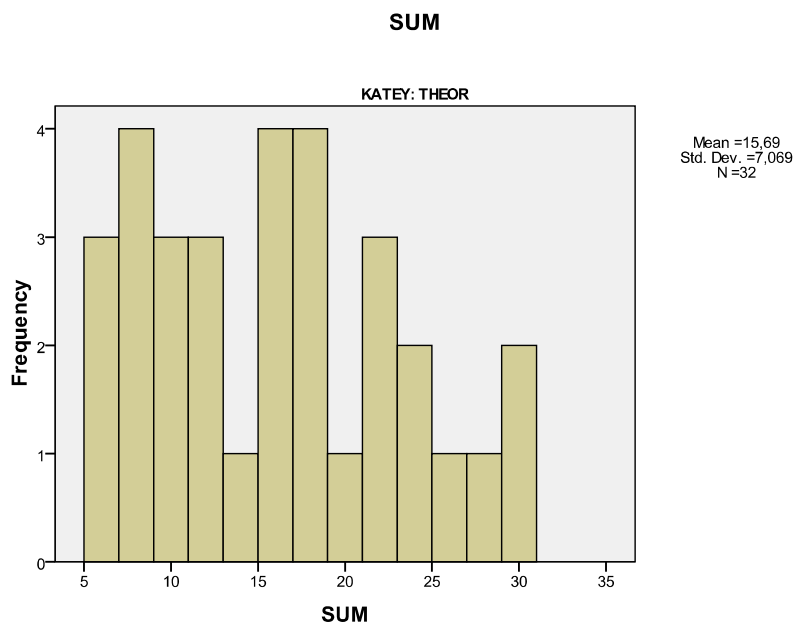
Από τον πίνακα αυτόν προκύπτει ότι οι φοιτητές που προερχόντουσαν από τη θετική κατεύθυνση εμφάνισαν καλύτερη επίδοση, κάτι που ήταν λίγο έως πολύ αναμενόμενο. Παρόλα αυτά η τελική μέση επίδοση δεν μπορεί να χαρακτηριστεί ικανοποιητική, αφού είναι ~19 σε σύνολο 45 μονάδων. Πολύ *χαμηλότερη* είναι η μέση επίδοση των φοιτητών που προερχόντουσαν από την θεωρητική κατεύθυνση, παρά το γεγονός ότι σε συγκεκριμένες ερωτήσεις η επιμέρους βαθμολογία τους ήταν υψηλότερη. Η επίδοση, τέλος, των φοιτητών που είχαν ακολουθήσει την τεχνολογική κατεύθυνση, πλησιάζει πολύ αυτή της θεωρητικής.



**Ιστόγραμμα 8: Συνολική βαθμολογία , φοιτητές προερχόμενοι από θετική κατεύθυνση**



**Ιστόγραμμα 9: Συνολική βαθμολογία , φοιτητές προερχόμενοι από τεχνολογική κατεύθυνση**



**Ιστόγραμμα 10: Συνολική βαθμολογία , φοιτητές προερχόμενοι από θεωρητική κατεύθυνση**

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

### ΔΙΔΑΚΤΙΚΕΣ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΜΕΣΩ ΤΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ PARSEL

#### 5.1 Το πρόγραμμα PARSEL

Το πρόγραμμα PARSEL (Popularity and Relevance of Science Education for Scientific Literacy – Επιστημονικός Αλφαριθμητισμός μέσω δημοφιλών και σχετικών με τη ζωή μαθημάτων Φυσικών Επιστημών) αποτελεί ένα από τα projects του διεθνούς φορέα ICASE (International Council of Associations for Science Education<sup>1</sup>) που ιδρύθηκε το 1973 κάτω από την αιγίδα της UNESCO με σκοπό να επεκτείνει και να βελτιώσει την εκπαίδευση των παιδιών και των νέων στις Φυσικές Επιστήμες σε όλο τον κόσμο.

Το πρόγραμμα PARSEL αναπτύσσει, δοκιμάζει και διαδίδει διδακτικές ενότητες ή μεθόδους παρουσιάσής τους σε μαθήματα φυσικών επιστημών για μαθητές γυμνασίου και λυκείου. Αυτές οι ενότητες σχεδιάζονται και αναπτύσσονται σύμφωνα με ένα κοινό μοντέλο, από μια κοινοπραξία που αποτελείται από 8 πανεπιστήμια (από την Εσθονία, τη Δανία, τη Γερμανία, την Ελλάδα, το Ισραήλ, την Πορτογαλία και τη Σουηδία) και το Διεθνές Συμβούλιο των Ενώσεων για τη Διδακτική των ΦΕ.

#### Οι κύριοι στόχοι του προγράμματος PARSEL

Το πρόγραμμα PARSEL έχει ως στόχους τη βελτίωση τη δημοτικότητας των μαθημάτων των φυσικών επιστημών, να αναδειξεί τη σχέση τους με την καθημερινή ζωή και να προάγει τον Επιστημονικό Αλφαριθμητισμό. Ακόμη, να καλλιεργήσει κίνητρα και συναισθηματικές διαθέσεις μέσα σε ένα πλαίσιο που να κινεί το ενδιαφέρον και να είναι σχετικό με τη ζωή και/ή τα επαγγέλματα. Οι προσεγγίσεις αυτές συναντώνται στη βιβλιογραφία κάτω από τις λέξεις-κλειδιά Science – Technology – Society (STS), Science/Technology/Literacy (STL), Context – oriented and Subject – integrated teaching και, πιο πρόσφατα, Socio – Scientific Issue – based teaching (SSI).

Οι καθηγητές που καλούνται να δοκιμάσουν τις διδακτικές ενότητες του PARSEL, καλούνται να στείλουν μια αναφορά με τα αποτελέσματα ώστε να διαπιστωθεί η καταλλη-

---

<sup>1</sup> <http://www.icaseonline.net/index.html>

λόγηση κάθε ενότητας σε σχέση με την βελτίωση της δημοτικότητας των μαθημάτων των φυσικών επιστημών και της αναγνώρισης από τους μαθητές της σχέσης του κάθε διδακτικού αντικειμένου με την καθημερινή ζωή.

Στο πλαίσιο των διδακτικών ενότητων του προγράμματος **PARSEL**, η λέξη **Popularity** (δημοτικότητα) αναφέρεται στην βελτίωση της σχέσης μαθητή – μαθήματος ΦΕ. Οι μαθητές προτιμούν τα μαθήματα των Φυσικών Επιστημών και θέλουν να μελετήσουν το συγκεκριμένο αντικείμενο της διδακτικής ενότητας στο σχολείο. Είναι επομένως ένα **συναισθηματικό** συστατικό που απορρέει από την διδακτική ενότητα και από τον τρόπο με τον οποίο παρουσιάζονται οι φυσικές επιστήμες.

### **Τι εννοείται με τον όρο συνάφεια (Relevance)**

Οι μαθητές αναγνωρίζουν ότι οι διδακτικές ενότητες (modules) είναι ενδιαφέρουσες και σχετικές με την καθημερινή ζωή, καταλαβαίνουν το λόγο για τον οποίο τις διδάσκονται και επομένως παρακινούνται να ασχοληθούν με αυτές. Από τα πρώτα στάδια εφαρμογής κάθε διδακτικής ενότητας του PARSEL, οι μαθητές αναγνωρίζουν τη σχέση που αυτή έχει με την καθημερινή ζωή. Το εάν το ενδιαφέρον θα διατηρηθεί και στη συνέχεια, μετά το αρχικό στάδιο, εξαρτάται από άλλους παράγοντες, όπως ο ρυθμός μάθησης, το είδος της διδασκαλίας καθώς και η συντήρηση του σκοπού της μελέτης της ενότητας. Τα modules (δηλαδή οι διδακτικές ενότητες) ενισχύουν αυτή τη συνάφεια καθοδηγώντας την μαθησιακή διαδικασία. Η συνάφεια αυτή δεν είναι *απαραίτητα* αντίστοιχη με τον αναλυτικό πρόγραμμα, το σχολικό βιβλίο ή με τις εξετάσεις. Εν τούτοις, επιτυγχάνοντας την παρακίνηση των μαθητών αναμένεται να οδηγήσει τους μαθητές προς την κατεύθυνση που θέλουν να μαθαίνουν και αυτό είναι δυνατό να συμπεριλαμβάνει τεχνικές και επίνοιες σχετικές με αυτές των σχολικών συγγραμμάτων.

Η διδασκαλία των ΦΕ. μπορεί να περιγραφεί σε τρεις διαστάσεις:

A. Δασκαλοκεντρική (αυθεντική) έναντι μαθητοκεντρικής,

B. Περιεχόμενο διδασκαλίας έναντι διαδικασιών μάθησης,

Γ. Επικεντρωμένη στο γνωστικό αντικείμενο έναντι συνδεδεμένης με την καθημερινή ζωή. Έχει διαπιστωθεί (Bybee, 1997) ότι οι διδάσκοντες έχουν την τάση να κυριαρχούν στη διδακτική και μαθησιακή διαδικασία, με μαθήματα που εστιάζουν στην παράθεση γνώσεων και που στοχεύουν να αναπαράγουν (τουλάχιστον εν μέρει) στους μαθητές τη δομή του επιστημονικού αντικειμένου. Υπάρχει χάσμα ανάμεσα στις προθέσεις και στην πράξη και το διδακτικό-μαθησιακό υλικό τείνει να μεγαλώνει αυτό το χάσμα.

Μέσα από τη φιλοσοφία του προγράμματος PARSEL προτείνονται ουσιαστικά η ανάγκη μεγαλύτερου βαθμού αυτονομίας των μαθητών, η διερευνητική διδασκαλία που θα προωθήσει την απόκτηση ικανοτήτων επεξεργασίας της αποκτούμενης γνώσης, καθώς και προσεγγίσεις προσανατολισμένες προς την κοινωνία και τη ζωή. Από αυτό προκύπτει η αναγκαιότητα διδακτικού/μαθησιακού υλικού και/ή πηγών που θα ικανοποιούν αυτά τα κριτήρια και θα βοηθούν τον εκπαιδευτικό στην προσπάθειά του να κάνει τη διδασκαλία των ΦΕ πιο σχετική με τη ζωή.

## 5.2 Οι διδακτικές προτάσεις πυρηνικής φυσικής με τη φιλοσοφία του προγράμματος PARSEL

Δυο διδακτικές προτάσεις παρατίθενται στη συνέχεια, που σχετίζονται με τη διδασκαλία θεμάτων πυρηνικής φυσικής. Η πρώτη, αποτελεί απόδοση διδακτικού πακέτου των **Mikkel Heise Kofoed** και **Ida Tobold**, του *University of Southern Denmark*, με τίτλο «**Εσύ, θα είχες ρίξει τη ατομική βόμβα;**» και αναφέρεται στη ρίψη της πρώτης ατομικής βόμβας τον Αύγουστο του 1945. Το διδακτικό αυτό «πακέτο» αποδόθηκε στα ελληνικά από τον γράφοντα και τον Γ. Τσαπαρλή, αφού συμπληρώθηκε και διορθώθηκε σε μερικά σημεία. (*Η διόρθωση αφορούσε επουσιώδη ιστορικά θέματα και όχι θέματα που σχετίζονται με ΦΕ ή με διδακτικές προσεγγίσεις*). Είναι μια δραστηριότητα που χαρακτηρίζεται ως «παιχνίδι ρόλων» (role play) και στο οποίο κάθε μαθητής ή ομάδα μαθητών (ανάλογα με την κρίση του υπεύθυνου καθηγητή) αναλαμβάνει το ρόλο μιας συγκεκριμένης προσωπικότητας που διαδραμάτισε ρόλο στην απόφαση για τη ρίψη της ατομικής βόμβας. Σε αυτή την πρώτη δραστηριότητα έγινε προσπάθεια να διατηρηθεί η φρασεολογία και η γλωσσική δομή του αρχικού κειμένου. Η δραστηριότητα έχει ήδη ενταχθεί στις ελληνικές ιστοσελίδες του PARSEL (<http://www.parsel.uni-kiel.de/cms/index.php?id=126>)

Η δεύτερη διδακτική πρόταση είναι των κ. **Γ. Τσαπαρλή** και **Σ. Χαρτζάβαλου** με τίτλο «**Μπορεί η πυρηνική ενέργεια να αποτελεί αποδεκτή εναλλακτική λύση στο ενεργειακό πρόβλημα;**» και στην οποία ανατίθενται εργασίες σε ομάδες μαθητών σχετικές με τις συμβατικές πηγές ενέργειας κατ' αρχήν και στη συνέχεια θέματα που αφορούν λειτουργία πυρηνικών εργοστασίων, την ασφάλειά τους και τη σχέση τους με το περιβάλλον και τη δημόσια υγεία.

Τόσο το πρώτο διδακτικό αντικείμενο όσο και το δεύτερο είναι δυνατό να ενταχθούν στο αντικείμενο της ερευνητικής εργασίας (μέθοδος «project») που έχει καθιερωθεί στο

Λύκειο. Στη συνέχεια, παρατίθενται τα δυο αυτά modules, όπως ακριβώς σχεδιάστηκαν και εκτελέστηκαν. Το καθένα αποτελείται από:

- Υλικό για τους μαθητές (*για ευνόητους λόγους, δεν παρατίθενται όλοι οι ρόλοι, αλλά οι πιο καθοριστικοί*)
- Υλικό για τον καθηγητή – οδηγίες για την εκτέλεση της δραστηριότητας
- Αξιολόγηση της δραστηριότητας

### 5.2.1 ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ ΕΝΟΤΗΤΑ

«Εσύ, θα είχες ρίξει την ατομική βόμβα?»<sup>2</sup>

(*Mikkel Heise Kofoed και Ida Tobold, University of Southern Denmark*)

#### A. Για καθηγητές

Αυτές οι δραστηριότητες βοηθούν τους μαθητές να βελτιώσουν τις ικανότητές τους ώστε να

- Εργάζονται και να επικοινωνούν σε ομάδες
- Κατανοούν και να διαδίδουν τη γνώση σχετικά με:
  - ο Τη δομή των ατόμων και των ισοτόπων
  - ο Τη διαδικασία σχάσης μιας ατομικής βόμβας
  - ο Τις βλάβες που προκαλεί η ραδιενεργός ακτινοβολία
  - ο Την ιστορική κατάσταση μεταξύ ΗΠΑ και Ιαπωνίας το '40
- Πλοηγούνται στις διαστάσεις της ιστορίας της επιστήμης
- Να είναι στοχαστικοί και κριτικοί σχετικά με τις προόδους στην επιστήμη και την τεχνολογία του χτες, του σήμερα και του αύριο
- Να παίρνουν ηθική στάση απέναντι σε διαστάσεις της επιστήμης και τις τεχνολογίας

#### Υλικά

- Οδηγίες προς τους μαθητές για το παιχνίδι ρόλων
  - ο Ιστορικό υλικό – μια γενική εισαγωγή στην ανάπτυξη και τη χρήση της ατομικής βόμβας
  - ο Εννέα περιγραφές ρόλων
  - ο Επιστολή που καλεί τους συμμετέχοντες στη συνάντηση
  - ο Πληροφοριακό υλικό για τους μαθητές
- Κάρτες συζήτησης που θέτουν σε ροή τις συζητήσεις της ομάδας (βρίσκονται στο τέλος αυτής της ενότητας)

#### Προτεινόμενο σχέδιο

Πριν την πρώτη φάση και μετά τη δεύτερη φάση του παιχνιδιού ρόλων, ο καθηγητής μπορεί να σχεδιάσει χωριστά και να δομήσει το μάθημα έτσι ώστε όλη η ενότητα να ταιριάζει στο αναλυτικό πρόγραμμα. Με αυτό τον τρόπο ο καθηγητής είναι σε θέση να εστιάσει περισσότερο ή λιγότερο σε κοινωνικά θέματα, ιστορία ή φυσική. **Σε κάθε περίπτωση, προτείνουμε η δραστηριότητα να τελειώνει και να ολοκληρώνεται με ένα μάθημα στα ατομικά σωματίδια, στη σχάση και στην ραδιενεργό ακτινοβολία.**

---

<sup>2</sup> Η απόδοση έχει γίνει με τέτοιο τρόπο ώστε να διατηρηθεί το ύφος και η διατύπωση του αρχικού κειμένου



## ΦΑΣΕΙΣ ΤΗΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑΣ

Η δραστηριότητα μπορεί να χωριστεί σε έξι φάσεις:

- 1) **Εισαγωγή**
- 2) **Διανομή των ρόλων**
- 3) **Θέματα που σχετίζονται με κάθε ρόλο χωριστά**
- 4) **Προετοιμασία των ρόλων**
- 5) **Το παιχνίδι ρόλων**
- 6) **Ανακεφαλαίωση – Ανάθεση γραπτής εργασίας**

1. Στη φάση της εισαγωγής οι μαθητές πρέπει να πάρουν μια περίληψη της προηγούμενης γνώσης τους σχετικά με τη φυσική της ατομικής βόμβας και θα πρέπει να μνηθούν στην ιστορία του «αγώνα δρόμου» για την απόκτηση της ατομικής βόμβας και της κοινωνικής δομής κατά τον δεύτερο παγκόσμιο πόλεμο. Ο καθηγητής (ή οι καθηγητές) είναι ελεύθεροι να δομήσουν αυτή την εισαγωγή. Για άλλη μια φορά, είναι επιθυμητό οι μαθητές να αντλήσουν από τις προηγούμενες γνώσεις τους σχετικά με την φυσική του μικρόκοσμου, έτσι ώστε αυτή η συνεδρία να τους τα επαναφέρει στη μνήμη.

2. Μοιράζονται έξι έως εννέα διαφορετικοί ρόλοι. Οι ρόλοι μπορούν να διακριθούν σε τρία είδη: πολιτικοί και στρατιωτικοί (Truman, Groves, Stimson, Leahy, Byrnes), φυσικοί (Oppenheimer, Wilson, Fermi) και γιατροί (Quimby, Nolan). Ένας σε κάθε ομάδα ορίζεται ως βοηθός του προέδρου. Πρέπει να κοιτάει το χρόνο, να παίζει τις κάρτες συζήτησης και να συντηρεί την συζήτηση. Οι κάρτες συζήτησης σιγουρεύουν την ροή του παιχνιδιού.

3. Σε αυτή τη φάση οι μαθητές εργάζονται σε ομάδες με θέματα που σχετίζονται με τον κάθε ρόλο που έχει ο καθένας. Αυτό σημαίνει πως οι μαθητές που θα παίξουν το πολιτικό και στρατιωτικό προσωπικό ερευνούν (με την έννοια της απόσπασης πληροφοριών) την τεχνική πίσω από τη βόμβα και πως οι βόμβες θα χρησιμοποιηθούν στρατηγικά, οι φυσικοί ερευνούν (με την έννοια της απόσπασης πληροφοριών) τη διαδικασία σχάσης στις βόμβες και οι γιατροί ερευνούν (με την έννοια της απόσπασης πληροφοριών) πως η ραδιενεργός ακτινοβολία επηρεάζει το σώμα και το περιβάλλον.

4. Σε αυτή τη φάση οι μαθητές προετοιμάζονται ο καθένας για τον ρόλο του. μπορούν να χρησιμοποιήσουν το διαδίκτυο και άλλες πηγές για να ερευνήσουν (με την έννοια της απόσπασης πληροφοριών) πλευρές όπως η προσωπικότητα και η καριέρα του ρόλου που υποδύονται. Αυτό θα πρέπει να τους κάνει ικανούς να απαντούν ερωτήσεις σχετικά με το πρόσωπο που υποδύονται και να παίξουν αυτό το ρόλο όσο πιο καλά γίνεται.

5. Σε αυτή τη φάση παίζεται το κανονικό παιχνίδι ρόλων. Το παιχνίδι είναι χωρισμένο σε δυο συναντήσεις 45 λεπτών περίπου η κάθε μια, που και οι δυο λαμβάνουν χώρα γύρω από ένα στρογγυλό τραπέζι στο Λευκό Οίκο. Η πρώτη συνάντηση υποτίθεται ότι συμβαίνει πριν το βομβαρδισμό της Χιροσίμα τον Αύγουστο του 1945. Ο πρόεδρος Τρούμαν έχει καλέσει τους ειδικούς ώστε να τον ενημερώσουν σχετικά με το νέο όπλο της Αμερικής, την ατομική βόμβα. Κατά τη διάρκεια της συνάντησης οι επιστήμονες του σχεδίου Μανχάταν εξηγούν τη φυσική πίσω από την ατομική βόμβα, το στρατιωτικό προσωπικό τον τρόπο με τον οποίο προτίθεται να τη χρησιμοποιήσει και οι γιατροί εξηγούν τις πιθανές επιπτώσεις στο περιβάλλον και στους Ιάπωνες πολίτες. Ξεκινώντας από την προσωπικότητα και το κύρος των ρόλων τους, οι μαθητές πρόκειται να συζητήσουν και να πάρουν μια στοχαστική και κριτική τοποθέτηση, απέναντι στα θέματα που τίγονται κατά τη συζήτηση. Η συνάντηση τελειώνει με τον Τρούμαν να έχει αποφασίσει να χρησιμοποιήσει τη βόμβα στη Χιροσίμα. Μεταξύ των δυο συναντήσεων κάθε χαρακτήρας παίρνει μια «κάρτα χαρακτήρα» με πληροφορία που σχετίζεται με τη δεύτερη συνάντηση. Κατά τη διάρκεια της δεύτερης συνάντησης, η ομάδα πρέπει να αποφασίσει αν θα προτείνει ή όχι τη χρήση της ατομικής βόμβας στο Ναγκασάκι. Όπως και κατά την πρώτη συνάντηση, συζητούνται σχετικές λεπτομέρειες και έρχονται στο φως νέες πληροφορίες. Σε αυτή τη συνάντηση η ομάδα μπορεί να αποφασίσει να μη προτείνει στον πρόεδρο να χρησιμοποιήσει τη βόμβα.

6. Σε αυτή τη φάση το παιχνίδι ρόλων, καθώς και όλη η διαδικασία, ανακεφαλαιώνεται. Οι μαθητές θα έχουν την ευκαιρία να συζητήσουν και να στοχαστούν στα όσα συνέβησαν κατά τη διάρκεια του παιχνιδιού και αν πραγματικά συνέβη κατ' αυτόν τον τρόπο και στην πραγματικότητα. Είναι ακόμη δυνατό να συζητήσουν τις εναλλακτικές εκδοχές του παιχνιδιού και την ηθική της ανακάλυψης και της χρήσης της ατομικής βόμβας. Είναι επίσης δυνατό να συζητήσουν το πώς η επιστήμη και η έρευνα παίζουν ένα ρόλο στην κοινωνία μας και πώς κάποιος μπορεί να στοχάζεται πάνω σε αυτό το ρόλο.

Γραπτή εργασία: Μπορείς να επιλέξεις να βάλεις τους μαθητές να γράψουν ένα μικρό κείμενο ή άρθρο. Παραδείγματος χάριν, κάθε μαθητής να γράψει ένα γράμμα εκ μέρους του χαρακτήρα που υποδύεται, προς τα εγγόνια του χαρακτήρα αυτού εξηγώντας τις σκέψεις του και τις αποφάσεις που πήρε.

## **B. Για μαθητές**

### **Περιγραφή της δραστηριότητας**

Σε αυτή τη δραστηριότητα, θα πάρεις μέρος σε ένα παιχνίδι ρόλων σχετικό με το σχέδιο Μανχάταν. Θα τοποθετηθείτε σε ομάδες στις οποίες καθένας από εσάς θα παίζει το ρόλο ενός συγκεκριμένου πραγματικού ιστορικού προσώπου που με κάποιο τρόπο είχε εμπλακεί στην ανάπτυξη της πρώτης ατομικής βόμβας. Η αποστολή της ομάδας είναι να συζητήσει διάφορα θέματα σχετικά με τον πόλεμο μεταξύ Ιαπωνίας και ΗΠΑ στη δεκαετία του '40 και τη χρησιμοποίηση της ατομικής βόμβας. Αυτές οι συζητήσεις θα πρέπει να οδηγήσουν την ομάδα στο να δώσει συμβουλή στον πρόεδρο Τρούμαν. Κάθε ένας από σας έχει μια περιοχή εξειδίκευσης. Για παράδειγμα, ο παίκτης που θα υποδυθεί τον Ρόμπερτ Οπενχάιμερ πρέπει να παρουσιάσει κάτι από τη θεωρία σχετικά με την ατομική βόμβα, ενώ άλλοι θα πρέπει να δώσουν πληροφορίες σχετικά με τον πόλεμο στην Ιαπωνία.

Αφού σου ανατεθεί ο ρόλος, θα πρέπει να κάνεις κάποια έρευνα για τον χαρακτήρα και τον τομέα ειδίκευσης του. Κατά την έρευνα σας, θα πρέπει να εργάζεστε σε ερευνητικές ομάδες όπου μπορείτε να εργάζεστε με άλλα άτομα από άλλες ομάδες που παίζουν παρόμοιους χαρακτήρες. Κατόπιν θα μπορείτε να παίξετε το παιχνίδι ρόλων. Το παιχνίδι ρόλων έχει δυο μέρη – καθένα διαρκεί 45 λεπτά. Και σε κάθε μέρος μια σειρά καρτών συζήτησης θα παίζεται από αυτόν που θα υποδύεται τον άνθρωπο του Προέδρου. Στις επόμενες σελίδες είναι κάποιο υλικό για σένα για να σε βοηθήσει κατά τη διάρκεια του έργου. Να θυμάσαι: Όταν παίζεις ένα παιχνίδι ρόλων είναι σημαντικό να γνωρίζεις για την προσωπικότητα του χαρακτήρα που υποδύεσαι και θα πρέπει πάντα να διατηρείς τον χαρακτήρα, δηλαδή να λες και να κάνεις πράγματα που θα έλεγε ή θα έκανε και αυτός τον οποίο υποδύεσαι.

### **Έρευνα**

Μπορείς να χρησιμοποιήσεις κάθε μέσο που θεωρείς απαραίτητο για να οργανώσεις την έρευνα για τον χαρακτήρα που υποδύεσαι και τον τομέα ειδίκευσης του/της. Ψάξε πάλι στα βιβλία σου της ιστορίας ή και της φυσικής, πήγαινε στη βιβλιοθήκη για να βρεις περισσότερες πληροφορίες, ζήτα συμβουλές από τον καθηγητή σου και ψάξε στο Internet. Και μερικοί χρήσιμοι ιστότοποι<sup>3</sup>:

<http://www.hiroshima-remembered.com>

<http://news.bbc.co.uk/onthisday/hi/dates/stories/august/6/>

[http://pbskids.org/wayback/prez/secrets/president\\_33.html](http://pbskids.org/wayback/prez/secrets/president_33.html)

<http://www.pbs.org/wgbh/amex/truman/psources/>

<http://www.dannan.com/>

---

<sup>3</sup> Ιστοσελίδες που παραθέτει ο γράφων

<http://www.doug-long.com/>

<http://www.exploratorium.edu/doctoratomic>

[http://www.unm.edu/~abqteach/atomicamerica/atomic\\_america\\_cover.htm](http://www.unm.edu/~abqteach/atomicamerica/atomic_america_cover.htm)

<http://www.atomicmuseum.com/>

[http://en.wikipedia.org/wiki/Main\\_Page](http://en.wikipedia.org/wiki/Main_Page)

## Οι χαρακτήρες που συμμετέχουν στην δραστηριότητα – οι ρόλοι

### ΥΠΟΥΡΓΟΣ ΠΟΛΕΜΟΥ HENRY S. STIMSON

*Συμμετέχεις σε αυτή την συνάντηση λόγω της θέσης σου ως υπουργού πολέμου και γιατί στην πραγματικότητα θα είσαι ένας από αυτούς που θα αποφασίσουν εάν οι ΗΠΑ θα ρίξουν τη βόμβα, ή όχι*

**Η ιστορία σου είναι μάλλον μικρή:** Το 1945 είσαι 48 χρονών. Γεννήθηκες στις 21 Σεπτεμβρίου 1897 στη Νέα Υόρκη. Είσαι απόφοιτος νομικής σχολής και τοποθετήθηκες υπουργός πολέμου το 1911 κατά την προεδρία του William Howard Taft.



**Πώς είναι μια συνηθισμένη σου ημέρα:** Έχεις πολλές συναντήσεις. Εκτός των άλλων αναφέρεις στον πρόεδρο Τρούμαν για το πρόγραμμα της ατομικής βόμβας. Δεν του λες όλες τις λεπτομέρειες αλλά αρκείσαι στα σημαντικά. (Ο Χάρρυ Τρούμαν τοποθετήθηκε πρόεδρος στις 12 Απριλίου 1945 όταν πέθανε ο προηγούμενος πρόεδρος Φράνκλιν Ρούσβελτ. Ο Τρούμαν δεν είχε ιδέα για το σχέδιο ατομικής βόμβας.) Ακόμη έχεις συναντήσεις με τους στρατιωτικούς σου επιτελείς ώστε να έχεις πληροφόρηση για την κατάσταση στην Ιαπωνία. Εν τω μεταξύ γράφεις ένα λόγο που απευθύνεται στους Αμερικανούς πολίτες. Είναι αυτός ο λόγος τον οποίο πρόκειται να απευθύνει ο Τρούμαν από το ραδιόφωνο εάν οι ΗΠΑ αποφασίσουν να ρίξουν τη βόμβα.

**Ποια είναι η προσωπικότητά σου:** Είσαι σκεπτόμενο άτομο. Είπες κάποτε: «Ο μόνος τρόπος να κάνεις κάποιον άνθρωπο έμπιστο, είναι να τον εμπιστευτείς». Έχεις πει ότι το σχέδιο της ατομικής βόμβας ήταν ένα είδος κούρσας μεταξύ των καταστροφών που μπορούν να πραγματοποιήσουν οι άνθρωποι από τη μια μεριά και οι ηθικές και ψυχολογικές ερωτήσεις που μπορούμε να εκφράσουμε. Είσαι πολύ έξυπνος. Αλλά εξακολουθείς να έχεις μια στενόμυαλη άποψη για τον κόσμο και την ακλόνητη πεποίθηση ότι είσαι σωστός. Είσαι ευγενικός, και πιστεύεις ότι επιτέλους η δύναμη των ΗΠΑ έχει τα όριά της

**Τι γνωρίζεις σχετικά με τη βόμβα:** Έχεις μια βαθιά γνώση για τη βόμβα. Συζητάς συχνά με το στρατηγό Groves ώστε να είσαι ενήμερος για την ολοκλήρωση της κατασκευής της βόμβας

**Ποια είναι η γνώμη σου για τη βόμβα:** Έχεις αρκετές ανησυχίες: Οι ΗΠΑ είναι η πρώτη χώρα που ανέπτυξε τη βόμβα. Αλλά αργά ή γρήγορα και άλλα έθνη θα ακολουθήσουν, μεγάλα και μικρά  
Θα έπρεπε οι ΗΠΑ να μοιραστούν τη γνώση σχετικά με τη βόμβα και κάτω υπό ποιες προϋποθέσεις; Είσαι υπέρ της ιδέας του να μοιράζεται η γνώση  
Πιστεύεις πως οι ΗΠΑ έχουν μια ηθική υποχρέωση και ότι το έθνος θα είναι υπεύθυνο για τις καταστροφές που θα προκληθούν από τη χρησιμοποίηση της βόμβας

Έχεις προσπαθήσει να τερματίσεις τον πόλεμο χωρίς να χρησιμοποιήσεις τη βόμβα. Πρότεινες πως οι συμμαχικές δυνάμεις πρέπει να αφήσουν την Ιαπωνία να διατηρήσει τον αυτοκράτορά της αν παραδοθεί. Πιστεύεις πως ο αυτοκράτορας είναι το μοναδικό πρόσωπο που είναι ικανό να πείσει την Ιαπωνία να παραδοθεί.

Πιστεύεις πως ο κύριος στόχος σου είναι να τερματιστεί νικηφόρα ο πόλεμος και με τις ελάχιστες δυνατές απώλειες από το στρατό. Κάτω από αυτήν την οπτική πιστεύεις πως κανείς στη θέση σου και με την υπευθυνότητα σου δεν θα μπορούσε να αποφύγει να χρησιμοποιήσει τη βόμβα. Πώς αλλιώς θα μπορούσε να κοιτάζει κανείς τους συμπατριώτες του στα μάτια;

**Ποιες είναι οι σχέσεις σου με τους άλλους ρόλους του παιγνιδιού ρόλων:** Συζητάς συχνά με τον στρατηγό Groves και τον πρόεδρο Τρούμαν. Συμβουλευείς τον πρόεδρο και ενημερώνεσαι για την ανάπτυξη της ατομικής βόμβας.

**Υποδείξεις πώς να παίζεις το ρόλο σου:** Είσαι ένα ήρεμο άτομο. Μιλάς πάρα πολύ για τους πολ-  
λούς Αμερικανούς στρατιώτες που έχασαν τη ζωή τους στον πόλεμο με την Ιαπωνία. Ο απολογι-  
σμός των νεκρών είναι τουλάχιστον 400.000. Αδημονείς να φέρεις τον πόλεμο στο τέλος του. Επι-  
μένεις να χρησιμοποιηθεί η βόμβα στον πόλεμο εναντίον της Ιαπωνίας. Αυτός είναι και ο λόγος για  
τον οποίο αδημονείς να κάνεις τους ερευνητές να στείλουν ένα ξεκάθαρο μήνυμα όταν η βόμβα θα  
είναι έτοιμη. Στις διαφωνίες σας περιλαμβάνεται και το θέμα των εμπρηστικών βομβών που πρέπει  
να είναι καταστρεπτικές όσο και η ατομική βόμβα, αλλά αυτό θα απαιτούσε πολύ περισσότερες  
εμπρηστικές βόμβες.

Εκτός των άλλων θα πρέπει να εκθέσεις τις απόψεις σου σχετικά με τη βόμβα και στους υπόλοι-  
πους της ομάδας. Ακόμη, σε συνεργασία με τους άλλους πολιτικούς θα πρέπει να εξηγήσεις

- Την παγκόσμια κατάσταση και την κατάσταση στον πόλεμο με την Ιαπωνία
- Γιατί ο πόλεμος εναντίον της Ιαπωνίας παρουσιάζει τέτοια δυσκολία για τους Αμερικανούς
- Πόσο κοντά είμαστε στο να παραδοθεί η Ιαπωνία

## ΣΤΡΑΤΗΓΟΣ LESLIE RICHARD GROVES

*Συμμετέχεις σε αυτή τη συνάντηση γιατί είσαι ο ανώτερος  
στρατιωτικός του σχεδίου Μανχάταν.*

**Η ιστορία σου είναι μάλλον μικρή:** Το 1945 είσαι 49 ετών. Είσαι ψηλός και γεροδεμένος. Γεννήθηκες στις 17 Αυγούστου του 1896 στο Ωλμπαν του Νέας Υόρκης. Το 1918 αποφοίτησες ως μηχανικός. Το 1922 παντρεύτηκες με την επί πολλών ετών κοπέλα σου, την Grace Hulbert Wilson Groves. Έχεις αποκτήσει ένα γιο και μια κόρη ενώ αργότερα απέκτησες επτά εγγόνια.



**Μια τυπική σου μέρα είναι κάπως έτσι:** Είσαι ο άνθρωπος επικεφαλής σε πάνω από 100.000 υπαλλήλους και είσαι αρκετά ικανοποιημένος από τη θέση σου αυτή. σηκώνεσαι αρκετά νωρίς και ξεκινάς τη μέρα σου με πρόγραμμα σωματικών ασκήσεων. Αφιερώνεις πολύ χρόνο επισκεπτόμενος τις ομάδες εργασίας και τα εργαστήρια ώστε να επιβλέπεις την πρόοδο. Είσαι αποφασισμένος να ολοκληρώσεις τη βόμβα μέχρι Ιούλιο – Αύγουστο του '45. Οι ερευνητές απλά πρέπει να βιαστούν και να αντιμετωπίσουν τα προβλήματα. Συχνά συζητάς με τον Ρόμπερτ Οπενχάιμερ. Τον πιέζεις να επιταχύνει τη διαδικασία. Ακόμη συζητάς με τον Στίμσον που σε πιέζει για πληροφορία του πότε η βόμβα θα είναι έτοιμη.

**Ποια είναι η προσωπικότητά σου:** Έχεις ατσάλινη θέληση. Είσαι περήφανος για τη χώρα σου και θα παλέψεις γι' αυτό. Είσαι κάπως απόλυτος και ψάχνεις πάντα για την καλύτερη λύση. Κινείς το σχέδιο Μανχάταν με αυστηρό τρόπο. Περιμένεις ότι οι υπάλληλοι σου θα ακολουθήσουν τις οδηγίες σου χωρίς κρίσιμες ερωτήσεις. Είσαι εξαιρετικά προσεκτικός προκειμένου να διατηρηθεί μυστικό το σχέδιο Μανχάταν. Κάποια στιγμή, τρεις νέοι άνθρωποι πέθαναν σε μια έκρηξη στο ναύ-

σταθμο στην Φιλαδέλφεια. Και συ απαγορεύεις στους δικούς τους να μάθουν έστω το γιατί πέθαναν. Δεν σε ενδιαφέρει και τόσο τι σκέπτονται οι άλλοι για σένα.

**Τι γνωρίζεις για τη βόμβα;** Ανήκεις στην ομάδα των ανθρώπων που γνωρίζουν τα περισσότερα για τη βόμβα. Έχεις την εποπτεία. Γνωρίζεις για τα εξαρτήματα της βόμβας και γνωρίζεις πως τα πάντα θα ταξιδέψουν προς την Ιαπωνία, που θα συναρμολογηθεί η βόμβα ώστε να χρησιμοποιηθεί. Σε κάποια στιγμή θα απαγορέψεις στους επιστήμονες να μιλάν μεταξύ τους για το τι κάνουν. Θεωρείς πολύ επικίνδυνο το να γνωρίζουν οι ερευνητές πολλά πράγματα. Αλλά οι επιστήμονες απαιτούν να μιλούν μεταξύ τους γιατί πιστεύουν ότι οι καλές ιδέες πηγάζουν από τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ τους. Σε αυτή την περίπτωση, αυτό πρέπει να το δεχτείς. Προς το τέλος του 1944 ενημερώνεις τον πρόεδρο ότι οριστικά θα μπορέσεις να παρουσιάσεις την ατομική βόμβα το καλοκαίρι του 1945.

**Ποια είναι η γνώμη σου για τη βόμβα;** Πιστεύεις πως η βόμβα πρέπει να χρησιμοποιηθεί όσο το δυνατόν πιο γρήγορα. Πάντα πίστευες πως η ατομική βόμβα θα ήταν το αποφασιστικό όπλο που θα τερματίσει τον πόλεμο. Ακόμη, πιστεύεις ότι η βόμβα θα σώσει τη ζωή χιλιάδων Αμερικανών στρατιωτών.

**Ποιες είναι οι σχέσεις σου με τους άλλους ρόλους;** Δεν σε ενδιαφέρουν και τόσο οι ερευνητές που μπλέκονται με την πολιτική ή έχουν μια κριτική στάση απέναντι στη χρήση της ατομικής βόμβας. Εν τούτοις, συμπαθείς τον Ρόμπερτ Οπενχάιμερ. Ξέρεις πως σε νεαρότερη ηλικία ο Οπενχάιμερ υποστήριζε κάποιες κομμουνιστικές ιδέες. Και η αμερικανική κυβέρνηση δεν συμπαθεί και τόσο τους κομμουνιστές. Αλλά έχεις πείσει τους πολιτικούς να αδιαφορήσουν γι' αυτό το γεγονός. Ο Οπενχάιμερ είναι απλά πολύ σημαντικός για το σχέδιο.

**Προτάσεις πώς να παίζεις το ρόλο σου:** Είσαι ο τύπος ανθρώπου που του αρέσει να είναι επικεφαλής. Περιμένεις από τους άλλους να συμφωνούν μαζί σου. Είσαι σοβαρός και όχι πολύ εύθυμος. Δεν σε αρέσει να συζητάς προβλήματα σχετικά με τη βόμβα. Πρέπει απλά να ολοκληρωθεί και να χρησιμοποιηθεί. Καμιά φορά χτυπάς τη γροθιά σου στο τραπέζι για να δώσεις έμφαση σε αυτό που λες.

Σε συνεργασία με τους επιστήμονες πρέπει να εξηγήσεις στα άλλα μέλη της ομάδας σε ποιο στάδιο ανάπτυξης βρίσκεται η βόμβα αυτή τη στιγμή, πως λειτουργεί, γιατί μπορεί να έχει αυτή την τεράστια έκρηξη και πως πήγαν οι δοκιμαστικές εκρήξεις στις 17 Ιουλίου.

## ΠΥΡΗΝΙΚΟΣ ΦΥΣΙΚΟΣ ROBERT OPPENHEIMER

***Συμμετέχεις σε αυτή τη συζήτηση γιατί είσαι ο επικεφαλής επιστήμονας στο σχέδιο Μανχάταν***



**Η ιστορία σου είναι μάλλον μικρή:** Γεννήθηκες το 1904 στη Νέα Υόρκη. Έτσι, το 1945 είσαι 41 ετών. Σαν παιδί ήσουν ντροπαλός. Μάζευες γραμματόσημα και πεταλούδες. Το 1940 παντρεύτηκες την Κίττυ Οπενχάιμερ και αποκτήσατε δυο παιδιά. Τον Peter και την Katherine. Είσαι αμερικανοεβραίος. Αντιπαθείς έντονα τον φασισμό. Οι πολιτικές σου πεποιθήσεις είναι αριστερές και αυτό είναι ένα γεγονός για το οποίο οι Αμερικανοί στρατιωτικοί δεν χαίρονται και πολύ. Αλλά ο επικεφαλής στρατηγός Groves προτίμησε να μην πάρει υπ' όψη του αυτό το γεγονός γιατί είσαι τόσο έξυπνος. Είσαι πολύ αδύνατος.

**Πώς περνά μια τυπική σου μέρα:** Είσαι θεωρητικός φυσικός. Περνάς τον περισσότερο χρόνο σου μαζί με τους συνεργάτες σου μπροστά σε ένα μαυροπίνακα. Εδώ, εσύ και οι άλλοι ερευνητές μπορείτε να συζητάτε όσο γράφετε εξισώσεις και τύπους στον πίνακα. Ένα μέρος της εργασίας σας είναι να υπολογίζετε τι συμβαίνει με τα άτομα. Είσαι υπεύθυνος στο να υπολογίσεις πως θα κατα-

σκευαστεί μια ατομική βόμβα. Πώς θα την κάνεις να εκραγεί στην ώρα της; Πόση εκρηκτική ύλη απαιτείται ώστε να γίνει η βόμβα επαρκώς ισχυρή; Πόσο βαριά βόμβα μπορεί να μεταφερθεί από αεροπλάνο; Ποιος είναι ο κίνδυνος της αεροπορικής μεταφοράς; Πώς μπορείς να έχεις ουράνιο 235; Πώς μπορείς να παράγεις πλουτώνιο Pu-238 από ουράνιο U-235; Δεν είσαι μόνος σου σε αυτούς τους υπολογισμούς, αλλά αφήνεις σε κάποιον από την ομάδα σου να τους κάνει. Έχεις πολλές συναντήσεις με το στρατηγό Groves. Εργάζεστε όλοι υπό έντονη πίεση ώστε να ολοκληρώσετε τη βόμβα.

**Ποια είναι η προσωπικότητά σου;** Σύμφωνα με τους ανθρώπους που σε γνωρίζουν, είσαι ιδιοφυία. Σκέπτεσαι εξαιρετικά γρήγορα, και έχεις ειλικρινές ενδιαφέρον στους ερευνητές που εργάζονται στο πρόγραμμα. Είσαι φυσικός ηγέτης. Έχεις απαιτήσεις για το χώρο που εργάζεσαι. Όταν ήσουν στη διαδικασία πρόσληψης ως επιστημονικού επικεφαλής, ο στρατηγός Groves σε οδήγησε να δεις την τοποθεσία των εργαστηρίων σου. Αλλά δήλωσες ότι η θέα ήταν τόσο βαρετή, ώστε πρότεινες ένα άλλο μέρος που ονομαζόταν Λος Αλάμος. Έχεις τον τρόπο σου.

**Τι γνωρίζεις για τη βόμβα;** Είσαι ένας από τους ανθρώπους που γνωρίζουν τα περισσότερα σχετικά με τη βόμβα. Είσαι ο επιστημονικός επικεφαλής του σχεδίου Μανχάταν.

**Ποια είναι η γνώμη σου για τη βόμβα;** Έχεις οπωσδήποτε τη γνώμη σου για τη βόμβα, αλλά αναμφισβήτητα αποφεύγεις να τη διατυπώσεις. Εν τούτοις λες ότι δεν πιστεύεις ότι μια απλή παρουσίαση της θα έχει επίδραση στην Ιαπωνία.

**Ποιες είναι οι σχέσεις σου με τους άλλους ρόλους;** Εργάζεσαι μαζί με τον στρατηγό Groves. Φαίνεται πως είσαι ένας από τους λίγους επιστήμονες με τους οποίους μπορεί να συναναστραφεί. Ξοδεύεις πολύ χρόνο και ενέργεια προσπαθώντας να τον πείσεις ότι οι άλλοι επιστήμονες είναι απαραίτητοι για το πρόγραμμα και ότι είναι πάρα πολύ ευφυή άτομα.

Μαζί με τους άλλους επιστήμονες πρέπει να παρουσιάσεις πόσο έχει προχωρήσει η ανάπτυξη της βόμβας. Ιδιαίτερα, πρέπει να εστιάσεις στο γιατί υπάρχουν δυο διαφορετικοί τύποι πυρηνικών βομβών και πώς λειτουργούν.

## Γράμμα από τον Πρόεδρο

### Πρόσκληση για συνάντηση στο Λευκό Οίκο

25 Ιουλίου 1945

Εδώ και πολύ καιρό επιθυμούμε να τερματίσουμε τον πόλεμο με την Ιαπωνία. Από τις επιθέσεις των Ιαπώνων στο στόλο μας στο Περγλ Χάρμπορ το 1941, πάνω από 400.000 πολίτες της χώρας μας έχουν χάσει τη ζωή τους σε αυτό τον πόλεμο. Θέλω να τερματίσω αυτό το λουτρό αίματος όσο γίνεται γρηγορότερα. Αυτός είναι ο λόγος για τον οποίο οι ΗΠΑ έχουν σχεδιάσει δυο τεράστιες αποβάσεις σε δυο μεγάλες επαρχίες της Ιαπωνίας: Στο Κουσιου την 1<sup>η</sup> Νοεμβρίου του 1945 και στο Χονσιού την 1<sup>η</sup> Μαρτίου 1946. Αλλά το ερώτημα είναι, υπάρχουν άλλες εναλλακτικές λύσεις που μπορεί να αποδειχθούν πιο αποτελεσματικές;

Όπως ήδη γνωρίζετε, οι ΗΠΑ είναι πολύ κοντά στην ανάπτυξη μιας βόμβας που είναι χιλιάδες φορές πιο ισχυρή από αυτές που μέχρι τώρα γνωρίζουμε. Επίσης γνωρίζετε ότι εδώ και λίγες μέρες, κάτω από απόλυτη μυστικότητα, μια εξαιρετικά επιτυχημένη δοκιμαστική έκρηξη έλαβε χώρα. Όπως ακόμη μπορεί να γνωρίζετε, αυτή η βόμβα είχε αρχικά σχεδιαστεί να χρησιμοποιηθεί εναντίον του κύριου εχθρού, της Γερμανίας. Όμως, ο θάνατος του Χίτλερ και η συνθηκολόγηση της

Γερμανίας στις 8 Μαΐου, μας οδηγεί στην πιθανότητα να χρησιμοποιήσουμε τη βόμβα εναντίον του άλλου σημαντικού εχθρού μας της Ιαπωνίας.

Αλλά η ερώτηση παραμένει, είναι αυτή η σωστή απόφαση; Γι' αυτό σας προσκαλώ να φτιάξετε μια ομάδα υψηλών στελεχών της πολιτικής, του στρατού και της έρευνας. Είναι ελπίδα και ευχή μου ότι αυτή η ομάδα θα με συμβουλευθεί σε αυτή τη δύσκολη κατάσταση



Δικός σας ειλικρινά

Πρόεδρος Τρούμαν

### **Γ. Η αξιολόγηση της δραστηριότητας**

Κριτήρια αξιολόγησης

Αυτό το κριτήριο αξιολόγησης είναι μόνο μια πρόταση. Αν ο διδάσκων το βρίσκει απαραίτητο, κάποια στοιχεία μπορούν να παραβλεφθούν και κάποια άλλα να εισαχθούν. Προτείνουμε ότι η αξιολόγηση κάθε μαθητή να γίνει χωριστά καθώς εργάζεται στην ομάδα του/της (όπως και από τη γραπτή εργασία) και να προκύπτει από τις εργασίες του μαθητή στις παρακάτω διαστάσεις:

#### **Διάσταση γνώσης**

- Βελτίωση της χρήσης από μέρους του/της των σχετικών εννοιών
- Βελτίωση της κατανόησης του για τις σχέσεις μεταξύ τεχνολογίας, επιστήμης και κοινωνίας

#### **Διάσταση Επιχειρημάτων**

- Αναζήτηση πληροφοριών κατά την ερευνητική φάση
- Ικανότητες κριτικής αιτιολόγησης
- Σχηματισμός έγκυρων συμπερασμάτων
- Χρήση επιστημονικής – τεχνολογικής πληροφορίας στη συζήτηση

#### **Επικοινωνιακή διάσταση**

- Παρουσίαση του πεδίου ειδίκευσης του χαρακτήρα που υποδύεται
- Συμμετοχή στη συζήτηση που είναι στην περιοχή ειδίκευσης του χαρακτήρα που υποδύεται
- Συμμετοχή στη συζήτηση για θέματα έξω από το πεδίο ειδίκευσης του χαρακτήρα, π.χ. επιστήμονες που χρησιμοποιούν την ειδίκευσή τους σε μια πολιτική συζήτηση και το αντίστροφο
- Να ακούμε τους άλλους



### 5.2.2 ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ ΕΝΟΤΗΤΑ

*«Μπορεί η πυρηνική ενέργεια να αποτελεί αποδεκτή εναλλακτική λύση στο ενεργειακό πρόβλημα;»*

Μια δραστηριότητα σχετική με τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα της ειρηνικής χρήσης της πυρηνικής ενέργειας

#### Περίληψη

Η εργασία αυτή περιγράφει μια δραστηριότητα (που εύκολα μπορεί να μετατραπεί σε παιχνίδι ρόλων) σχετική με την ειρηνική χρήση της πυρηνικής ενέργειας για μαθητές της τελευταίας τάξης του Λυκείου. Χρησιμοποιώντας πραγματικά στοιχεία που προέρχονται από έγκυρες πηγές, οι μαθητές έχουν την δυνατότητα να ασχοληθούν σε βάθος με τρέχοντα καίρια θέματα ενέργειας, οικολογίας, καθώς και άλλα κοινωνικοπολιτικά θέματα<sup>4</sup>, παίρνοντας ως αφορμή την ενότητα του μαθήματος *Φυσική Γεν. Παιδείας Γ' Λυκείου* που αναφέρεται στα «Πυρηνικά Φαινόμενα». Αρχικά ο καθηγητής ορίζει ομάδες ενδιαφερόντων στις οποίες παρέχει υλικό, δίνει οδηγίες για την έρευνά τους και συζητά τυχόν δυσκολίες ή προβλήματα που συνάντησαν κατά τη διάρκειά της (1<sup>η</sup> και 2<sup>η</sup> φάση). Στη σπουδαιότερη φάση της δραστηριότητας (3<sup>η</sup> φάση), οι ομάδες παρουσιάζουν τα ευρήματά τους, συζητούν τις απόψεις τους και κάνουν τις προτάσεις τους. Τέλος (4<sup>η</sup> φάση), οι μαθητές αξιολογούνται αλλά και αξιολογούν την επιτυχία της δραστηριότητας

Εάν προτιμηθεί η δραστηριότητα να έχει τη μορφή παιχνιδιού ρόλων (role play), μπορεί να διαμορφωθεί κατά τέτοιο τρόπο ώστε η κάθε ομάδα ενδιαφερόντων να εκπροσωπεί π.χ. ένα υπουργείο ή ένα επίσημο φορέα

---

<sup>4</sup> Ο επιβλέπων καθηγητής είναι σε θέση να καθορίσει τον τομέα στον οποίο θα δοθεί ιδιαίτερη βαρύτητα.

| ΤΙ ΠΕΡΙΛΑΜΒΑΝΕΙ Η ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ |                                           |                                                                                                                                                                                                        |
|---------------------------------|-------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1                               | Οδηγίες για τους μαθητές                  | Περιγράφει τη δομή της δραστηριότητας, το ρόλο κάθε ομάδας και ερωτήσεις με τις οποίες οι μαθητές μπορούν να ελέγξουν τις γνώσεις τους, πριν και μετά τη δραστηριότητα                                 |
| 2                               | Οδηγίες για τον καθηγητή                  | Περιλαμβάνει τη περιγραφή της δραστηριότητας με τα διάφορα στάδια της και το ρόλο του καθηγητή σε καθένα από αυτά. Επίσης προτείνει μια σειρά από δραστηριότητες που καλείται να εκτελέσει ο καθηγητής |
| 3                               | Αξιολόγηση                                | Περιλαμβάνει μια σειρά ερωτήσεων με τις οποίες μπορεί να αξιολογηθεί η επιτυχία της δραστηριότητας και να εντοπιστούν οι πιθανές αδυναμίες της                                                         |
| 4                               | Σημειώσεις για τον καθηγητή (ενδεικτικές) | Περιλαμβάνει ένα σύνολο άρθρων από τον τύπο, το διαδίκτυο και την βιβλιογραφία καθώς και άλλο υλικό                                                                                                    |

## ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑΣ

**Αυτή η δραστηριότητα βοηθά τους μαθητές :**

- Να εργάζονται σε ομάδες και να συζητούν με επιστημονικούς όρους
- Να κατανοήσουν:
  - Τη δομή των πυρήνων και των ισοτόπων
  - Τη λειτουργία ενός πυρηνικού εργοστασίου
  - Την διαδικασία πυρηνικής σχάσης και πυρηνικής σύντηξης
  - Τις βλάβες που προκαλεί η ραδιενεργός ακτινοβολία
  - Το διαφαινόμενο ενεργειακό πρόβλημα του μέλλοντος και τις προοπτικές επίλυσής του
- Να διακρίνουν τη σχέση μεταξύ ενεργειακών λύσεων και περιβαλλοντικών προβλημάτων
- Να είναι στοχαστικοί και κριτικοί σχετικά με το παρελθόν, παρόν και μέλλον της επιστήμης και της προόδου της τεχνολογίας
- Να έχουν ηθική θέση απέναντι στις διαστάσεις της επιστήμης, της τεχνολογίας και τη σχέση τους με την κοινωνία και το περιβάλλον

**Περιεχόμενο μαθήματος:** Σχάση, σύντηξη, πυρηνική ενέργεια, ραδιενεργός ακτινοβολία, ραδιενεργά απόβλητα, χρόνος υποδιπλασιασμού

**Είδος δραστηριότητας:** Συνθετική εργασία - Παιχνίδι ρόλων

**Χρόνος που απαιτείται:** 4-6 μαθήματα

**Προαπαιτούμενη γνώση:** Υποατομικά σωματίδια, σχάση και ραδιενεργός ακτινοβολία, βασικά μαθήματα οργανικής χημείας (Β' Λυκείου Γεν. Παιδείας), φαινόμενο θερμοκηπίου

## **ΦΑΣΗ 1<sup>η</sup>**

Η φάση αυτή περιλαμβάνει 1 – 2 ώρες<sup>5</sup>:

*A) Μια επαναληπτική παρουσίαση των θεμάτων της δραστηριότητας με την οποία θα ασχοληθούν οι μαθητές*

Στην ουσία πρόκειται για μια ωριαία παρουσίαση – επανάληψη των αντικειμένων που σχετίζονται με τη δραστηριότητα. Ο διδάσκων θα επιλέξει τον τρόπο (παραδοσιακή διάλεξη, διάλεξη με συνοδεία διαφανειών σε επιδιασκόπιο, παρουσίαση με powerpoint που θα περιλαμβάνει κείμενο, φωτογραφίες, βίντεο ή και ηχητικά ντοκουμέντα, προγραμματισμένη και προκαθορισμένη περιήγηση στο διαδίκτυο) με τον οποίο θα πραγματοποιήσει την παρουσίαση αυτή. Στην επανάληψη προτείνεται να δοθεί έμφαση στις ακόλουθες έννοιες:

Ισότοπα – ατομικός / μαζικός αριθμός

Ισοδυναμία μάζας – ενέργειας

Έλλειμμα μάζας – Ενέργεια σύνδεσης – σταθερότητα πυρήνων

Δυνάμεις στον πυρήνα – επιταχυντές – ενεργειακές στάθμες πυρήνα

Πυρηνικές αντιδράσεις – σχάση – σύντηξη

Ιονίζουσες ακτινοβολίες

Βλάβες σε ζωντανούς οργανισμούς από την ιονίζουσα ακτινοβολία

Ραδιενέργεια – μεταστοιχείωση – διασπάσεις α, β και γ – χρόνος ημιζωής

Πυρηνικά απόβλητα

*B) Τον ορισμό των ομάδων εργασίας*

Θα εξηγήσετε στους μαθητές την δραστηριότητα και τον σκοπό για τον οποίο γίνεται δίνοντας έμφαση στην αξία του επιστημονικού αλφαριθμητισμού και στην εργασία σε ομάδες. Στη συνέχεια, θα ορίσετε τις ομάδες (3 – 4 μαθητές) με κριτήρια που θα επιλέξετε εσείς. Είναι σημαντικό πάντως σε κάθε ομάδα να υπάρχουν τουλάχιστον 2 μαθητές που να διαθέτουν Η/Υ με πρόσβαση στο διαδίκτυο, όπως και μαθητές που να γνωρίζουν σε στοι-

---

<sup>5</sup> Για το Α και το Β. Το Γ είναι έξω από τον προτεινόμενο χρόνο. Αφορά την κατ' οίκον εργασία των ομάδων

χειώδες επίπεδο μια ξένη γλώσσα. Οι ομάδες που προτείνονται<sup>6</sup> είναι τριών ειδών (και όχι απαραίτητα από μια):

- Ομάδα «ενέργειας»
- Ομάδα «υγείας και περιβάλλοντος»
- Ομάδα «γενικών ενδιαφερόντων»

(Φυσικά, μπορεί να υπάρχουν και άλλες ομάδες, όπως π.χ. ομάδα πυρηνικής ασφάλειας, όμως αυτό θα το προσδιορίσει ο υπεύθυνος καθηγητής)

Τα μέλη της «ομάδας ενέργειας» θα ασχοληθούν κυρίως με ότι αφορά την ενέργεια που οφείλεται σε πυρηνικά φαινόμενα (σχάση, σύντηξη). Θα πρέπει στο τέλος της δεύτερης φάσης να είναι σε θέση να εξηγούν στους συμμαθητές τους, με απλά λόγια, τις διαδικασίες της σχάσης και της σύντηξης, ενώ θα πρέπει να γνωρίζουν τις βασικές αρχές των πυρηνικών αντιδράσεων. Ακόμη, να είναι σε θέση να περιγράφουν με απλά λόγια τον τρόπο λειτουργίας ενός πυρηνικού εργοστασίου και τα θέματα που σχετίζονται με την ασφάλειά του. Μια από τις ομάδες θα ασχοληθεί οπωσδήποτε με το θέμα του αντιδραστήρα σύντηξης και με τα πλεονεκτήματά του σε σχέση με τους αντιδραστήρες σχάσης.

Τα μέλη της ομάδας υγείας και περιβάλλοντος θα ασχοληθούν κυρίως με τις επιπτώσεις της πυρηνικής ενέργειας στην υγεία των ανθρώπων και στο περιβάλλον. Θα πρέπει για παράδειγμα, να είναι σε θέση να εξηγούν στους συμμαθητές τους τι είναι η ραδιενέργεια καθώς και τα άμεσα και τα μακροπρόθεσμα αποτελέσματα της. Πρέπει ακόμη να έχουν ασχοληθεί με τις πυρηνικές αντιδράσεις, τα είδη της ακτινοβολίας και πώς αυτά επηρεάζουν τους ζωντανούς οργανισμούς.

Τα μέλη της ομάδας «γενικών ενδιαφερόντων» είναι επιφορτισμένα με περισσότερο «άγνωστες» πτυχές του θέματος της πυρηνικής ενέργειας. Ειδικότερα, μικρότερες υποομάδες θα είναι επιφορτισμένες με επί μέρους θέματα, όπως: χρήση των ήδη χρησιμοποιημένων καυσίμων για πολεμικούς σκοπούς, διαχείριση των πυρηνικών αποβλήτων, πυρηνικά εργοστάσια και παγκόσμια ειρήνη, πυρηνικά εργοστάσια διεθνώς, προτάσεις για πυρηνικά εργοστάσια στην Ελλάδα κλπ. Θα ήταν ενδιαφέρουσα ακόμη και η σύσταση μιας ομάδας με αντικείμενο «Πυρηνική ενέργεια και τέχνες» που θα περιλαμβάνει θέματα του κινηματογράφου, της μουσικής, της ζωγραφικής κλπ, που σχετίζονται με θέματα πυρηνικής ενέργειας. Προτείνεται όπως τα μέλη αυτής της ομάδας να είναι περισσότερο μαθητές με όχι ιδιαίτερα υψηλές επιδόσεις ή ενδιαφέρον στη φυσική (θεωρητική κατεύθυνση)

---

<sup>6</sup> Ενδεικτικά

### *Γ) Την αρχική έρευνα των αντίστοιχων θεμάτων*

Σε κάθε ομάδα θα δοθούν οδηγίες αναζήτησης στο διαδίκτυο για τον τομέα ενδιαφερόντων τους. Έτσι, για παράδειγμα:

Οι ομάδες ενέργειας θα αναζητήσουν υλικό και ιστοσελίδες κυρίως με φράσεις – κλειδιά όπως: *ενέργεια σύνδεσης, πυρηνικές δυνάμεις, επιταχυντές, ενεργειακές στάθμες πυρήνα, σχάση, σύντηξη, πυρηνική ενέργεια, πυρηνικός αντιδραστήρας* κλπ.,

Οι ομάδες υγείας και περιβάλλοντος θα αναζητήσουν υλικό και ιστοσελίδες κυρίως με φράσεις – κλειδιά όπως: *ραδιενέργεια, μεταστοιχείωση, διασπάσεις α, β και γ, χρόνος ημιζωής, ιονίζουσες ακτινοβολίες, βλάβες σε ζωντανούς οργανισμούς από την ιονίζουσα ακτινοβολία - πυρηνικά απόβλητα και διαχείρισή τους* κλπ.

Οι ομάδες ειδικών θεμάτων θα αναζητήσουν υλικό και ιστοσελίδες κυρίως με φράσεις – κλειδιά όπως: *πυρηνική ενέργεια και παγκόσμια ειρήνη, αειφόρος ανάπτυξη, εναλλακτικές μορφές ενέργειας, πυρηνική ενέργεια και Ελλάδα, απεμπλουτισμένο ουράνιο, θερμοπυρηνική σύντηξη* κλπ.

Πολύ ενδιαφέρον υλικό εμφανίζεται συχνά και στον τύπο. Τα άρθρα των περισσότερων εφημερίδων, αλλά και περιοδικών βρίσκονται στα αρχεία τους και είναι πολύ εύκολο να αναζητηθούν. Παρακάτω δίνονται ενδεικτικά μερικά παραδείγματα:

<http://www.tovima.gr/default.asp?pid=2&artid=259456&ct=33>

*(Το μετέωρο βήμα της πυρηνικής ενέργειας)*

<http://www.tovima.gr/default.asp?pid=2&artid=276190&ct=33&dt=01/07/2009>

*(Εντόπισαν ουράνιο στη Σελήνη)*

<http://www.enet.gr/?i=news.el.article&id=46523>

*(Το σούπερ – πυκνό δευτέριο ίσως αποδειχθεί το πυρηνικό καύσιμο του μέλλοντος)*

[http://news.kathimerini.gr/4dcgi/\\_w\\_articles\\_economyepix\\_2\\_17/07/2009\\_322436](http://news.kathimerini.gr/4dcgi/_w_articles_economyepix_2_17/07/2009_322436)

*(Λιθάνθρακα ή πυρηνική ενέργεια προτείνει η ΔΕΗ)*

### **ΦΑΣΗ 2<sup>η</sup>**

*Συνάντηση για απορίες (2 ώρες)*

Η φάση αυτή περιλαμβάνει συνάντηση των ομάδων με τον επιβλέποντα καθηγητή. Θα αναφέρουν την πρόοδο των εργασιών τους και θα εκφράσουν τις τυχόν απορίες που θα έχουν προκύψει κατά την έρευνά τους. Οι απορίες είναι πολύ πιθανόν να περιλαμβάνουν, πέρα από ασαφείς έννοιες, και ξένες λέξεις ή φράσεις άγνωστες για τους μαθητές (αφού η

αναζήτηση των μαθητών περιλαμβάνει και διαδικτυακή έρευνα σε ξενόγλωσσες ιστοσελίδες).

Σε αυτή τη φάση θα παρουσιαστεί στους μαθητές από τον διδάσκοντα και ένα επιπλέον υλικό, που θα τους υπενθυμίσει πως:

A) Το θέμα της πυρηνικής ενέργειας είναι πολύ σημαντικό όχι μόνο για τον επιστημονικό τους αλφαριθμητισμό, αλλά και για τη *θέση* τους απέναντι σε ζητήματα που αφορούν την *σύγχρονη κοινωνία*

B) Παρ' ότι το αντικείμενο έχει πολλές πλευρές ενδιαφέροντος (περιβάλλον, ενέργεια, υγεία, ειρήνη, ανάπτυξη, κλπ) ο *κύριος στόχος* της δραστηριότητας εξακολουθεί να είναι η φυσική που αφορά την πυρηνική ενέργεια

Μετά και τη δεύτερη φάση, θα οριστεί η συνάντηση στην οποία θα γίνει η συγκέντρωση των συμπερασμάτων των ερευνών των μαθητών και των εργασιών τους.

**Παρατήρηση:**

*Ο χρόνος κατά τον οποίο θα πραγματοποιηθεί η δραστηριότητα, βάσει του αναλυτικού προγράμματος της τελευταίας τάξης του λυκείου, θα είναι προς το τέλος των μαθημάτων. Το γεγονός αυτό, αναπόφευκτα αναδεικνύεται ως εγγενές μειονέκτημα όσον αφορά τη συμμετοχή των μαθητών, αφού το κύριο ενδιαφέρον τους θα είναι η επανάληψη για τις εισαγωγικές εξετάσεις τους.*

### **ΦΑΣΗ 3<sup>η</sup>**

#### **Συζήτηση**

Οι ομάδες θα πάρουν μέρος στη συζήτηση που θα οργανωθεί και θα συντονιστεί από τον διδάσκοντα καθηγητή στην τάξη. Η κάθε ομάδα θα έχει τις σημειώσεις της, οι οποίες αναφέρθηκαν προηγουμένως, αντίγραφο των οποίων θα δοθεί στις υπόλοιπες μετά το τέλος της συζήτησης, καθώς και στον καθηγητή.

Η συζήτηση θα ξεκινήσει από τον καθηγητή κάνοντας μια ή δυο ερωτήσεις σε κάθε ομάδα. Σταδιακά, η πρωτοβουλία θα δοθεί σε κάθε ομάδα ώστε να μπορεί να κάνει την παρέμβασή της προκειμένου να αναφέρει τις απόψεις που έχει διαμορφώσει μετά την έρευνα της.

Ο διδάσκων θα μπορεί να παρεμβαίνει διακριτικά όπου θεωρεί ότι είναι απαραίτητο και θα συντονίζει τη συζήτηση, έτσι ώστε να εξασφαλιστεί η συμμετοχή όλων των ομάδων.

## ΦΑΣΗ 4<sup>η</sup>

### *Αξιολόγηση της δραστηριότητας*

Σε αυτή την τελική φάση, η δραστηριότητα αξιολογεί και αξιολογείται. Θα μοιραστεί στους μαθητές ένα ερωτηματολόγιο με *δύο* σκέλη.

☞ Το πρώτο, θα αποτελείται από ερωτήσεις ανοικτού ή κλειστού τύπου, που θα εξετάσουν το γνωστικό επίπεδο των μαθητών *μετά* την δραστηριότητα και κατά πόσον αυτό *βελτιώθηκε*.

☞ Το δεύτερο σκέλος, θα αφορά την αξιολόγηση της ίδιας της δραστηριότητας από τους μαθητές, αν και κατά πόσον την βρήκαν *ενδιαφέρουσα* και *χρήσιμη*.

### *Για τους μαθητές*

#### **Περιγραφή της δραστηριότητας**

Από τα τέλη του προηγούμενου (20<sup>ου</sup>) αιώνα έχει αρχίσει να συζητείται έντονα το μελλοντικό πρόβλημα που αφορά αφ' ενός την έλλειψη ορυκτών καυσίμων και κυρίως τη σταδιακή εξάντληση των κοιτασμάτων πετρελαίου και αφ' ετέρου τις επιπτώσεις από τις τεράστιες εκπομπές CO<sub>2</sub> στην ατμόσφαιρα. Ερευνητές και αναλυτές απ' όλο τον κόσμο τονίζουν τις επιπτώσεις από αυτή την κατάσταση και προτείνουν μια σειρά από εναλλακτικές λύσεις. Ανάμεσα σε αυτές, είναι και η εκτεταμένη χρήση της πυρηνικής ενέργειας, που αποτελεί μια προοπτική με αρκετά πλεονεκτήματα, αλλά και με πολλά μειονεκτήματα.

Σε αυτή τη δραστηριότητα θα ασχοληθείτε με το θέμα της ειρηνικής χρήσης της πυρηνικής ενέργειας και πιο συγκεκριμένα με την χρήση της ως εναλλακτικού τρόπου παραγωγής ενέργειας. Θα χωριστείτε σε ομάδες 3-5 ατόμων, κάθε μια από τις οποίες θα έχει ένα συγκεκριμένο πεδίο ενδιαφέροντος. Ο καθηγητής σας αρχικά θα σας δώσει τις απαραίτητες οδηγίες (κυρίως διαδικτυακό εκπαιδευτικό υλικό) για να εξερευνήσετε το αντικείμενό σας. Θα μελετήσετε τις πληροφορίες που θα πάρετε από τον καθηγητή σας και από τις πηγές που θα σας δώσει και θα διαμορφώσετε τις απόψεις σας. Κατόπιν κάθε ομάδα θα παρουσιάσει τα αποτελέσματα της έρευνάς της και όλες μαζί οι ομάδες θα πάρουν μέρος σε μια συζήτηση που θα συντονίσει ο επιβλέπων καθηγητής.

Τέλος, ο καθηγητής σας θα σας μοιράσει ένα ερωτηματολόγιο μέσα από το οποίο θα μπορεί να γίνει έλεγχος για το βαθμό επιτυχίας της δραστηριότητας.

## ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

Σε ποιες από αυτές τις ερωτήσεις μπορείτε να απαντήσετε:

**Ισότοπα:** Τι είναι; Γιατί τα ισότοπα ενός στοιχείου έχουν τις ίδιες χημικές ιδιότητες; Όλα τα ισότοπα ενός στοιχείου υπάρχουν με την ίδια αφθονία στη φύση; Τι είναι το απεμπλουτισμένο ουράνιο;

**Ενέργεια πυρήνα:** Ποια είναι η σχέση ισοδυναμίας μάζας – ενέργειας; Τι είναι το έλλειμμα μάζας ενός πυρήνα; Τι ονομάζεται ενέργεια σύνδεσης; Πως υπολογίζεται η ενέργεια σύνδεσης ανά νουκλεόνιο;

**Πυρηνικές δυνάμεις:** Τι είδους δυνάμεις είναι αυτές που έχουν την τάση να διασκορπίζουν τον πυρήνα; Τι είναι η ισχυρή πυρηνική δύναμη; Γνωρίζετε τα χαρακτηριστικά της;

**Ραδιενέργεια:** Γιατί μερικοί πυρήνες είναι πιο σταθεροί από άλλους; Τι είναι η μεταστοιχείωση; Τι είναι η ραδιενέργεια; Τι είναι τα σωματίδια α; Τι είναι τα σωματίδια β; Τι είναι η ακτινοβολία γ; Μπορείτε να γράψετε την πυρηνική αντίδραση διάσπασης α για τον πυρήνα  $^{238}_{92}\text{U}$ ; Όταν εκπέμπεται ακτινοβολία γ αλλάζουν οι χαρακτηριστικοί αριθμοί του πυρήνα ενός ατόμου;

**Χρόνος ημιζωής:** Τι είναι; Μπορούμε να προβλέψουμε το πότε θα διασπαστεί ένας ραδιενεργός πυρήνας; Γνωρίζετε τι είναι η ραδιοχρονολόγηση;

**Πυρηνικές αντιδράσεις:** Τι είναι η πυρηνική σχάση; Τι είναι η πυρηνική σύντηξη; Μπορείτε να περιγράψετε (με σύμβολα ή με λόγια) μια αντίδραση πυρηνικής σχάσης και μια αντίδραση πυρηνικής σύντηξης; Γιατί συνήθως οι αντιδράσεις σύντηξης ονομάζονται «θερμοπυρηνικές»; Τι λέμε «πλάσμα»; Ποια είναι τα πλεονεκτήματα των αντιδραστών σύντηξης σε σχέση με τους αντιδραστές σχάσης; Λειτουργεί στις μέρες μας αντιδραστήρας σύντηξης; Αν όχι, γνωρίζετε για ποιο λόγο;

**Πυρηνικά εργοστάσια:** Γνωρίζετε κάποια πράγματα για τη λειτουργία τους; Γιατί έχει μεγάλη σημασία η διαχείριση των αποβλήτων τους; Έχετε ακούσει για κάποιο ατύχημα σε πυρηνικό εργοστάσιο και τις επιπτώσεις του;

Ακτινοβολία και ύλη: Γνωρίζετε τι είναι οι ιονίζουσες ακτινοβολίες; Υπάρχουν εφαρμογές των ακτινοβολιών (π.χ. στη Βιολογία, στην Ιατρική ή ακόμη και στη Βιομηχανία);

Να σημειώσετε τις ερωτήσεις που δεν γνωρίζετε

**Στη συνέχεια, ακολουθεί ο ορισμός σε ομάδες και ο ρόλος κάθε ομάδας, όπως περιγράφηκε στην ενότητα «για τον καθηγητή» και δεν είναι σκόπιμο να επαναληφθεί**



**εδώ. Μετά το τέλος της δραστηριότητας και κατά τη φάση της αξιολόγησης, μπορεί να ακολουθήσει η επόμενη ενότητα:**

**Μερικές ερωτήσεις** (στις οποίες ίσως μπορείτε τώρα να απαντήσετε)<sup>7</sup>

1. Σε αρκετές κινηματογραφικές ταινίες η φράση «radiation» (ακτινοβολία) αποδίδεται ως «ραδιενέργεια». Συμφωνείτε με αυτό;
2. Τι εννοούμε με τον όρο «πυρηνική αντίδραση»;
3. Γράψτε μια πυρηνική αντίδραση
4. Οι επιστήμονες διακρίνουν τις βλάβες από την ιονίζουσα ακτινοβολία σε «σωματικές» και «γενετικές». Μπορείτε να εξηγήσετε τη διαφορά; Προσπαθήστε να σκεφτείτε ένα παράδειγμα.
5. Σε ένα ατύχημα σε πυρηνικό αντιδραστήρα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, είναι δυνατόν να συμβεί έκρηξη όπως αυτή της πυρηνικής βόμβας;
6. Η σχάση και η σύντηξη είναι δυο αντίθετες διαδικασίες. Στη σχάση ένας βαρύς πυρήνας σχάζεται σε μικρότερους πυρήνες, ενώ στη σύντηξη δυο ελαφρότεροι πυρήνες συνενώνονται για να σχηματίσουν ένα βαρύτερο. Κι όμως, και οι δυο διαδικασίες ελευθερώνουν ενέργεια. Πως το εξηγείτε;
7. Τι είναι ο κύκλος «πρωτονίου – πρωτονίου» στον Ήλιο;
8. Για ποιο λόγο χρησιμοποιούνται νετρόνια ως βλήματα κατά την πυρηνική σχάση και όχι πρωτόνια ή ηλεκτρόνια;
9. Να υποθέσεις πως σου έχουν δώσει τρεις ραδιενεργές πέτρες. Μια είναι πηγή α-κτίνων α, η δεύτερη είναι πηγή ακτίνων β και η τρίτη πηγή ακτίνων γ. Μπορείς να πετάξεις μακριά τη μια, αλλά από τις άλλες δυο, τη μια θα την κρατήσεις στο χέρι σου και την άλλη θα την βάλεις στην τσέπη σου. Τι θα κάνεις ώστε να ελαχιστοποιήσεις την ακτινοβολία;
10. Θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί πυρηνική ενέργεια για την κίνηση ενός αυτοκινήτου;

## **ΕΠΙΛΟΓΟΣ**

Α. Μπορείτε τώρα, μετά από τη δραστηριότητα αυτή, να απαντήσετε στις ερωτήσεις που τέθηκαν στην αρχή; Σημειώστε ποιες εξακολουθούν να παραμένουν αναπάντητες.

---

<sup>7</sup> Αυτές οι ερωτήσεις μπορούν να συζητηθούν στην τάξη μετά από τη δραστηριότητα.

Β. Μερικές φορές, η Φυσική (ως έννοιες) επιστρέφει στη ζωή μας μέσα από κάποιες φράσεις που μπορεί π.χ. να ακούσουμε σε μια συζήτηση, σε μια κινηματογραφική ταινία, στην τηλεόραση ή να διαβάσουμε σε ένα περιοδικό, ένα βιβλίο ή μια εφημερίδα. Ακολουθεί μια σειρά από παραδείγματα τέτοιων φράσεων. Μπορείτε να διακρίνετε τα λάθη που περιέχουν;

*Η ραδιενέργεια πρωτοεμφανίστηκε κατά τον Δεύτερο Παγκόσμιο Πόλεμο*

*Τα άτομα δεν μπορούν να αλλάξουν (δηλ. από ένα στοιχείο να πάρουμε ένα άλλο)*

*Η σχάση και η σύντηξη είναι το ίδιο πράγμα. Απλά η σχάση είναι πιο ισχυρή από την σύντηξη*

*Τα νετρόνια και τα πρωτόνια δεν έχουν εσωτερική δομή*

*Τα εργοστάσια παραγωγής πυρηνικής ενέργειας παράγουν βλαβερά ραδιενεργά απόβλητα ενώ όλες οι άλλες μορφές παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας δεν παράγουν απόβλητα και γενικά δεν ρυπαίνουν*

*Η ακτινοβολία προκαλεί καρκίνο. Επομένως, δεν μπορεί να χρησιμοποιείται για να θεραπεύει τον καρκίνο*

*Όταν ένα υλικό είναι ραδιενεργό τώρα, παραμένει για πάντα ραδιενεργό*

### **ΙΣΤΟΤΟΠΟΙ (ενδεικτικά):**

<http://home.clara.net/darvill/altenerg/nuclear.htm>

Εξαιρετική ιστοσελίδα εκπαιδευτικού περιεχομένου και προσανατολισμού σχετικά με τη χρήση διαφόρων μορφών ενέργειας

<http://www.lbl.gov/abc/>

Πολλές πληροφορίες για θέματα πυρηνικής φυσικής και εξαιρετικό εκπαιδευτικό υλικό. Πειράματα.

<http://www.world-nuclear.org/info/inf42.html>

Πληροφορίες για το πυρηνικό πρόγραμμα ενέργειας στη Σουηδία. Για ποιο λόγο διακόπηκε και γιατί επαναλειτούργησε

<http://www.physics4u.gr/energy/nuclearyes.html>

εξαιρετικό άρθρο σχετικό με την θετική πλευρά της πυρηνικής ενέργειας

<http://www.greenpeace.org/greece/news/nuclear-power-is-not-the-answer>

από την ιστοσελίδα της Greenpeace

[http://europa.eu/legislation\\_summaries/energy/nuclear\\_energy/index\\_el.htm](http://europa.eu/legislation_summaries/energy/nuclear_energy/index_el.htm)

σύνοψη για τη νομοθεσία της ΕΕ

<http://physicsofenergy.mit.edu/>

πολύ ενδιαφέρουσα ιστοσελίδα με θέματα ενέργειας

<http://www.in.gr/news/article.asp?lngEntityID=961033>

πρόσφατο άρθρο του in.gr σχετικό με τη χρήση πυρηνικής ενέργειας στην Ελλάδα

<http://www.world-nuclear.org/sym/1998/rosen.htm>

άρθρο για τη ραδιενέργεια και το χρόνο ημιζωής

<http://www.nea.fr/html/rwm/reports/1995/geodisp/rwm-responsibility.html>

διαχείριση πυρηνικών αποβλήτων

<http://nuclearwaste.com/>

[http://www.culturechange.org/cms/index.php?option=com\\_content&task=view&id=336&Itemid=1](http://www.culturechange.org/cms/index.php?option=com_content&task=view&id=336&Itemid=1)

### ***Αξιολόγηση της δραστηριότητας***

Παρατίθεται εδώ ένα εργαλείο αξιολόγησης (ενδεικτικό) με το οποίο ελέγχεται ο βαθμός στον οποίο η δραστηριότητα αυτή μπορεί να χαρακτηριστεί ως επιτυχημένη. Η αξιολόγηση του γνωστικού περιεχομένου θα γίνει μέσω των ερωτήσεων που δίνονται στην ενότητα «**Για μαθητές**». Ο καθηγητής θα ορίσει ποιες θα είναι αυτές οι ερωτήσεις και το είδος τους (ανοικτού ή κλειστού τύπου ή ακόμη και πιο γενικές)

### **Αξιολόγηση της δραστηριότητας (από τους μαθητές)**

| Ποια είναι η γνώμη σου γενικά για τη δραστηριότητα                                                                                     | Υψηλή        | Μέτρια                                 | Χαμηλή                              |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|----------------------------------------|-------------------------------------|
| Η δραστηριότητα σε βοήθησε να <b>εμπλουτίσεις</b> τις γνώσεις σου σχετικά με το αντικείμενο και να λύσω και αρκετές <b>απορίες</b> σου | Πολύ         | Μέτρια                                 | Καθόλου                             |
| Προσπάθησε να ταξινομήσεις τα στάδια της δραστηριότητας με σειρά αυξανόμενου <b>ενδιαφέροντος</b>                                      | Η έρευνα     | Η συζήτηση μεταξύ των μελών της ομάδας | Η τελική συζήτηση μεταξύ των ομάδων |
| Εάν συγκρίνεις αυτόν τον τρόπο                                                                                                         | Ενδιαφέροντα | Μέτριο                                 | Αδιάφορο                            |

|                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                               |                                                                   |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|
| προσέγγισης του συγκεκριμένου αντικειμένου της φυσικής με τη <b>παραδοσιακή</b> διδασκαλία, τον χαρακτηρίζεις |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                               |                                                                   |
| Ο <b>χρόνος</b> που διατέθηκε για τη δραστηριότητα πιστεύεις πως ήταν                                         | Υπερβολικός                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Επαρκής                                       | Ανεπαρκής                                                         |
| Στη δραστηριότητα σε <b>δυσκόλεψε (προβλημάτισε)</b> περισσότερο                                              | Η φυσική που συνάντησες                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Τα ιστορικά στοιχεία                          | Τα τεχνικά ζητήματα που εμπλέκονται και οι όροι                   |
| Η δραστηριότητα βελτίωσε την <b>άποψη</b> που έχεις για τη φυσική                                             | Πολύ                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Λίγο                                          | καθόλου                                                           |
| Στο <b>περιεχόμενο</b> της δραστηριότητας σου άρεσε περισσότερο                                               | Η σχέση της πυρηνικής φυσικής με την τεχνολογία                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Η σχέση της πυρηνικής φυσικής με την κοινωνία | Οι λεπτομέρειες που αφορούν κυρίως τη πυρηνική φυσική ως επιστήμη |
| Στη <b>διαδικασία</b> της δραστηριότητάς σου άρεσε                                                            | Η συνεργασία με τους συμμαθητές σου                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Η συνεργασία με τον καθηγητή σας              | Οι πολλές πληροφορίες που συνάντησες                              |
| Προσπάθησε να ταξινομήσεις με σειρά <b>αυξανόμενου ενδιαφέροντος</b> μερικά από τα θέματα που συζητήθηκαν     | Α) Ρύπανση του περιβάλλοντος – Φαινόμενο θερμοκηπίου – Μελλοντικό ενεργειακό πρόβλημα<br>Β) Πυρηνική σχάση και εφαρμογές – Πυρηνική σύντηξη και εφαρμογές<br>Γ) Πυρηνική ενέργεια, Υγεία και Περιβάλλον (Ακτινοβολία – Αποβλήτα - Ασφάλεια Πυρηνικών εργοστασίων )<br>Δ) Άλλο (μπορείς να σημειώσεις ότι άλλο βρήκες ενδιαφέρον) |                                               |                                                                   |

### **Για τον καθηγητή**

#### **Μετά την 1<sup>η</sup> φάση:**

(Ο επιβλέπων καθηγητής συναντάται με εκπροσώπους των ομάδων)

- Α. Οι μαθητές έχουν κινηθεί στις σωστές κατευθύνσεις και έχουν βρει αρκετά στοιχεία
- Β. Οι μαθητές ακολούθησαν απλώς τις οδηγίες και δεν ασχολήθηκαν ιδιαίτερα
- Γ. Οι μαθητές ασχολήθηκαν ελάχιστα με αυτή τη φάση ή ασχολήθηκαν μόνο από ανησυχία για επιπτώσεις στο βαθμό τους
- Δ. Οι μαθητές αδιαφόρησαν πλήρως για τη φάση αυτή

### **Μετά την 2<sup>η</sup> φάση:**

*(Ο επιβλέπων καθηγητής αξιολογεί την επίδραση του πρόσθετου υλικού στους μαθητές)*

- A. Οι μαθητές ενθουσιάστηκαν με το ενημερωτικό υλικό και αναζήτησαν κι άλλο
- B. Οι μαθητές αντιμετώπισαν το ενημερωτικό υλικό ως απόσπασμα εξέτασης και ασχολήθηκαν αναγκαστικά
- Γ. Οι μαθητές αδιαφόρησαν με το ενημερωτικό υλικό
- Δ. Οι μαθητές κράτησαν αρνητική στάση χαρακτηρίζοντας τη διαδικασία «άχρηστη για τις εισαγωγικές εξετάσεις»

### **Μετά την 3<sup>η</sup> φάση:**

*(Ο επιβλέπων καθηγητής αξιολογεί τη συζήτηση μεταξύ των μαθητών)*

- A. Οι μαθητές παρουσίασαν μια συζήτηση στην οποία όλα τα εμπλεκόμενα μέρη είχαν μεγάλη συμμετοχή
- B. Οι μαθητές παρουσίασαν μια συζήτηση στην οποία υπήρχε συμμετοχή, αλλά υπήρχαν και μεμονωμένες περιπτώσεις μαθητών που αδιαφορούσαν
- Γ. Οι μαθητές παρουσίασαν μια συζήτηση που έδειχνε πως (πλην ελάχιστων εξαιρέσεων) είχαν ασχοληθεί λίγο έως καθόλου με το αντικείμενο

### **Μετά την 4<sup>η</sup> φάση:**

*(Ο επιβλέπων καθηγητής κάνει επιστημονικές ερωτήσεις που σχετίζονται με τη δραστηριότητα)*

- A) Σε θέματα γενικού ενδιαφέροντος
  - B) Σε θέματα φυσικής (ανάκληση όρων, εννοιών, τύπων)
  - Γ) Σε θέματα που σχετίζονται με άλλα μαθήματα
- Οι μαθητές έδωσαν αποδεκτές απαντήσεις στις περισσότερες των ερωτήσεων
- Οι μαθητές έδωσαν περισσότερες αποδεκτές απαντήσεις στην κατηγορία A
- Οι μαθητές έδωσαν περισσότερες αποδεκτές απαντήσεις στην κατηγορία B
- Οι μαθητές έδωσαν περισσότερες αποδεκτές απαντήσεις στην κατηγορία Γ

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

### Η ΕΡΓΑΣΙΑ ΤΗΣ ΠΥΡΗΝΙΚΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΣΤΗΝ ΤΟΥΡΚΙΑ

#### 4.1. Εισαγωγή: Το πυρηνικό πρόγραμμα της Τουρκίας

Το 1996 ανακοινώθηκε από την τότε Τουρκική κυβέρνηση η κατασκευή ενός πυρηνικού αντιδραστήρα στη νότια Τουρκία, στην περιφέρεια της Μερσίνας και συγκεκριμένα στην περιοχή του *Akkuyu*. Με νωπές τις αναμνήσεις του σοβαρού πυρηνικού ατυχήματος στο Τσέρνομπιλ, δέκα χρόνια πριν, οι διάφορες περιβαλλοντικές οργανώσεις σε όλο τον κόσμο εκδήλωναν έντονες αντιδράσεις σε όλα τα προγράμματα κατασκευής πυρηνικών εργοστασίων. Στις αντιδράσεις, τονίζονταν, πέρα από την πιθανότητα νέου ατυχήματος, κυρίως τα σοβαρά προβλήματα διαχείρισης και αποθήκευσης των πυρηνικών αποβλήτων, αλλά και τα υψηλά «κρυφά» κόστη των πυρηνικών εγκαταστάσεων, καθώς και το γεγονός ότι τα εργοστάσια πυρηνικής ενέργειας είναι σε θέση να παρασκευάσουν πλουτώνιο για στρατιωτική χρήση. Η σχέσεις ενός κράτους με τα γειτονικά του σε συνδυασμό με την πιθανότητα πολιτικής αστάθειας στο εσωτερικό του, αποτελούν παράγοντες επιπλέον ανησυχίας.

Στην περίπτωση της Τουρκίας, ένας ακόμη παράγοντας, ήρθε να προστεθεί στα προβλήματα του προγράμματος κατασκευής του πυρηνικού αντιδραστήρα: η περιοχή είναι ιδιαίτερα *σεισμογενής*, με ένα πρόσφατο – τότε – σεισμό μεγέθους 6,2 της κλίμακας Richter να έχει πλήξει την περιοχή των Αδάνων, που απέχουν 180 χιλιόμετρα από την περιοχή που προοριζόταν για το πυρηνικό εργοστάσιο<sup>1</sup>. Ο αντιδραστήρας του Ακουγιού είχε σχεδιαστεί ώστε να αντέχει σε σεισμούς έως και 6,5 βαθμών της κλίμακας Ρίχτερ, όμως η πιθανότητα ενός ισχυρότερου προκαλεί ανησυχία<sup>2</sup>. Αποτέλεσμα ήταν να ακυρωθεί το πρόγραμμα το 2000<sup>3</sup>, αν και αυτό το γεγονός τελικά αποδείχθηκε προσωρινό.

Το 2006, η Τουρκική κυβέρνηση επανάφερε το θέμα της κατασκευής πυρηνικού αντιδραστήρα και ένα χρόνο αργότερα το Τουρκικό κοινοβούλιο ψήφισε ένα νόμο σχετικό

---

<sup>1</sup> «An Analysis and Visualization of the Risk Associated with the Potential Failure of Nuclear Reactors in Turkey», εργασία των John Taylor, (*Centre for Resource and Environmental Studies, Australian National University*) και Stuart Ramsden, (*Australian National University Supercomputer Facility*), 1993, για λογαριασμό της οικολογικής οργάνωσης Greenpeace ([http://anusf.anu.edu.au/anusf\\_visualization/viz\\_showcase/John\\_Taylor/Turkey/](http://anusf.anu.edu.au/anusf_visualization/viz_showcase/John_Taylor/Turkey/))

<sup>2</sup> Δελτίο τύπου της Greenpeace: <http://archive.greenpeace.org/pressreleases/nucreact/1999sep9.html>

<sup>3</sup> <http://www.cnp.ca/media/turkey-cancellation-07-00.html>

με τα εργοστάσια παραγωγής πυρηνικής ενέργειας, για την κατασκευή τους, την πώληση ηλεκτρικής ενέργειας, τη διαχείριση των αποβλήτων και τον τερματισμό της λειτουργίας τους<sup>4</sup>. Τον Απρίλιο του 2011, λίγο καιρό μετά το πυρηνικό ατύχημα στη Φουκουσίμα της Ιαπωνίας και παρά την περιβαλλοντική καταστροφή που ακολούθησε, η επιτροπή που έχει αναλάβει την επίβλεψη του έργου προχώρησε στο επόμενο βήμα που ήταν η ακριβής οριοθέτηση του χώρου των εγκαταστάσεων. Στην τελική συμφωνία που υπογράφηκε, προβλέπεται ότι το κόστος κατασκευής και εγκατάστασης του σταθμού θα αναλάβει εξ ολοκλήρου η Ρωσία, η οποία θα έχει την πλήρη εκμετάλλευση και τον έλεγχο του αντιδραστήρα. Στο μέλλον θα μπορέσουν και τουρκικές επιχειρήσεις να μετάσχουν σε μια μορφή κοινοπραξίας χωρίς όμως ποτέ να ξεπεράσουν το 49% των μετοχών.

## **4.2 Η έρευνα για τα θέματα της πυρηνικής φυσικής στην Τουρκία**

Φαίνεται από τα προηγούμενα ότι η γειτονική χώρα ετοιμάζεται με γρήγορους ρυθμούς να προχωρήσει στην εποχή της πυρηνικής ενέργειας. Έχοντας αυτά τα δεδομένα υπόψη, αναζητήθηκαν αντιλήψεις Τούρκων φοιτητών πάνω στα θέματα των δύο ερωτηματολογίων που χρησιμοποιήθηκαν στην έρευνα πυρηνικής φυσικής και η σύγκριση των αποτελεσμάτων με τα αντίστοιχα της έρευνας που πραγματοποιήσαμε στο Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων.

Στην Τουρκία (όπως και στην Ελλάδα) το λύκειο περιλαμβάνει μαθητές ηλικιών 15 – 18. Στις τρεις τελευταίες τάξεις, τα μαθήματα φυσικής και χημείας είναι είτε υποχρεωτικά είτε προαιρετικά, ανάλογα με το είδος του σχολείου και την κατεύθυνση που επιλέγουν οι μαθητές. Τα «Science High Schools (Fen Lisesi)» εστιάζουν στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών και τα μαθήματα της φυσικής και της χημείας είναι υποχρεωτικά. Από τη σχολική περίοδο 2010 – 2011, οι μαθητές επιλέγουν τα μαθήματα που θα παρακολουθήσουν ανάλογα με το αντικείμενο που θα σπουδάσουν στην ανώτερη ή ανώτατη εκπαίδευση. Το σύστημα πάντως αυτό δεν διαφέρει ουσιαστικά από ότι ίσχυε προηγουμένως.

Η πυρηνική επιστήμη συναντάται στο αναλυτικό πρόγραμμα τόσο της φυσικής όσο και της χημείας στα Γενικά Λύκεια (Lisesi), στα λύκεια της Ανατολίας (Anadolu Lisesi) και στα «Science High Schools», στις δύο τελευταίες τους τάξεις (από το 2011). Σημειώνεται πάντως ότι και η πυρηνική φυσική και η πυρηνική χημεία βρίσκονται στο τέλος των σχολικών συγγραμμάτων. Γι αυτό το λόγο είναι πολύ πιθανό οι καθηγητές να μη δίνουν

---

<sup>4</sup> <http://www.taek.gov.tr/eng/services/206-akkuyu-nuclear-power-plant/789-akkuyu-nuclear-power-plant.html>

επαρκή σημασία σε αυτά τα αντικείμενα ή να μη προλαβαίνουν να τα διδάξουν. Το δείγμα των τούρκων φοιτητών είχε διδαχθεί σύμφωνα με αυτά τα προηγούμενα αναλυτικά προγράμματα στα οποία η πυρηνική φυσική και χημεία δεν είχε την απαραίτητη προβολή. Έτσι, η σχετική γνώση των φοιτητών του δείγματος της έρευνας θεωρήθηκε από τους Τούρκους ερευνητές ότι θα ήταν ελλιπής.

#### 4.2.1 Ο σχεδιασμός της έρευνας

Σε συνεννόηση του επιβλέποντα καθηγητή κ.Τσαπαρλή με την καθηγήτρια κ.Canan Nakiboğlu, σχεδιάστηκε η πραγματοποίηση της ίδιας έρευνας και σε τμήματα του Πανεπιστημίου του Balıkesir. Η κ.Nakiboğlu έχει πραγματοποιήσει και άλλη έρευνα<sup>5</sup> σε θέματα διδακτικής στην Πυρηνική Φυσική με αντικείμενο τις *παρανοήσεις*.

Αρχικά, ο γράφων μετέφρασε τα κείμενα των δύο ερωτηματολογίων, καθώς και τις αντίστοιχες ερωτήσεις, όσο το δυνατόν πιο πιστά σε σχέση με τα πρωτότυπα, στην αγγλική. Τα ερωτηματολόγια συνοδεύονταν από οδηγίες βαθμολόγησης που περιλάμβαναν αναλυτικά τον τρόπο με τον οποίο θα αξιολογούνταν κάθε ερώτηση, έτσι ώστε αυτός να ταυτίζεται με αυτόν που εφαρμόστηκε στην αξιολόγηση των απαντήσεων των Ελλήνων φοιτητών. Να σημειωθεί ότι η βαθμολόγηση αφορούσε τις αρχικές ερωτήσεις, αυτές δηλαδή των ερωτηματολογίων και όχι μετά την ομαδοποίηση – όπου αυτή έγινε – στην έρευνα του γράφοντος. Το βαθμολογικό σχήμα, όπου κρίθηκε αναγκαίο, βασίστηκε σε ελληνική και διεθνή βιβλιογραφία – κυρίως – με τις αντίστοιχες παραπομπές, όπως αυτές παρατίθενται στο τέλος του κειμένου.

Μετά από ένα διάστημα μερικών μηνών, η κ.Nakiboğlu έστειλε αρχικά ένα *δείγμα* 20 συμπληρωμένων και αξιολογημένων ερωτηματολογίων μεταφρασμένων στα *αγγλικά* με σκοπό να *αξιολογηθούν* οι απαντήσεις και από τον γράφοντα και να εντοπιστούν τυχόν παρεκκλίσεις από το προτεινόμενο κοινό βαθμολογικό σχήμα.

Οι φοιτητές που συμμετείχαν στην έρευνα του τουρκικού πανεπιστημίου προέρχονταν από το Τμήμα Φυσικής (Physics, N = 37), Διδακτικής της Φυσικής (Physics Education, N = 48), Διδακτικής των ΦΕ (Science Education, N = 85) και από Τμήμα αντίστοιχο Παιδαγωγικού Δημοτικής Εκπαίδευσης (Primary Education, N = 103). Συνολικά, N = 273 φοιτητές πήραν μέρος στην έρευνα. Σύμφωνα με στοιχεία που δόθηκαν, η γνώση τους σε θέματα πυρηνικής φυσικής περιοριζόταν σε ότι είχαν διδαχθεί στη δευτεροβάθμια εκπαί-

---

<sup>5</sup> Nakiboğlu, C. & Tekin, B.B. (2006). Identifying students' misconceptions about nuclear chemistry: A study of Turkish high school students. *Journal of Chemical Education*, 83, 1712-1718.



δευση. Με την εξαίρεση των φοιτητών του Παιδαγωγικού τμήματος, οι φοιτητές είχαν ακολουθήσει την «Επιστημονική» (όπως μπορεί να χαρακτηριστεί) κατεύθυνση και είχαν παρακολουθήσει υποχρεωτικά μαθήματα φυσικής και χημείας κατά τις τρεις τελευταίες τάξεις του σχολείου. Οι φοιτητές του Παιδαγωγικού τμήματος προέρχονταν κυρίως από την κατεύθυνση «Γλώσσα και Μαθηματικά» και πολύ λιγότερο από την «Επιστημονική», επομένως δεν είχαν υποχρεωτικά μαθήματα τη φυσική και τη χημεία (δηλαδή κάτι αντίστοιχο με τη «Θεωρητική κατεύθυνση» του ελληνικού λυκείου). Ακόμη, να σημειωθεί ότι ο βαθμός πρόσβασης των φοιτητών που προέρχονταν από τα τμήματα διδακτικής ήταν *υψηλότερος* αυτών που προέρχονταν από το τμήμα φυσικής (επίσης αντίστοιχο με το ελληνικό δείγμα)

#### 4.2.2 Παρατηρήσεις από το πρώτο δείγμα – Μερικές διαφορές στη βαθμολόγηση

##### Μέρος 1<sup>ο</sup> : Απεμπλουτισμένο ουράνιο

Διαπιστώθηκε ότι σε γενικές γραμμές υπήρξε συμφωνία μεταξύ των αξιολογήσεων στο αρχικό δείγμα. Υπήρξαν βέβαια αποκλίσεις μεταξύ του γράφοντα και των Τούρκων συναδέλφων, αλλά ήταν λίγες. Οι κυριότερες αφορούσαν τις ακτίνες X για την ερώτηση **10** (*ιατρικές διαγνωστικές και θεραπευτικές εφαρμογές της πυρηνικής φυσικής*) από το ερωτηματολόγιο του *απεμπλουτισμένου ουρανίου*. Στις περισσότερες απαντήσεις αναφερόταν οι ακτίνες X ως διαγνωστική ή θεραπευτική εφαρμογή της πυρηνικής φυσικής, όπως για παράδειγμα στην ακόλουθη απάντηση που δόθηκε:

«A chest X-ray and mammography» (*Ακτινογραφία θώρακος και μαστογραφία*)

Στην ερώτηση «Πως εξηγείται με όρους φυσικής η μεγάλη παραγωγή ενέργειας κατά τις πυρηνικές αντιδράσεις» (είναι κοινή και στα δύο ερωτηματολόγια, **2c** του απεμπλουτισμένου και **3** του ITER) η απάντηση:

«Atom bomb is a nuclear energy. Huge energy is released at the end of the variety reactions. Einstein gained more data concerning this matter»

(*Η ατομική βόμβα είναι μια πυρηνική ενέργεια. Τεράστια ενέργεια απελευθερώνεται μετά το τέλος των ποικίλων αντιδράσεων. Ο Αϊνστάιν έδωσε περισσότερα δεδομένα σχετικά με αυτό το γεγονός*)

βαθμολογήθηκε με «2» (μερικώς αποδεκτή), καθώς ο βαθμολογητής – όπως σχολίασε – έκρινε θετικά την αναφορά στο όνομα του Αϊνστάιν, ενώ ο γράφων την βαθμολόγησε με

«1» (μη αποδεκτή) καθώς, πέρα από το προηγούμενο γεγονός, περιλαμβάνει πλήθος ασαφειών και τίποτε σχετικό με την ερώτηση.

Στη συνέχεια εξετάζονται και σχολιάζονται μερικές απαντήσεις των Τούρκων φοιτητών, η βαθμολόγηση που προτάθηκε από τους Τούρκους βαθμολογητές και η αντίστοιχη βαθμολόγηση του γράφοντος. Η δραστηριότητα αυτή αφορά, όπως είναι φυσικό, *μόνο το δείγμα των ερωτηματολογίων που είχε ο γράφων στη διάθεσή του για αξιολόγηση*. Τα σχόλια που συνοδεύουν τις αξιολογήσεις μου, κοινοποιήθηκαν στην κ. Nakiboğlu, οπότε θεωρείται ότι στη **τελική** συνολική βαθμολόγηση όλων των υπόλοιπων ερωτηματολογίων, *έχουν ληφθεί υπόψη*.

#### **Ερ 1a<sup>6</sup>. (τι είναι ισότοπα και τι ραδιοϊσότοπα)**

Απάντηση: Radioisotopes are isotopes that have the same radioactive effects. (τα ραδιοϊσότοπα είναι ισότοπα με τα ίδια ραδιενεργά αποτελέσματα).

Η απάντηση αυτή βαθμολογήθηκε με 2 (μερικώς αποδεκτή), όμως ο Τούρκος βαθμολογητής συμπληρώνει:

(Regarding radioisotopes, I think student defines radioisotope concept with a similar way like concept of isotope. If we examine her answer from this perspective, it can be said that student know that radioisotope is radioactive. If we accept this perspective is correct it can be rated 3.)

(Σχετικά με τα ραδιοϊσότοπα, νομίζω ότι η φοιτήτρια προσδιορίζει την έννοια του ραδιοϊσοτόπου με ένα τρόπο παρόμοιο με τα ισότοπα. Αν εξετάσουμε την απάντηση της από αυτή την διάσταση μπορεί να ειπωθεί ότι η φοιτήτρια γνωρίζει πως ένα ραδιοϊσότοπο είναι ραδιενεργό. Αν θεωρήσουμε αυτή τη άποψη σωστή, μπορεί να βαθμολογηθεί με 3)

Η ερώτηση αυτή αποτελείται από δύο σκέλη (ισότοπα, ραδιοϊσότοπα), επομένως λαμβάνεται υπόψη και το πρώτο σκέλος, το οποίο στη συγκεκριμένη απάντηση ήταν σωστό. Στη συγκεκριμένη περίπτωση υπήρξε συμφωνία μεταξύ του γράφοντος και του Τούρκου βαθμολογητή.

#### **Ερ. 1b. (Πως ονομάζονται στην πυρηνική φυσική και στην χημεία οι αριθμοί 235 και 238 και τι εκφράζουν;)**

---

<sup>6</sup> Η χρήση λατινικών χαρακτήρων έμεινε ως είχε στην περίπτωση των ερωτηματολογίων που συμπλήρωσαν οι τούρκοι φοιτητές. Η αντιστοιχία τους με τα ερωτηματολόγια στα ελληνικά είναι προφανής

Απάντηση: Mass number (μαζικός αριθμός)

Η απάντηση αυτή βαθμολογήθηκε από τον Τούρκο συνάδελφο με 3, ενώ ο γράφων την αξιολόγησε με 2, αφού λείπει η σημασία του αριθμού (άθροισμα των νουκλεονίων)

**Ερ. 2b. (Ομοιότητα και διαφορές ανάμεσα στην πυρηνική αντίδραση κατά την έκρηξη μιας ατομικής βόμβας και της αντίδρασης σε ένα πυρηνικό αντιδραστήρα)**

Απάντηση: Similarity: Both of them are harmful for environment and human being

(ομοιότητα: και τα δύο είναι βλαβερά για το περιβάλλον και τους ανθρώπους)

Σε αυτή την ερώτηση η κ. Nakiboğlu σημείωσε:

«I have seen that you gave a note as following about environment issue for this question:

Note: A very common answer found was about environment issues, for example, “in the nuclear reactor there are not direct environmental problems to consider”. Right or wrong, such answers showing very interesting alternative ideas and conceptions.

But you did not mention how these answers would be rated. So I could not rate this answer. Could you explain rating about it, please?»

(μετάφραση: Είδα ότι δώσατε μια παρατήρηση σχετικά με τα θέματα περιβάλλοντος σε αυτή την ερώτηση:

Παρατήρηση<sup>7</sup>: Μια πολύ κοινή απάντηση που καταγράφηκε αφορούσε περιβαλλοντικά θέματα, για παράδειγμα, «στον πυρηνικό αντιδραστήρα δεν υπάρχουν άμεσα περιβαλλοντικά προβλήματα να λάβουμε υπόψη μας». Σωστές ή λανθασμένες, τέτοιου είδους απαντήσεις εμφανίζουν πολύ ενδιαφέρουσες εναλλακτικές ιδέες και αντιλήψεις.

Όμως, δεν σημειώσατε πως θα βαθμολογηθούν αυτές οι απαντήσεις, με αποτέλεσμα να μην μπορώ και εγώ. Μπορείτε να εξηγήσετε σχετικά;)

Στο βαθμολογικό σχήμα, δεν είχα δώσει τον τρόπο με τον οποίο θα βαθμολογούνταν αυτή η απάντηση, των ομοιοτήτων και των διαφορών. Όντως, για την αξιολόγηση αυτό είναι ένα πρόβλημα. Στην επικοινωνία με την κ. Nakiboğlu διευκρινίστηκε ότι πράγματι δεν υπήρξε βαθμολόγηση σε αυτές τις απαντήσεις και ότι στην περίπτωση των φοιτητών των ελληνικών τμημάτων έγινε τελικά μόνο καταγραφή των απόψεων. Υποθέτω πως αν επαναλαμβανόταν αυτή η έρευνα μετά τα όσα συνέβησαν στην Ιαπωνία στο πρόσφατο α-

---

<sup>7</sup> Είναι παρατήρηση του γράφοντος

τύχημα στη Φουκουσίμα, σε αυτή τη συγκεκριμένη ερώτηση θα είχαμε πάρα πολλές απαντήσεις σαν κι αυτή. Μπορούμε να αξιολογήσουμε μια τέτοια απάντηση ως λανθασμένη; Στην περίπτωση των Ελλήνων φοιτητών, αξιολογήθηκαν οι απαντήσεις που περιείχαν μόνο επιστημονικούς όρους, δίνοντας προσοχή στο πώς έγινε η «διαχείριση» αυτών των όρων. Απαντήσεις όπως αυτή αντιμετωπίστηκαν ως αντιλήψεις και δεν βαθμολογήθηκαν

**Ερ 4α (Τι εννοούμε με τους όρους ραδιενεργό υλικό και ραδιενέργεια),** οι απαντήσεις:

Απάντηση: «By the term *radioactive material* we mean it can be the material obtained from uranium or similar to uranium»

(Με τον όρο ραδιενεργό υλικό εννοούμε το υλικό που παράγεται από το ουράνιο ή αντίστοιχο με το ουράνιο)

και

Απάντηση: «By the term *nuclear radiation* we mean Beam (radiation) is emitted with effects of uranium»

(με τον όρο ραδιενέργεια εννοούμε ακτίνα (ακτινοβολία) που παράγεται με επιπτώσεις του ουρανίου)

χαρακτηρίστηκαν ως ασαφείς, και αξιολογήθηκαν ως μη αποδεκτές. Παρόλα αυτά διατηρώ μια επιφύλαξη στο κατά πόσον έγινε πιστή μεταφορά των λέξεων που χρησιμοποίησαν οι φοιτητές από τα τουρκικά στα αγγλικά.

Στην ερώτηση 5 (**Τι σημαίνει η φράση «πυρηνικά απόβλητα»**), μια απάντηση που δόθηκε, ήταν:

Απάντηση: A waste is the remnant that while obtaining nuclear energy

(απόβλητο είναι ότι απέμεινε από τη διαδικασία να πάρουμε πυρηνική ενέργεια)

Η απάντηση αυτή παρότι δεν είναι λανθασμένη, εν τούτοις είναι γενική και ελλιπής

Σε μια άλλη όμως απάντηση:

Απάντηση: It is occurred at the end of explosion and harmful for environment.

(προκύπτει στο τέλος της έκρηξης και είναι βλαβερή για το περιβάλλον)

Δεν υπάρχει κάποιο στοιχείο που να τη χαρακτηρίζει σωστή, αναφέρεται σε «έκρηξη» και θα μπορούσε κάλλιστα να αποτελεί απάντηση σε οποιαδήποτε ερώτηση σχετική με χημικό πόλεμο ή ατύχημα

**Ερώτηση 6. (Πώς το ραδιενεργό ουράνιο περνάει στη τροφική αλυσίδα;)**

Απάντηση: It enters the food chain through the water-carrying zone

*(περνάει στην τροφική αλυσίδα μέσω του υδροφόρου ορίζοντα)*

Η απάντηση αυτή ουσιαστικά επαναλαμβάνει την ερώτηση.

Σε μια άλλη απάντηση, στην ίδια ερώτηση:

Απάντηση: It can be transferred by means of water-carrying zone and water. It enters soil.

*(Μπορεί να μεταφερθεί μέσω του υδροφόρου ορίζοντα και του νερού. Εισέρχεται στο έδαφος)*

Η απάντηση είναι ανεπαρκής, αναπαράγεται η ερώτηση.

Στην ερώτηση **8a (τι είναι τα σωματίδια α)**, μια φοιτήτρια ανέφερε απλώς ότι:

Απάντηση: The mass number decreases 4, proton number decreases 2.

*(ο μαζικός αριθμός ελαττώνεται κατά 4 και ο αριθμός των πρωτονίων κατά 2)*

Προφανώς δεν είναι πλήρης απάντηση, όμως παρουσιάζονται μέσα από την απάντηση τα συστατικά του πυρήνα ηλίου. Αξιολογήθηκε ως «μη αποδεκτή» από τον τούρκο βαθμολογητή, ενώ η δική μου αξιολόγηση ήταν «μερικώς αποδεκτή».

Ακόμη, στην ερώτηση **8d (Γνωρίζεις άλλο είδος ραδιενεργού ακτινοβολίας και τι είναι αυτό;)**, ο φοιτητής απάντησε:

Απάντηση: «Beta positrons, UV»

Τα ποζιτρόνια (ακτινοβολία β+) είναι είδος ραδιενεργού ακτινοβολίας, αλλά οι υπεριώδεις ακτίνες (UV) αποτελούν (συνήθην) παρανόηση ως τύπος ραδιενεργού ακτινοβολίας, επομένως δεν μπορεί να θεωρηθεί σωστή η απάντηση στο σύνολό της.

**Ερώτηση 11. (Όρια ακτινοβολίας για πυρηνικούς εργάτες και γενικό πληθυσμό)**

Απάντηση: Nuclear plants damages to people

*(τα πυρηνικά εργοστάσια προκαλούν βλάβες στους ανθρώπους)*

Δεν περιέχει κανένος είδους εξήγηση, επομένως αξιολογήθηκε ως μη αποδεκτή

**Μέρος 2<sup>ο</sup> αντιδραστήρας ITER**

**Ερώτηση 10c:** Υπήρξαν απορίες από τον βαθμολογητή για το πώς θα βαθμολογούνταν απαντήσεις όπως η ακόλουθη που δόθηκε:

Απάντηση: More reliable, cheaper, cleaner, and environmentally friendly (πιο αξιόπιστοι, φθηνότεροι, καθαρότεροι και φιλικόι στο περιβάλλον)

NOTE: You have written explanations about the categorization of students' answer as following:

*“Note: There is no 3 to 1 evaluation in this question, since we would like to explore students' perceptions. Many sources refer the advantages cited above as the most important, so the answers classified according to these (four categories). Answers which were wrong or unacceptable formed another category. Sixth category was those who didn't answer.”*

But, I could not understand exactly how rated four categories aforementioned. Could you give me examples? For example, **how** can we rate this students' answer 2 or 1?

Και η κ. Nakiboğlu συνεχίζει:

*Έχετε εξηγήσει την κατηγοριοποίηση των απαντήσεων των φοιτητών ως εξής:*

«Δεν υπάρχει κλίμακα αξιολόγησης 1 έως 3 σε αυτή την ερώτηση, αφού θέλαμε να εξερευνήσουμε τις αντιλήψεις των φοιτητών. Πολλές πηγές αναφέρουν τα πλεονεκτήματα που σημειώνονται στην προηγούμενη απάντηση ως τα πλέον σημαντικά, επομένως οι απαντήσεις ταξινομήθηκαν σύμφωνα με αυτές τις τέσσερις κατηγορίες. Οι απαντήσεις που ήταν λάθος ή ήταν μη αποδεκτές αποτέλεσαν μια άλλη κατηγορία. Και μια έκτη κατηγορία ήταν αυτοί που δεν έδωσαν απάντηση»

*Αλλά, δεν μπορούσα να καταλάβω πως ακριβώς βαθμολογήσατε τις τέσσερις κατηγορίες που αναφέρθηκαν προηγουμένως. Μπορείτε να δώσετε παραδείγματα; Για παράδειγμα, πως θα βαθμολογούσαμε αυτή την απάντηση, 2 ή 1?*

Διαπιστώνεται από την προηγούμενη παρέμβαση μια επιμονή στη βαθμολόγηση απαντήσεων που έχουν ενδιαφέρον κυρίως για το περιεχόμενό τους. Η απάντηση που δόθηκε στο ερώτημα της κ. Nakiboğlu ήταν η ακόλουθη:

«Ναι, είναι πολύ δύσκολο να βαθμολογηθεί (είναι 2 ή 1 – ή μήπως 3;). Για να είμαι ειλικρινής, όταν έφτιαχνα αυτό το ερωτηματολόγιο, δεν μπορούσα να φανταστώ ότι θα ήταν τελικά τόσο δύσκολη η αξιολόγηση των απαντήσεων σε **αυτή** την ερώτηση. Μια βασική αιτία προέρχεται από την *ίδια* την ερώτηση: «Σύμφωνα με τους υποστηρικτές των προγραμμάτων πυρηνικής ενέργειας, έχουν σημαντικά πλεονεκτήματα έναντι των συμβατικών καυσίμων». Αυτό σημαίνει ότι οι φοιτητές θα έπρεπε να σκεφτούν γιατί οι υποστηρικτές των πυρηνικών προγραμμάτων **υποστηρίζουν** αυτές τις ιδέες. Έτσι, κάποιες απαντήσεις, μπορεί να θεωρηθούν ορθές ή λανθασμένες ανάλογα από την οπτική γωνία με την οποία κανείς τις α-

ντιμετωπίζει, αλλά νομίζω πως βαθμολογώντας τις, χάνουμε το σημαντικότερο μέρος, που είναι οι αντιλήψεις των φοιτητών

Εξετάζοντας για παράδειγμα κάθε κατηγορία αυτής της απάντησης:

Αξιόπιστοι: τι σημαίνει γι αυτή την φοιτήτρια; Θεωρεί ότι οι αντιδραστήρες δεν «μένουν» από καύσιμα ή δεν παθαίνουν βλάβες;

Φθηνοί: Το ουράνιο είναι φθηνότερο από το πετρέλαιο; Ή ο λόγος ενέργειας/κόστους είναι υψηλότερος στους πυρηνικούς αντιδραστήρες;

Καθαροί και περιβαλλοντικά φιλικοί: Λαμβάνοντας υπόψη τα ατυχήματα στη Φουκουσίμα και στο Τσέρνομπιλ, η απάντηση θα είναι «όχι», αλλά από την άλλη, μπορούμε να παραβλέψουμε τις αντιλήψεις ενός φοιτητή για τη ρύπανση από τα συμβατικά καύσιμα; Επομένως, τελικά η απάντηση βαθμολογείται με ένα «2»; Δύσκολο να πει κανείς.

Από τη στιγμή που είναι μια ερώτηση ανοικτού τύπου, έχει το πλεονέκτημα για τον ερευνητή να χειριστεί τις απαντήσεις όπως αυτός/ή θέλει. Επομένως, κατέγραψα όλες αυτές τις απαντήσεις (στη δική μου μελέτη) και προσπάθησα να κατηγοριοποιήσω αυτές τις απαντήσεις σε αντιλήψεις

*Για να δοθεί τελικά μια «λύση» σε αυτή τη διαφωνία, καταγράφηκαν και ομαδοποιήθηκαν όλες οι απαντήσεις των Τούρκων φοιτητών (από αυτές που είχα στη διάθεσή μου). Πως διαχειρίστηκαν οι φοιτητές αυτή την ερώτηση: (απαντήσεις από τα ερωτηματολόγια της κ.Νακίμπογλου)*

- A nuclear plant does not pollute the atmosphere. Much more energy emits compared to conventional fuels (*Ένα πυρηνικό εργοστάσιο δεν μολύνει την ατμόσφαιρα. Παράγεται περισσότερη ενέργεια σε σύγκριση με τα συμβατικά καύσιμα*)
- More reliable, cheaper, cleaner, and environmentally friendly (*πιο αξιόπιστοι, φθηνότεροι, καθαρότεροι και φιλικοί στο περιβάλλον*)
- It is an inexhaustible source and it damages to environmental fewer compared to others (*είναι ανεξάντλητη πηγή και καταστρέφει λιγότερο το περιβάλλον συγκρινόμενη με άλλους – εννοεί τρόπους*)
- Much more energy can obtain within fewer periods (*Πολύ περισσότερη ενέργεια σε λιγότερο χρόνο*)
- Nuclear energy solves the environmental pollution problem. On the other hand this can be real problem in the future if other conventional fuels are used (*Η*

πυρηνική ενέργεια λύνει το πρόβλημα της περιβαλλοντικής ρύπανσης. Από την άλλη αυτό μπορεί να είναι πραγματικό πρόβλημα στο μέλλον αν χρησιμοποιηθούν άλλα συμβατικά καύσιμα)<sup>8</sup>

- A nuclear plant energy is more clean and safety. Carbon/coal and carbon's chemical compounds are dangerous (Η ενέργεια ενός πυρηνικού εργοστασίου είναι πιο καθαρή και ασφαλής. Ο άνθρακας και οι χημικές του ενώσεις είναι επικίνδυνες)
- It does not cause air pollution (δεν προκαλεί ρύπανση του αέρα)

Βρήκα όλες αυτές τις αντιλήψεις πολύ ενδιαφέρουσες (και λογικές) και θεωρώ ότι είναι κατηγοριοποιήσιμες, χωρίς να υπάρχει λόγος «βαθμολόγησής» τους. Η κατηγοριοποίηση αυτή δεν σημαίνει απαραίτητα και αποδοχή των αντιλήψεων των φοιτητών από την πλευρά των ερευνητών.

#### **Ερ12. (Να κάνετε ένα κατάλογο των λέξεων κλειδιών γι αυτό το άρθρο)**

Μια τυπική καταγραφή λέξεων και εννοιών από πλευράς τούρκων φοιτητών ήταν η ακόλουθη:

Fission, fusion, atomic energy, new energy sources, radioactivity, nuclear energy.  
(σχάση, σύντηξη, ατομική ενέργεια, νέες πηγές ενέργειας, ραδιενέργεια, πυρηνική ενέργεια)

Στην παρατήρηση της κ. Nakiboğlu ότι δεν βαθμολογήθηκε αυτή η απάντηση, της εξήγησα:

«Όχι, δεν την βαθμολόγησα, γιατί ήθελα να δω ποιες λέξεις ή φράσεις επιλέχθηκαν από κάθε φοιτητή/τρια ως κομβικές. Το ίδιο και για τη δραστηριότητα 13 (ασαφείς έννοιες)»

#### **4.2.3 Παρατηρήσεις σε άλλες ερωτήσεις - απαντήσεις**

##### **Ερ.6a. (Τι γνωρίζετε για τη διάσπαση του ουρανίου)**

Απάντηση: Fission is a splitting reaction. The decomposition of uranium releases so much energy.

(Σχάση είναι μια αντίδραση διαχωρισμού. Η αποσύνθεση του ουρανίου ελευθερώνει τόση πολλή ενέργεια)

---

<sup>8</sup> Η απάντηση αυτή στο δεύτερο σκέλος της είναι ασαφής



Γι αυτή την απάντηση, ο τούρκος βαθμολογητής αναφέρει:

“It can be rated 3. I have rated as 2 since she has not mentioned about heavy nucleus.”

(μπορεί να βαθμολογηθεί με 3, τη βαθμολόγησα με 2 μια και δεν αναφέρει βαρύ πυρήνα)

Συμφώνησα με την παρατήρηση (λείπει η φράση ‘βαρύς πυρήνας’), επομένως τη βαθμολόγησα κι εγώ με 2 (μερικώς αποδεκτή απάντηση)

**Ερ.7. (Πως επιτυγχάνεται γενικά η παραγωγή ενός μαγνητικού πεδίου;)**

Απάντηση: It is produced with strong magnetic magnets.

(Παράγεται με ισχυρούς μαγνητικούς μαγνήτες) (βαθμολογήθηκε με 3, δηλαδή αποδεκτή). Όμως σημειώνεται:

NOTE: May be it can be rate 2 (μπορεί να βαθμολογηθεί με 2)

Συμφώνησα με τη σημείωση, δεδομένου ότι η φράση «μαγνητικοί μαγνήτες» είναι – τουλάχιστον – υπερβολή

**Ερ.8. (Τι σημαίνει «το υδρογόνο είναι ιοντισμένο»)**

Απάντηση: It is broken up and split into own pieces

(σπάει και χωρίζεται στα μέρη του). (βαθμολογήθηκε με 1)

Τέτοια φράση («το υδρογόνο σπάει») είναι λάθος. Από την άλλη, δεν αναφέρει τίποτε για ηλεκτρόνιο ή ηλεκτρικό φορτίο. Ορθά βαθμολογήθηκε με 1

Μια ενδιαφέρουσα απάντηση, κυρίως «τεχνικής» φύσης, δόθηκε από μια φοιτήτρια στην ερώτηση 5:

**Ερ.5: (Ποια άλλη μη ειρηνική χρήση της πυρηνικής ενέργειας έχει γίνει;)**

Απάντηση: Hydrogen bomb was used towards Japan during Second World War.

(βαθμολογήθηκε με 3)

(Υδρογονοβόμβα χρησιμοποιήθηκε εναντίον της Ιαπωνίας, κατά τον Β’ Παγκόσμιο Πόλεμο)

Ο Τούρκος βαθμολογητής σημειώνει:

*Note: Information is true, but the name of bomb is wrong. So it can be rated as 2. !–*

*(η πληροφορία είναι αληθής, αλλά το όνομα της βόμβας είναι λανθασμένο, έτσι μπορεί να βαθμολογηθεί με 2)*

Συμφώνησα με τη βαθμολόγηση 2, έστω κι αν είναι *ιστορική* η παρανόηση. Στο κείμενο που προηγούνταν των ερωτήσεων αναφέρεται άλλωστε ότι η πρώτη δοκιμή υδρογονοβόμβας έγινε το 1954, εννέα χρόνια μετά τη λήξη του Β΄ Παγκοσμίου Πολέμου. Όμως, ένα επιστημονικά εναλφάβητο άτομο ίσως θα πρέπει να γνωρίζει έστω και λίγα ιστορικά γεγονότα που σχετίζονται με την επιστήμη.

**Ερ.1. (Τι σημαίνει ο όρος «θερμοπυρηνικός αντιδραστήρας»;)**

Μια απάντηση που βρέθηκε ήταν η εξής:

Απάντηση: *The energy releases when 1 gram of hydrogen atoms undergoes the fusion reactions.*

*(Η ενέργεια που ελευθερώνεται όταν 1 γραμμάριο ατόμων υδρογόνου υφίσταται αντιδράσεις σύντηξης)*

Βαθμολογήθηκε με “1” γιατί δεν λέει τι είναι ο αντιδραστήρας. Χρησιμοποιεί απλά μια φράση μέσα από το κείμενο. Πιθανόν να συγχέει τον όρο «αντιδραστήρας» με τη λέξη «αντίδραση». Αντίστοιχη ήταν η αξιολόγηση και του τούρκου βαθμολογητή

**Ερ. 3. (Εξήγηση με όρους φυσικής της μεγάλης ποσότητας ενέργειας που παράγεται κατά τις πυρηνικές αντιδράσεις)**

Απάντηση: *Einstein said that separation of atom was impossible. But the atom can be split into pieces. However breaking the bonds is required high temperature. When the bonds break, a large amount of energy releases.*

*(Ο Αϊνστάιν είπε ότι ήταν αδύνατη η διάσπαση του ατόμου. Αλλά το άτομο μπορεί να χωριστεί. Εντούτοις για να σπάσουν οι δεσμοί απαιτείται υψηλή θερμοκρασία. Όταν σπάσουν οι δεσμοί, ελευθερώνεται μεγάλο ποσό ενέργειας)*

Note: May be Rated 1 –

Η άποψη του Τούρκου βαθμολογητή στη σημείωση (βαθμολογία 1, «μη αποδεκτή») είναι και η σωστή. Η απάντηση θα ήταν μερικώς αποδεκτή αν είχε έστω γράψει την εξίσωση  $E = mc^2$  του Αϊνστάιν και δεν είχε αναφέρει τόσες πολλές ασάφειες.

**Ερ.4. (Σχέση της πυρηνικής σύντηξης του υδρογόνου με τον Ήλιο)**

Απάντηση: *There is no relation with stars but there is relation with Sun since explosions occur on the Sun at high temperature. Relationship between them is*

*that the high temperature is required for occurring hydrogen nuclear fusion. (Αξιολογήθηκε με 2 από τον τούρκο βαθμολογητή)*

*(δεν υπάρχει σχέση με τα αστέρια αλλά υπάρχει σχέση με τον Ήλιο, αφού οι εκρήξεις που συμβαίνουν εκεί γίνονται σε υψηλές θερμοκρασίες. Η σχέση μεταξύ τους είναι ότι απαιτείται υψηλή θερμοκρασία για να συμβεί πυρηνική σύντηξη υδρογόνου)*

Με τη φράση «καμία σχέση με τα άστρα» (που αποτελεί πολύ ενδιαφέρουσα παρανόηση για μια έρευνα σχετική με θέματα αστρονομίας), διαχωρίζει τον Ήλιο από τα άλλα αστέρια. Παρόλα αυτά αναφέρεται στις υψηλές θερμοκρασίες που απαιτούνται για τη σύντηξη. Ο φοιτητής που έδωσε τη συγκεκριμένη απάντηση προερχόταν από το τμήμα διδακτικής των Φυσικών Επιστημών.

**Ερ. 9 (Ποια είναι η κύρια ιδιότητα του πλάσματος που είναι χρήσιμη στην υλοποίηση της κατασκευής του αντιδραστήρα)**

Απάντηση: *Hydrogen gas is a mixture of proton and electron.*

*(το αέριο υδρογόνο είναι μίγμα πρωτονίου και ηλεκτρονίου)*

Ο Τούρκος βαθμολογητής αξιολόγησε την απάντηση αυτή με 2, δηλαδή ως «μερικώς αποδεκτή». Η άποψη και η αξιολόγησή μου είναι ότι η απάντηση είναι «μη αποδεκτή». Η κύρια ιδιότητα είναι ότι «το πλάσμα απωθείται από τις περιοχές που υπάρχει ισχυρό μαγνητικό πεδίο», ενώ άλλο το αέριο υδρογόνο και άλλο το υδρογόνο σε μορφή πλάσματος. Η ερώτηση δεν είναι πως πραγματοποιείται η πυρηνική σύντηξη, αλλά πως μπορούμε να υλοποιήσουμε την ιδέα του αντιδραστήρα σύντηξης. Το κείμενο λέει σχεδόν ότι *χρειάζονται οι φοιτητές για να απαντήσουν*.

**Ερ.10α) Συνδέεται η έκρηξη αυτή με αυτό που αναφέρουμε ως έκρηξη ατομικής βόμβας;**

Απάντηση: *Yes. Both of them are explosion which occur due to nuclear reaction.*

*One of them aims to provide energy source, other aims to damage to human.*

*(Ναι. Και οι δύο είναι εκρήξεις που συμβαίνουν κατά την πυρηνική αντίδραση. Η μια έχει σκοπό να δώσει πηγή ενέργειας ενώ η άλλη να πλήξει τον άνθρωπο)*

Τη βαθμολόγησα με 1, επειδή η απάντηση είναι «όχι». Σε μια ατομική βόμβα, η κρίσιμη μάζα είναι 20 χιλιόγραμμα σχάσιμου U-235, καθαρότητας 99%. Σε ένα αντιδραστήρα παραγωγής πυρηνικής ενέργειας, το καύσιμο ουράνιο δεν είναι τόσο υψηλά εμπλουτισμένο:

έχει περίπου 4% U-235. αυτό που πραγματικά συμβαίνει σε ένα αντιδραστήρα είναι η κατάρρευση (το «λιώσιμο»). Όταν συμβαίνει αυτό, ο αντιδραστήρας «λιώνει». Το λιωμένο ουράνιο μπορεί να αντιδράσει με το νερό του εδάφους ή του υδροφόρου ορίζοντα, προκαλώντας μεγάλες εκρήξεις ραδιενεργού ατμού και θραυσμάτων που μπορεί να μολύνουν γειτονικές πόλεις και κέντρα πληθυσμού.

Παρόμοιες απαντήσεις έχουν δοθεί και από τους έλληνες φοιτητές.

**Ερ.11. (Με ποιο τρόπο μπορούμε να παρασκευάσουμε υδρογόνο από το νερό. Απαιτείται γι αυτό ενέργεια και ποιας μορφής;)**

Απάντηση: When water decomposes into their ions, hydrogen and oxygen occur.

This is electrolysis. That requires energy.

(Όταν το νερό αποσυντίθεται στα ιόντα του, προκύπτει υδρογόνο και οξυγόνο. Αυτή είναι η ηλεκτρόλυση. Απαιτεί ενέργεια)

Αυτή ήταν η τελευταία περίπτωση στην οποία υπήρξε διαφωνία μεταξύ της βαθμολόγησης του τούρκου καθηγητή και της δικής μου. Η αξιολόγηση μου ήταν «μερικώς αποδεκτή» μόνο για τη διαδικασία που την χαρακτήρισε ως ηλεκτρόλυση. Δεν αναφέρθηκε στο είδος της ενέργειας ενώ διατύπωσε την απάντηση με αρκετά σφάλματα.

#### 4.2.4 Έλεγχος συμφωνίας βαθμολογητών

Στους πίνακες που ακολουθούν και που έχουν προκύψει με το στατιστικό πρόγραμμα επεξεργασίας SPSS 17.0, φαίνεται ο βαθμός συμφωνίας μεταξύ των αξιολογήσεων των τούρκων καθηγητών και του γράφοντα για τις απαντήσεις του τουρκικού δείγματος. Διαπιστώνεται συμφωνία 0,715 για τα ερωτηματολόγια του απεμπλουτισμένου ουρανίου και 0,790 για τα ερωτηματολόγια του ITER, που είναι αρκετά ικανοποιητική:

#### E1. Απεμπλουτισμένο ουράνιο

Case Processing Summary

|             | Cases |         |         |         |       |         |
|-------------|-------|---------|---------|---------|-------|---------|
|             | Valid |         | Missing |         | Total |         |
|             | N     | Percent | N       | Percent | N     | Percent |
| NAKIBOGLU * | 128   | 69,6%   | 56      | 30,4%   | 184   | 100,0%  |
| HARTZAVALOS |       |         |         |         |       |         |

**NAKIBOGLU \* HARTZAVALOS Crosstabulation**

|           |   | HARTZAVALOS |    |    | Total |
|-----------|---|-------------|----|----|-------|
|           |   | 1           | 2  | 3  | 1     |
| NAKIBOGLU | 1 | 71          | 2  | 0  | 73    |
|           | 2 | 9           | 22 | 1  | 32    |
|           | 3 | 4           | 4  | 15 | 23    |
| Total     |   | 84          | 28 | 16 | 128   |

**Symmetric Measures**

|                      |       | Value | Asymp.<br>Std.<br>Error(a) | Approx.<br>T(b) | Approx. Sig. |
|----------------------|-------|-------|----------------------------|-----------------|--------------|
| Measure of Agreement | Kappa | ,715  | ,057                       | 10,972          | ,000         |
| N of Valid Cases     |       | 128   |                            |                 |              |

a. Not assuming the null hypothesis.

b. Using the asymptotic standard error assuming the null hypothesis.

## E2. ITER

**Case Processing Summary**

|                         | Cases |         |         |         |       |         |
|-------------------------|-------|---------|---------|---------|-------|---------|
|                         | Valid |         | Missing |         | Total |         |
|                         | N     | Percent | N       | Percent | N     | Percent |
| Nakiboglu * Hartzavalos | 90    | 75,0%   | 30      | 25,0%   | 120   | 100,0%  |

**Nakiboglu \* Hartzavalos Crosstabulation**

|           |   | Hartzavalos |    |    | Total |
|-----------|---|-------------|----|----|-------|
|           |   | 1           | 2  | 3  | 1     |
| Nakiboglu | 1 | 39          | 0  | 0  | 39    |
|           | 2 | 8           | 21 | 1  | 30    |
|           | 3 | 0           | 3  | 18 | 21    |
| Total     |   | 47          | 24 | 19 | 90    |

**Symmetric Measures**

|                               | Value       | Asymp.<br>Std.<br>Error(a) | Approx.<br>T(b) | Approx. Sig. |
|-------------------------------|-------------|----------------------------|-----------------|--------------|
| Measure of Agreement    Kappa | <b>,790</b> | ,056                       | 10,503          | ,000         |
| N of Valid Cases              | 90          |                            |                 |              |

a. Not assuming the null hypothesis.

b. Using the asymptotic standard error assuming the null hypothesis.

#### 4.2.5 Τα ευρήματα της σύγκρισης των δύο δειγμάτων (Ελλάδας και Τουρκίας)

Στη συνέχεια, στάλθηκαν τα συγκεντρωτικά αποτελέσματα της βαθμολόγησης όλων των ερωτηματολογίων των τούρκων φοιτητών με σκοπό να συγκριθούν οι επιδόσεις ανά ερώτηση.

Η πρώτη διαπίστωση από τη μελέτη των αποτελεσμάτων είναι ο μεγάλος αριθμός φοιτητών που απέφυγαν να δώσουν απαντήσεις σε αρκετές ερωτήσεις. Στο πίνακα 1 φαίνονται τα δεδομένα για τα δύο τεστ για τους φοιτητές και των δύο χωρών. (GR: Greece και TR: Turkey)

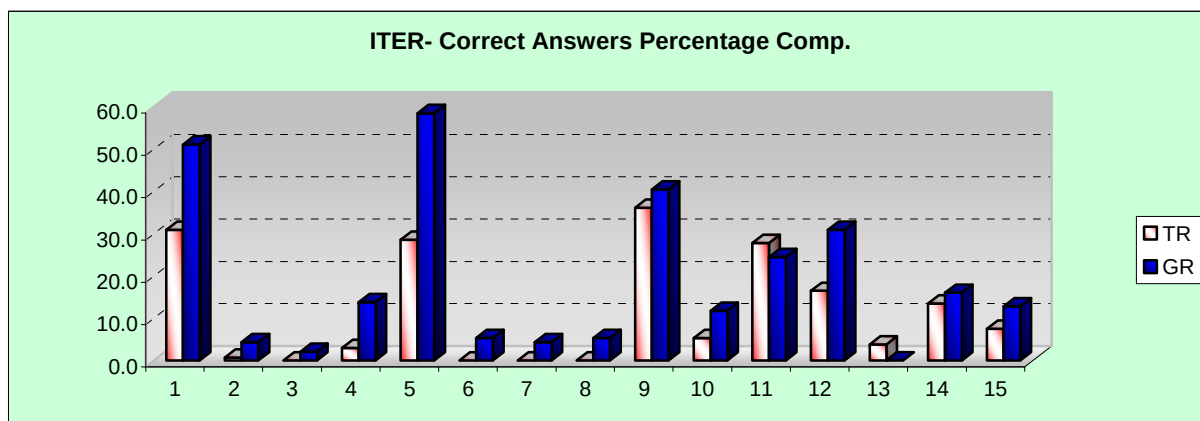
**Πίνακας 1:** Ποσοστά *μη απαντήσεων* για τις ερωτήσεις των δύο ερωτηματολογίων

| <i>ITER test</i> |           |           | <i>DU test</i>  |           |           |                 |           |           |
|------------------|-----------|-----------|-----------------|-----------|-----------|-----------------|-----------|-----------|
| <i>Question</i>  | <i>GR</i> | <i>TR</i> | <i>Question</i> | <i>GR</i> | <i>TR</i> | <i>Question</i> | <i>GR</i> | <i>TR</i> |
| I-1              | 18.1      | 4.5       | D-1a            | 56.8      | 15.2      | D-7             | 44.2      | 30.4      |
| I-2              | 62.8      | 39.1      | D-1a'           | 87.4      | 55.8      | D-8a            | 70.5      | 35.5      |
| I-3              | 58.5      | 42.1      | D-1b            | 31.6      | 21.0      | D-8b            | 63.2      | 36.2      |
| I-4              | 39.4      | 11.3      | D-2a            | 40.0      | 34.1      | D-8c            | 53.7      | 44.9      |
| I-5              | 17        | 13.5      | D-2b            | 57.9      | 34.8      | D-8d            | 63.2      | 27.5      |
| I-6a             | 54.3      | 20.3      | D-2b'           | 57.9      | 36.2      | D-9             | 31.6      | 13.8      |
| I-6b             | 62.8      | 36.1      | D-2c            | 67.4      | 51.5      | D-10            | 37.9      | 21.0      |
| I-6c             | 59.6      | 62.0      | D-2d            | 45.3      | 23.9      | D-11            | 42.1      | 21.0      |
| I-7              | 29.8      | 26.3      | D-2e            | 68.4      | 37.7      |                 |           |           |
| I-8a             | 28.7      | 16.5      | D03             | 40,0      | 21.7      |                 |           |           |
| I-8b             | 55.3      | 16.5      | D-4a            | 55.8      | 26.1      |                 |           |           |
| I-9              | 54.3      | 22.6      | D-4b            | 57.9      | 41.3      |                 |           |           |
| I-10a            | 37.2      | 21.0      | D-4c            | 37.9      | 10.2      |                 |           |           |
| I-10b            | 30.9      | 18.1      | D-5             | 31.6      | 21.0      |                 |           |           |
| I-11             | 34.0      | 16.6      | D-6             | 20.0      | 11.6      |                 |           |           |

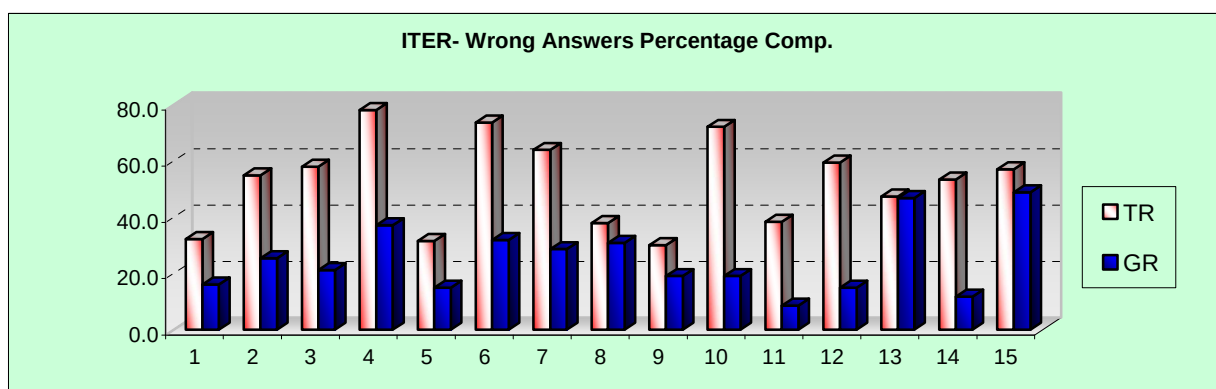
Κατά κανόνα, ερωτήσεις που δεν απαντήθηκαν σε μεγάλα ποσοστά από τους φοιτητές εμφάνισαν μικρά ποσοστά αποδεκτών απαντήσεων. Οι Τούρκοι φοιτητές, μόνο σε μια περίπτωση (η πρώτη ερώτηση του ερωτηματολογίου του ITER, I – 1) είχαν ποσοστό μη απαντήσεων κάτω από 10%. Από τον ίδιο πίνακα διαπιστώνεται ότι οι Έλληνες φοιτητές σε επτά ερωτήσεις του ITER και σε δώδεκα του ερωτηματολογίου του απεμπλουτισμένου ουρανίου δεν απάντησαν σε ποσοστά μεγαλύτερα του 50%. Αντίθετα, οι Τούρκοι φοιτητές μόνο σε μια περίπτωση (ερώτηση I-6c) του ITER και δύο (ερωτήσεις D-1a. και D-2c) έδωσαν τέτοια ποσοστά μη απαντήσεων. Η αποχή των Ελλήνων φοιτητών επομένως

είναι σημαντικά μεγαλύτερη από αυτή των Τούρκων, γεγονός που δεν είναι εύκολο να εξηγηθεί. Είναι πιθανόν να εμφανίζονται πολιτισμικοί παράγοντες σε αυτή την περίπτωση. Αυτή η κατάσταση έρχεται σε αντίθεση με το γεγονός ότι οι Έλληνες φοιτητές έδωσαν περισσότερες αποδεκτές απαντήσεις από τους Τούρκους, στις περισσότερες των περιπτώσεων. Συγκρίνοντας τα ποσοστά μη απαντήσεων μεταξύ των ελλήνων φοιτητών διαπιστώνεται ότι σε πολλές περιπτώσεις, οι προερχόμενοι από το ΠΤΔΕ είχαν μεγαλύτερα ποσοστά από τους προερχόμενους από το τμήμα Φυσικής. Λαμβάνοντας υπόψη και το γεγονός ότι οι φοιτητές που προέρχονταν από το ΠΤΔΕ κατά κανόνα είχαν δώσει λιγότερη προσοχή στα μαθήματα της φυσικής, διαπιστώνεται ότι το δείγμα του ΠΤΔΕ σε γενικές γραμμές έδωσε μεγαλύτερα ποσοστά μη απαντήσεων από το δείγμα των Τούρκων φοιτητών.

Στα γραφήματα που ακολουθούν παρουσιάζονται οι συγκρίσεις των εκατοστιαίων ποσοστών μεταξύ Ελλήνων και Τούρκων φοιτητών σε διάφορες κατηγορίες απαντήσεων.

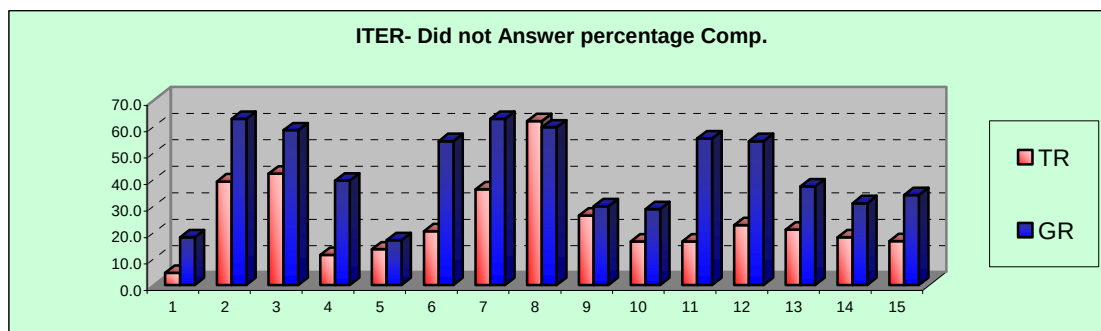


Γράφημα 1. Σύγκριση ποσοστών σωστών / αποδεκτών απαντήσεων στη δραστηριότητα του αντιδραστήρα σύντηξης

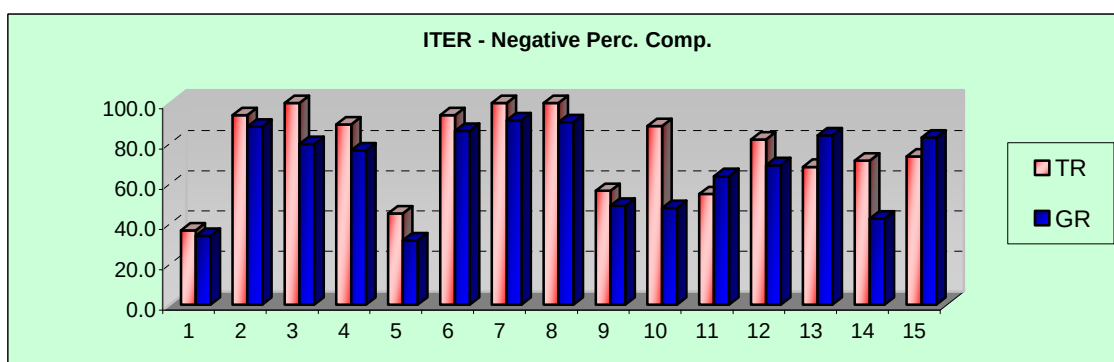




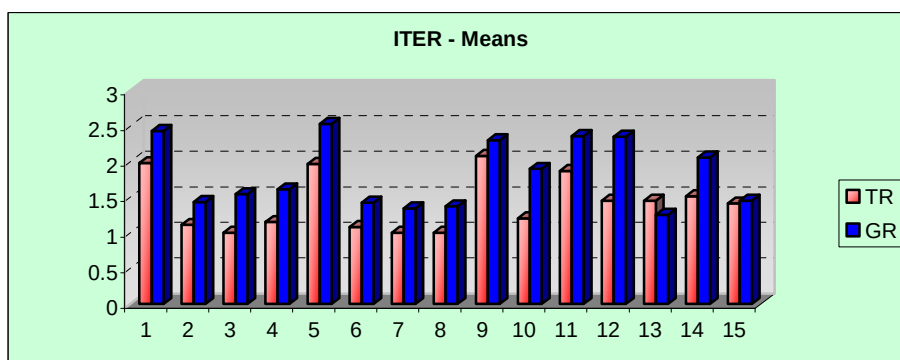
Γράφημα 2. Σύγκριση ποσοστών μη αποδεκτών απαντήσεων στη δραστηριότητα του αντιδραστήρα σύντηξης



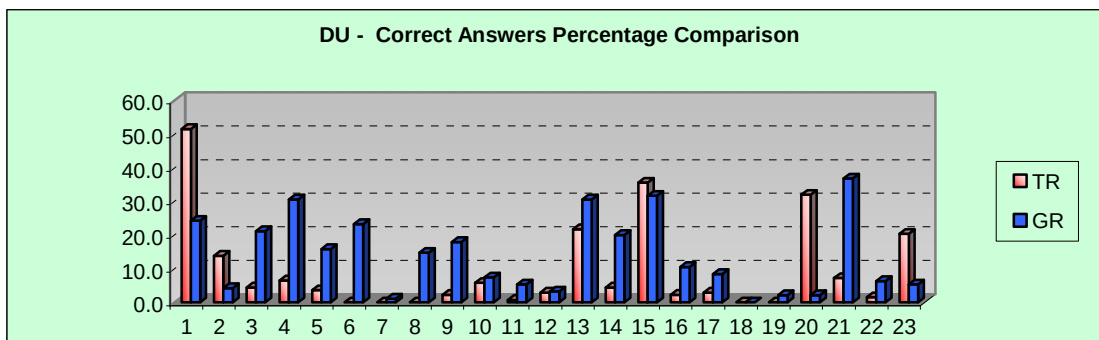
Γράφημα 3. Σύγκριση ποσοστών των φοιτητών που δεν απάντησαν σε ερωτήσεις της δραστηριότητας του αντιδραστήρα σύντηξης



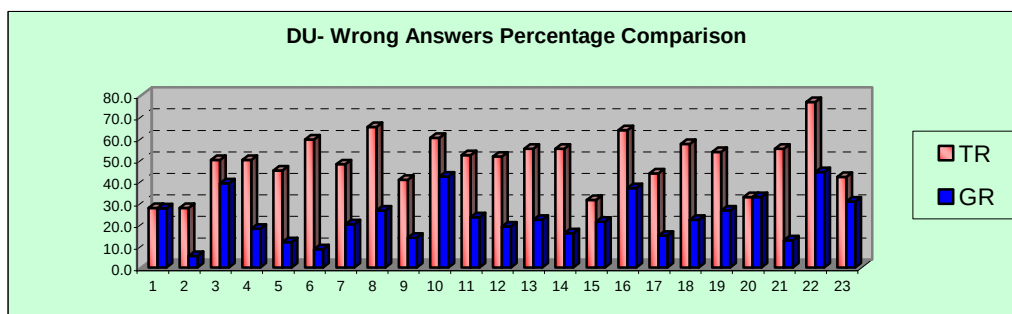
Γράφημα 4. Σύγκριση ποσοστών των φοιτητών που δεν απάντησαν σε ερωτήσεις της δραστηριότητας του αντιδραστήρα σύντηξης ή έδωσαν μη αποδεκτές απαντήσεις



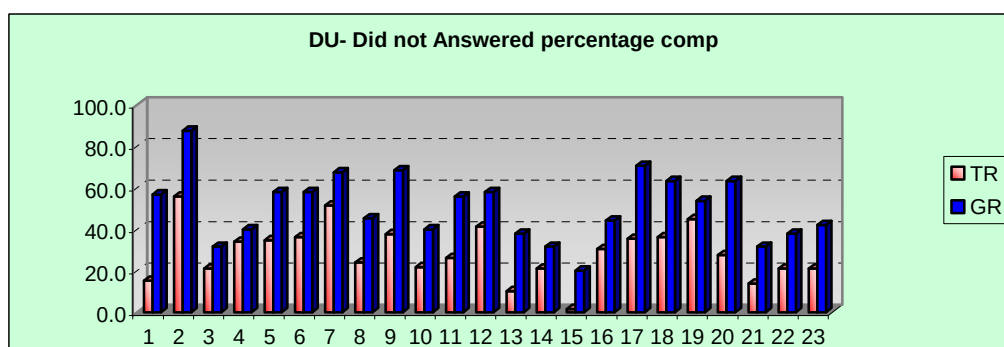
Γράφημα 5. Σύγκριση μέσων όρων στις ερωτήσεις της δραστηριότητας του αντιδραστήρα σύντηξης



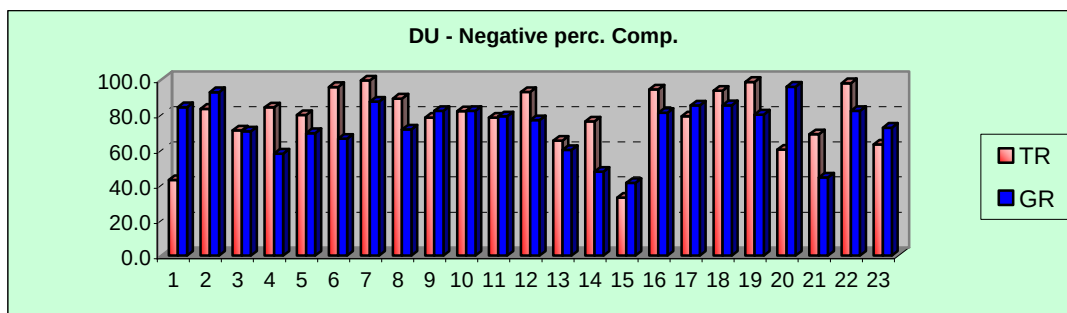
Γράφημα 6. Σύγκριση ποσοστών σωστών / αποδεκτών απαντήσεων στη δραστηριότητα του απεμπλουτισμένου ουρανίου



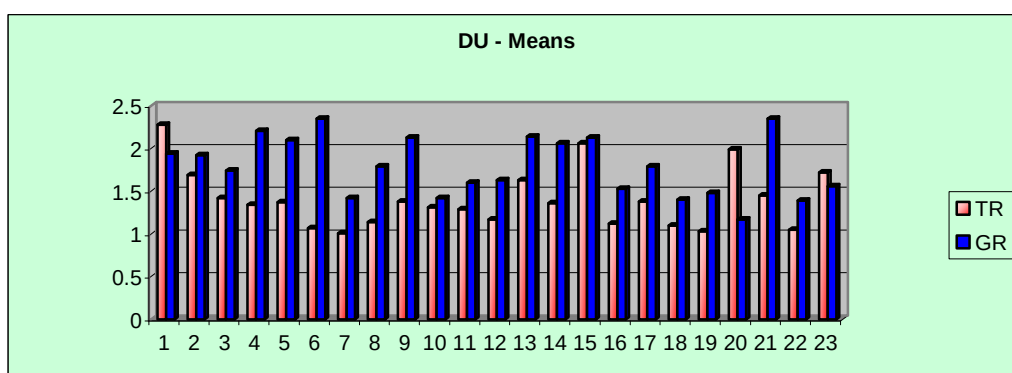
Γράφημα 7. Σύγκριση ποσοστών μη αποδεκτών απαντήσεων στη δραστηριότητα του απεμπλουτισμένου ουρανίου



Γράφημα 8. Σύγκριση ποσοστών των φοιτητών που δεν απάντησαν σε ερωτήσεις της δραστηριότητας του απεμπλουτισμένου ουρανίου



Γράφημα 9. Σύγκριση ποσοστών των φοιτητών που δεν απάντησαν σε ερωτήσεις της δραστηριότητας του απεμπλουτισμένου ουρανίου ή έδωσαν μη αποδεκτές απαντήσεις



Γράφημα 10. Σύγκριση μέσων όρων στις ερωτήσεις της δραστηριότητας του απεμπλουτισμένου ουρανίου

#### 4.2.6 Η κατηγοριοποίηση των ερωτήσεων

Για την παρουσίαση των αποτελεσμάτων των ερωτήσεων στα δύο ερωτηματολόγια, έγινε κατηγοριοποίηση των ερωτήσεων στις εξής περιπτώσεις:

- Ερωτήσεις γνώσης που παρέχονται στα κείμενα
- Επιστημονικές ερωτήσεις σχετικά με την πυρηνική επιστήμη
- Ερωτήσεις φυσικής και χημείας που δεν αφορούν πυρηνική επιστήμη
- Ερωτήσεις γενικών γνώσεων
- Ερωτήσεις ειδικής γνώσης που συζητούνται στα ΜΜΕ, που συνήθως δεν αποτελούν μέρος του σχολικού αναλυτικού προγράμματος
- Ερωτήσεις κριτικής σκέψης

Αυτή η κατηγοριοποίηση προέκυψε μετά από συζητήσεις μεταξύ των συγγραφέων. Να σημειωθεί ότι ένας αριθμός αναλύσεων κυρίων παραγόντων (Principal Component Analysis - PCA) πραγματοποιήθηκε τόσο συνολικά όσο και για διάφορα αποσπάσματα των δε-

δομένων, αλλά απέτυχε να δώσει συνεπή στοιχεία για αυτή ή για κάποια άλλη κατηγοριοποίηση των ερωτήσεων. Φαίνεται ότι υπάρχουν διάφοροι παράγοντες, αλλά δεν ήταν δυνατή η ανίχνευση μια δομής των ερωτήσεων. Επομένως, η κατηγοριοποίηση των ερωτήσεων που επιλέχθηκε τελικά θα πρέπει να αντιμετωπιστεί απλώς ως ένα κατάλληλο οργανωτικό «εργαλείο».

### Ερωτήσεις γνώσης που παρέχονται στα κείμενα

Ένας μικρός αριθμός ερωτήσεων θα μπορούσε να απαντηθεί χρησιμοποιώντας άμεσα ή έμμεσα την πληροφορία που δινόταν στα κείμενα. Στον ακόλουθο πίνακα φαίνονται τα αποτελέσματα σε αυτές τις ερωτήσεις.

**Πίνακας 2.** Εκατοστιαία ποσοστά στις ερωτήσεις σε γνώση που παρέχεται στα κείμενα

|      |                                                                                                              | Μόνο αποδεκτές |      | Αποδεκτές και μερικά αποδεκτές |      | Μη αποδεκτές |      |
|------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|------|--------------------------------|------|--------------|------|
|      |                                                                                                              | GR             | TR   | GR                             | TR   | GR           | TR   |
| I-1  | Thermonuclear reactor – θερμοπυρηνικός αντιδραστήρας                                                         | 51.1           | 30.9 | 66.0                           | 63.2 | 16.0         | 32.3 |
| I-7  | Production of magnetic field – Παραγωγή μαγνητικού πεδίου                                                    | 40.4           | 36.1 | 51.0                           | 43.6 | 19.1         | 30.1 |
| I-9  | Main property of plasma in fusion reactor – κύρια ιδιότητα πλάσματος στον αντιδραστήρα σύντηξης              | 30.9           | 16.5 | 30.9                           | 18.0 | 14.9         | 59.4 |
| D-2a | Nuclear reactor – Πυρηνικός αντιδραστήρας                                                                    | 30.5           | 6.5  | 42.1                           | 15.9 | 17.9         | 50.0 |
| D-4c | U-238 pollutes for ever – το U-238 μολύνει για πάντα                                                         | 30.5           | 21.7 | 40.0                           | 34.7 | 22.1         | 55.1 |
| D-9  | Radioactivity affects human and animal health – η ραδιενέργεια επηρεάζει την υγεία των ανθρώπων και των ζώων | 36.8           | 7.2  | 55.7                           | 31.1 | 12.6         | 55.1 |

Όπως φαίνεται από τον πίνακα 2, οι φοιτητές έδωσαν ποσοστά, αποδεκτών και εν μέρει αποδεκτών απαντήσεων, γενικά πάνω ή περίπου στο 50%, αν και οι Έλληνες φοιτητές φαίνεται να έχουν καλύτερη επίδοση από τους Τούρκους συναδέλφους τους.

### Επιστημονικές ερωτήσεις σχετικά με την πυρηνική επιστήμη

Ένας άλλος αριθμός απαντήσεων και στα δύο ερωτηματολόγια απαιτούσε για την απάντηση εξειδικευμένη γνώση της πυρηνικής επιστήμης. Όπως τονίστηκε προηγουμένως, τέτοια

γνώση είναι μέρος των αναλυτικών προγραμμάτων και στις δύο χώρες, όμως αυτή η γνώση δεν διδάσκεται ή δεν δίνεται ιδιαίτερη σημασία σε αυτήν κατά τη διδασκαλία και τις εξετάσεις. Εν τούτοις, κατά τις εξετάσεις εισαγωγής στα Τουρκικά πανεπιστήμια, ελάχιστα φορές συμπεριελήφθησαν ερωτήσεις πυρηνικής επιστήμης. Επομένως δεν προκαλούν έκπληξη τα χαμηλά ποσοστά τόσο των ελλήνων όσο και των τούρκων φοιτητών. Στον πίνακα 3 φαίνονται τα αντίστοιχα αποτελέσματα.

Πίνακας 3. Εκατοστιαία ποσοστά στις ερωτήσεις σχετικά με την πυρηνική επιστήμη – σύγκριση Ελλήνων και Τούρκων φοιτητών

| No.   | Περιεχόμενο                                                                   | Μόνο αποδεκτές |      | Αποδεκτές και μερικά αποδεκτές |      | Μη αποδεκτές |      |
|-------|-------------------------------------------------------------------------------|----------------|------|--------------------------------|------|--------------|------|
|       |                                                                               | GR             | TR   | GR                             | TR   | GR           | TR   |
| I-2   | Equation for hydrogen fusion reaction - εξίσωση αντίδρασης σύντηξης υδρογόνου | 4.3            | 0.7  | 11.7                           | 6.0  | 25.5         | 54.9 |
| I-3   | $E = m c^2$                                                                   | 2.1            | 0.0  | 20.2                           | 0.0  | 21.3         | 57.9 |
| D-2c  | $E = m c^2$                                                                   | 1.1            | 0.0  | 12.7                           | 0.7  | 20.0         | 47.8 |
| I-6a  | Decomposition (fission) of uranium – σχάση του ουρανίου                       | 5.3            | 0.0  | 13.8                           | 6.0  | 31.9         | 73.7 |
| D-1a' | Radioisotopes - ραδιοϊσότοπα                                                  | 4.2            | 13.8 | 7.4                            | 16.7 | 5.3          | 27.5 |
| D-2d  | nuclear fission reaction – αντίδραση πυρηνικής σχάσης                         | 14.7           | 0.0  | 28.4                           | 10.9 | 26.3         | 65.2 |
| D-2e  | other than fission nuclear reaction – άλλη αντίδραση εκτός από τη σχάση       | 17.9           | 2.2  | 17.9                           | 21.7 | 13.7         | 40.6 |
| D-3   | half life – ημιζωή                                                            | 7.4            | 5.8  | 17.9                           | 18.1 | 42.1         | 60.2 |
| D-8a  | alpha particles - σωματίδια άλφα                                              | 8.4            | 2.9  | 14.7                           | 21.0 | 14.7         | 43.5 |
| D-8b  | gamma radiation - ακτινοβολία γ                                               | 0.0            | 0.0  | 14.7                           | 6.5  | 22.1         | 57.3 |
| D-8c  | X-rays – ακτίνες X                                                            | 2.1            | 0.0  | 20.0                           | 1.5  | 26.3         | 53.6 |
| D-8d  | other type of radioactive radiation – άλλοι τύποι ραδιενεργού ακτινοβολίας    | 2.1            | 31.9 | 4.2                            | 39.9 | 32.6         | 32.6 |

### Ερωτήσεις φυσικής και χημείας που δεν αφορούν πυρηνική επιστήμη

Κάποιες ερωτήσεις, όπως σημειώθηκε και κατά τη μελέτη των απαντήσεων της έρευνας με τους έλληνες φοιτητές, αφορούσαν γνώση που διδάσκεται στα μαθήματα φυσικής και χημείας αλλά δεν είχε άμεση σχέση με την πυρηνική επιστήμη, για παράδειγμα η ηλεκτρόλυση ή η έννοια του μαζικού αριθμού. Τα αποτελέσματα, που φαίνονται στον πίνακα 4, δείχνουν καλύτερη γενικότερα επίδοση σε σύγκριση με αυτά του πίνακα 3. Αυτό ενισχύει

την άποψη ότι η γνώση της πυρηνικής επιστήμης δεν καλύπτεται επαρκώς στα αναλυτικά προγράμματα και των δύο χωρών. Η έννοια του μαζικού αριθμού τοποθετήθηκε σε αυτή την κατηγορία αφού εμφανίζεται συνήθως σε βασικά μαθήματα χημείας.

Πίνακας 4. Εκατοστιαία ποσοστά στις ερωτήσεις φυσικής και χημείας που δεν αφορούν πυρηνική επιστήμη – σύγκριση Ελλήνων και Τούρκων φοιτητών

|      |                                                                                                   | Μόνο αποδεκτές |      | Αποδεκτές και μερικά αποδεκτές |      | Μη αποδεκτές |      |
|------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|------|--------------------------------|------|--------------|------|
|      |                                                                                                   | GR             | TR   | GR                             | TR   | GR           | TR   |
| I-8a | Ionization of hydrogen – ιονισμός του υδρογόνου                                                   | 11.7           | 5.3  | 52.1                           | 11.3 | 19.1         | 72.2 |
| I-8b | Origin of protons and electrons of plasma – προέλευση των πρωτονίων και ηλεκτρονίων του πλάσματος | 24.5           | 27.8 | 36.2                           | 45.1 | 8.5          | 38.4 |
| I-11 | Production of hydrogen by electrolysis of water – παραγωγή υδρογόνου μέσω ηλεκτρόλυσης            | 12.8           | 7.5  | 17.1                           | 26.5 | 48.9         | 57.0 |
| D-1a | Isotopes – ισότοπα                                                                                | 24.2           | 51.5 | 29.5                           | 57.3 | 27.4         | 27.5 |
| D-1b | term and meaning of mass number – όρος και σημασία του μαζικού αριθμού                            | 21.1           | 4.4  | 29.5                           | 29.0 | 38.9         | 50.0 |

### Ερωτήσεις γενικής γνώσης

Πέντε ερωτήσεις αναφέρονται σε θέματα γενικής γνώσης που σχετίζονται με πυρηνική επιστήμη. Η επίδοση σε αυτή την κατηγορία ήταν καλή και ειδικότερα για το ελληνικό δείγμα. Τα αποτελέσματα φαίνονται στον ακόλουθο πίνακα 5

Πίνακας 5. Εκατοστιαία ποσοστά στις ερωτήσεις γενικής γνώσης – σύγκριση Ελλήνων και Τούρκων φοιτητών

|       |                                                                                                  | Μόνο αποδεκτές |      | Αποδεκτές και μερικά αποδεκτές |      | Μη αποδεκτές |      |
|-------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|------|--------------------------------|------|--------------|------|
|       |                                                                                                  | GR             | TR   | GR                             | TR   | GR           | TR   |
| I-5   | Actual non-peaceful use of nuclear energy – μη ειρηνικές χρήσεις της πυρηνικής ενέργειας         | 58.5           | 28.6 | 68.1                           | 54.9 | 14.9         | 31.6 |
| I-10b | Radioactive waste - ραδιενεργά απόβλητα                                                          | 16.0           | 13.5 | 57.5                           | 28.5 | 11.7         | 53.4 |
| D-2b  | Similarities of nuclear bomb and nuclear reactor - πυρηνική βομβά και αντιδραστήρας (ομοιότητες) | 15.8           | 3.6  | 30.5                           | 20.3 | 11.6         | 44.9 |
| D-2b' | Differences of nuclear bomb and nuclear reactor - πυρηνική βομβά και αντιδραστήρας (διαφορές)    | 23.2           | 0.0  | 33.7                           | 4.4  | 8.4          | 59.4 |
| D-5   | Nuclear waste – πυρηνικά απόβλητα                                                                | 20.0           | 4.4  | 52.6                           | 23.9 | 15.8         | 55.1 |

**Ερωτήσεις ειδικής γνώσης που συζητούνται στα ΜΜΕ, οι οποίες συνήθως δεν αποτελούν μέρος του σχολικού αναλυτικού προγράμματος**

Σε αυτές τις ερωτήσεις οι επιδόσεις των φοιτητών και των δύο χωρών κυμάνθηκαν σε χαμηλά επίπεδα, όπως φαίνεται στον πίνακα 6. Αυτό δείχνει ότι υπάρχει πολύ χαμηλό ενδιαφέρον για τα επιστημονικά θέματα που αφορούν (τουλάχιστον) την πυρηνική φυσική και

που παρουσιάζονται από διάφορες πηγές άτυπης γνώσης. Μόνο η σύντηξη στον Ήλιο και οι ιατρικές εφαρμογές (θέματα που αναφέρονται όμως και στο σχολικό βιβλίο) εμφάνισαν ποσοστό αποδεκτών απαντήσεων πάνω από 10%. Η σημαντική ερώτηση των ιατρικών εφαρμογών παρουσίασε πολύ χαμηλά ποσοστά τόσο στην περίπτωση των ελλήνων όσο α-κόμη περισσότερο και των τούρκων φοιτητών.

Πίνακας 6. Εκατοστιαία ποσοστά στις ερωτήσεις ειδικής γνώσης που συζητούνται στα ΜΜΕ, οι οποίες συνήθως δεν αποτελούν μέρος του σχολικού αναλυτικού προγράμματος – σύγκριση Ελλήνων και Τούρκων φοιτητών

|       |                                                                                                                                             | Μόνο αποδεκτές |     | Αποδεκτές και μερικά αποδεκτές |      | Μη αποδεκτές |      |
|-------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|-----|--------------------------------|------|--------------|------|
|       |                                                                                                                                             | GR             | TR  | GR                             | TR   | GR           | TR   |
| I-4   | Nuclear fusion in sun – πυρηνική σύντηξη στον Ήλιο                                                                                          | 13.8           | 3.0 | 23.4                           | 10.5 | 37.2         | 78.2 |
| I-6b  | Enriched uranium - Εμπλουτισμένο ουράνιο                                                                                                    | 4.3            | 0.0 | 8.6                            | 0.0  | 28.7         | 63.9 |
| I-6c  | Depleted uranium - Απεμπλουτισμένο ουράνιο                                                                                                  | 5.3            | 0.0 | 9.6                            | 0.0  | 30.9         | 38.0 |
| D-4a1 | radioactive material – ραδιενεργό υλικό                                                                                                     | 5.3            | 0.7 | 21.1                           | 21.7 | 23.2         | 52.2 |
| D-4a2 | nuclear radiation – πυρηνική ακτινοβολία                                                                                                    | 3.2            | 2.9 | 23.2                           | 7.2  | 18.9         | 51.5 |
| D-7   | natural radioactivity – φυσική ραδιενέργεια                                                                                                 | 10.5           | 2.2 | 18.9                           | 5.8  | 36.8         | 63.8 |
| D-10  | Medical diagnostic and therapeutic applications of nuclear physics – ιατρικές διαγνωστικές και θεραπευτικές εφαρμογές της πυρηνικής φυσικής | 6.3            | 1.5 | 17.9                           | 2.2  | 44.2         | 76.8 |

### Ερωτήσεις κριτικής σκέψης

Συνολικά, δύο ερωτήσεις (μια από κάθε ερωτηματολόγιο) θα μπορούσαν να απαντηθούν με συνδυασμό γενικής ή σχολικής γνώσης ή γνώση που παρείχαν τα ίδια τα κείμενα. Η κριτική σκέψη είναι μια γνωστική ικανότητα υψηλής τάξης, έτσι η απόδοση και των δύο δειγμάτων δεν ήταν ικανοποιητική (πίνακας 7)



Πίνακας 7. Εκατοστιαία ποσοστά στις ερωτήσεις κριτικής σκέψης – σύγκριση Ελλήνων και Τούρκων φοιτητών

|       |                                                                                                                                | Μόνο αποδεκτές |      | Αποδεκτές και μερικά αποδεκτές |      | Μη αποδεκτές |      |
|-------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|------|--------------------------------|------|--------------|------|
|       |                                                                                                                                | GR             | TR   | GR                             | TR   | GR           | TR   |
| I-10a | Uranium atomic reactors and atomic bomb - ατομικοί αντιδραστήρες ουρανίου και ατομική βόμβα                                    | 0.0            | 3.8  | 16.0                           | 31.6 | 46.8         | 47.4 |
| D-11  | Radiation limits for general population and for nuclear workers - όρια ακτινοβολίας για γενικό πληθυσμό και πυρηνικούς εργάτες | 5.3            | 20.3 | 27.4                           | 37.0 | 30.5         | 42.0 |

### Έννοιες κλειδιά και ασαφείς έννοιες

Όπως ήδη έχει αναφερθεί, οι τελευταίες δραστηριότητες ήταν διαφορετικού είδους και είχαν υιοθετηθεί σύμφωνα με τα ερωτηματολόγια των Shwartz, Ben-Zvi, and Hofstein (2006):

*Να κάνετε ένα κατάλογο των λέξεων κλειδιών του άρθρου / Απαριθμήστε τις έννοιες των οποίων η σημασία δεν είναι σαφής σε εσάς / σημειώστε τις κεντρικές ιδέες του άρθρου.*

Δεν υπήρξε περιορισμός στον αριθμό των κομβικών ή των ασαφών εννοιών που θα σημείωναν και οι τούρκοι φοιτητές. Όσον αφορά την τελευταία δραστηριότητα, τις κεντρικές ιδέες, όπως συνέβη και με τους έλληνες φοιτητές, βρέθηκαν ελάχιστες συμπληρωμένες απαντήσεις, επομένως δεν ελήφθη υπόψη.

Τα αποτελέσματα των δύο δραστηριοτήτων φαίνονται στους επόμενους πίνακες. Ο πίνακας 8 περιλαμβάνει τις έννοιες / λέξεις κλειδιά. Ο πίνακας 9 περιλαμβάνει τις έννοιες που οι φοιτητές χαρακτήρισαν ως ασαφείς. Να σημειωθεί ότι στους πίνακες αναφέρονται οι έννοιες που είχαν συχνότητα εμφάνισης υψηλότερη του 5%. Σημειώνεται πάλι το χαμηλότερο ποσοστό μη απάντησης που έδωσαν οι τούρκοι φοιτητές σε σχέση με τους έλληνες συναδέλφους τους.

Από τον πίνακα 8 φαίνεται ότι τόσο οι τούρκοι όσο και οι έλληνες φοιτητές έδωσαν υψηλά ή σχετικά υψηλά ποσοστά για τις έννοιες κλειδιά σε κάθε δραστηριότητα. Από την άλλη, οι συχνότητες των ασαφών εννοιών ήταν χαμηλότερες στην περίπτωση των τούρκων φοιτητών, γεγονός που πρέπει να αφορά τις διαφορές με τις οποίες διδάσκονται αυτές οι έννοιες στα αναλυτικά προγράμματα των δύο χωρών.

Ένα θέμα το οποίο παρατηρήθηκε ήταν ότι οι φοιτητές που δήλωσαν έννοιες ως ασαφείς, είχαν μεγάλη συμμετοχή στις υπόλοιπες ερωτήσεις, άσχετα αν δεν ήταν οι απαντήσεις τους απαραίτητα ορθές. Από την άλλη, φοιτητές που δεν δήλωσαν κάποια ασαφή έννοια, είχαν περισσότερες μη απαντημένες ερωτήσεις.

Πίνακας 8: Εκατοστιαία συχνότητα εμφάνισης λέξεων κλειδιών στις δύο δραστηριότητες – σύγκριση Ελλήνων και Τούρκων φοιτητών

| <b>ITER</b>                  |                       |                       | <b>DU</b>                                              |                       |                       |
|------------------------------|-----------------------|-----------------------|--------------------------------------------------------|-----------------------|-----------------------|
| <i>Έννοια</i>                | % συχνότητα εμφάνισης |                       | <i>Έννοια</i>                                          | % συχνότητα εμφάνισης |                       |
|                              | <i>GR<br/>(n=94)</i>  | <i>TR<br/>(n=133)</i> |                                                        | <i>GR<br/>(n=95)</i>  | <i>TR<br/>(n=138)</i> |
| thermonuclear reactor        | 53.2                  | 48.1                  | radioactivity                                          | 46.3                  | 21.7                  |
| fusion of hydrogen to helium | 45.7                  | 18.1                  | depleted uranium                                       | 40.0                  | 29.7                  |
| fusion of hydrogen           | -                     | 7.5                   | nuclear reactor                                        | 30.5                  | 19.6                  |
| fusion                       | -                     | 18.8                  | environment – pollution – effects – nature– food chain | 27.4                  | 15.2                  |
| plasma                       | 33.0                  | 23.3                  | radioactive uranium - uranium                          | 25.3                  | 23.2                  |
| decomposition of uranium     | 26.6                  | 9.8                   | fission                                                | 24.2                  | 11.6                  |
| radioactive waste            | 26.6                  | 22.6                  | isotopes – radioisotopes                               | 18.9                  | 14.5                  |
| magnetic field               | 24.5                  | 8.3                   | half life                                              | 17.9                  | 0.7                   |
| atomic energy                | 21.3                  | 12.0                  | radiation                                              | 21.1                  | 10.2                  |
| peaceful use                 | 17.0                  | 1.5                   | rem                                                    | 12.6                  | 2.9                   |
| electric current             | 14.9                  | -                     | latent period                                          | 8.4                   | -                     |
| hydrogen bomb                | -                     | 13.5                  | Radioactive waste                                      | -                     | 11.6                  |
| hydrogen                     | -                     | 15.8                  | α                                                      | -                     | 7                     |
| fission                      | -                     | 9.0                   | β                                                      | -                     | 6.5                   |
| electric power plant         | -                     | 12.0                  | x                                                      | -                     | 6.5                   |
| Invisible wall               | -                     | 8.3                   | Radioactive matter                                     | -                     | 6.5                   |
| uranium                      | -                     | 6.0                   | Natural radioactivity                                  | -                     | 5.8                   |
| helium                       | -                     | 6.0                   | U-235, U238                                            | -                     | 8.7                   |
| nuclear energy               | -                     | 5.3                   | Nuclear energy                                         | -                     | 4.4                   |
| <b>no response</b>           | <b>29.8</b>           | <b>9.0</b>            | <b>no response</b>                                     | <b>29.5</b>           | <b>14.5</b>           |

Πίνακας 9. εκατοστιαία συχνότητα εμφάνισης εννοιών που δεν ήταν σαφείς για τους φοιτητές και στις δύο δραστηριότητες – σύγκριση Ελλήνων και Τούρκων φοιτητών

| <b>ITER</b>                  |                       |                      | <b>DU</b>                |                       |                      |
|------------------------------|-----------------------|----------------------|--------------------------|-----------------------|----------------------|
| <i>Έννοια</i>                | % συχνότητα εμφάνισης |                      | <i>Έννοια</i>            | % συχνότητα εμφάνισης |                      |
|                              | <i>GR</i><br>(n=94)   | <i>TR</i><br>(n=133) |                          | <i>GR</i><br>(n=95)   | <i>TR</i><br>(n=138) |
| fusion of hydrogen to helium | 31,9                  | 11,3                 | nuclear fission          | 29,5                  | 16,7                 |
| fusion                       | 26,6                  | 12,8                 | depleted uranium         | 21,1                  | 2,9                  |
| plasma                       | 23,4                  | 6,8                  | isotopes – radioisotopes | 20,0                  | 2,9                  |
| enriched – depleted uranium  | 22,3                  | 5,3                  | types of radiation       | 14,7                  | -                    |
| thermonuclear reactor        | 21,3                  | 27,1                 | fissionable material     | 12,6                  | 2,9                  |
| reactor                      | 3,2                   | 7,5                  | half life                | 12,6                  | -                    |
| ITER                         | 3,2                   | 6,0                  | nuclear reactor          | 8,4                   | 11,6                 |
| ionized                      | 18,1                  | 1,5                  | rem                      | 7,4                   | 10,1                 |
| Invisible wall               | 4,2                   | 9,8                  |                          |                       |                      |
| uranium atomic reactor       | -                     | 9,0                  |                          |                       |                      |
|                              |                       |                      |                          |                       |                      |
| Tokamak model                | 5,3                   | 8,3                  | γ radiation              | -                     | 8,7                  |
|                              |                       |                      |                          |                       |                      |
| fission/fission of uranium   | -                     | 10,5                 | α particles              | -                     | 8,0                  |
| atomic energy                | -                     | 5,3                  | X radiation              | -                     | 5,1                  |
| decomposition of uranium     | -                     | 4,5                  | U-235, U238              | -                     | 7,3                  |
| <b>no response</b>           | <b>40,4</b>           | <b>19,6</b>          | <b>no response</b>       | <b>48,4</b>           | <b>31,9</b>          |

#### 4.2.7 Συμπεράσματα

Πρέπει να δεχθούμε ότι η γνώση βασικών εννοιών και θεμάτων της πυρηνικής επιστήμης είναι ένα σημαντικό στοιχείο τόσο για τον πρακτικό – λειτουργικό όσο και για τον κοινωνικό επιστημονικό αλφαριθμητισμό. Η συγκριτική μελέτη που έγινε για το θέμα αυτό δείχνει ότι τα αναλυτικά προγράμματα της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης στην Ελλάδα και στην Τουρκία, πιθανόν να μη δίνουν την κατάλληλη σημασία πάνω σε αυτό. Τα ευρήματα έδειξαν ότι στην περίπτωση της Ελλάδας, οι αποδεκτές ή μερικά αποδεκτές απαντήσεις δόθηκαν κατά μέσο όρο από περίπου 20% των φοιτητών ενώ ένας μεγάλος αριθμός (σε ποσοστό περίπου 50%) απείχε από το να απαντήσει τις ερωτήσεις. Τα αντίστοιχα μεγέθη στην περίπτωση της Τουρκίας ήταν 11% και 27% αντίστοιχα.

Αυτά τα ευρήματα, που προέρχονται από πρωτοετείς φοιτητές στην αρχή της τριτοβάθμιας εκπαίδευσης τους, είναι πράγματι απογοητευτικά, αλλά θα πρέπει να ιδωθούν κάτω από το πρίσμα της περιορισμένης ή ακόμη και της μη κάλυψης του αντίστοιχου μαθησιακού υλικού από τα σχολικά προγράμματα και των δύο χωρών. Να σημειωθεί ότι το

τουρκικό δείγμα είχε ακολουθήσει το παλιότερο αναλυτικό πρόγραμμα, κατά το οποίο μόνο στην K-10 είχε διδαχθεί θέματα πυρηνικής φυσικής. Θα πρέπει επίσης να ληφθεί υπόψη η περιορισμένη έκταση αυτής της έρευνας. Προκειμένου να γίνουν συγκρίσεις μεταξύ των δύο διαφορετικών πλαισίων αυτής της μελέτης, θα πρέπει να δεχθούμε ότι τα ελληνικά και τα τουρκικά δείγματα παρότι ποικίλλαν στη σύνθεσή τους, αναπαριστούσαν ομάδες που δεν μπορεί να θεωρηθεί ότι ήταν στατιστικά αντιπροσωπευτικές σε εθνικά πλαίσια. Επιπρόσθετα, αναγνωρίζουμε ότι τα δύο δείγματα μπορεί να ήταν κατά κάποιο τρόπο παρόμοια, αλλά δεν μπορούμε να ισχυριστούμε ότι ήταν ισοδύναμα. Αυτό θα μπορούσε να ήταν ένα σοβαρό εμπόδιο εάν αναζητούνταν συγκεκριμένες συγκρίσεις των ικανοτήτων των φοιτητών στα θέματα πυρηνικής φυσικής μεταξύ των δύο αναλυτικών προγραμμάτων. Παρόμοια, δεν θα μπορούσαν να γίνουν κατάλληλες στατιστικές συγκρίσεις μεταξύ των δύο δειγμάτων, γι αυτό και δεν έγιναν προσπάθειες προς αυτή την κατεύθυνση.

Όπως με τις περισσότερες έννοιες φυσικές επιστημών, δεχόμαστε ότι εννοιολογικά τα θέματα της πυρηνικής επιστήμης αποτελούν πρόκληση για τους μαθητές. Οι εννοιολογικές δυσκολίες και οι εναλλακτικές αντιλήψεις είναι παρούσες σε αυτή τη μελέτη. Είναι γνωστό, όπως έχει αναφερθεί στο θεωρητικό μέρος, ότι η γνώση των μαθητών και ο σχηματισμός των παρανοήσεων επηρεάζονται από αρκετούς παράγοντες. Χαρακτηριστικά γνωρίσματα της ανθρώπινης αντίληψης και κατανόησης είναι πιθανόν να είναι κοινά μεταξύ διδακτικών πλαισίων, καθώς αποτελούν διαισθητικές απαντήσεις σε διάφορα φαινόμενα (diSessa, 1993; Taber & Garcia Franco, 2010).

Η μελέτη που παρουσιάζεται εδώ έδειξε καθαρά ότι βρέθηκαν πολλές εννοιολογικές δυσκολίες και παρανοήσεις που ήταν κοινές μεταξύ των ελλήνων και των τούρκων φοιτητών. Υπήρξε σύγχυση μεταξύ πυρηνικής σχάσης και σύντηξης στις απαντήσεις των φοιτητών. Αρκετοί φοιτητές εμφανίστηκαν να θεωρούν ότι οι πυρηνικές αντιδράσεις αφορούν μόνο την πυρηνική σχάση. Ακόμη, ένας αριθμός φοιτητών θεώρησε τη θερμότητα ως αιτία και όχι ως αποτέλεσμα της πυρηνικής διαδικασίας. Ελάχιστοι φοιτητές γνώριζαν για τη σχάση του ουρανίου. Για μερικούς φοιτητές κατά τη σχάση τα άτομα χωρίζονται σε πρωτόνια και ηλεκτρόνια ή κάποια μεγαλύτερα μόρια χωρίζονται σε μικρότερα. Δύσκολες αναδείχθηκαν οι έννοιες των ισοτόπων και ιδιαίτερα των ραδιοϊσοτόπων. Άλλοι φοιτητές έδειξαν να συγχέουν τον μαζικό με τον ατομικό αριθμό, ενώ μερικοί φοιτητές θεώρησαν ότι τα ηλεκτρόνια παίζουν ρόλο στα ισότοπα. Άγνοια και σύγχυση παρουσιάστηκε και στις έννοιες των σωματιδίων  $\alpha$  και της ακτινοβολίας  $\gamma$ .

Κανείς φοιτητής, Έλληνας ή Τούρκος δεν έδωσε αποδεκτή απάντηση για την ακτινοβολία γ, ενώ μερικοί τη συνέδεσαν με τις ακτίνες X, σημειώνοντας ότι η ακτινοβολία γ είναι λιγότερο βλαβερή από τις X. Οι Τούρκοι φοιτητές σε μεγάλο ποσοστό έδειξαν να συγχέουν τα είδη της ραδιενεργού ακτινοβολίας με άλλα είδη ακτινοβολιών και αρκετοί σημείωσαν τις βλαβερές συνέπειες των ακτίνων X εξαιτίας, όπως σημείωσαν, της ραδιενεργού τους φύσης (και όχι επειδή είναι ιοντίζουσα ακτινοβολία). Αυτό το εύρημα είναι παρόμοιο με του Prather (2005), που διαπίστωσε αντιλήψεις των φοιτητών ότι η ιοντίζουσες ακτινοβολίες έχουν τις ίδιες ιδιότητες με αυτές των ραδιενεργά υλικά. Στο σημείο αυτό να σημειωθεί ότι οι Sesen και Ince (2010) ερεύνησαν 200 ισότοπους για να ελέγξουν εάν οι πληροφορίες που προέρχονταν από το διαδίκτυο ήταν πηγή παρανοήσεων για την ακτινοβολία και τη ραδιενέργεια και βρήκαν ένα σημαντικό ποσοστό - 24,3% - των ιστοσελίδων να περιλαμβάνουν την παρανόηση *«εάν ένα αντικείμενο εκτεθεί σε ιονίζουσα ακτινοβολία, γίνεται ραδιενεργό»*.

Η γνώση των φοιτητών σχετικά με τους ατομικούς βομβαρδισμούς ή άλλες μη ειρηνικές χρήσεις της πυρηνικής ενέργειας ή σχετικά με πυρηνικά ατυχήματα ήταν μάλλον χαμηλή. Φαίνεται πως τέτοιου είδους γνώση δεν συμπίπτει με τα κοινωνικά ή ιστορικά ενδιαφέροντα πολλών φοιτητών. Ακόμη, το θέμα του πώς η ραδιενέργεια επηρεάζει την υγεία των ανθρώπων και των ζώων είναι μια πηγή γενικευμένης γνώσης. Κάποιοι φοιτητές αναφέρθηκαν σε αλλαγές της δομής του DNA, στα ανθρώπινα κύτταρα και τις φυσικές λειτουργίες των ζωντανών οργανισμών. Αρκετοί αναφέρθηκαν σε μορφές καρκίνου. Λίγοι φοιτητές διέκριναν μεταξύ καταστροφής του γενετικού υλικού (μεταλλάξεις) και απευθείας καταστροφή στο σώμα και στα όργανα, με τις γνώσεις από τη Βιολογία να βοηθούν σε αυτή την περίπτωση. Λίγες αποδείχθηκαν και οι γνώσεις για τη μεγάλη πλειονότητα των φοιτητών σχετικά με τις ιατρικές διαγνωστικές και θεραπευτικές εφαρμογές της πυρηνικής φυσικής. Πολλοί φοιτητές σημείωσαν τις ακτίνες X ως ιατρική διαγνωστική εφαρμογή, ενώ κάποιοι σημείωσαν ότι έχει διαγνωστικές εφαρμογές αλλά αγνοούσαν τις θεραπευτικές. Εμφανίζεται η τάση οι φοιτητές να εστιάζουν περισσότερο ή αποκλειστικά στις βλαβερές συνέπειες της ραδιενέργειας απ' ό,τι στις χρήσιμες πλευρές της.

Φαίνεται πως παρότι οι φοιτητές έχουν διδαχθεί για τις εφαρμογές της πυρηνικής χημείας, δεν μπορούν να διακρίνουν τις ωφέλιμες χρήσεις της. Σε προγενέστερη (2006) μελέτη της Nakiboğlu μεταξύ 425 τούρκων μαθητών, αναφέρεται η αντίληψη ότι *«τα ραδιοϊσότοπα χρησιμοποιούνται μόνο για να δίνουν ενέργεια επειδή είναι πολύ βλαβερά για τους ανθρώπους»*. Θεωρεί ως αιτία την υπερβολική έμφαση που δίνεται στις βλαβερές συ-

νέπειες της ραδιενέργειας στα δελτία ειδήσεων. Οι Atwood και Sheline (1989) δίνουν ιδιαίτερη σημασία στο θέμα, σημειώνοντας πως οι αρνητικές εντυπώσεις της πυρηνικής χημείας μπορούν να διογκωθούν από τον τρόπο με τον οποίο τα ΜΜΕ χειρίζονται τα θέματα, όπως η συγκέντρωση του ραδιενεργού ραδόνιου στα σπίτια και οι δυσκολίες στη διαχείριση πυρηνικών αποβλήτων.

Συμπερασματικά, φαίνεται ότι κάποιες από τις ποσοτικές διαφορές που συναντώνται μεταξύ των δειγμάτων των δύο χωρών εμφανίζονται πολύ μεγάλες για να οφείλονται στις ιδιοσυγκρασίες των συγκεκριμένων δειγμάτων, ειδικά εάν ληφθεί υπόψη ότι τα δύο δείγματα προέρχονταν από ομάδες που παρουσίασαν κάποιες ομοιότητες. Επομένως, αυτές οι διαφορές φαίνεται μάλλον να σχετίζονται με τα χαρακτηριστικά πολιτισμικά γνωρίσματα των διδακτικών και μαθησιακών μεταβλητών, όπως: η οργάνωση, συνέπεια και βαθμός κάλυψης του αναλυτικού προγράμματος, τα σχολικά συγγράμματα, οι διδακτικές μεθοδολογίες, η διάθεση των φοιτητών για εξέταση και φυσικά ο τρόπος με τον οποίο οι όροι της πυρηνικής επιστήμης παρουσιάζονται στην ελληνική και στην τουρκική γλώσσα.

#### **4.2.8 Συνέπειες για έρευνα και διδασκαλία**

Η μελέτη περιορίστηκε σε δύο μόνο χώρες, στην Ελλάδα και στην Τουρκία. Τα ευρήματα, όπως αναφέρθηκε ήταν μάλλον απογοητευτικά, αλλά θα πρέπει να ιδωθούν υπό το πρίσμα της περιορισμένης έως και ανύπαρκτης κάλυψης του σχετικού μαθησιακού αντικειμένου στο αναλυτικό πρόγραμμα και των δύο χωρών. Η κατανόηση των ομοιοτήτων και των διαφορών στους τρόπους με τους οποίους οι φοιτητές δείχνουν να σκέπτονται σε διαφορετικά εκπαιδευτικά πλαίσια δίνει κίνητρα για περαιτέρω έρευνες. Θα είχε ενδιαφέρον να επαναληφτεί ή να επεκταθεί μια τέτοια μελέτη και σε άλλες χώρες με διαφορετικά αναλυτικά προγράμματα και εμφάσεις. Για να πραγματοποιηθεί αυτό απαιτείται η ύπαρξη διακρατικών ερευνητικών ομάδων που θα αναλαμβάνουν έρευνες σε εθνικό επίπεδο τόσο με αντιπροσωπευτικά δείγματα μαθητών, αλλά και των ίδιων των μαθησιακών πλαισίων. Αυτό δεν κατέστη χρονικά δυνατό μέσα από την παρούσα έρευνα.

Όσον αφορά το αναλυτικό πρόγραμμα και τη διδασκαλία, προτείνεται ως επιτακτική η αλλαγή του περιεχομένου και της προσέγγισης της διδασκαλίας των εννοιών και των θεμάτων της πυρηνικής επιστήμης στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση. Λαμβάνοντας υπόψη το γεγονός ότι το ισχύον αναλυτικό πρόγραμμα Φυσικής και Χημείας στην Τουρκία περιλαμβάνει θέματα πυρηνικής φυσικής σε μεγαλύτερο βάθος από τα προηγούμενα, θα άξιζε μια περαιτέρω μελλοντική μελέτη ώστε να ελεγχθεί εάν βελτιώνεται η εικόνα.

Στην περίπτωση όμως του Ελληνικού αναλυτικού προγράμματος, τα δεδομένα που έχει δημιουργηθεί τα τελευταία χρόνια είναι ότι η πυρηνική φυσική, ως αντικείμενο, έχει *συρρικνωθεί* σε μεγάλο βαθμό και καλύπτει ελάχιστα αντικείμενα.

Η έρευνα στη διδακτική των φυσικών επιστημών υπαγορεύει ότι οι φυσικές επιστήμες που διδάσκονται στο σύγχρονο σχολείο θα πρέπει να ενθαρρύνουν:

- Την ενεργό και εποικοδομητική διδασκαλία και μάθηση
- Την εποικοδομητική και εννοιολογική κατανόηση
- Την ανάπτυξη των πρακτικών δεξιοτήτων των μαθητών
- Ένα σπειροειδές αναλυτικό πρόγραμμα
- Την καλλιέργεια γνωστικών ικανοτήτων υψηλής τάξης (όπως η κριτική σκέψη, η επίλυση προβλήματος, η αξιολογική σκέψη και η λήψη αποφάσεων)
- Τη σύνδεση της επιστήμης με την καθημερινή ζωή

Σε γενικές γραμμές η εφαρμογή των διδακτικών μεθοδολογιών που ταυτίζονται με τους προηγούμενους στόχους και απαιτήσεις είναι έργο και ευθύνη του διδάσκοντα. Εν τούτοις, λαμβάνοντας υπόψη την περιορισμένη γνώση των καθηγητών σχετικά με τα ευρήματα και τις επιπτώσεις της εκπαιδευτικής έρευνας (Costa, Marques, & Kempa, 2000), τόσο το αναλυτικό πρόγραμμα όσο και τα σχολικά συγγράμματα πρέπει να βοηθούν τον καθηγητή στο έργο του. ειδική προσοχή θα πρέπει να δίνεται σε προσεγγίσεις, που βασίζονται σε πλαίσια, στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών που αναμένεται να είναι δημοφιλή και σημαντικά και επομένως να προάγουν τον επιστημονικό αλφαριθμητισμό.

Τελευταίο, αλλά όχι ασήμαντο είναι το γεγονός της σπουδαιότητας της **διαθεματικότητας** σε πρόσφατες εκπαιδευτικές μεταρρυθμίσεις σε αρκετές χώρες. Μια πλευρά της διαθεματικότητας είναι η σύζευξη διαφόρων σχολικών αντικειμένων, μια σύζευξη που καταδεικνύει την αλληλεξάρτηση καθώς και την αλληλεπίδραση μεταξύ των μαθημάτων. Μια άλλη παράμετρος της διαθεματικότητας είναι η σύνδεση των σχολικών αντικειμένων με την καθημερινή ζωή και γενικότερα την κοινωνία. Το αντικείμενο της πυρηνικής φυσικής ταιριάζει τέλεια σε μια τέτοιου είδους διαθεματική προσέγγιση, συνδυάζοντας γνώση, φυσικής, χημείας, βιολογίας, μαθηματικών και ακόμη οικονομικής, κοινωνικής και πολιτικής επιστήμης.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

### ΣΥΖΗΤΗΣΗ, ΓΝΩΣΤΙΚΗ ΣΥΓΚΡΟΥΣΗ ΚΑΙ ΕΝΝΟΙΟΛΟΓΙΚΗ ΑΛΛΑΓΗ ΣΤΟ ΜΑΘΗΜΑ ΤΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ – Η περίπτωση του ατομικού τροχιακού 1s

#### 6.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ: Η ΕΝΝΟΙΟΛΟΓΙΚΗ ΑΛΛΑΓΗ

Η **εννοιολογική αλλαγή** είναι ένας όρος με τον οποίο περιγράφεται η προσπάθεια για την τροποποίηση των *αρχικών αντιλήψεων* των μαθητών σε σχέση με το επιστημονικό πρότυπο (West and Pines, 1985). Στα πλαίσια των ερευνών σχετικά με την εννοιολογική αλλαγή, η ατομική προσέγγιση στις γνωστικές διαδικασίες βλέπει τις *γνωστικές συγκρούσεις* ως απαραίτητες συνθήκες που παρακινούν τους μαθητές να δημιουργήσουν και να αναπτύξουν επιστημονικές ιδέες. Επομένως, ένα αντικείμενο που παρουσιάζει μεγάλο ενδιαφέρον στη Διδακτική των ΦΕ είναι η *γνωστική σύγκρουση* και η *αντίφαση*. Ως «κρίσιμη στιγμή» στη διαδικασία της *εννοιολογικής αλλαγής* θεωρείται η αναγνώριση των αντιφάσεων εκ μέρους του **ατόμου** (Posner 1982).

Δύο τύποι γνωστικών συγκρούσεων έχουν αναγνωριστεί, καθένας με διαφορετικές προκλήσεις και διαφορετικές στρατηγικές ώστε να αντιμετωπιστούν:

A) Συγκρούσεις μεταξύ των αντιλήψεων ενός μαθητή και των διαθέσιμων πειραματικών αποτελεσμάτων

και

B) Συγκρούσεις μεταξύ διαφορετικών γνωστικών δομών που χρησιμοποιήθηκαν για να ερμηνεύσουν το ίδιο γεγονός ή σειρά γεγονότων (Stavy & Berkovitz 1980)

Αν και η προσέγγιση κατά Piaget έχει επηρεάσει κατά ένα βαθμό τις μελέτες σε αυτό το θέμα, λίγες από αυτές (Villani & Carvalho 1995) περιγράφουν φάσεις της «επανορθωτικής δομής» κατά την οποία, μόλις ο μαθητής *αντιληφθεί* τη σύγκρουση, επεξεργάζεται γνωστικά και λειτουργικά μέσα ώστε να βοηθηθεί να την ξεπεράσει (Piaget 1978). Πάνω σε αυτές τις βάσεις συλλογισμού, οι Chin και Brewer (1993) ταξινόμησαν τις πιθανές αντιδράσεις ενός μαθητή για μη αναμενόμενα (γι' αυτόν) πειραματικά αποτελέσματα. Άλλες μελέτες έχουν δείξει ότι ο τρόπος με τον οποίο ένας μαθητής αντιμετωπίζει τα μη αναμενόμενα γι αυτόν πειραματικά αποτελέσματα που θέτουν σε αμφισβήτηση τις αντιλήψεις



του, εξαρτάται ισχυρά από το αν ο καθηγητής του τον έχει εισαγάγει σε ένα ευρύ και ισχυρό εναλλακτικό γνωστικό σχήμα (Rowell και Dawson, 1985).

Οι Karmilloff – Smith και Inhelder σε μια από τις πρωτοπόρες εργασίες σε αυτό το πεδίο συμπέραναν πως:

*Οι παρατηρήσεις μας φανερώνουν ότι οι μαθητές διατηρούν την αρχική τους θεωρία όσο περισσότερο μπορούν. Ακόμη και όταν τελικά διαπιστώνουν αντίθετα με τις απόψεις τους παραδείγματα, προτιμούν να φτιάχνουν πρώτα μια καινούργια θεωρία, λίγο ανεξάρτητη από την πρώτη πριν τελικά προσπαθήσουν να ενοποιήσουν όλα τα γεγονότα σε μια μοναδική, ευρύτερη θεωρία (Karmilloff – Smith και Inhelder, 1975)*

Σε έρευνα των Pope και Gilbert (1983) για την εννοιολογική αλλαγή, διαπιστώθηκαν τέσσερις τάσεις:

- *Διατήρηση των αρχικών ιδεών και απόρριψη των νέων*
- *Προσωρινή αποδοχή των νέων ιδεών και επιστροφή στις προϋπάρχουσες*
- *Συνύπαρξη των νέων ιδεών με τις προϋπάρχουσες για μικρό διάστημα και στη συνέχεια απόρριψη των αρχικών ιδεών*
- *Απόρριψη των αρχικών ιδεών και αντικατάστασή τους με άλλες εναλλακτικές*

Παρά την αξία τους και τη συνεισφορά τους, οι περισσότερες από αυτές τις μελέτες περιόρισαν τη μονάδα της ανάλυσης σε ατομικό επίπεδο και εστίασαν στο πώς ένας μαθητής αντιδρά στην περίπτωση μιας πιθανής ενοχλητικής διδακτικής κατάστασης (*dissatisfaction: δυσαρέσκεια*), δηλαδή στο γεγονός της αδυναμίας περιγραφής ή ερμηνείας ενός φυσικού φαινομένου ή πειραματικού αποτελέσματος. Αυτός ο θεωρητικός περιορισμός, δηλαδή της ατομικότητας, απέτρεψε το συγκεκριμένο είδος της μελέτης από το να λάβει υπόψη τις σημαντικές σχέσεις μεταξύ των *γλωσσικών αλληλεπιδράσεων* στην τάξη και την ανάδειξή τους, καθώς και την ανάλυση των γνωστικών συγκρούσεων ή των ανακολουθιών. Επομένως, είναι δύσκολο να δώσει ιδιαίτερα στοιχεία στην κατανόηση του πώς οι δάσκαλοι θα μπορούσαν να λειτουργήσουν έτσι ώστε να ενθαρρύνουν τέτοιες μαθησιακές διαδικασίες, τις αλληλεπιδράσεις δηλαδή μεταξύ μαθητών, κάτι που προσπαθεί να κάνει η ομάδα των Scott, Mortimer και Aguiar.

Οι Scott, Asoko και Driver (1991) προσδιόρισαν **δύο** κύριες ομαδοποιήσεις στρατηγικών για να προαγάγουν την εννοιολογική αλλαγή. Η πρώτη ομαδοποίηση αναφέρεται στις *στρατηγικές* που βασίζονται στη γνωστική σύγκρουση και την ανάδειξη των συγκρουόμενων απόψεων. Φαίνεται πως η ομαδοποίηση αυτή προκύπτει από μια κατά Piaget αντίληψη της μάθησης και στην οποία κεντρικό ρόλο καταλαμβάνει η ενεργός συμμετοχή των

μαθητών στην *επανοργάνωση* της γνώσης τους. Η δεύτερη αφορά τις στρατηγικές που χτίζουν επάνω στις προϋπάρχουσες αντιλήψεις των μαθητών και τις επεκτείνουν σε μια νέα περιοχή. Τέτοιου είδους στρατηγικές εστιάζουν στη σχεδίαση των κατάλληλων παρεμβάσεων από πλευράς διδασκόντων ώστε να παρέχουν τη «σκαλωσιά» για νέους τρόπους σκέψης.

### 6.1.1 Το αναλυτικό πλαίσιο

Πριν την παρουσίαση του πλαισίου των Mortimer και Scott για τον χαρακτηρισμό των διαφορετικών διαστάσεων του διαλόγου στο μάθημα των ΦΕ, είναι σημαντικό να σημειωθεί πώς ένα τέτοιο αναλυτικό εργαλείο είναι βασισμένο τόσο στη κοινωνικοπολιτισμική ψυχολογία του Vygotsky (1978, 1987) όσο και στη φιλοσοφία της γλώσσας του Bakhtin (1986). Απαραίτητες για αυτή την προσέγγιση είναι οι σχέσεις που δημιουργήσε ο Vygotsky μεταξύ γλώσσας και σκέψης, καθώς και η υπόθεσή του ότι οι υψηλότερες νοητικές λειτουργίες, συμπεριλαμβανόμενης της εννοιολογικής σκέψης, προέρχονται από την κοινωνική σφαίρα και προοδευτικά γίνονται κτήμα του ατόμου.

Οι θεωρίες του Bakhtin έχουν διευρύνει την κατανόησή μας για την γλώσσα πέρα από τη σφαίρα των διαπροσωπικών αλληλεπιδράσεων (Wertsch, 1991), δείχνοντας ότι ο διάλογος επηρεάζεται από την κοινωνική θέση του ομιλητή καθώς και από το χώρο (τον εκπαιδευτικό χώρο ή το ίδρυμα) όπου παράγεται. Το πλαίσιο των Mortimer και Scott χρησιμοποιεί τις αρχές των Vygotsky και Bakhtin ώστε να κάνει πιο *ορατή* τη διαδικασία δημιουργίας εννοιών στη σχολική αίθουσα.

Το πλαίσιο αποτελείται από πέντε διαστάσεις που συνδέονται μεταξύ τους και οι οποίες εστιάζουν στο ρόλο του δασκάλου στο να προσφέρει το επιστημονικό θέμα και στο να βοηθήσει τους μαθητές να βρουν την άκρη με αυτό. Το πλαίσιο έχει συζητηθεί και έχει παρατεθεί ως (με) παράδειγμα σε άλλη εργασία των Mortimer και Scott (2003) σχετικά με τη δημιουργία νοημάτων στα μαθήματα των ΦΕ στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση. Ομαδοποιούν τις πέντε διαστάσεις σε σχέση με τα τρία κύρια συστατικά της διδασκαλίας: *Εστίαση - Προσέγγιση - Δράση*:

| ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ ΤΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ |                                                    |
|-------------------------|----------------------------------------------------|
| <b>I. Εστίαση</b>       | 1. Διδακτικοί στόχοι<br>2. Περιεχόμενο             |
| <b>II. Προσέγγιση</b>   | 3. Επικοινωνιακή προσέγγιση                        |
| <b>III. Δράση</b>       | 4. Παρεμβάσεις του δασκάλου<br>5. Πρότυπα διαλόγου |

### 6.1.2 Διδακτικοί στόχοι

Η πρώτη από τις πέντε διαστάσεις καταγίνεται με τους διδακτικούς στόχους. Είναι ξεκάθαρο πως καθώς προχωρά η διδακτική διαδικασία, αναπτύσσονται διαφορετικοί διδακτικοί στόχοι. Κάθε στόχος σχετίζεται με μια συγκεκριμένη φάση ενός μαθήματος ή σειράς μαθημάτων. Οι Mortimer και Scott (2003) προσδιορίζουν τους ακόλουθους διδακτικούς στόχους στο μάθημα των ΦΕ:

- A) Άνοιγμα (ανάπτυξη) του προβλήματος
- B) Εξερεύνηση των απόψεων των μαθητών και εργασία με αυτές
- Γ) Εισαγωγή και ανάπτυξη του επιστημονικού περιεχομένου
- Δ) Καθοδήγηση των μαθητών ώστε να εργαστούν με τις επιστημονικές ιδέες και υποστήριξη της αποδοχής αυτών των ιδεών
- E) Καθοδήγηση των μαθητών ώστε να εφαρμόζουν τον επιστημονικό τρόπο σκέψης, και να επεκτείνουν καθώς και να ελέγχουν αξιόπιστα τη χρήση του, και
- Στ) Διατήρηση της ανάπτυξης του επιστημονικού περιεχομένου

Οι συγγραφείς έχουν σχεδιάσει αυτή τη λίστα των στόχων τόσο από παρατηρήσεις κατά τη διάρκεια μαθημάτων ΦΕ που χαρακτηρίζονται από σημαντικές και ουσιαστικές αλληλεπιδράσεις μεταξύ δασκάλου και μαθητών, όσο και από τα βασικά δόγματα της κατά Vygotsky άποψης<sup>1</sup> περί διδασκαλίας και μάθησης.

<sup>1</sup> Ο Vygotsky (1896-1934) υποστήριζε ακόμη ότι η ανθρώπινη ανάπτυξη είναι αποτέλεσμα μιας δυναμικής **αλληλεπίδρασης** μεταξύ ατόμου και κοινωνίας (Vygotsky, L.S. (1986). *Thought and language*). Μέσω αυτής της αλληλεπίδρασης, τα παιδιά μαθαίνουν σταδιακά και συνεχώς από τους γονείς και τους δασκάλους. Εν τούτοις, αυτή η μάθηση μπορεί να ποικίλλει μεταξύ των διαφόρων πολιτισμικών στάσεων. Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι η θεωρία του Vygotsky τονίζει τη δυναμική φύση αυτής της **αλληλεπίδρασης**. Δεν είναι μόνο η κοινωνία που επιδρά στους ανθρώπους, αλλά και οι άνθρωποι που επιδρούν στην κοινωνία

### 6.1.3 Περιεχόμενο των αλληλεπιδράσεων στην τάξη

Η δεύτερη διάσταση του πλαισίου των Mortimer και Scott αφορά το περιεχόμενο. Παρότι οι συγγραφείς αναγνωρίζουν τη σημασία άλλων τύπων περιεχομένου για την απόκτηση μιας πιο πλήρους εικόνας της συζήτησης στην αίθουσα, όπως θέματα διαδικασίας, διαχείρισης και οργάνωσης, εστιάζουν στο περιεχόμενο στο βαθμό που αυτό σχετίζεται με το επιστημονικό αντικείμενο της ύλης που διδάσκεται στην τάξη. Έτσι, έχουν οργανώσει την ανάλυσή τους στο περιεχόμενο των αλληλεπιδράσεων σε τρεις διαστάσεις:

***Καθημερινή – Επιστημονική***

***Περιγραφή – Εξήγηση – Γενίκευση***

***Εμπειρική – Θεωρητική***

Η ***Καθημερινή – Επιστημονική διάσταση*** προσδιορίζει την ευρεία κοινωνική γλώσσα (Bakhtin, 1986) που χρησιμοποιείται από το δάσκαλο και/ή τους μαθητές σε διαφορετικά σημεία ενός μαθήματος ΦΕ.

Η διάκριση μεταξύ ***Περιγραφής – Εξήγησης – Γενίκευσης*** είναι ένα θεμελιώδες στοιχείο της επιστημονικής κοινωνικής γλώσσας που έχει καθοριστεί (Mortimer και Scott 2000, 2003) ως εξής:

***Περιγραφή:*** περιλαμβάνει προτάσεις που περιγράφουν ένα σύστημα, ένα αντικείμενο ή ενός φαινόμενο σε όρους των συστατικών του ή των χωροχρονικών του μετατοπίσεων.

***Εξήγηση:*** περιλαμβάνει την εισαγωγή κάποιας μορφής μοντέλου ή μηχανισμού για να εξηγήσει ένα συγκεκριμένο φαινόμενο.

***Γενίκευση:*** περιλαμβάνει την απόδοση μιας περιγραφής ή εξήγησης που είναι ανεξάρτητη από κάθε συγκεκριμένο πλαίσιο.

Μια περαιτέρω σημαντική διάκριση που σχετίζεται με το περιεχόμενο του διαλόγου στο μάθημα είναι ο χαρακτηρισμός των περιγραφών, των εξηγήσεων και των γενικεύσεων ως ***εμπειρικές ή θεωρητικές***. Επομένως, χαρακτηρίζουμε ως εμπειρικές τις περιγραφές, τις εξηγήσεις και τις γενικεύσεις που βασίζονται σε *απευθείας παρατηρούμενες ιδιότητες* ή συστατικά ενός συστήματος. Αντίστοιχα, χαρακτηρίζουμε τις περιγραφές, τις εξηγήσεις και τις γενικεύσεις που σχηματίζονται από οντότητες που δημιουργούνται μέσω του θεωρητικού διαλόγου της επιστήμης, όπως για παράδειγμα μικροσκοπικά μοντέλα, ως ***θεωρητικές*** (Mortimer, 2000, Mortimer και Scott, 2003). Η περίπτωση των εννοιών της κβαντομηχανικής ανήκει στη ***δεύτερη*** κατηγορία.

#### 6.1.4 Επικοινωνιακή προσέγγιση

Η τρίτη διάσταση βρίσκεται στο επίκεντρο του αναλυτικού πλαισίου των Mortimer και Scott. Περιγράφει τους διάφορους τρόπους που χρησιμοποιεί ο δάσκαλος για να επισημάνει στους μαθητές τις διαφορετικές ιδέες που προκύπτουν κατά τη διάρκεια του μαθήματος. Οι συγγραφείς έχουν προσδιορίσει τέσσερις θεμελιώδεις τύπους επικοινωνιακής προσέγγισης, που διακρίνονται κατηγοριοποιώντας το διάλογο μεταξύ δασκάλου και μαθητών σε δύο διαστάσεις: Η πρώτη διάσταση μπορεί να περιγραφεί ως μια **συνεχής** αλληλουχία μεταξύ της **διαλογικής (dialogic)** και της **αυθεντικής (authoritative)** συζήτησης. Η δεύτερη διάσταση μπορεί να περιγραφεί ως μια διάκριση μεταξύ **αλληλεπιδραστικής (interactive)** και **μη αλληλεπιδραστικής (non – interactive)** συζήτησης.

Σχετικά με την πρώτη διάσταση, στη **διαλογική** επικοινωνιακή προσέγγιση δίνεται προσοχή σε *περισσότερες* από μία απόψεις, ακούγονται περισσότερες από μία φωνές και υπάρχει μια εξερεύνηση ή «*διαμοιρασμός*» ιδεών (Bakhtin, 1934/81). Σε γενικούς όρους, η διαλογική συζήτηση είναι ανοικτή σε διαφορετικές απόψεις. Αντίθετα, στην **αυθεντική** επικοινωνιακή προσέγγιση η προσοχή εστιάζεται σε **μία** άποψη, μόνο **μία** φωνή ακούγεται – *αυτή της αυθεντίας του διδάσκοντος* – και δεν υπάρχει καμία εξερεύνηση διαφορετικών απόψεων. Αυτή είναι και το νόημα της λέξης «αυθεντικός» με την οποία αποδόθηκε ο όρος «authoritative». Στην περίπτωση αυτή δεν έχει το νόημα του «δεσποτικού» ή «αυταρχικού», όπως αποδίδεται στα εγχειρίδια ελληνοαγγλικής, αλλά περισσότερο σχετίζεται με το γεγονός ότι ο διδάσκων θεωρείται ότι αποτελεί τη μόνη **έγκυρη** πηγή πληροφοριών (**αυθεντία**) στο σχολικό περιβάλλον<sup>2</sup>.

Ασχολούμενοι με αυτή τη διάκριση, δίνουμε έμφαση στη σημασία του ότι βλέπουμε τα δύο είδη συζήτησης όχι σε όρους «διχοτόμησης», αλλά σαν μια διαλεκτική διάσταση όπως μια μορφή συζήτησης δίνει ώθηση στην άλλη ώστε να υποστηρίξει την εποικοδομητική μάθηση. Σε σχέση με τη δεύτερη διάσταση, η συζήτηση μπορεί να είναι **διαδραστική** υπό την έννοια πως εμπλέκει τη συμμετοχή περισσότερων του ενός ατόμων, ή μη αλληλεπιδραστική υπό την έννοια ότι εμπλέκει μόνο ένα άτομο.

Μπορούμε να παραθέσουμε τις τέσσερις προκύπτουσες κατηγορίες της επικοινωνίας μεταξύ δασκάλου μαθητή στην τάξη ως εξής:

<sup>2</sup> Σύμφωνα με το διαδικτυακό λεξικό Merriam Webster της έγκυρης εγκυκλοπαίδειας Britannica, η λέξη **authoritative** έχει την έννοια «*having or showing impressive knowledge about a subject*», δηλαδή εννοεί αυτόν που έχει ή επιδεικνύει εντυπωσιακή γνώση πάνω σε ένα αντικείμενο. (<http://www.merriam-webster.com/dictionary/authoritative>)

**Αλληλεπιδραστικός / Διαλογικός:** Ο δάσκαλος και οι μαθητές εξερευνούν ιδέες θέτοντας ειλικρινείς ερωτήσεις και εκφράζουν, ακούν και εργάζονται πάνω σε διαφορετικές απόψεις.

**Μη Αλληλεπιδραστικός / Διαλογικός:** Ο δάσκαλος αναφέρει **διάφορες** απόψεις επισημαίνοντας ομοιότητες και διαφορές.

**Αλληλεπιδραστικός / Αυθεντικός:** Ο δάσκαλος οδηγεί τους μαθητές μέσω μιας σειράς ερωτήσεων και απαντήσεων με στόχο να φτάσει σε **μια** συγκεκριμένη άποψη.

**Μη Αλληλεπιδραστικός / Αυθεντικός:** Ο δάσκαλος δείχνει **μια** συγκεκριμένη άποψη. Είναι προφανές ότι οι καταστάσεις στις οποίες οι μαθητές κάνουν ερωτήσεις οδηγούν εξορισμού σε αλληλεπιδραστική συζήτηση (Mortimer και Scott, 2010). Οι ίδιοι θεωρούν ως ένα ενδιαφέρον σημείο και στο οποίο πρέπει να δοθεί έμφαση, το γεγονός ότι οι φυσικές επιστήμες, ακόμη και τα πιο καινοτόμα ή και επαναστατικά μέρη τους, είναι κτισμένα πάνω σε *αυθεντική* συζήτηση η οποία προσφέρει μια δομημένη εικόνα του κόσμου και που θα ήταν αδύνατο χωρίς την καθοδήγηση του δασκάλου ή κάποιου άλλου «ειδικού» να δώσουν τα εργαλεία εκείνα που απαιτούνται για την επιστημονική εξήγηση.

### 6.1.5 Πρότυπα διαλόγου

Η τέταρτη διάσταση, τα *πρότυπα διαλόγου*, κατηγοριοποιεί τα απλά αλλά διακριτά πρότυπα αλληλεπίδρασης που αναπτύσσονται μεταξύ δασκάλου και μαθητών όσο εξελίσσεται η συζήτηση στο μάθημα. Οι εθνογράφοι και οι κοινωνιογλωσσολόγοι θεωρούν τα πρότυπα διαλόγου ως σπουδαία στοιχεία των αλληλεπιδράσεων στην τάξη γιατί καθορίζουν τη δομή της συμμετοχής και τους κανόνες για το πότε και πώς θα παρέμβουν στη συζήτηση στο μάθημα (Sinclair, Coulthard, 1975; Mehan, 1979; Erickson, 1982; Rockwell, 1986;). Σε περιπτώσεις αλληλεπιδραστικής συζήτησης στην τάξη διακρίνουμε τρία πρότυπα διαλόγου:

1. **Το παραδοσιακό I-R-E<sup>3</sup> πρότυπο** (Mehan, 1979): Ο δάσκαλος ξεκινάει με μια ερώτηση, ο μαθητής απαντά και τέλος ο δάσκαλος αξιολογεί.

2. **Μια κλειστή αλυσίδα αλληλεπιδράσεων:** Ο δάσκαλος αντιδρά στην απάντηση του μαθητή, έτσι ώστε να προκαλέσει ευρύτερη ανάπτυξη της άποψής τους (‘ένδιαφέρον αυτό που λες, πες μου κάτι ακόμη ...’) και επομένως να διατηρήσει την αλληλεπίδραση. Με αυτό τον τρόπο ο μαθητής υποστηρίζεται στο να διευκρινίσει και να κάνει πιο εμφα-

---

<sup>3</sup> **I: Initiation:** έναυσμα, έναρξη ερώτησης – **R: Response:** απάντηση – **E: Evaluation:** αξιολόγηση

νείς τις ιδέες του. Στην κλειστή αλυσίδα αλληλεπιδράσεων η σειρά κλείνει από μια *τελική αξιολόγηση* από μέρους του δασκάλου.

**3. Ανοιχτή αλυσίδα αλληλεπιδράσεων:** Αυτό το πρότυπο έχει την ίδια μορφή με το προηγούμενο, αλλά χωρίς την τελική αξιολόγηση από τον δάσκαλο.

#### **6.1.6 Παρεμβάσεις του δασκάλου**

Αυτή η πέμπτη και τελευταία διάσταση της ανάλυσης εστιάζει στους τρόπους με τους οποίους ο δάσκαλος παρεμβαίνει έτσι ώστε να αναπτύξει το επιστημονικό θέμα<sup>4</sup> και να το κάνει προσιτό για όλους τους μαθητές στην τάξη. Η ανάλυση αυτή είναι βασισμένη σε ένα σχήμα που προσδιορίζει έξι τύπους παρεμβάσεων από το δάσκαλο: *Διαμόρφωση απόψεων (αντιλήψεων) – Επιλογή απόψεων – Σημείωση κομβικών ιδεών – Μοίρασμα απόψεων – Έλεγχος της κατανόησης των μαθητών και Επισκόπηση*.

### **6.2 ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ - ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ ΤΩΝ MORTIMER ΚΑΙ SCOTT**

Οι Mortimer και Scott εφάρμοσαν στην πράξη το αναλυτικό πλαίσιο που περιγράφηκε παραπάνω, επιλέγοντας και οργανώνοντας τη διδακτική διαδικασία για το αντικείμενο της θερμότητας, εστιάζοντας σε θέματα μεταφοράς θερμότητας, θερμικής ισορροπίας, θερμοκρασίας, κλπ. Οι μαθητές είχαν διδαχθεί σε εισαγωγικό μάθημα την έννοια του σωματιδιακού μοντέλου για την ερμηνεία φαινομένων όπως η διάχυση των αερίων, η διαστολή των αερίων και των υγρών και αλλαγές στις καταστάσεις της ύλης.

Η τάξη χωρίστηκε σε μικρές ομάδες, καθεμία από τις οποίες ανέλαβε μια πειραματική δραστηριότητα. Πριν απ' την πραγματοποίηση των πειραμάτων, ο δάσκαλος έκανε μια μικρή εισαγωγή, με σκοπό να βάλει το πρόβλημα σε ένα πλαίσιο και να διατηρήσει την αφήγησή του κατά την εξέλιξη της «επιστημονικής ιστορίας»<sup>5</sup>. Σε μια από τις δραστηριότητες συνδυάστηκαν πειράματα με ταυτόχρονη ανάγνωση μικρών κειμένων, ενώ επιπρόσθετα, ο δάσκαλος πραγματοποίησε αρκετά πειράματα επίδειξης μπροστά σε όλη την τάξη. Οι μαθητές κάθε ομάδας πραγματοποίησαν τα πειράματα και ερμήνευσαν τα φαινόμενα που παρατήρησαν. Στη συζήτηση που ακολούθησε στην τάξη, ο δάσκαλος, με τη συμμετοχή των μαθητών, συνόψισε τις εξηγήσεις που πρότειναν οι μαθητές.

---

<sup>5</sup> «Scientific story»

Όπως σημειώνουν οι Mortimer και Scott, η γλώσσα μπορεί να θεωρηθεί ως μια **κοινωνική δράση**. Αυτό σημαίνει πως είναι απαραίτητο να ληφθεί υπόψη το γνωστικό υπόβαθρο, το πολιτισμικό περιβάλλον και οι διαθέσεις των μαθητών. Επομένως, το πλαίσιο που προτείνουν οι Mortimer και Scott δεν είναι απλά ένα προκαθορισμένο σύστημα για εφαρμογή σε τοπική ανάλυση, αλλά ένας τρόπος να ενθαρρυνθούν οι ερευνητές να λάβουν υπόψη τους κάθε πρόταση, επεισόδιο, δραστηριότητα ή πείραμα μέσα σε ένα γενικότερο πλαίσιο της όλης διδακτικής διαδικασίας. Αυτό ακολουθεί την αρχή του Bakhtin *«κάθε πρόταση είναι ένας κρίκος στην αλυσίδα της προφορικής επικοινωνίας»* (Bakhtin, 1986). Με άλλα λόγια, κάθε πρόταση αντιστοιχεί σε προηγούμενες και προεξοφλεί μελλοντικές απαντήσεις τόσο βραχυπρόθεσμα όσο και μακροπρόθεσμα.

### **Μια σύντομη περιγραφή του διδακτικού «επεισοδίου» των Mortimer και Scott**

Το επεισόδιο που περιγράφεται στην εργασία των Mortimer και Scott αφορά τις αλληλεπιδράσεις καθηγητή – μαθητών κατά τη διάρκεια ενός από τα πειράματα των μικρών ομάδων. Το περιεχόμενο αυτής της δραστηριότητας σχετιζόταν με προηγούμενες συζητήσεις οι οποίες, σε γενικές γραμμές, αφορούσαν την εξερεύνηση των ερμηνειών των μαθητών για θερμικά φαινόμενα που είχαν παρατηρήσει σε δύο πειράματα τα οποία είχαν πραγματοποιήσει προηγουμένως. Στο πρώτο πείραμα οι μαθητές προσπαθούσαν να εξηγήσουν τις διαφορετικές αισθήσεις θερμοκρασίας που είχαν όταν τοποθετούσαν το χέρι τους εναλλακτικά σε δοχείο με κρύο νερό, ζεστό νερό και νερό σε θερμοκρασία δωματίου. Οι μαθητές έδωσαν διαφορετικές ερμηνείες για το τι συμβαίνει όταν αγγίζουμε θερμά ή ψυχρά αντικείμενα. Κάποιοι μαθητές αναφέρθηκαν σε «μεταβολές της θερμοκρασίας» (*«η θερμοκρασία από το νερό πηγαίνει στο χέρι σου και από το χέρι σου στο νερό»*), άλλοι αναφέρθηκαν σε ανταλλαγές θερμότητας (*«κάθε είδος ελευθερώνει μια συγκεκριμένη θερμότητα» ή «όταν λέμε θερμότητα, δεν σημαίνει πως είναι θερμό, μπορεί να είναι κρύο, κρύα θερμότητα. Για παράδειγμα, στο κρύο νερό υπάρχει κρύα θερμότητα και αισθανόμαστε κρύο»*).

Στο δεύτερο πείραμα, οι μαθητές έπρεπε να προβλέψουν και να ερμηνεύσουν την συμπεριφορά ενός κύβου πάγου και μιας καυτής πατάτας που είχαν τυλιχθεί σε ύφασμα ώστε να γίνει σύγκριση της συμπεριφοράς των ίδιων αντικειμένων όταν ήταν εκτεθειμένα στον αέρα. Έχοντας σκοπό να εισαγάγει την έννοια της κατεύθυνσης της μεταφοράς θερμότητας, ο δάσκαλος ζήτησε από τους μαθητές να συγκρίνουν τη συμπεριφορά της πατάτας με τη συμπεριφορά του παγόκυβου. Στη συζήτηση με όλη την τάξη που ακολούθησε, ο δάσκαλος επέλεξε τις ερμηνείες κάθε ομάδας, ελέγχοντας την κατανόηση των μαθητών



και ζητώντας να διευκρινίσουν τις συζητήσεις που έκαναν για καθεμιά από τις διαφορετικές τους εξηγήσεις. Η συζήτηση διήρκεσε περίπου 20 λεπτά και ο δάσκαλος έγραψε στον πίνακα τις υποθέσεις που έκαναν οι ομάδες: «ανταλλαγή θερμοκρασίας», «ανταλλαγή θερμότητας» (αυτή που προτιμήθηκε από την ομάδα που αναλύεται σε αυτή την εργασία) και «μεταφορά θερμότητας».

Όταν ρωτήθηκαν για τη σημασία των όρων «θερμότητα» και «θερμοκρασία» και τη σχέση μεταξύ τους, οι μαθητές έδωσαν διάφορες απαντήσεις, όπως: «Η θερμοκρασία είναι η μέτρηση της θερμότητας», «Θερμότητα είναι η κίνηση των μορίων», «Η κινητική ενέργεια των μορίων προκαλεί θερμότητα»

### **Ανάλυση του επεισοδίου σε όρους σύμφωνα με το πλαίσιο των Mortimer και Scott**

#### **A. Διδακτικοί στόχοι**

Η εισαγωγή της επιστημονικής «ιστορίας» της θερμότητας, ως μεταφορά ενέργειας μεταξύ δύο σωμάτων διαφορετικής θερμοκρασίας και πιο συγκεκριμένα, η έμφαση στο γεγονός ότι η κατεύθυνση της μεταφοράς θερμότητας είναι από τα θερμότερα προς τα ψυχρότερα σώματα

#### **B. Αποτελέσματα και συζήτηση**

Το υπό ανάλυση επεισόδιο χωρίστηκε σε τέσσερα μέρη. Στο *πρώτο μέρος*, οι μαθητές που αποτελούν τη μικρή ομάδα, ξεκίνησαν με το πείραμα «Μπορεί το κρύο να είναι ζεστό;» αναζητώντας μια ικανοποιητική λύση σε αυτό το πρόβλημα, χρησιμοποιώντας το σωματιδιακό μοντέλο. Στο *δεύτερο μέρος*, οι μαθητές ακολούθησαν την προτροπή του καθηγητή και εξέτασαν το μοντέλο της ανταλλαγής θερμής και ψυχρής θερμότητας που είχαν προτείνει προηγουμένως ως την καλύτερη εξήγηση για το πείραμα του παγόκυβου και της καυτής πατάτας. Στο *τρίτο μέρος*, η ομάδα συνέκρινε το σωματιδιακό μοντέλο και το μοντέλο ανταλλαγής θερμότητας. Το *τέταρτο και τελευταίο μέρος* ξεκίνησε αμέσως μόλις οι μαθητές έδειξαν ότι αντελήφθησαν την αντίθεση μεταξύ των δύο μοντέλων. Σε αυτό το μέρος, διαπιστώθηκε ότι οι μαθητές ζήτησαν από τον καθηγητή να *καλύψει* το εννοιολογικό τους κενό – που προέκυψε από τη συζήτηση - και επομένως να τους βοηθήσει να βρουν μια λύση στη σύγκρουση μεταξύ των δύο μοντέλων.

### 6.3 ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ ΤΩΝ MORTIMER ΚΑΙ SCOTT ΣΤΗ ΔΙΔΑ- ΣΚΑΛΙΑ ΤΗΣ ΕΝΝΟΙΑΣ ΤΟΥ ΑΤΟΜΙΚΟΥ ΤΡΟΧΙΑΚΟΥ 1s

Στην ενότητα αυτή έγινε μια προσπάθεια μελέτης και εφαρμογής των προτύπων δια-  
λόγου με το πλαίσιο Mortimer – Scott σε ένα σύνολο συνεντεύξεων πρωτοετών φοιτητών  
από τα τμήματα Χημείας, Βιολογικών Εφαρμογών και Τεχνολογίας και Επιστήμης και Τε-  
χνολογίας. Οι συνεντεύξεις αφορούσαν την ερώτηση **8** του ερωτηματολογίου – ερευνητι-  
κού εργαλείου του υποψήφιου (τότε) διδάκτορα Γ. Παπαφώτη<sup>6</sup> καθηγητή β'βάθμιας εκ-  
παίδευσης. Η ερώτηση αυτή ήταν η εξής:

*Είναι δυνατό να βρεθεί το ηλεκτρόνιο του ατόμου του υδρογόνου στη θεμελιώδη κατά-  
στασή του έξω από το χώρο που ορίζεται ως τροχιακό 1s;*

*Να δικαιολογήσετε την απάντησή σας*

Οι συγγραφείς είχαν ετοιμάσει ένα ημιδομημένο ερωτηματολόγιο με ερωτήσεις προ-  
κειμένου να διαχειριστούν τις συνεντεύξεις. Στην περίπτωση της ερώτησης 8 του ερωτη-  
ματολογίου αυτού ήταν οι εξής:

- *Ποιος είναι ο χώρος που ορίζεται ως τροχιακό 1s; (Ζωγράφισε τον)*<sup>7</sup>
- *Δηλαδή το ηλεκτρόνιο αποκλείεται να είναι κάποια στιγμή εδώ; (έξω από το χώρο που είχε σχεδιάσει ο φοιτητής)*
- *Ποια είναι λοιπόν η σωστή απάντηση;*

Οι συνεντεύξεις ελήφθησαν από δύο ερευνητές, τον καθηγητή κ. Γ. Τσαπαρλή (EP.1)  
και τον κ. Γ. Παπαφώτη, (EP.2).

Η μελέτη αυτή αποτελεί μορφή εκ των υστέρων έρευνας<sup>8</sup> (Cohen και Magnon, 1994).  
Διαπιστώθηκε ότι με το πλαίσιο Mortimer – Scott υπάρχουν εγγενείς **διαφορές**, όπως:

#### **1. Το γνωστικό επίπεδο και η ηλικία των συμμετεχόντων**

Η μελέτη των Mortimer και Scott αφορά μαθητές γυμνασίου, δηλαδή ηλικίες 14 – 15  
ετών, ενώ οι συνεντεύξεις Παπαφώτη – Τσαπαρλή έχουν πραγματοποιηθεί με φοιτητές,  
που τυπικά είχαν περισσότερες παραστάσεις και ανώτερο γνωστικό επίπεδο.

#### **2. Το γνωστικό αντικείμενο και οι δυνατότητες πειραμάτων**

Το θέμα της θερμότητας, των ανταλλαγών της ή – πιο απλά – αν ένα σώμα είναι ψυ-  
χρό ή θερμό, είναι τελείως διαφορετικό από το θέμα των **τροχιακών**. Η θερμότητα και η

<sup>6</sup> Γ. Παπαφώτης – Κβαντομηχανικές έννοιες στη Χημεία της Γ λυκείου, διδακτορική διατριβή, Πανεπιστήμιο  
Ιωαννίνων, τμήμα Χημείας, Ιωάννινα 2004

<sup>7</sup> Τα σχήματα των φοιτητών κατά τη διάρκεια της συνέντευξης δεν ήταν διαθέσιμα

<sup>8</sup> ex post facto

θερμοκρασία αποτελούν αντικείμενα που μπορούν να γίνουν αντιληπτά λόγω της καθημερινής εμπειρίας, ενώ τα τροχιακά είναι μια έννοια που αφορά<sup>9</sup> **μικροσκοπικά συστήματα** και σχετίζεται με πιθανότητες. Στο γνωστικό πεδίο της θερμότητας υπάρχουν πολλά πειράματα και δραστηριότητες με τη βοήθεια των οποίων οι μαθητές μπορούν να αντλήσουν πληροφορίες, να εξετάσουν ενδεχομένως κάποιες υποθέσεις, να συζητήσουν μεταξύ τους, να απαντήσουν σε ερωτήσεις του καθηγητή τους και ακόμη να έρθουν ευκολότερα σε γνωστική σύγκρουση, ώστε να επιτευχθεί εννοιολογική αλλαγή. Η έννοια του τροχιακού δεν μπορεί να τεθεί σε *αντίστοιχη* πειραματική δοκιμασία, επομένως οι μόνες πληροφορίες που είχαν οι συμμετέχοντες στις συνεντεύξεις ήταν αυτές των σχολικών τους συγγραμμάτων.

### 3. Η μέθοδος

Η εργασία των Mortimer και Scott ακολουθεί μια συγκεκριμένη σειρά, αυτή που *όρισαν οι συγγραφείς* και που, όπως διαπιστώθηκε από το πρωτότυπο κείμενο, ακολουθήθηκε *πιστά*. Αντίθετα, οι συνεντεύξεις των Παπαφώτη – Τσαπαρλή είναι προγενέστερες, επομένως δεν πραγματοποιήθηκαν σύμφωνα με το συγκεκριμένο πρότυπο, παρότι εστίασαν και αυτές στο θέμα της εννοιολογικής αλλαγής.

### 4. Το πολλαπλό βιβλίο

Οι συνεντεύξεις πραγματοποιήθηκαν με φοιτητές που είχαν διδαχθεί κατά την τελευταία τάξη του λυκείου στο μάθημα της χημείας θετικής κατεύθυνσης την έννοια του τροχιακού από τέσσερα διαφορετικά συγγράμματα, καθώς ήσαν απόφοιτοι του σχολικού έτους στο οποίο είχε εφαρμοστεί το πολλαπλό βιβλίο. Κάθε μαθητής είχε χρησιμοποιήσει μόνο το ένα από τα τέσσερα συγγράμματα. Πιο συγκεκριμένα, τα σχολικά συγγράμματα που ήταν διαθέσιμα και που επιλέχθηκαν ανά σχολείο από τους αντίστοιχους εκπαιδευτικούς ήταν τα εξής (αναφέρονται οι δύο πρώτοι συγγραφείς για λόγους συντομίας με την πλήρη αναφορά της συγγραφικής ομάδας στην ενότητα της βιβλιογραφίας) :

- Βιβλίο Α (Κ. Τσίπη, Α. Βάρβογλη)
- Βιβλίο Β (Θ. Μαυρομούστακου, Α. Κολοκούρη)
- Βιβλίο Γ (Γ. Μανουσάκη, Ι. Κεφαλλονίτη)
- Βιβλίο Δ (Στ. Λιοδάκη, Δ. Γάκη)

---

<sup>9</sup> Philosophy of Chemistry: Between the Manifest and the Scientific Image (Brakel, J. van) – κριτική του βιβλίου από: A. Truman Schwartz, Department of Chemistry, Macalester College, St. Paul, MN 55125, *J. Chem. Educ.*, 2001, 78 (7), p 878

Στα σχολικά συγγράμματα υπήρχαν μερικές διαφοροποιήσεις στις ενότητες του τροχιακού, επομένως είναι πιθανόν και οι αντιλήψεις των φοιτητών κατά τη διάρκεια των συνεντεύξεων να παρουσίαζαν – σε γενικές γραμμές – κάποιες αποκλίσεις. Στον πίνακα που ακολουθεί επιχειρείται μια περιληπτική παρουσίαση του τροχιακού, του ηλεκτρονιακού νέφους και του περιεχομένου της ερώτησης όπως αυτά περιγράφονται στα τέσσερα βιβλία που προαναφέρθηκαν.

Πίνακας 1. Το τροχιακό στα τέσσερα συγγράμματα του πολλαπλού βιβλίου

| ΒΙΒΛΙΟ   | ΤΡΟΧΙΑΚΟ                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΟ ΤΟΥ ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΣ                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|          | ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΑΚΟ ΝΕΦΟΣ                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| <b>A</b> | <i>Συναρτήσεις της θέσης του ηλεκτρονίου στο άτομο, <math>\psi = f(r)</math>, όπου <math>r</math> είναι η απόσταση του ηλεκτρονίου από τον πυρήνα (σελ. 5)</i>                                                                                                                                                                                                                                                   | «στη χημεία είναι ιδιαίτερα χρήσιμη η γραφική παράσταση (σχηματική απεικόνιση) των τροχιακών και των ηλεκτρονιακών νεφών...»<br>«όλα τα $S$ τροχιακά έχουν το σχήμα της σφαίρας, με αυθαίρετη ακτίνα $r$ . Όταν εμείς σχεδιάζουμε ένα τροχιακό του δίνουμε ένα αυθαίρετο μέγεθος. Όμως ανεξάρτητα από το μέγεθος, θα πρέπει πάντοτε να έχουμε υπόψη μας ότι μέσα στο <b>χώρο που καθορίζεται από το περίγραμμα που σχεδιάστηκε, περιέχεται το 99% του ηλεκτρονιακού νέφους</b> » (σελ. 9-10)                             |
|          | <i><b>Η συνάρτηση της πυκνότητας πιθανότητας</b><br/><math>\psi_n^2</math> μας δίνει την πιθανότητα να βρεθεί το ηλεκτρόνιο στο σημείο <math>\Gamma</math> και στο χρόνο <math>t</math> γύρω από τον πυρήνα (ερμηνεία των κυματοσυναρτήσεων κατά Born που θεωρούσε το ηλεκτρόνιο ως σωματίδιο). Η συνάρτηση της πυκνότητας πιθανότητας έχει καθιερωθεί να ονομάζεται και <b>ηλεκτρονιακό νέφος</b>. (σελ. 6)</i> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| <b>B</b> | <i>Κάθε τριάδα των κβαντικών αριθμών <math>n, \ell</math> και <math>m_\ell</math> αντιστοιχεί σε ένα τρισδιάστατο χώρο ορισμένου σχήματος και προσανατολισμού, όπου μπορεί να βρεθεί το ηλεκτρόνιο. Ένας τέτοιος χώρος ονομάζεται ατομικό τροχιακό. (σελ. 5)</i>                                                                                                                                                 | «..το τροχιακό παριστάνει το χώρο όπου μπορεί να βρεθεί το ηλεκτρόνιο, αλλά μπορεί επίσης να είναι ένας κενός χώρος (τροχιακό $2s$ για το άτομο του υδρογόνου στη θεμελιώδη κατάσταση)...» (σελ. 7)<br>«τα τροχιακά $S$ έχουν το ίδιο σχήμα... μόνο το μέγεθός τους διαφέρει. Εδώ, παριστάνονται σαν σφαίρες μέσα στις οποίες <b>η πιθανότητα εύρεσης του ηλεκτρονίου είναι 95%</b> αφού όπως είπαμε <b>η πιθανότητα εύρεσης του ηλεκτρονίου δεν μηδενίζεται ούτε σε μεγάλες αποστάσεις από τον πυρήνα...</b> » (σελ. 7) |
|          | <i>«..το σκαρίφημα αυτό<sup>10</sup> μας βοηθάει να μετασχηματίσουμε την εικόνα που έχουμε για το ηλεκτρόνιο, το οποίο <b>από σωματίδιο γίνεται πλέον ηλεκτρονιακό νέφος...</b>» (σελ. 7)</i>                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| <b>Γ</b> | <i>«<b>Η πιθανότητα</b> εύρεσης ενός ηλεκτρονίου στο</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | <i>«<b>Η παράσταση</b> ενός ηλεκτρονιακού νέφους στο</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |

<sup>10</sup> Αναφέρεται σε σχήματα που παρατίθενται στο βιβλίο

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | <p>χώρο του ατόμου αποδίδεται από <b>το ατομικό τροχιακό</b>. Παρ' ότι το ατομικό τροχιακό είναι πολύπλοκη έννοια, μπορούμε να πούμε, πολύ απλοποιημένα, ότι αντιστοιχεί στο χώρο γύρω από τον πυρήνα του ατόμου, όπου υπάρχει πιθανότητα να βρεθεί ένα ηλεκτρόνιο ορισμένης ενέργειας, δείχνοντας όμως και την πιθανότητα να βρεθεί σε κάθε σημείο αυτού του χώρου» (σελ. 7)</p> <hr/> <p>«με άλλα λόγια ένα τροχιακό περιγράφει την κατανομή στο χώρο γύρω από τον πυρήνα ενός ηλεκτρονιακού νέφους που έχει διαφορετική πυκνότητα στα διάφορα σημεία του» (σελ. 7)</p>                                                                                                                                                                                                                                                                          | <p>οποίο αντιστοιχεί ένα τροχιακό είναι δύσκολη, διότι η πυκνότητά του δεν σταματάει (μηδενίζεται) απότομα σε κάποια σημεία μακριά από τον πυρήνα. Γι' αυτό συμφωνήσαμε να χρησιμοποιούμε μια παράσταση που περιλαμβάνει ένα χώρο γύρω από τον πυρήνα μέσα στην οποία υπάρχει <b>πιθανότητα κατά 90% να βρεθεί το ηλεκτρόνιο</b> (ακολουθεί σχήμα)» (σελ. 8)</p>                                                                                                                                                     |
| <p style="text-align: center;"><b>Δ</b></p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | <p>«τα ατομικά τροχιακά αποτελούν συναρτήσεις θέσης του ηλεκτρονίου στο άτομο π.χ. είναι της μορφής <math>\psi(x, y, z)</math>, όπου <math>x, y, z</math> είναι οι συντεταγμένες που καθορίζουν τη θέση του ηλεκτρονίου γύρω από τον πυρήνα. Το <math>\psi</math> αυτό καθαυτό δεν έχει φυσική σημασία. Βέβαια, αποτελεί κατά κάποιο τρόπο μια ένδειξη της παρουσίας ή μη του ηλεκτρονίου γύρω από τον πυρήνα. Αντίθετα, το <math>\psi^2</math> έχει σημαντική φυσική σημασία καθώς εκφράζει την πιθανότητα να βρεθεί το ηλεκτρόνιο σε ένα ορισμένο σημείο του χώρου γύρω από τον πυρήνα» (σελ. 7)</p> <hr/> <p>«Το <math>\psi^2</math> (ή ακριβέστερα το <math>-e \psi^2</math>, όπου <math>-e</math> το φορτίο του ηλεκτρονίου) εκφράζει την κατανομή ή την <b>πυκνότητα του ηλεκτρονιακού νέφους</b> στο χώρο γύρω από τον πυρήνα» (σελ. 7)</p> | <p>«...στις 'οριακές καμπύλες', που είναι και η πιο συνηθισμένη απεικόνιση της πυκνότητας του ηλεκτρονιακού νέφους (<math>\psi^2</math>), το περίγραμμα της κατανομής περικλείει τη μέγιστη πυκνότητα του ηλεκτρονικού νέφους αυτής π.χ. 90 – 99% αυτής» (σελ. 8)</p> <p style="text-align: center;">Και</p> <p>«τέλος, να ξεκαθαρίσουμε ότι οι παραπάνω γραφικές παραστάσεις απεικονίζουν την πυκνότητα του ηλεκτρονιακού νέφους και όχι το τροχιακό, όπως πολλές φορές αναφέρεται χάριν απλούστευσης» (σελ. 8)</p> |
| <p><u>Παρατηρήσεις:</u> α) Από το σχολικό έτος 2003-04 και έπειτα, χρησιμοποιείται μόνο το βιβλίο Δ στη Χημεία Γ Λυκείου Θετικής Κατ/νσης</p> <p>β) Στο βιβλίο Δ, στα περιθώρια, υπάρχουν αποσπάσματα των βιβλίων «Οργανική Χημεία, τομ. Ι» του J. McMurry (σελ. 8) και «Οργανική Χημεία, τομ. Ι» των Morrison και Boyd (σελ.11) που αναφέρονται στα τροχιακά και την πιθανότητα εύρεσης του ηλεκτρονίου, αλλά δεν παρατίθενται σε αυτόν τον πίνακα (αφού δεν αποτελούν μέρος της διδακτέας ύλης)</p> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |

Ακολουθούν αποσπάσματα των συνεντεύξεων όπως αυτές πραγματοποιήθηκαν από τους ερευνητές. Οι χαρακτηρισμοί (I, R, F/P, E)<sup>11</sup> των προτύπων διαλόγου δόθηκαν από τον γράφοντα.

### 6.3.1 ΑΤΟΜΙΚΗ ΣΥΝΕΝΤΕΥΞΗ 1

Κυριάκος (Τμήμα Χημείας)

|    |            |             |                                                                                                                                                  |
|----|------------|-------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1  | <b>I</b>   | <i>EP2:</i> | Στην ερώτηση οκτώ «Είναι δυνατό να βρεθεί το ηλεκτρόνιο του υδρογόνου στη θεμελιώδη κατάσταση του έξω από τον χώρο που ορίζεται ως 1s τροχιακό;» |
| 2  | -          | <i>EP1:</i> | Ναι απαντάει τι απαντάει;                                                                                                                        |
| 3  | <b>R</b>   | <i>EP2:</i> | Και εδώ μας λες ότι δεν είναι δυνατό διότι μπορεί να διεγερθεί... <sup>12</sup>                                                                  |
| 4  | <b>R</b>   | Κυριάκος:   | Ναι αλλά η διέγερση στιγμιαία είναι.                                                                                                             |
| 5  | <b>I</b>   | <i>EP2:</i> | Ποιος χώρος ορίζεται ως 1s τροχιακό;                                                                                                             |
| 6  | -          | Κυριάκος:   | Γενικά ως 1s τροχιακό;                                                                                                                           |
| 7  | -          | <i>EP2:</i> | Ναι                                                                                                                                              |
| 8  | <b>R</b>   | Κυριάκος:   | Ο πιθανός χώρος, ο χώρος που πιθανολογείται να βρεθεί το ηλεκτρόνιο του υδρογόνου στη θεμελιώδη κατάσταση.                                       |
| 9  | <b>I</b>   | <i>EP2:</i> | Όλος αυτός ο χώρος;                                                                                                                              |
| 10 | <b>R</b>   | Κυριάκος:   | Σε κάποιο σημείο.                                                                                                                                |
| 11 | <b>I</b>   | <i>EP1:</i> | Είναι καθορισμένος αυτός ο χώρος, έχει όρια;                                                                                                     |
| 12 | <b>R</b>   | Κυριάκος:   | Βάσει του σχήματος, βάσει κάποιων σχημάτων ναι.                                                                                                  |
| 13 | <b>F/P</b> | <i>EP1:</i> | Τα σχήματα αυτά δηλαδή έχουν μια ορισμένη, είναι μια σφαίρα έτσι, έχει μια ορισμένη ακτίνα.                                                      |
| 14 | <b>R</b>   | Κυριάκος:   | Ναι                                                                                                                                              |
| 15 | <b>I</b>   | <i>EP1:</i> | Ποιος την καθορίζει αυτή την ακτίνα;                                                                                                             |
| 16 | <b>I</b>   | Κυριάκος:   | Πειραματικά                                                                                                                                      |
| 17 | -          | <i>EP1:</i> | Πειραματικά;                                                                                                                                     |
| 18 | -          | Κυριάκος:   | Ποιος την καθορίζει...                                                                                                                           |
| 19 | <b>I</b>   | <i>EP1:</i> | Δηλαδή όταν λέμε π.χ. ότι το 1s τροχιακό, πώς ορίζεις το τροχιακό 1s και γενικά ένα τροχιακό πώς θα το όριζες;                                   |
| 20 | <b>R</b>   | Κυριάκος:   | Τι είναι τροχιακό; ...ο χώρος που πιθανολογείται να βρεθεί το ηλεκτρόνιο.                                                                        |
| 21 | <b>I</b>   | <i>EP1:</i> | «Που πιθανολογείται» τι σημαίνει δηλαδή μπορεί και να είναι μπορεί...                                                                            |

<sup>11</sup> **I:** Initiation, **R:** Response, **F:** Feedback, **P:** Prompt, **E:** Evaluation

<sup>12</sup> Ο ερ.2 διαβάσει την απάντηση που είχε δώσει στο γραπτό ερωτηματολόγιο ο φοιτητής. Γι' αυτό θεωρήθηκε η παρέμβαση του αυτή ως **R**

|    |            |             |                                                                                                                                                                                                                                  |
|----|------------|-------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 22 | <b>R</b>   | Κυριάκος:   | Μπορεί και να μην ισχύει                                                                                                                                                                                                         |
| 23 | <b>I</b>   | <i>EP1:</i> | Και που να είναι                                                                                                                                                                                                                 |
| 24 | <b>R</b>   | Κυριάκος:   | Έξω, έξω από τον χώρο.                                                                                                                                                                                                           |
| 25 | <b>F/P</b> | <i>EP1:</i> | Επομένως όταν πάρουμε αυτή τη σφαίρα;                                                                                                                                                                                            |
| 26 | <b>R</b>   | Κυριάκος:   | Δεν είναι απόλυτα σίγουρο ότι είναι σφαίρα                                                                                                                                                                                       |
| 27 | <b>I</b>   | <i>EP1:</i> | Όταν είναι σφαίρα μπορεί να βρεθεί έξω, αλλά εσύ εδώ λες ότι δεν μπορεί να βρεθεί έξω.                                                                                                                                           |
| 28 | <b>R</b>   | Κυριάκος:   | Οπότε μπορεί να βρεθεί.                                                                                                                                                                                                          |
| 29 | <b>E</b>   | <i>EP1:</i> | Μπορεί να βρεθεί.                                                                                                                                                                                                                |
| 30 | <b>R</b>   | Κυριάκος:   | Ναι.                                                                                                                                                                                                                             |
| 31 | <b>F/P</b> | <i>EP1:</i> | Και να είναι ακόμα, πάλι στο τροχιακό 1s                                                                                                                                                                                         |
| 32 | <b>I</b>   | Κυριάκος:   | Θα θεωρείται όμως ακόμα ότι είναι στο 1s, τότε δεν θα μπορούσε κάποιο άλλο τροχιακό αφού βρίσκεται έξω από το 1s;                                                                                                                |
| 33 | <b>I</b>   | <i>EP1:</i> | Ναι αλλά είπαμε ότι ο ορισμός του τροχιακού είναι ο χώρος που πιθανολογείται να βρεθεί άρα μιλάμε για ένα ...                                                                                                                    |
| 34 | <b>R</b>   | Κυριάκος:   | Οπότε αν δεν είναι μες το 1s θα βρίσκεται σε κάποιο άλλο τροχιακό άρα δεν ...                                                                                                                                                    |
| 35 | <b>I</b>   | <i>EP1:</i> | Δηλαδή δεν μπορεί να είναι ακόμα στο 1s και να βγει έξω απ' αυτό το χώρο.                                                                                                                                                        |
| 36 | <b>R</b>   | Κυριάκος:   | Όχι, παράλληλα...                                                                                                                                                                                                                |
| 37 | <b>F</b>   | <i>EP1:</i> | Αυτός ο χώρος τώρα είπες στην αρχή ότι τον βρίσκουμε πειραματικά, βάζουμε κάποιο κριτήριο εκεί γι' αυτό τον χώρο; Λέμε είναι ο χώρος στον οποίο μέσα το ηλεκτρόνιο έχει πιθανότητα .... τι καθορίζουμε μια πιθανότητα π.χ. εμείς |
| 38 | <b>R</b>   | Κυριάκος:   | Ναι.                                                                                                                                                                                                                             |
| 39 | <b>I</b>   | <i>EP1:</i> | Πόση;                                                                                                                                                                                                                            |
| 40 | <b>R</b>   | Κυριάκος:   | Τώρα ακριβώς;                                                                                                                                                                                                                    |
| 41 | <b>F</b>   | <i>EP1:</i> | Έχεις συναντήσει κάποιο νούμερο πιθανότητας έχεις ακούσει;                                                                                                                                                                       |
| 42 | <b>R</b>   | Κυριάκος:   | Όχι.                                                                                                                                                                                                                             |
| 43 | <b>F</b>   | <i>EP1:</i> | Δεν έχεις ακούσει, ξέρω 'γω, 90% να βρεθεί;                                                                                                                                                                                      |
| 44 | <b>R</b>   | Κυριάκος:   | Όχι, όχι.                                                                                                                                                                                                                        |
| 45 | <b>F</b>   | <i>EP1:</i> | 95%                                                                                                                                                                                                                              |
| 46 | <b>R</b>   | Κυριάκος:   | Δεν έχω ακούσει, όχι.                                                                                                                                                                                                            |
| 47 | <b>F</b>   | <i>EP1:</i> | Αν σου πω εγώ ότι εγώ καθορίζω αυτό το χώρο τροχιακό 1s ένα χώρο που έχει πιθανότητα 90% να βρεθεί, θα το δεχθείς;                                                                                                               |
| 48 | <b>R</b>   | Κυριάκος:   | Θα το δεχθώ.                                                                                                                                                                                                                     |
| 49 | <b>F/P</b> | <i>EP1:</i> | Δεν αφήνω και ένα 10% να 'ναι απ' έξω;                                                                                                                                                                                           |
| 50 | <b>R</b>   | Κυριάκος:   | Σίγουρα ναι.                                                                                                                                                                                                                     |

|    |            |             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|----|------------|-------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 51 | <b>I</b>   | <i>EP1:</i> | Ήμουν σύμφωνος με τον ορισμό;                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| 52 | <b>R</b>   | Κυριάκος:   | Ναι, το πιο πιθανό είναι να βρεθεί στο τροχιακό αλλά...                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 53 | <b>I</b>   | <i>EP1:</i> | Ωραία, αυτός ο χώρος έχει ως πούμε μια σφαίρα με ορισμένη ακτίνα, αν εγώ θα ήθελα να αυξήσω τον ορισμό μου λίγο να τον τροποποιήσω και να πω εγώ θα τον ορίσω τον χώρο που έχει 95%, τι θα έπρεπε να κάνουμε;                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| 54 | <b>R</b>   | Κυριάκος:   | Θα πρέπει να διευρύνουμε το τροχιακό;                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 55 | <b>I</b>   | <i>EP1:</i> | Να το κάνουμε πιο..                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 56 | <b>R</b>   | Κυριάκος:   | μεγάλο                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 57 | <b>I</b>   | <i>EP1:</i> | και θα είναι ακόμα 1s;                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 58 | <b>R</b>   | Κυριάκος:   | Ναι                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 59 | <b>I</b>   | <i>EP1:</i> | Ωραία ε;                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 60 | <b>R</b>   | Κυριάκος:   | Όχι, ακόμη να είναι 1s, δεν είναι προκαθορισμένο το μέγεθος του, ή μήπως διαφέρει από άτομο σε άτομο;                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 61 | <b>F/P</b> | <i>EP1:</i> | Μισό λεπτό εγώ άλλαξα την πιθανότητα, είπα πιθανότητα 90% μου είπες εσύ ότι έχει ένα ορισμένο χώρο με μια καθορισμένη ακτίνα εάν σου πω ότι την πιθανότητα εγώ την βάζω στο 95%, αυξήσω λίγο, πώς κάνουνε στους αθλητές πηδάει ένα ύψος και μετά λέει να πηδήξω λίγο παραπάνω, λοιπόν εγώ αυξάνω λίγο την πιθανότητα και το 90 το κάνω 95 και μου λες εσύ πρέπει να μεγαλώσω τον χώρο έτσι; Όμως έχει μια δυσκολία λες τώρα αρχίζω να μην δέχομαι ότι αυτό θα είναι ακόμα το τροχιακό 1s |
| 62 | <b>R</b>   | Κυριάκος:   | Τώρα...ε μπορούμε να τον αυξήσουμε και εγώ λέω ότι μπορούμε.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| 63 | <b>I</b>   | <i>EP1:</i> | και να μεγαλώσει;                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 64 | <b>R</b>   | Κυριάκος:   | Ναι.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| 65 | <b>F/P</b> | <i>EP1:</i> | Τώρα εγώ την πιθανότητα την κάνω 99%.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 66 | <b>R</b>   | Κυριάκος:   | πρέπει να καλύψουμε όλα τα... ακόμα μεγαλύτερη θεωρητικά θα πρέπει να καλύψουμε..                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 67 | <b>F/P</b> | <i>EP1:</i> | και αν την πάω 100%...                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 68 | <b>R</b>   | Κυριάκος:   | άπειρο                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 69 | <b>I</b>   | <i>EP1:</i> | ...τι πρέπει να είναι, ποιος πρέπει να είναι ο χώρος αυτός για να έχω 100% πιθανότητα, δηλαδή βεβαιότητα, να βρω το ηλεκτρόνιο σε τροχιακό 1s.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| 70 | <b>R</b>   | Κυριάκος:   | μέχρι το σημείο που ιονίζεται.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| 71 | <b>E</b>   | <i>EP1:</i> | Εντάξει, ωραία                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| 72 | <b>F/P</b> | <i>EP2:</i> | Αν σου έλεγα εγώ, για δεξ το σχήμα αυτό που έχει στην 13, είναι ένα σχήμα 1s αν σου έλεγα εγώ να μου ζωγραφίσεις όχι με αυτό τον τρόπο αλλά με τις σφαίρες αυτές το τροχιακό 1s πώς θα το ζωγράφιζες;                                                                                                                                                                                                                                                                                    |



|    |            |             |                                                                                                                                                                                                   |
|----|------------|-------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 73 | <b>F/P</b> | <i>EP1:</i> | Να σχεδιάσεις την σφαίρα, να σχεδιάσεις μια σφαίρα εδώ                                                                                                                                            |
| 74 | <b>F/P</b> | <i>EP2:</i> | Να σχεδιάσεις τα όρια                                                                                                                                                                             |
| 75 | <b>R</b>   | Κυριάκος:   | Η σφαίρα θα ήταν στα εξώτατα σημεία.                                                                                                                                                              |
| 76 | <b>I</b>   | <i>EP1:</i> | Σχεδίασε το λίγο πάνω στο γραπτό σου                                                                                                                                                              |
| 77 | <b>R</b>   | Κυριάκος:   | ( Ζωγραφίζει ένα μεγάλο κύκλο στο σχήμα 1) Να, έτσι, περιλαμβάνει όλα τα εξώ-<br>τατα σημεία.                                                                                                     |
| 78 | <b>I</b>   | <i>EP1:</i> | Δηλαδή δεν έχεις αφήσει σημεία έξω;                                                                                                                                                               |
| 79 | <b>R</b>   | Κυριάκος:   | Όχι, δεν έχω αφήσει όχι.                                                                                                                                                                          |
| 80 | <b>I</b>   | <i>EP2:</i> | Αποκλείεται να είναι;                                                                                                                                                                             |
| 81 | <b>I</b>   | <i>EP1:</i> | Επομένως τι σημαίνουν αυτά τα σημεία για σένα;                                                                                                                                                    |
| 82 | <b>R</b>   | Κυριάκος:   | Τα σημεία; Ότι κάπου μέσα σε αυτά τα σημεία πιθανολογείται να βρίσκεται το ηλε-<br>κτρόνιο.                                                                                                       |
| 83 | <b>F/P</b> | <i>EP1:</i> | Άρα αφού σημεία δεν έχουμε έξω, απ' έξω αποκλείεται να είναι;                                                                                                                                     |
| 84 | <b>R</b>   | Κυριάκος:   | Δεν αποκλείεται, πιθανόν να βρίσκεται δω μέσα.                                                                                                                                                    |
| 85 | <b>F/P</b> | <i>EP1:</i> | Άρα δεν έπρεπε να είχαμε και κάποια σημεία απ' έξω                                                                                                                                                |
| 86 | <b>R</b>   | Κυριάκος:   | Μέχρι πόσο όμως συνέχεια μου φαίνεται ότι δεν...                                                                                                                                                  |
| 87 | <b>F/P</b> | <i>EP1:</i> | Έστω λίγο απ' έξω. Απ' αυτή τη γραμμή που χάραξες...                                                                                                                                              |
| 88 | <b>R</b>   | Κυριάκος:   | Θα είχαμε ένα σφάλμα στο τροχιακό, γι' αυτό και λέμε πιθανόν δεν είναι σίγουρο<br>ότι θα 'ναι μέσα.                                                                                               |
| 89 | <b>I</b>   | <i>EP1:</i> | Δηλαδή αν εγώ ας πούμε το σχεδιάζα έτσι (Σχεδιάζει μικρότερο κύκλο στο ίδιο<br>σχήμα 1);                                                                                                          |
| 90 | <b>R</b>   | Κυριάκος:   | Μένουν τότε αρκετά σημεία.                                                                                                                                                                        |
| 91 | <b>I</b>   | <i>EP1:</i> | Μένουν αρκετά σημεία έξω, δεν θα το δεχόσουν αυτό ως τροχιακό 1s;                                                                                                                                 |
| 92 | <b>R</b>   | Κυριάκος:   | Θα το δεχόμουν.                                                                                                                                                                                   |
| 93 | <b>I</b>   | <i>EP1:</i> | Και σε τι θα διέφερε απ' αυτό που σχεδίασες εσύ;                                                                                                                                                  |
| 94 | <b>R</b>   | Κυριάκος:   | Ότι αφήνουμε περισσότερα σημεία απ' έξω, δηλαδή η πιθανότητα να βρεθεί εδώ<br>μέσα είναι μικρότερη απ' ό,τι η πιθανότητα να βρεθεί εδώ. Ίσως να μπορούσαμε να<br>το σχεδιάσουμε και πιο μεγάλο... |
| 95 | <b>I</b>   | <i>EP1:</i> | Δέχεσαι ότι αυτό είναι τροχιακό 1s και αυτό είναι τροχιακό 1s;                                                                                                                                    |
| 96 | <b>R</b>   | Κυριάκος:   | Και αυτό είναι τροχιακό 1s, ναι, ναι                                                                                                                                                              |
| 97 | <b>I</b>   | <i>EP1:</i> | Άρα μπορούμε να μεγαλώνουμε την απόσταση και να είναι ακόμα 1s χωρίς να<br>χρειαστεί να το διεγείρουμε;.                                                                                          |
| 98 | <b>R</b>   | Κυριάκος:   | Μέχρι την ενέργεια ιονισμού ναι.                                                                                                                                                                  |
| 99 | <b>E</b>   | <i>EP1:</i> | Εντάξει, ωραία                                                                                                                                                                                    |

## Σχολιασμός της 1<sup>ης</sup> ατομικής συνέντευξης

Από την συνέντευξη 1 μπορούν να τονιστούν τα ακόλουθα:

Στην αρχή του διαλόγου και συγκεκριμένα στην 8 ο **Κυριάκος** αναφέρει την έννοια της πιθανότητας, χρησιμοποιώντας την φράση:

*«Ο πιθανός χώρος, ο χώρος που πιθανολογείται να βρεθεί το ηλεκτρόνιο του υδρογόνου στη θεμελιώδη κατάσταση»*

προκειμένου να δώσει έναν ορισμό του τροχιακού, όπως σε γενικές γραμμές αναφέρουν τα βιβλία Β και Γ. Στη 10 χρησιμοποιεί – παρά την προτροπή «χώρος» του EP1 – τη φράση:

*«..να βρεθεί σε κάποιο σημείο..»*

Από την ερώτηση 19 «τι είναι τροχιακό» του EP1, που επαναλαμβάνεται ύστερα από την ανατροφοδότηση (Feedback) των 13 και την ερώτηση 15 (έννοιες «σφαίρα» και «τι καθορίζει την ακτίνα της» αντιστοιχα), προέκυψε η 20: «πιθανολογείται να βρεθεί», καθώς και την 24: «μπορεί να είναι και έξω από τον χώρο». Στη συνέχεια όμως, μετά από ένα μικρό διάλογο που ακολουθεί, διευκρινίζει στις 32 και 34 τι εννοεί «έξω από τον χώρο»:

*«Θα θεωρείται όμως ακόμα ότι είναι στο 1s, τότε δεν θα μπορούσε κάποιο άλλο τροχιακό αφού βρίσκεται έξω από το 1s;»*

Στην 36 εκδηλώνει την αντίληψη, ότι δεν μπορεί να είναι έξω από τον «χώρο» αυτό και παράλληλα να είναι στο τροχιακό 1s. Ακολουθεί ένας διάλογος (στ. 37 έως 48) στον οποίο ο EP1 προσπαθεί μέσω διαφόρων τιμών πιθανοτήτων να διερευνήσει τι εννοεί με την ορολογία «πιθανότητα να βρεθεί» ο Κυριάκος. Από την αλληλουχία των διαλόγων προκύπτει ότι ο φοιτητής θεωρεί πως έξω από το ποσοστό αυτό (90-99%) όπως αναφέρει ο EP1, το ηλεκτρόνιο θα είναι σε άλλο μεγαλύτερο τροχιακό (π.χ. 2s). Στην 69 (EP1) «...τι πρέπει να είναι, ποιος πρέπει να είναι ο χώρος αυτός για να έχω 100% πιθανότητα, δηλαδή βεβαιότητα, να βρω το ηλεκτρόνιο σε τροχιακό 1s», ο Κυριάκος δίνει στην 70 την απάντηση

*«μέχρι το σημείο που ιονίζεται.»*

Καλείται να σχεδιάσει ξανά το τροχιακό 1s - κάτι που έχει κάνει σε άλλη δραστηριότητα (13) αλλά με τα καινούργια δεδομένα, δηλαδή με μεγαλύτερη πιθανότητα εύρεσης του ηλεκτρονίου, φτιάχνει μια μεγαλύτερη σφαίρα μη αφήνοντας καμία πιθανότητα να βρεθεί το ηλεκτρόνιο έξω από αυτή.

78 - EP1 *«Δηλαδή δεν έχεις αφήσει σημεία έξω;»*

79 - Κυρ. *«Όχι, δεν έχω αφήσει όχι.»*

80 – EP2 *«Αποκλείεται να είναι;»*

Παρά τις συνεχείς προσπάθειες των EP1 και EP2 να συνδυάσουν το τροχιακό 1s με πιθανότητα εύρεσης του ηλεκτρονίου, ο Κυριάκος οδηγείται στην άποψη ότι όσο και να σχεδιαστεί η ακτίνα του τροχιακού 1s (89 – EP1 *«Δηλαδή αν εγώ ας πούμε το σχεδιάζα έτσι (Σχεδιάζει μικρότερο κύκλο στο ίδιο σχήμα 1);»*) το τροχιακό θα είναι το ίδιο ενώ προηγουμένως έχει αναφέρει (88) ότι αν το ηλεκτρόνιο βρισκόταν έξω από τα όρια της σφαίρας:

*«Θα είχαμε ένα σφάλμα στο τροχιακό, γι' αυτό και λέμε πιθανόν δεν είναι σίγουρο ότι θα 'ναι μέσα»*

Δίνει με αυτό τον τρόπο μια άλλη παρανόηση που αφορά την έννοια της (π.χ. 95%) πιθανότητας εύρεσης του ηλεκτρονίου, αυτή του *σφάλματος*. Ακόμη, παρά το γεγονός ότι ο EP1 προσπαθεί να συνδέσει το μέγεθος του τροχιακού με την ενέργειά του

96 - EP1: *«Άρα μπορούμε να μεγαλώνουμε την απόσταση και να είναι ακόμα 1s χωρίς να χρειαστεί να το διεγείρουμε;»*),

ο Κυριάκος επιμένει στην 97

*«Μέχρι την ενέργεια ιονισμού ναι»*

Αν η συζήτηση είχε σταματήσει στη 10 και είχε γίνει αξιολόγηση (*Evaluation*) της απάντησης σε εκείνο το σημείο, θα είχε θεωρηθεί ως *σωστή*, όμως διαπιστώνεται από τους διαλόγους μεταξύ EP1 (κυρίως), EP2 και του Κυριάκου ότι υπάρχει παρανόηση. Παρά τις προσπάθειες των ερευνητών να επιφέρουν γνωστική σύγκρουση ώστε να προκύψει εννοιολογική αλλαγή, φαίνεται ότι κάτι τέτοιο δεν συνέβη. Η τελική αξιολόγηση (E) του EP1 σηματοδοτεί τη λήξη του διαλόγου.

Η **επικοινωνιακή προσέγγιση** στη συνέντευξη 1 μπορεί να χαρακτηριστεί σύμφωνα με το πρότυπο Mortimer και Scott, ως **«μη αλληλεπιδραστική και αυθεντική»**. Υπάρχει διάλογος μεν, αλλά οι ερευνητές προσπαθούν μέσα από ερωτήσεις να κατευθύνουν τον φοιτητή και να μεταβάλλουν τις αντιλήψεις του τόσο για την έννοια του τροχιακού όσο και για την έννοια της πιθανότητας.

Οι παρεμβάσεις των ερευνητών είναι των τύπων: μορφοποίηση ιδεών, σημείωση κομβικών εννοιών και έλεγχος κατανόησης του φοιτητή (κυρίως) όπως στις 83 και 85 (EP1) *«Άρα δεν έπρεπε να είχαμε και κάποια σημεία απ' έξω;»*, *«Έχεις συναντήσει κάποιο νούμερο πιθανότητας έχεις ακούσει»*

Η συζήτηση ολοκληρώνεται με τη φράση *«Εντάξει, ωραία»* του EP1 στην 99. Με αυτή η φράση που αποτελεί την τελική αξιολόγηση από πλευράς ερευνητών η σειρά του διαλόγου

μπορεί να χαρακτηριστεί ως **κλειστή αλυσίδα αλληλεπιδράσεων**. Τα αποτελέσματα της συνέντευξης κρίνονται ως **σχεδόν επιτυχή**.

**Πίνακας 2. Πρότυπα διαλόγου ατομικής συνέντευξης 1 (μέρη διαλόγου N = 88)**

|          | I  | F-F/P-P | R  | E |  |
|----------|----|---------|----|---|--|
| EP1      | 22 | 16      | -  | 2 |  |
| EP2      | 4  | 2       | 1  | - |  |
| Κυριάκος | 2  |         | 39 |   |  |
| ΣΥΝΟΛΟ   | 28 | 18      | 40 | 2 |  |

### 6.3.2 ΑΤΟΜΙΚΗ ΣΥΝΕΝΤΕΥΞΗ 2

Παναγιώτης (Επιστήμης και Τεχνολογίας Υλικών)

|    |     |             |                                                                                                                                                                                                                                                        |
|----|-----|-------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1  | -   | EP1:        | Ωραία, εντάξει, Γιώργο στο οκτώ.                                                                                                                                                                                                                       |
| 2  | I   | EP2:        | Στο οκτώ, (διαβάζει την απάντηση ψιθυριστά) κοίταξε να δεις, για δεξ την, δεξ την οκτώ «Είναι δυνατό να βρεθεί το ηλεκτρόνιο του υδρογόνου στη θεμελιώδη κατάσταση του έξω από τον χώρο που ορίζεται ως τροχιακό 1s» μιλάμε για θεμελιώδη κατάσταση... |
| 3  | R   | Παναγιώτης: | Όχι, νομίζω ότι δεν είναι δυνατό.                                                                                                                                                                                                                      |
| 4  | -   | EP2:        | ...δεν μιλάμε, εσύ μου λες τώρα όταν διεγερθεί δεν μιλάμε για διέγερση αλλά έτσι όπως είναι στη θεμελιώδη κατάσταση αν μπορεί να βρεθεί...                                                                                                             |
| 5  |     | EP1:        | Εξακολουθεί να είναι 1s δηλαδή.                                                                                                                                                                                                                        |
| 6  | I   | EP2:        | Ναι, αν μπορεί να βρεθεί έξω από το χώρο που ορίζεται ως 1s;                                                                                                                                                                                           |
| 7  | R   | Παναγιώτης: | Μπορεί να βρεθεί διότι το 1s δεν είναι οριοθετημένο δεν έχει δηλαδή κάποια συγκεκριμένα όρια το τροχιακό.                                                                                                                                              |
| 8  | I   | EP2:        | Αλλά πώς το ορίζουμε;                                                                                                                                                                                                                                  |
| 9  | R   | Παναγιώτης: | Είναι βασικά ο χώρος στον οποίο μπορεί να βρεθεί το ηλεκτρόνιο, δηλαδή τα σημεία στα οποία βρίσκεται το ηλεκτρόνιο οριοθετούν το τροχιακό 1s.                                                                                                          |
| 10 | F/P | EP1:        | Είπες είναι ο χώρος στον οποίο μπορεί να βρεθεί το ηλεκτρόνιο, άρα έξω από αυτό το χώρο δεν μπορεί να βρεθεί.                                                                                                                                          |
| 11 | R   | Παναγιώτης: | Όχι, γιατί το ηλεκτρόνιο καθορίζει το χώρο.                                                                                                                                                                                                            |
| 12 | F/P | EP1:        | Άρα δεν μπορεί να βρεθεί έξω απ' αυτόν.                                                                                                                                                                                                                |
| 13 | I   | EP2:        | Να σου πω, εδώ, αν σου έλεγα να ζωγραφίσεις και να οριοθετήσεις το 1s, στην ερώτηση ένα πώς θα το οριοθετούσες                                                                                                                                         |
| 14 | R   | Παναγιώτης: | Βασικά αν λέγαμε ότι το ηλεκτρόνιο μπορεί να φτάσει μέχρι αυτό το σημείο και ότι από κει και πέρα δεν θα μπορούσε να μετακινηθεί θα οριοθετούσα εδώ το 1s.                                                                                             |

|    |   |             |                                                                                                                                                              |
|----|---|-------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 15 | I | EP2:        | <i>Ναι, υπάρχει κάτι τέτοιο;</i>                                                                                                                             |
| 16 | I | EP1:        | <i>Καν' το εκεί, κάνε όλο αυτό τον κύκλο.</i>                                                                                                                |
| 17 | R | Παναγιώτης: | <i>( Ζωγραφίζει ένα κύκλο με μεγάλη ακτίνα στο σχήμα της ερώτησης ένα). Δεν είναι κύκλος είναι ένας χώρος ο οποίος...</i>                                    |
| 18 | F | EP1:        | <i>Σφαίρα, εντάξει</i>                                                                                                                                       |
| 19 | I | EP2:        | <i>Δηλαδή εδώ δεν μπορεί να βρεθεί, έξω; Αυτό μου λες τώρα. Εδώ μέσα σ' αυτό το χώρο που οριοθέτησες είναι το 100% των θέσεων. Εδώ έξω μπορεί να βρεθεί;</i> |
| 20 | R | Παναγιώτης: | <i>Βασικά... στη θεμελιώδη κατάσταση όχι.</i>                                                                                                                |
| 21 | E | EP1:        | <i>Όχι, εντάξει, Γιώργο.</i>                                                                                                                                 |

### Σχολιασμός της 2<sup>ης</sup> συνέντευξης

Αυτή η δεύτερη συνέντευξη χαρακτηρίζεται από δύο χαρακτηριστικά σημεία:

Το πρώτο εμφανίζεται στην 11:

*«Όχι, γιατί το ηλεκτρόνιο καθορίζει το χώρο»*

που είναι μια έκφραση που δεν συναντάται σε κανένα από τα σχολικά συγγράμματα, επομένως αποτελεί μια αντίληψη του φοιτητή. Το δεύτερο είναι στη 14:

*«Βασικά αν λέγαμε ότι το ηλεκτρόνιο μπορεί να φτάσει μέχρι αυτό το σημείο και ότι από κει και πέρα δεν θα μπορούσε να μετακινηθεί θα οριοθετούσα εδώ το 1s»,*

που δείχνει μια ενδιαφέρουσα – αν και λανθασμένη – άποψη του φοιτητή, ότι το μέγεθος του 1s εξαρτάται από «μέχρι που μπορεί να φτάσει το ηλεκτρόνιο».

Ο διάλογος διακόπτεται στην 20 με την απάντηση του Παναγιώτη ότι *δεν μπορεί να βρεθεί έξω από τον χώρο αυτό*. Σε όλη την σειρά του διαλόγου, δεν γίνεται καμία αναφορά σε πιθανότητα. Δεν υπάρχει τελική αξιολόγηση από πλευράς ερευνητών επομένως η σειρά του διαλόγου μπορεί να χαρακτηριστεί ως **ανοικτή αλυσίδα αλληλεπιδράσεων**.

Η επικοινωνιακή προσέγγιση είναι **μη αλληλεπιδραστική και διαλογική**, καθώς δεν γίνεται κάποια προσπάθεια από τους EP1 και EP2 να *επηρεάσουν* τον φοιτητή οδηγώντας τον, όπως στην πρώτη συνέντευξη, σε κάποιο συμπέρασμα. Ακόμη και στα 10 και 12 (*«Εί-πες είναι ο χώρος στον οποίο μπορεί να βρεθεί το ηλεκτρόνιο, άρα έξω από αυτό το χώρο δεν μπορεί να βρεθεί»*), τις ανατροφοδοτήσεις των EP1 και EP2 αντίστοιχα, ο φοιτητής δεν δείχνει ότι έχει αντιληφθεί την έννοια του τροχιακού. Το αποτέλεσμα της συνέντευξης κρίνεται ως **ανεπιτυχές**, καθώς ο φοιτητής δεν ανέφερε καν ούτε την έννοια της πιθανότητας. Διακρί-

νονται παρεμβάσεις των ερευνητών (π.χ. 13 και 19) του τύπου «έλεγχος κατανόησης του φοιτητή».

**Πίνακας 3. Πρότυπα διαλόγου ατομικής συνέντευξης 2 (μέρη διαλόγου N = 18)**

|            | I | F-F/P-P | R | E |  |
|------------|---|---------|---|---|--|
| EP1        | 1 | 3       |   | 1 |  |
| EP2        | 6 | -       | - | - |  |
| Παναγιώτης | - | -       | 7 | - |  |
| ΣΥΝΟΛΟ     | 7 | 3       | 7 | 1 |  |

### 6.3.3 ΑΤΟΜΙΚΗ ΣΥΝΕΝΤΕΥΞΗ 3

Νίκος (Τμήμα Χημείας)

|    |     |        |                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|----|-----|--------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1  | I   | EP2:   | Πάμε στην οκτώ. Είναι η επόμενη. Λες εδώ ότι...η ερώτηση είναι αν είναι δυνατό να βρεθεί το ηλεκτρόνιο έξω από το, στη θεμελιώδη κατάσταση έξω από το τροχιακό 1s, τον χώρο που ορίζεται ως τροχιακό 1s, και λες ότι είναι δυνατό αλλά αυτό στη διεγερμένη και όχι στη θεμελιώδη. |
| 2  | R   | Νίκος: | Ναι, δηλαδή αν του δώσουμε ακτινοβολία, αν του δώσουμε κάποια ενέργεια του ηλεκτρονίου μπορεί να μεταβεί σε κάποια άλλη κατάσταση.                                                                                                                                                |
| 3  | I   | EP1:   | π.χ.                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| 4  | R   | Νίκος: | Να μεταβεί στη 2s.                                                                                                                                                                                                                                                                |
| 5  | I   | EP1:   | οπότε θα φύγει από το 1s.                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 6  | R   | Νίκος: | Θα φύγει από το 1s.                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 7  | I   | EP1:   | Ναι αλλά το ερώτημα εκεί τι λέει;                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 8  | F/P | EP2:   | Αν είναι στο 1s <i>να είναι στο 1s αλλά να είναι έξω από τον χώρο που ορίζουμε ως 1s, να μην αλλάξει η ενέργεια.</i>                                                                                                                                                              |
| 9  | R   | Νίκος: | ...                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 10 | I   | EP1:   | Όταν λέμε ορίζουμε χώρο 1s τι καταλαβαίνεις;                                                                                                                                                                                                                                      |
| 11 | R   | Νίκος: | <i>Να κινείται γύρω, σε μια τροχιά γύρω απ' τον πυρήνα.</i>                                                                                                                                                                                                                       |
| 12 | I   | EP1:   | Έχουμε κάποιο κριτήριο για να ορίσουμε αυτό το χώρο;                                                                                                                                                                                                                              |
| 13 | R   | Νίκος: | <i>Την ενέργεια.</i>                                                                                                                                                                                                                                                              |
| 14 |     | EP1:   | Την ενέργεια, μόνο την ενέργεια ή και κάτι άλλο; Η ενέργεια εξαρτάται απ' την απόσταση απ' τον πυρήνα έτσι                                                                                                                                                                        |

|    |            |        |                                                                                                                                                                                                                                             |
|----|------------|--------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 15 |            | Νίκος: | ναι, ναι                                                                                                                                                                                                                                    |
| 16 | <b>I</b>   | EP1:   | Υπάρχει κάποιο κριτήριο για να πούμε ότι τροχιακό ορίζεται... πώς ορίζεται το τροχιακό;                                                                                                                                                     |
| 17 | <b>R</b>   | Νίκος: | ε.. η πιθανότητα είναι για ...στο χώρο που μπορεί να βρεθεί και να κινείται ένα ηλεκτρόνιο                                                                                                                                                  |
| 18 | <b>I</b>   | EP1:   | Πόση είναι η πιθανότητα; Είναι καθορισμένη; την καθορίζουμε εμείς την πιθανότητα ή...                                                                                                                                                       |
| 19 | <b>R</b>   | Νίκος: | Όχι, δεν την καθορίζουμε εμείς.                                                                                                                                                                                                             |
| 20 | <b>F/P</b> | EP1:   | δεν την καθορίζουμε εμείς. Άρα όταν λέμε μέσα στον χώρο αυτό μπορεί να κινείται το ηλεκτρόνιο και λέμε ότι όταν είναι μέσα σ' αυτό το χώρο το ηλεκτρόνιο είναι στο τροχιακό 1s βάζουμε κάποιο κριτήριο για να καθορίσουμε αυτό το χώρο      |
| 21 | <b>R</b>   | Νίκος: | έχουμε την ...                                                                                                                                                                                                                              |
| 22 |            | EP1:   | και την πιθανότητα βάζουμε κάποιο κριτήριο                                                                                                                                                                                                  |
| 23 | <b>R</b>   | Νίκος: | την ενέργεια του, την ενέργεια του ηλεκτρονίου, μπορεί να είναι, να 'χει ενέργεια ή να του δώσουμε ενέργεια λίγη λιγότερη από το να φτάσει στο 2s οπότε δεν θα φθάσει στο 2s θα παραμείνει στο 1s και ...θα μείνει κάποια, κάποια ενέργεια. |
| 24 | <b>F/P</b> | EP1:   | <b>Δηλαδή επιτρέπονται όλες οι τροχιές; Κάπου ενδιάμεσα λες θα είναι η ενέργεια, επιτρέπονται όλες οι τροχιές;</b>                                                                                                                          |
| 25 | <b>R</b>   | Νίκος: | Όχι στο 1s θα μείνει αλλά απλώς αυτή η ενέργεια που θα του δώσουμε ίσως φύγει σε θερμότητα ή σε ακτινοβολία...                                                                                                                              |
| 26 | <b>I</b>   | EP1:   | Δεν θα αλλάξει η απόσταση;                                                                                                                                                                                                                  |
| 27 | <b>R</b>   | Νίκος: | Δεν θα αλλάξει η απόσταση.                                                                                                                                                                                                                  |
| 28 | <b>F</b>   | EP1:   | Για ξαναγύρνα στην ερώτηση ένα                                                                                                                                                                                                              |
| 29 | ---        | EP2:   | Όχι στην ένα, να πάμε λίγο...                                                                                                                                                                                                               |
| 30 | ---        | EP1:   | Στην ένα επειδή προηγουμένως εδώ σου είπα ότι μου έκανες ένα δακτύλιο και μετά σου είπα λίγο πιο έξω δεν θα μπορούσε μου είπες θα μπορούσε δεν μου είπες θα μπορούσε                                                                        |
| 31 | <b>R</b>   | Νίκος: | Θα μπορούσε αλλά εγώ...                                                                                                                                                                                                                     |
| 32 | <b>I</b>   | EP1:   | Θα 'ταν άλλο το τροχιακό τότε;                                                                                                                                                                                                              |
| 33 | <b>R</b>   | Νίκος: | <b>Θα 'χε, ναι θα 'χε πάει σε άλλο τροχιακό αλλά...</b>                                                                                                                                                                                     |
| 34 | <b>I</b>   | EP1:   | <b>Θάταν άλλο τροχιακό, ναι εντάξει Νίκο.</b>                                                                                                                                                                                               |
| 35 |            | EP2:   | Να πάμε στην ερώτηση...                                                                                                                                                                                                                     |
| 36 | <b>R</b>   | Νίκος: | Αν του δίναμε ενέργεια να φτάσει σ' άλλο τροχιακό θα μπορούσε                                                                                                                                                                               |
| 37 | <b>I</b>   | EP2:   | Πάμε στην ερώτηση για διάβασε την δώδεκα να δούμε την δώδεκα ερώτηση και την απάντηση που έδωσες εκεί.                                                                                                                                      |

|    |     |        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|----|-----|--------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 38 |     | Νίκος: | Σ' ένα σχολικό βιβλίο Χημείας της Γ λυκείου θετικής κατεύθυνσης αναφέρεται ότι..                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 39 |     | EP2:   | Δεν χρειάζεται να την διαβάσεις                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 40 |     | EP1:   | εντάξει δεν πειράζει ας την διαβάσει                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| 41 | I   | Νίκος: | το ακριβές μέγεθος των τροχιακών είναι αδύνατο να αποδοθεί αφού όπως είπαμε η πιθανότητα εύρεσης του ηλεκτρονίου δεν μηδενίζεται ούτε σε μεγάλες αποστάσεις από τον πυρήνα, Πώς αυτό δείχνεται ή πρέπει να δείχνεται στο σχήμα των τροχιακών, και εγώ απάντησα με πυκνό το ηλεκτρονιακό νέφος κοντά στο πυρήνα και αραιότερο καθώς απομακρυνόμαστε από αυτόν ε... |
| 42 | I   | EP1:   | Αυτό που, η απάντηση που δίνεις, με την επόμενη, με τα επόμενα σχήματα ταιριάζει;                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 43 | R   | Νίκος: | Με τα επόμενα, ναι αυτό που δίνω είναι μόνο στο τροχιακό s                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 44 | R   | EP1:   | Ταιριάζει επομένως με το τροχιακό s                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 45 | I   | EP2:   | Λοιπόν, ωραία αν, Το τροχιακό s πως αλλιώς μπορούμε να το συμβολίσουμε εκτός από αυτό το σχήμα που έχεις εδώ, που έχουμε εδώ στην ερώτηση 13;                                                                                                                                                                                                                     |
| 46 | R   | Νίκος: | Με ένα, ένα σφαιρικό ένα σχη...ε...                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 47 | F   | EP2:   | Μια σφαίρα;                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 48 | R   | Νίκος: | Μια σφαίρα είναι ναι                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| 49 | I   | EP2    | Για Ζωγράφισε μου εκεί                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| 50 | F   | EP1:   | <i>μισό λεπτό Νίκο, είπες προηγουμένως ότι πρέπει να έχουν κουκίδες και μακριά από τον πυρήνα γιατί έχει πιθανότητα να βρεθεί και εκεί, έτσι δεν είπες</i>                                                                                                                                                                                                        |
| 51 | R   | Νίκος: | Εδώ ναι αλλά όσο απομακρυνόμαστε                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 52 | I   | EP1:   | <i>με πυκνό το ηλεκτρονιακό νέφος και αραιό Τι σημαίνει αραιό αυτές οι κουκίδες τι σημαίνουν οι μακρινές</i>                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 53 | R   | Νίκος: | <i>Ότι εκεί είναι μικρότερη η πιθανότητα να βρεθεί το ηλεκτρόνιο.</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| 54 | F/P | EP1    | <i>Δεν είναι όμως μηδέν άρα μπορεί να βρεθεί</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 55 | R   | Νίκος: | <i>Ναι μπορεί να βρεθεί</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 56 | I   | EP1:   | <i>Άρα και είναι σε τροχιακό ποιο; Το 1s</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 57 | R   | Νίκος: | <i>Το 1s</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 58 | F   | EP1:   | Άρα αυτό που είναι στο 1s είναι πιο πιθανό να βρίσκεται κάπου εδώ μέσα που είναι το μαύρο αλλά μπορεί να βρεθεί και εκεί.                                                                                                                                                                                                                                         |
| 59 | R   | Νίκος: | Μπορεί να βρεθεί ναι                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| 60 | I   | EP1    | Άρα πηγαίνοντας στην ερώτηση εδώ την οκτώ είναι δυνατό να βρεθεί το ηλεκτρόνιο έξω από το χώρο που ορίζεται 1s; Εμείς πώς ορίζουμε το 1s εδώ, πώς θα το όριζες σύμφωνα με αυτά που σου είπε ο κ Παπαφώτης.                                                                                                                                                        |
| 61 | I   | EP2:   | Αυτό ήμουν έτοιμος να ρωτήσω αν θα έκανες μία σφαίρα αν σου έλεγα ζωγράφισε                                                                                                                                                                                                                                                                                       |



|           |            |        |                                                                                                                                                                                                                |
|-----------|------------|--------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|           |            |        | το πάνω σε 'κεινο με μια σφαίρα πώς θα ζωγράφιζες την σφαίρα αυτή;                                                                                                                                             |
| 62        | <b>R</b>   | Νίκος: | Η σφαίρα θα ήταν, θα ήταν κάπως έτσι η σφαίρα.*                                                                                                                                                                |
| 63        | <b>I</b>   | EP1:   | Ωραία, επομένως το τροχιακό που ορίζουμε είναι αυτός ο χώρος στην επιφάνεια και μέσα στη σφαίρα. Άρα είναι δυνατό να βρεθεί έξω από την σφαίρα;                                                                |
| <b>64</b> | <b>R</b>   | Νίκος: | <b>Έξω από την σφαίρα όχι δεν είναι ή θα είναι σε άλλο τροχιακό</b>                                                                                                                                            |
| 65        | <b>I</b>   | EP1:   | Μα εδώ κοίταξε εδώ λες ότι μπορεί, έχει, η πιθανότητα δεν μηδενίζεται να βρεθεί έξω                                                                                                                            |
| 66        | <b>R</b>   | Νίκος: | Ναι η σφαίρα μπορούμε να είναι τούτη δω και στο κέντρο της σφαίρας να 'ναι μεγαλύτερη η πιθανότητα .. (σ.σ. προφανώς φτιάχνει σχήμα με σφαίρα μεγαλύτερης ακτίνας)                                             |
| 67        | <b>I</b>   | EP1:   | Και θα είναι 1στο τροχιακό πάλι;                                                                                                                                                                               |
| 68        | <b>R</b>   | Νίκος: | ε.. Στο 1s θα 'ναι αφού θα 'ναι μέσα σ' αυτή την σφαίρα                                                                                                                                                        |
| 69        | <b>I</b>   | EP1:   | Άρα το μεγάλωσες. Εδώ αποκλείεται να 'χω τέτοιες κουκίδες, πιο αραιές, πιο μακριά.                                                                                                                             |
| 70        | <b>R</b>   | Νίκος: | Πιο μακριά ε.. αναλόγως πόσο θα πάρουμε αυτή την ακτίνα του, του ..,                                                                                                                                           |
| 71        | <b>I</b>   | EP1:   | Την παίρνω πολύ μεγάλη                                                                                                                                                                                         |
| 72        | <b>F/P</b> | EP2:   | Πιο μεγάλη, εσύ θα κάνεις ένα κύκλο                                                                                                                                                                            |
| 73        | <b>R</b>   | Νίκος: | Ναι                                                                                                                                                                                                            |
| 74        | <b>F/P</b> | EP2:   | Μια σφαίρα, έξω από αυτή την σφαίρα.                                                                                                                                                                           |
| 75        | <b>I</b>   | EP1:   | Υπάρχουν κουκίδες;                                                                                                                                                                                             |
| 76        | <b>R</b>   | Νίκος: | Έξω απ' αυτή την σφαίρα όχι δεν υπάρχουν κουκίδες.                                                                                                                                                             |
| 77        | <b>I</b>   | EP1:   | Επομένως όλο το τροχιακό το περιορίζουμε, επομένως σύμφωνα μ' αυτό που λες                                                                                                                                     |
| 78        | ---        | Νίκος: | ...                                                                                                                                                                                                            |
| 79        | <b>F</b>   | EP1:   | Η πιθανότητα εύρεσης του ηλεκτρονίου δεν μηδενίζεται ούτε σε μεγάλες αποστάσεις, από πιο μεγάλο μπορεί να πάει και στο άπειρο ξέρεις άρα;                                                                      |
| 80        | ---        | Νίκος: | ...                                                                                                                                                                                                            |
| 81        | <b>F</b>   | EP1:   | <b>Και στο άπειρο ακόμη θέλω κάποιες κουκίδες να βάλω αυτό σημαίνει ότι υπάρχει μια πιθανότητα πολύ...</b>                                                                                                     |
| 82        | <b>R</b>   | Νίκος: | <b>Πολύ μικρή</b>                                                                                                                                                                                              |
| 83        | <b>I</b>   | EP1:   | <b>Άρα τι λες τώρα</b>                                                                                                                                                                                         |
| 84        | <b>R</b>   | Νίκος: | Αλλά αυτό δεν θα μπορούμε να το πούμε για το άτομο του υδρογόνου. Για το άτομο του υδρογόνου μπορούμε να πούμε ή ότι είναι το 1s μπορούμε να πούμε ότι είναι το 1s, μπορούμε να πούμε ότι είναι το 2s, το 3s.. |
| 85        | <b>E</b>   | EP1:   | Ωραία, εντάξει                                                                                                                                                                                                 |
| 86        | <b>R</b>   | Νίκος: | το 3s και να προχωράμε.                                                                                                                                                                                        |

|    |   |      |               |
|----|---|------|---------------|
| 87 | E | EP1: | Εντάξει, Νίκο |
|----|---|------|---------------|

### Σχολιασμός της 3<sup>ης</sup> ατομικής συνέντευξης

Και σε αυτή τη συνέντευξη (αρ.3) διαπιστώνεται εξ αρχής ότι ο φοιτητής (Νίκος) έχει παρανοήσεις υποστηρίζοντας:

*2- «είναι δυνατό αλλά αυτό στη διεγερμένη και όχι στη θεμελιώδη, δηλαδή αν του δώσουμε ακτινοβολία, αν του δώσουμε κάποια ενέργεια του ηλεκτρονίου μπορεί να μεταβεί σε κάποια άλλη κατάσταση»*

Δηλαδή δέχεται ότι μπορεί να ισχύει η πρόταση, αλλά με την προϋπόθεση της διέγερσης, απάντηση που επαναλαμβάνεται από τους περισσότερους φοιτητές που έλαβαν μέρος στις συνεντεύξεις. Με την παρέμβαση – υπενθύμιση του EP1 (8 – «Αν είναι στο 1s, να είναι στο 1s αλλά να είναι έξω από τον χώρο που ορίζουμε ως 1s, να μην αλλάζει η ενέργεια»), επαναφέρει στην 11 το μοντέλο του Bohr - «Να κινείται γύρω, σε μια τροχιά γύρω απ' τον πυρήνα», στο οποίο όμως δεν επιμένει αφού στη 13 αναφέρει ως κριτήριο την ενέργεια. Στην 16 ο EP1 ζητά το πώς ορίζεται (σύμφωνα προφανώς με τα όσα αναφέρει το σχολικό βιβλίο) το τροχιακό και ο Νίκος χρησιμοποιεί (17) την έννοια της πιθανότητας:

*«ε.. η πιθανότητα είναι για ...στο χώρο που μπορεί να βρεθεί και να κινείται ένα ηλεκτρόνιο»*

Στην 23 ο Νίκος προσθέτει στην απάντηση του ένα ποσό επιπλέον ενέργειας και εμφανίζει μια παρανόηση, που έχει την προέλευσή της:

*«την ενέργεια του, την ενέργεια του ηλεκτρονίου, μπορεί να είναι, να 'χει ενέργεια ή να του δώσουμε ενέργεια λίγη λιγότερη από το να φτάσει στο 2s οπότε δεν θα φθάσει στο 2s θα παραμείνει στο 1s και ...θα μείνει κάποια, κάποια ενέργεια..»*

Δείχνει έτσι ότι μάλλον δεν έχει αντιληφθεί ακόμη ακριβώς την ερώτηση. Κάτι που παρουσιάζεται και στην 33 (για κάποιο σημείο έξω από τα όρια της σφαίρας):

*«Θα 'χε, ναι θα 'χε πάει σε άλλο τροχιακό αλλά...»*

Ο διάλογος κλείνει (34) από τον EP1 με τη φράση «εντάξει, ωραία», που δίνει την εντύπωση *κλειστής αλυσίδας αλληλεπιδράσεων*, αφού αποτελεί την αξιολόγηση του (χωρίς να σημαίνει ότι ο EP1 συμφώνησε με τον φοιτητή). Ακολουθεί από το 35 έως το 50 συζήτηση σχετική με δύο άλλες ερωτήσεις, οι οποίες όμως οδηγούν σε απάντηση που έρχεται σε σύγκρουση με αυτή που είχε δώσει ο Νίκος για την αρχική ερώτηση και τελικά γίνεται ο διάλογος 50 – 57 ο οποίος καταλήγει σε *καταφατική* απάντηση για την πιθανότητα εύρεσης

του ηλεκτρονίου σε μεγάλη απόσταση από τον πυρήνα. Επαναλαμβάνεται στη συνέχεια ο συγκεκριμένος διάλογος μια και περιλαμβάνει το στοιχείο της – προσωρινής όπως θα φανεί στη συνέχεια – εννοιολογικής αλλαγής:

|                                                                                                                                                            |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>μισό λεπτό Νίκο, είπες προηγουμένως ότι πρέπει να έχουν κουκίδες και μακριά από τον πυρήνα γιατί έχει πιθανότητα να βρεθεί και εκεί, έτσι δεν είπες</i> |
| <i>Εδώ ναι αλλά όσο απομακρυνόμαστε</i>                                                                                                                    |
| <i>με πυκνό το ηλεκτρονιακό νέφος και αραιό Τι σημαίνει αραιό αυτές οι κουκίδες τι σημαίνουν οι μακρινές</i>                                               |
| <i>Ότι εκεί είναι μικρότερη η πιθανότητα να βρεθεί το ηλεκτρόνιο.</i>                                                                                      |
| <i>Δεν είναι όμως μηδέν άρα μπορεί να βρεθεί</i>                                                                                                           |
| <i>Ναι μπορεί να βρεθεί</i>                                                                                                                                |
| <i>Άρα και είναι σε τροχιακό ποιο; Το 1s</i>                                                                                                               |
| <i>Το 1s</i>                                                                                                                                               |

Όμως στη συνέχεια, όταν καλείται να σχεδιάσει μια σφαίρα, που υποτίθεται ότι αντιστοιχεί στο τροχιακό 1s, επιστρέφει στην αντίληψη ότι «δεν θα είναι έξω από τη σφαίρα και εάν είναι, θα είναι σε άλλο τροχιακό» (64). Ακόμη, προκειμένου να συμπεριλάβει τυχόν σημεία, μεγαλώνει την ακτίνα της σφαίρας που έχει σχεδιάσει. Ο EP1 του τονίζει ότι περιορίζει το τροχιακό με αυτό τον τρόπο και του υπενθυμίζει (79) ότι «*Η πιθανότητα εύρεσης του ηλεκτρονίου δεν μηδενίζεται ούτε σε μεγάλες αποστάσεις*». Σε αυτές τις παρεμβάσεις ο φοιτητής δεν δίνει καμία απάντηση, εμφανίζοντας με αυτό τον τρόπο αμηχανία που εκφράζει τη γνωστική σύγκρουση έως ότου ο EP1 «απαιτεί» την ύπαρξη κουκίδων (πιθανών θέσεων του ηλεκτρονίου) και στο άπειρο, με αυθεντικό τρόπο (81):

*Και στο άπειρο ακόμη θέλω κάποιες κουκίδες να βάλω αυτό σημαίνει ότι υπάρχει μια πιθανότητα πολύ...*

Ο Νίκος απαντά (82): «*Πολύ μικρή*»

Παρ' όλα αυτά όμως, η συζήτηση τελειώνει από την πλευρά του Νίκου με την ασαφή φράση (84):

*«Αλλά αυτό δεν θα μπορούμε να το πούμε για το άτομο του υδρογόνου. Για το άτομο του υδρογόνου μπορούμε να πούμε ή ότι είναι το 1s μπορούμε να πούμε ότι είναι το 1s, μπορούμε να πούμε ότι είναι το 2s, το 3s...»*

Τέλος, η συζήτηση ολοκληρώνεται με τον EP1 να λέει «εντάξει, Νίκο», χωρίς όμως αυτή η φράση να δείχνει ότι αποτελεί ουσιαστική αξιολόγηση της 84. Γι αυτό το λόγο, η σειρά του διαλόγου μπορεί να χαρακτηριστεί ως **ανοικτή αλυσίδα αλληλεπιδράσεων**.

Η επικοινωνιακή προσέγγιση μπορεί να χαρακτηριστεί ως **μη αλληλεπιδραστική** και **αυθεντική**. Μη αλληλεπιδραστική διότι είναι ένας μόνο ο φοιτητής που συμμετέχει στη συζήτηση, συνεπώς δεν αλληλεπιδρά με άλλα άτομα – συμφοιτητές και αυθεντική γιατί οι EP1 και EP2 τον καθοδηγούν με συγκεκριμένη προσέγγιση προς την επιθυμητή απάντηση. Ο διάλογος μπορεί να αξιολογηθεί, ως **μερικώς επιτυχής**. Ο φοιτητής αντιλήφθηκε τη σημασία της πιθανότητας για τη συγκεκριμένη ερώτηση, όμως η τελευταία φράση στην οποία εμπλέκει πάλι τα τροχιακά 2s και 3s, δείχνει ότι ίσως να μην έχει «πειστεί» ακόμη για την ορθότητα των όσων δέχθηκε.

**Πίνακας 3. Πρότυπα διαλόγου ατομικής συνέντευξης 3 (μέρη διαλόγου N = 76)**

|        | I  | F-F/P-P | R  | E |  |
|--------|----|---------|----|---|--|
| EP1    | 22 | 8       | 1  | 2 |  |
| EP2    | 5  | 4       | -  | - |  |
| Νίκος  | 1  |         | 33 |   |  |
| ΣΥΝΟΛΟ | 28 | 12      | 34 | 2 |  |

#### 6.3.4 ΑΤΟΜΙΚΗ ΣΥΝΕΝΤΕΥΞΗ 4

Ιπποκράτης (Τμήμα Τεχνολογίας Υλικών)

|   |          |             |                                                                                                                                                                                                                              |
|---|----------|-------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | -        | EP2:        | Πάμε στην οκτώ.                                                                                                                                                                                                              |
| 2 | -        | Ιπποκράτης: | Στην οκτώ, ναι.                                                                                                                                                                                                              |
| 3 | -        | EP2:        | Διάβασε την ερώτηση και την απάντηση σου                                                                                                                                                                                     |
| 4 | <b>R</b> | Ιπποκράτης: | (Διαβάζει την οκτώ) Αυτό είναι ότι θυμάμαι από τους νόμους και κανόνες απ' το βιβλίο της τρίτης λυκείου, που έλεγε, δεν θυμάμαι ποιος συγκεκριμένος κανόνας, ότι συμπληρώνονται πρώτα οι στιβάδες με τη μικρότερη ενέργεια.  |
| 5 | <b>I</b> | EP2:        | Ναι, δεν ρωτάει αυτό, μου λες τον κανόνα της ελάχιστης ενέργειας, δεν ρωτάει αυτό η ερώτηση όμως, λέει ... τη διάβασες την ερώτηση την θυμάσαι, πάμε εδώ πέρα (ερώτηση 13). Ορίζουμε τροχιακό 1s, ποιο είναι το τροχιακό 1s; |
| 6 | <b>R</b> | Ιπποκράτης: | Το συγκεκριμένο.                                                                                                                                                                                                             |
| 7 | <b>I</b> | EP2:        | Το συγκεκριμένο, αυτό που κύκλωσες προηγουμένως                                                                                                                                                                              |
| 8 | <b>R</b> | Ιπποκράτης: | Ναι.                                                                                                                                                                                                                         |

|    |     |             |                                                                    |
|----|-----|-------------|--------------------------------------------------------------------|
| 9  | I   | EP2:        | Υπάρχει πιθανότητα να βρεθεί έξω από αυτό τον κύκλο;               |
| 10 | R   | Ιπποκράτης: | Ναι, είπαμε ναι.                                                   |
| 11 | I   | EP2:        | Άρα ποια είναι η σωστή απάντηση στην οκτώ;                         |
| 12 | R   | Ιπποκράτης: | Είναι δυνατό να βρεθεί.                                            |
| 13 | F/P | EP1:        | Αλλά με πια διαφορά;                                               |
| 14 | R   | Ιπποκράτης: | Αλλά η πιθανότητα ελαχιστοποιείται.                                |
| 15 | I   | EP1:        | Εξακολουθεί να είναι στο 1s;                                       |
| 16 | R   | Ιπποκράτης: | Ναι αλλά η πιθανότητα είναι μικρότερη, πολύ μικρή, ελάχιστη σχεδόν |

### Σχολιασμός της 4<sup>ης</sup> ατομικής συνέντευξης

Δεν μπορεί να ανιχνευθεί από τον προηγούμενο διάλογο της συνέντευξης 4 (Ιπποκράτης) – και πιο μικρής σε έκταση απ’ όλες του δείγματος – εάν ο φοιτητής είχε διαφορετική αντίληψη για το περιεχόμενο της ερώτησης. Χρησιμοποιεί από την αρχή την έννοια της *πιθανότητας* και απαντά σωστά στις ερωτήσεις (9, 13 και 15) που του τίθενται. Δεν υπάρχει τελική αξιολόγηση της απάντησης στο τέλος της συνέντευξης, επομένως η σειρά του διαλόγου μπορεί να χαρακτηριστεί ως *ανοικτή αλυσίδα αλληλεπιδράσεων*. Η επικοινωνιακή προσέγγιση είναι – σαφώς – *μη αλληλεπιδραστική* και *διαλογική*. Όμως, όσον αφορά το τελευταίο, η έκταση του διαλόγου είναι περιοριστική για ένα ασφαλές συμπέρασμα. Ο διάλογος χαρακτηρίζεται ως *επιτυχής*, όχι όμως τόσο λόγω των *παρεμβάσεων των καθηγητών* (αναγνωρίστηκε μια μόνο, η 13) όσο γιατί ο φοιτητής *είχε εξ αρχής την ορθή αντίληψη*, επομένως δεν υπήρχε κάποια γνωστική σύγκρουση να υπερνικηθεί.

**Πίνακας 4. Πρότυπα διαλόγου ατομικής συνέντευξης 4 (μέρη διαλόγου N = 13)**

|            | I | F-F/P-P | R | E |  |
|------------|---|---------|---|---|--|
| EP1        | 1 | 1       |   |   |  |
| EP2        | 4 |         |   |   |  |
| Ιπποκράτης |   |         | 7 |   |  |
| ΣΥΝΟΛΟ     | 5 | 1       | 7 |   |  |

### 6.3.5 ΑΤΟΜΙΚΗ ΣΥΝΕΝΤΕΥΞΗ 5

Θεοδώρα (Βιολογικών εφαρμογών)

|   |   |      |                                                                                                                      |
|---|---|------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | I | EP2: | Θα ήθελα, για να περάσουμε στην επόμενη ερώτηση να μου ζωγράφιζες ένα τροχιακό 1s, εκεί στο φύλλο των απαντήσεων σου |
|---|---|------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

|    |            |          |                                                                                                                                         |
|----|------------|----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 2  | <b>R</b>   | Θεοδώρα: | 1s τροχιακό;                                                                                                                            |
| 3  | <b>I</b>   | EP2:     | Ναι.                                                                                                                                    |
| 4  | <b>R</b>   | Θεοδώρα: | (Ζωγραφίζει ένα κύκλο στο σχήμα 1 της ερώτησης 13 που καλύπτει μόνο την μαύρη περιοχή)                                                  |
| 5  | <b>E</b>   | EP2:     | Ωραία αυτό είναι ένα τροχιακό 1s.                                                                                                       |
| 6  | <b>R</b>   | Θεοδώρα: | Ναι                                                                                                                                     |
| 7  | <b>F</b>   | EP2:     | Κάπου στη μέση είναι ο πυρήνας βέβαια εντάξει;                                                                                          |
| 8  | <b>R</b>   | Θεοδώρα: | Ναι                                                                                                                                     |
| 9  | <b>I</b>   | EP2:     | Λοιπόν ένα ηλεκτρόνιο που ανήκει στο τροχιακό 1s μπορεί να είναι εδώ έτσι;                                                              |
| 10 | <b>R</b>   | Θεοδώρα: | Ναι                                                                                                                                     |
| 11 | <b>I</b>   | EP2:     | Μέσα στο τροχιακό που ζωγράφισες;                                                                                                       |
| 12 | <b>I</b>   | EP1:     | Μπορεί ή πρέπει να είναι πάνω στην επιφάνεια αυτής της σφαίρας, σφαίρα είναι αυτή έτσι;                                                 |
| 13 | <b>R</b>   | Θεοδώρα: | Ναι.                                                                                                                                    |
| 14 | <b>I</b>   | EP2:     | Μπορεί να είναι μέσα σε αυτή την σφαίρα;                                                                                                |
| 15 | <b>R</b>   | Θεοδώρα: | Το ηλεκτρόνιο..... νομίζω στην επιφάνεια γιατί τροχιακό είναι..                                                                         |
| 16 | <b>I</b>   | EP2:     | Τι είναι τροχιακό;                                                                                                                      |
| 17 | <b>R</b>   | Θεοδώρα: | Είναι αυτοί οι τρεις κβαντικοί αριθμοί, $n$ , $l$ $m_l$ που... είναι σε ένα τρισδιάστατο χώρο οπότε δεν μπορεί να βρεθεί νομίζω μέσα... |
| 18 | <b>P</b>   | EP1:     | <b>Άρα κινείται σε καθορισμένες τροχιές.</b>                                                                                            |
| 19 | <b>R</b>   | Θεοδώρα: | που έχει ορισμένο μέγεθος, προσανατολισμό και σχήμα.                                                                                    |
| 20 | <b>P</b>   | EP1:     | <b>Άρα κινείται μόνο πάνω στην επιφάνεια, άρα έχει καθορισμένη απόσταση απ' τον πυρήνα.</b>                                             |
| 21 | <b>R</b>   | Θεοδώρα: | Ναι.                                                                                                                                    |
| 22 | <b>F/P</b> | EP1:     | <b>Είναι αυτό σύμφωνο με την αρχή της αβεβαιότητας του Heisenberg, να έχει καθορισμένη απόσταση απ' τον πυρήνα;</b>                     |
| 23 | ---        | Θεοδώρα: | Καθορισμένη απόσταση απ' τον πυρήνα;                                                                                                    |
| 24 | <b>F</b>   | EP1:     | Ναι αν κινείται σε μια επιφάνεια αν ξέρω την ακτίνα της επιφάνειας ξέρω και την θέση του ηλεκτρονίου τουλάχιστον ως απόσταση.           |
| 25 | <b>R</b>   | Θεοδώρα: | Ναι, από τον πυρήνα.                                                                                                                    |
| 26 | <b>I</b>   | EP1:     | Είναι αυτό σε συμφωνία με την αρχή της αβεβαιότητας.                                                                                    |
| 27 | <b>R</b>   | Θεοδώρα: | Ε.. η αρχή της αβεβαιότητας λέει ότι είναι αδύνατος ο προσδιορισμός της θέσης του ηλεκτρονίου, δηλαδή πάμε σύμφωνα με πιθανότητες.      |
| 28 | <b>I</b>   | EP1:     | Αρα;                                                                                                                                    |
| 29 | <b>R</b>   | Θεοδώρα: | Επίσης υπάρχει κάποια πιθανότητα.                                                                                                       |

|    |     |          |                                                                                                                    |
|----|-----|----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 30 | I   | EP2:     | Ας μιλήσουμε λοιπόν με πιθανότητες, υπάρχει πιθανότητα να το βρω μέσα στην σφαίρα που έχεις ζωγραφίσει;            |
| 31 | R   | Θεοδώρα: | Ε.. ανάλογα με την πυκνότητα του ηλεκτρονικού νέφους;                                                              |
| 32 | I   | EP1:     | Ανάλογα τι;                                                                                                        |
| 33 | R   | Θεοδώρα: | Όσο πιο πυκνές... ο τρισδιάστατος αυτός χώρος συμβολίζεται με κουκίδες όσο πιο πυκνές είναι...                     |
| 34 | I   | EP1:     | Κάθε κουκίδα τι παριστάνει                                                                                         |
| 35 | --- | Θεοδώρα: | Η κάθε κουκίδα; Το....                                                                                             |
| 36 | I   | EP1:     | Έχει σχέση με το ηλεκτρόνιο η κουκίδα;                                                                             |
| 37 | R   | Θεοδώρα: | Όχι.                                                                                                               |
| 38 | I   | EP1:     | Με τι έχει σχέση;                                                                                                  |
| 39 | R   | Θεοδώρα: | Γενικότερα με τον χώρο, δηλαδή...                                                                                  |
| 40 | I   | EP1:     | Δηλαδή κάπου που έχω πολλές κουκίδες τι σημαίνει αυτό;                                                             |
| 41 | R   | Θεοδώρα: | <b>Υπάρχει πιθανότητα να βρεθεί εκεί το ηλεκτρόνιο.</b>                                                            |
| 42 | I   | EP1:     | Αρα δεν έχει σχέση με το ηλεκτρόνιο.                                                                               |
| 43 | R   | Θεοδώρα: | Ναι, εντάξει, απλά δεν συμβολίζει το ηλεκτρόνιο.                                                                   |
| 44 | I   | EP1:     | Όχι, δεν συμβολίζει το ηλεκτρόνιο αλλά τι σχέση έχει με το ηλεκτρόνιο;                                             |
| 45 | R   | Θεοδώρα: | Μας βοηθάει όταν δούμε πάρα πολλές κουκίδες, μεγάλη πυκνότητα εκεί πέρα ίσως υπάρχει, υπάρχει μεγάλη πιθανότητα... |
| 46 | I   | EP1:     | Η κάθε μια κουκίδα τι είναι επομένως;                                                                              |
| 47 | R   | Θεοδώρα: | Ένα ηλεκτρόνιο;                                                                                                    |
| 48 | I   | EP1:     | Όχι ένα ηλεκτρόνιο αλλά για ένα ηλεκτρόνιο τι;                                                                     |
| 49 | --- | Θεοδώρα: | .....                                                                                                              |
| 50 | F/P | EP1:     | Μια πιθανή ... τι;                                                                                                 |
| 51 | R   | Θεοδώρα: | Θέση                                                                                                               |
| 52 | F/P | EP1:     | Μια πιθανή θέση, άρα εκεί που οι κουκίδες είναι πολλές                                                             |
| 53 | R   | Θεοδώρα: | Είναι περισσότερες οι πιθανότητες να βρεθεί το ηλεκτρόνιο.                                                         |
| 54 | I   | EP1:     | Και εκεί που είναι αραιές;                                                                                         |
| 55 | R   | Θεοδώρα: | Είναι λιγότερες οι πιθανότητες.                                                                                    |
| 56 | --  | EP1:     | Αρα ξαναγυρνάμε.                                                                                                   |
| 57 | I   | EP2:     | Κουκίδες μέσα στην σφαίρα λοιπόν μπορεί να βρούμε, πιθανές θέσεις ηλεκτρονίου;                                     |
| 58 | R   | Θεοδώρα: | Μέσα στην σφαίρα ή στην επιφάνεια;                                                                                 |
| 59 | I   | EP1:     | Στο εσωτερικό, μέσα.                                                                                               |
| 60 | R   | Θεοδώρα: | Στο εσωτερικό; Νομίζω όχι.                                                                                         |

|    |    |          |                                                                                                                                                                        |
|----|----|----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 61 | I  | EP2:     | Αυτές εδώ;                                                                                                                                                             |
| 62 | R  | Θεοδώρα: | Αυξάνεται η πιθανό...                                                                                                                                                  |
| 63 | I  | EP2:     | Τι, πώς είναι η μορφή του ηλεκτρονιακού νέφους;                                                                                                                        |
| 64 | R  | Θεοδώρα: | Δεν θα είναι κάπως σ' αυτή την μορφή... αν πούμε ότι είναι σαν αυτό, κάπως έτσι, εδώ είναι μεγαλύτερη η πιθανότητα εύρεσης του ηλεκτρονίου και όσο πάμε προς τα έξω... |
| 65 | I  | EP1:     | Έχω όμως κουκίδες έξω.                                                                                                                                                 |
| 66 | R  | Θεοδώρα: | Ναι.                                                                                                                                                                   |
| 67 | I  | EP1:     | Άρα υπάρχει πιθανότητα να είναι έξω;                                                                                                                                   |
| 68 | -  | EP2:     | Η σφαίρα που είναι η σφαίρα;                                                                                                                                           |
| 69 | I  | EP1:     | Εδώ τη σφαίρα μπορείς να την σχεδιάσεις σ' αυτήν εδώ την εικόνα.                                                                                                       |
| 70 | -- | Θεοδώρα: | Τη σφαίρα;                                                                                                                                                             |
| 71 | I  | EP1:     | Ναι, για σχεδίασε την, αυτή την σφαίρα που έκανες πριν που θα την τοποθετούσες;                                                                                        |
| 72 | R  | Θεοδώρα: | Ίσως κάπου εδώ.                                                                                                                                                        |
| 73 | I  | EP1:     | Ναι, χάραξε την με το μολύβι να φανεί. Ωραία, αυτές οι κουκίδες που είναι απ' έξω τι σημαίνουν                                                                         |
| 74 | R  | Θεοδώρα: | Ότι δεν υπάρχει πιθανότητα να βρίσκεται...                                                                                                                             |
| 75 | I  | EP1:     | Δεν υπάρχει ή υπάρχει;                                                                                                                                                 |
| 76 | R  | Θεοδώρα: | Ότι είναι μικρότερη.                                                                                                                                                   |
| 77 | I  | EP1:     | Ναι αλλά είναι μηδέν;                                                                                                                                                  |
| 78 | R  | Θεοδώρα: | Όχι.                                                                                                                                                                   |
| 79 | I  | EP1:     | Τι είπαμε ότι συμβολίζουν οι κουκίδες;                                                                                                                                 |
| 80 | R  | Θεοδώρα: | Κάποια θέση.                                                                                                                                                           |
| 81 | I  | EP1:     | Άρα, υπάρχει πιθανότητα να βρεθεί έξω;                                                                                                                                 |
| 82 | R  | Θεοδώρα: | Απλά είναι ελάχιστη η πιθανότητα είναι αμελητέα.                                                                                                                       |
| 83 | I  | EP1:     | Ναι αλλά υπάρχει πιθανότητα, να βρεθεί έξω;                                                                                                                            |
| 84 | R  | Θεοδώρα: | Υπάρχει, ναι.                                                                                                                                                          |
| 85 | E  | EP1:     | Υπάρχει.                                                                                                                                                               |
| 86 | R  | Θεοδώρα: | Αλλά ελάχιστη, όσο πάμε προς τα μέσα είναι μεγαλύτερη, αυξάνεται.                                                                                                      |
| 87 | I  | EP2:     | Άρα λοιπόν σε σχέση με την σφαίρα που ζωγράφισες στην πίσω σελίδα, μέσα στην σφαίρα μπορεί να βρούμε το ηλεκτρόνιο;                                                    |
| 88 | R  | Θεοδώρα: | Ναι                                                                                                                                                                    |
| 89 | I  | EP2:     | Έξω από την σφαίρα μπορούμε να το βρούμε;                                                                                                                              |
| 90 | R  | Θεοδώρα: | Μικραίνει η πιθανότητα αλλά πάλι υπάρχει περίπτωση να βρεθεί το ηλεκτρόνιο.                                                                                            |
| 91 | I  | EP1:     | Όταν είναι έξω από την σφαίρα θα 'ναι στο 1s, θα εξακολουθεί να είναι στο 1s τρο-                                                                                      |



|     |          |          |                                                                                                                                                                                                                                             |
|-----|----------|----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|     |          |          | χιακό;                                                                                                                                                                                                                                      |
| 92  | <b>R</b> | Θεοδώρα: | <b>Νομίζω πως φεύγει από το 1s.</b>                                                                                                                                                                                                         |
| 93  | <b>I</b> | EP1:     | Ναι αλλά τόση ώρα για το 1s μιλάγαμε                                                                                                                                                                                                        |
| 94  | ---      | EP2:     | Αυτά όλα είναι... αυτά εδώ στο σχήμα 1 της ερώτησης 13...                                                                                                                                                                                   |
| 95  | <b>I</b> | EP1:     | Δηλαδή φεύγει από το 1s και που πάει, δηλαδή όταν ένα ηλεκτρόνιο κάποια στιγμή βρίσκεται εδώ, μικρή η πιθανότητα αλλά η κουκίδα είπαμε ότι σημαίνει πιθανή θέση, άρα κάποια στιγμή βρίσκεται. Είναι στο 1s ακόμα ή έχει αλλάξει;            |
| 96  | <b>R</b> | Θεοδώρα: | Δεν ξέρω μπορεί και να είναι μπορεί και να ...                                                                                                                                                                                              |
| 97  | <b>I</b> | EP1:     | Μπορεί και να μην είναι.                                                                                                                                                                                                                    |
| 98  | <b>R</b> | Θεοδώρα: | Κάπου ενδιάμεσα.                                                                                                                                                                                                                            |
| 99  | <b>I</b> | EP1:     | Εδώ τι απαντάς; «...είναι δυνατό να βρεθεί έξω από τον χώρο ... στη θεμελιώδη κατάσταση και τότε διεγείρεται»                                                                                                                               |
| 100 | <b>I</b> | EP2:     | Μόνο σε περίπτωση διέγερσης;                                                                                                                                                                                                                |
| 101 | <b>I</b> | EP1:     | Τι εννοείς διεγείρεται;                                                                                                                                                                                                                     |
| 102 | <b>R</b> | Θεοδώρα: | Απλά θα πάει σε κάποια άλλη.. θα μεταπηδήσει σε κάποια άλλη...                                                                                                                                                                              |
| 103 | <b>I</b> | EP1:     | Τώρα όμως εδώ το διορθώνεις αυτό, δηλαδή δεν είσαι σίγουρή, έτσι είπες προηγουμένως. Δηλαδή να 'ναι στο 1s και να 'ναι έξω, να βρεθεί έξω από τον χώρο που ορίζεται ως τροχιακό 1s. Το θέμα του ορίζεται είναι αυτό, εσύ δεν το όρισες εδώ; |
| 104 | <b>R</b> | Θεοδώρα: | Ναι                                                                                                                                                                                                                                         |
| 105 | <b>I</b> | EP1:     | Επομένως σε ρωτάμε είναι δυνατό να βρεθεί έξω απ' αυτό τον χώρο που όρισες εσύ, σύμφωνα μ' αυτήν την εικόνα όπως την χάραξες εδώ.                                                                                                           |
| 106 | <b>R</b> | Θεοδώρα: | Υπάρχει, αλλά μειώνεται η πιθανότητα όσο φεύγουμε προς τα έξω                                                                                                                                                                               |
| 107 | <b>I</b> | EP1:     | Το επόμενο ερώτημα είναι θα είναι ξανά στο 1s ή θα έχει διεγερθεί, δηλαδή θα έχει πάει σε κάποιο άλλο τροχιακό πιο ψηλά ενεργειακά, τι από τα δύο;                                                                                          |
| 108 | <b>R</b> | Θεοδώρα: | Νομίζω πως θα διεγερθεί.                                                                                                                                                                                                                    |
| 109 | <b>E</b> | EP1:     | Ωραία, εντάξει.                                                                                                                                                                                                                             |

### Σχολιασμός της 5<sup>ης</sup> ατομικής συνέντευξης

Σε αυτή τη συνέντευξη ακολουθείται μια διαφορετική προσέγγιση από τις προηγούμενες, καθώς δεν υπάρχει η αναφορά της ερώτησης, τουλάχιστον από την αρχή της. Στο 12, αφού η Θεοδώρα έχει σχεδιάσει μια σφαίρα που υποτίθεται συμβολίζει το τροχιακό 1s, ο EP1 κάνει την ερώτηση «Μπορεί ή πρέπει να είναι πάνω στην επιφάνεια αυτής της σφαίρας, σφαίρα είναι αυτή έτσι;», φράση που συνοδεύεται από τον EP2 στο 14, «Μπορεί να είναι μέσα σε αυτή την σφαίρα;». Η Θεοδώρα απαντά καταφατικά στη 12, δείχνοντας στη

συνέχεια, στην αλληλουχία των διαλόγων ότι έχει την αντίληψη (15) ότι *«Το ηλεκτρόνιο... νομίζω στην επιφάνεια γιατί τροχιακό είναι...»* και (17-19) *«Είναι αυτοί οι τρεις κβαντικοί αριθμοί,  $n$ ,  $l$   $m_l$  που... είναι σε ένα τρισδιάστατο χώρο που έχει ορισμένο μέγεθος, προσανατολισμό και σχήμα, οπότε δεν μπορεί να βρεθεί νομίζω μέσα...»*

Εμφανίζεται μια άλλη παρανόηση, ότι το ηλεκτρόνιο μπορεί να βρίσκεται πάνω στην επιφάνεια της σφαίρας που συμβολίζει το τροχιακό, όχι όμως μέσα. Αμέσως, ο EP1 παρεμβαίνει (22) αρχικά με τη φράση, *«Άρα κινείται μόνο πάνω στην επιφάνεια, άρα έχει καθορισμένη απόσταση απ' τον πυρήνα»* και στη συνέχεια (24) τη ρωτά αν: *«Είναι αυτό σύμφωνο με την αρχή της αβεβαιότητας του Heisenberg, να έχει καθορισμένη απόσταση απ' τον πυρήνα;»*. Η Θεοδώρα, δείχνει (27) ότι *γνωρίζει* την αρχή της αβεβαιότητας ως ορισμό, όμως από τις προηγούμενες απαντήσεις δείχνει ότι *δεν έχει αντιληφθεί τη σημασία της*. Παρόλα αυτά, αναφέρει από μόνη της την έννοια της πιθανότητας. Όμως, και μετά από αυτή τη διαπίστωση, ο διάλογος από 30 έως 58, όπου γίνεται λόγος για ένα σχήμα με κουκίδες που έχει σχεδιάσει η Θ. και τι εκφράζουν αυτές (αρχικά θεωρεί ότι είναι ηλεκτρόνια και στη συνέχεια αντιλαμβάνεται ύστερα από συνεχείς παρεμβάσεις των EP1 και EP2 ότι είναι πιθανές θέσεις), οδηγεί ξανά στην 60 όπου ερωτώμενη αν θα υπάρχουν κουκίδες, απαντά: *«Στο εσωτερικό; Νομίζω όχι»*.

Με ένα καινούργιο σχέδιο, στο οποίο τα όρια της σφαίρας αφήνουν κάποιες κουκίδες έξω από αυτή, δείχνει στη σειρά 76 έως 86 *«Υπάρχει, αλλά μειώνεται η πιθανότητα όσο φεύγουμε προς τα έξω»* και *«Αλλά ελάχιστη, όσο πάμε προς τα μέσα είναι μεγαλύτερη, αυξάνεται»* ότι δέχεται πως υπάρχει πιθανότητα. Μια νέα παρέμβαση (99) από τον EP1 που κάνει αναφορά στην γραπτή απάντηση στο ερωτηματολόγιο για τη συγκεκριμένη ερώτηση, οδηγεί στην παρέμβαση 103: *«Τώρα όμως εδώ το διορθώνεις αυτό, δηλαδή δεν είσαι σίγουρη, έτσι είπες προηγουμένως. Δηλαδή να 'ναι στο  $1s$  και να 'ναι έξω, να βρεθεί έξω από τον χώρο που ορίζεται ως τροχιακό  $1s$ . Το θέμα του ορίζεται είναι αυτό, εσύ δεν το όρισες εδώ;»* (EP1). Ο διάλογος ολοκληρώνεται με τη στιχομυθία - ανακεφαλαίωση:

*«Επομένως σε ρωτάμε είναι δυνατό να βρεθεί έξω απ' αυτό τον χώρο που όρισες εσύ, σύμφωνα μ' αυτήν την εικόνα όπως την χάραξες εδώ»*

*«Υπάρχει, αλλά μειώνεται η πιθανότητα όσο φεύγουμε προς τα έξω»*, απάντηση που δείχνει ότι η συζήτηση πέτυχε στο στόχο της, ώσπου έρχεται η τελευταία ερώτηση:

*«Το επόμενο ερώτημα είναι θα είναι ξανά στο  $1s$  ή θα έχει διεγερθεί, δηλαδή θα έχει πάει σε κάποιο άλλο τροχιακό πιο ψηλά ενεργειακά, τι από τα δύο;»*

Και η απάντηση που δίνει η Θ. «*Νομίζω πως θα διεγερθεί*» επαναφέρει την αρχική άποψη περί διέγερσης. Η τελική φράση του EP1 «ωραία εντάξει», δεν αποτελεί θετική αξιολόγηση, δηλ. επιδοκιμασία, αλλά μάλλον σηματοδοτεί το τέλος μιας «άκαρπης» συζήτησης. Κάτω από αυτό το πρίσμα η σειρά του διαλόγου μπορεί να χαρακτηριστεί ως **ανοικτή αλυσίδα αλληλεπιδράσεων**. Η επικοινωνιακή προσέγγιση είναι **μη αλληλεπιδραστική** και **αυθεντική**. Όσον αφορά το τελευταίο, διαπιστώνεται ότι συνεχώς οι EP1 και EP2 προσπαθούν να οδηγήσουν την Θ. προς την ορθή απάντηση. Ο διάλογος τελικά μπορεί να χαρακτηριστεί ως **μάλλον ανεπιτυχής**.

**Πίνακας 5. Πρότυπα διαλόγου ατομικής συνέντευξης 5 (μέρη διαλόγου N = 102)**

|         | I  | F-F/P-P | R  | E |  |
|---------|----|---------|----|---|--|
| EP1     | 33 | 6       | -  | 2 |  |
| EP2     | 13 | 1       |    | 1 |  |
| Θεοδώρα |    |         | 46 |   |  |
| ΣΥΝΟΛΟ  | 46 | 7       | 46 | 3 |  |

**Πίνακας 6. Χαρακτηρισμοί ατομικών συνεντεύξεων**

| α/α | Φοιτητής   | Είδος επικοινωνιακής προσέγγισης | Πρότυπα διαλόγου                | Χαρακτηρισμός     |
|-----|------------|----------------------------------|---------------------------------|-------------------|
| 1   | Κυριάκος   | Μη αλληλεπιδραστική - αυθεντική  | Κλειστή αλυσίδα αλληλεπιδράσεων | Σχεδόν επιτυχής   |
| 2   | Παναγιώτης | Μη αλληλεπιδραστική - διαλογική  | Κλειστή αλυσίδα αλληλεπιδράσεων | Ανεπιτυχής        |
| 3   | Νίκος      | Μη αλληλεπιδραστική - αυθεντική  | Κλειστή αλυσίδα αλληλεπιδράσεων | Σχεδόν επιτυχής   |
| 4   | Ιπποκράτης | Μη αλληλεπιδραστική - διαλογική  | Ανοικτή αλυσίδα αλληλεπιδράσεων | Επιτυχής          |
| 5   | Θεοδώρα    | Μη αλληλεπιδραστική - αυθεντική  | Ανοικτή αλυσίδα αλληλεπιδράσεων | Μάλλον ανεπιτυχής |

### 6.3.6 ΟΜΑΔΙΚΗ ΣΥΝΕΝΤΕΥΞΗ 1

Αχιλλέας – Γιώργος – Σοφία – Κωνσταντινιά (Βιολογικών εφαρμογών και τεχνολογίας)

|    |   |               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|----|---|---------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1  | I | EP2:          | Πάμε στην οκτώ. Στην οκτώ πάλι θα έχουμε το ίδιο, την ίδια αναλογία, τρεις με ένα, οι τρεις από σας λέτε..... η οκτώ λέει «Είναι δυνατό να βρεθεί το ηλεκτρόνιο του υδρογόνου στη θεμελιώδη κατάστασή του έξω από τον χώρο που ορίζεται ως τροχιακό 1s; Να δικαιολογήσετε την απάντησή σας.» Λοιπόν οι τρεις λένε «ναι, μπορεί να βρεθεί» και ο Αχιλλέας λέει όχι... |
| 2  | R | Αχιλλέας:     | Όχι και γω ναι λέω.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 3  | I | EP1:          | Για διάβασε την απάντηση σου.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 4  | R | Αχιλλέας:     | «Στο άτομο του υδρογόνου το ηλεκτρόνιο στη θεμελιώδη του κατάσταση βρίσκεται στο τροχιακό 1s. Εάν όμως διεγερθεί μπορεί να καταλάβει οποιοδήποτε τροχιακό π.χ. 2s, 3s, 3p κτλ»                                                                                                                                                                                       |
| 5  | I | EP1:          | Για διάβασε την απάντηση σου Γιώργο εσύ.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| 6  | R | Γιώργος:      | «Ναι αλλά η πιθανότητα αυτή είναι απειροελάχιστη.»                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 7  | I | EP1:          | Σχετικά μ' αυτό που άκουσες από τον Αχιλλέα συμφωνείς μαζί του ή διαφωνείς;                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 8  | R | Γιώργος:      | <b>Διαφωνώ, γιατί λέει στην εκφώνηση θεμελιώδη κατάσταση, τα άλλα τροχιακά είναι διεγερμένη κατάσταση.</b>                                                                                                                                                                                                                                                           |
| 9  | I | EP1:          | Αχιλλέα;                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| 10 | R | Αχιλλέας:     | Πάντοτε μπορεί να διεγερθεί. Αφού είπαμε ότι το τροχιακό είναι ο χώρος στον οποίο μπορεί να βρεθεί ένα ηλεκτρόνιο όχι που.. δηλαδή από την 1s μπορεί να απορροφήσει την κατάλληλη ενέργεια, φωτόνιο, και να μεταβεί σε μία... σε κατάσταση ανώτερης ενέργειας                                                                                                        |
| 11 | I | EP1:          | Γιώργο ξαναπές το.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 12 | R | Γιώργος:      | Λέει για τροχιακό 1s η... μόνο σε τροχιακό 1s, Μήπως δεν διάβασε καλά την ερώτηση.                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 13 | I | EP1:          | Για να διαβάσει η Σοφία την απάντηση της αυτή.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 14 | R | Σοφία:        | Έχω γράψει ότι υπάρχει ελάχιστο ποσοστό να βρεθεί το ηλεκτρόνιο έξω από το τροχιακό 1s, αυτό.                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 15 | I | EP1:          | Και συ Κωνσταντινιά τι γράφεις;                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 16 | R | Κωνσταντινιά: | «Ναι γιατί η πιθανότητα να βρεθεί ένα ηλεκτρόνιο έξω από ένα τροχιακό υπάρχει αν και είναι πολύ μικρή.»                                                                                                                                                                                                                                                              |
| 17 | I | EP1:          | Ναι, δηλαδή καταλαβαίνεις Αχιλλέα ότι εδώ οι τρεις δεν μιλάνε καθόλου για διέγερση και για 2s, 2p μιλάνε πάντα για το 1s, εσύ μιλάς για μία διέγερση. Εσένα αυτό το επι-                                                                                                                                                                                             |

|    |          |               |                                                                                                                                                                                                                |
|----|----------|---------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    |          |               | χείρημα του Αχιλλέα σε πείθει;                                                                                                                                                                                 |
| 18 | <b>R</b> | Κωνσταντινιά: | Όχι δεν με πείθει γιατί όταν... στην ερώτηση που ρωτάει αν μπορεί να βρεθεί σε ένα χώρο έξω από το 1s δεν εννοεί κάποιο άλλο τροχιακό, εννοεί τον υπόλοιπο χώρο που δεν ορίζεται από κάποιο τροχιακό.          |
| 19 | <b>I</b> | EP1:          | Και η απάντησή σου εσένα είναι ότι μπορεί                                                                                                                                                                      |
| 20 | <b>R</b> | Κωνσταντινιά: | Ναι                                                                                                                                                                                                            |
| 21 | <b>I</b> | EP1:          | Και να 'ναι πάλι στο 1s;                                                                                                                                                                                       |
| 22 | <b>R</b> | Κωνσταντινιά: | Ναι.                                                                                                                                                                                                           |
| 23 | <b>I</b> | EP1:          | Σοφία εσύ;                                                                                                                                                                                                     |
| 24 | <b>R</b> | Σοφία:        | Και εμένα ότι μπορεί να βρεθεί απλώς είναι πολύ μικρό το ποσοστό να βρεθεί έξω από το τροχιακό.                                                                                                                |
| 25 | <b>I</b> | EP1:          | Και ο Γιώργος το ίδιο λέει                                                                                                                                                                                     |
| 26 | <b>R</b> | Αχιλλέας:     | <b>Νομίζω ότι εννοεί κάποιο άλλο τροχιακό ίσως, ότι μπορεί να διεγερθεί και να πάει σε κάποιο άλλο τροχιακό, αυτό δεν είναι αδύνατο, μπορεί να γίνει, διέγερση.</b>                                            |
| 27 | <b>I</b> | EP1:          | Μπορεί να γίνει, αλλά η ερώτηση αυτή αφορά αυτό;                                                                                                                                                               |
| 28 | <b>R</b> | Αχιλλέας:     | Όχι, ήτανε διαφορετική.                                                                                                                                                                                        |
| 29 | <b>I</b> | EP1:          | Άρα πια είναι η απάντησή σου αν ξεχάσεις τώρα την εναλλακτική ερώτηση και πάμε ξανά στην ερώτηση, σ' αυτήν τι απαντάς; Αυτά που σου λένε τώρα εδώ οι συνάδελφοι σου σε πείθουν ή όχι;                          |
| 30 | <b>R</b> | Αχιλλέας:     | Όχι απόλυτα.                                                                                                                                                                                                   |
| 31 | <b>I</b> | EP1:          | Όχι απόλυτα, σε τι δεν σε πείθουν;                                                                                                                                                                             |
| 32 | <b>R</b> | Αχιλλέας:     | <b>Βασικά η ερώτηση είναι η οποία δεν είναι ξεκάθαρη πιστεύω.</b>                                                                                                                                              |
| 33 | <b>I</b> | EP1:          | Δηλαδή υποθέτω θα ήθελες να λέει: είναι δυνατό να βρεθεί το ηλεκτρόνιο έξω από τον χώρο που ορίζεται ως τροχιακό 1s αλλά να εξακολουθεί να είναι σε 1s, έτσι θα την ήθελες;                                    |
| 34 | <b>R</b> | Αχιλλέας:     | <b>Το ηλεκτρόνιο στο άτομο του υδρογόνου είναι στο 1s πράγματι αλλά εγώ είπα αν διεγερθεί, εγώ είπα αν έχουμε διέγερση...</b>                                                                                  |
| 35 | <b>I</b> | EP1:          | Ναι αλλά βάζεις ένα αν, εδώ δεν υπάρχει το αν στην ερώτηση. Επομένως εγώ στην εμπλουτίζω την ερώτηση: Είναι δυνατό να βρεθεί...κλπ... στον χώρο που ορίζεται ως τροχιακό 1s και να εξακολουθεί να είναι σε 1s. |
| 36 | <b>R</b> | Αχιλλέας:     | <b>Στη θεμελιώδη κατάσταση πάντα μιλάμε;</b>                                                                                                                                                                   |
| 37 | <b>F</b> | EP1:          | Ναι.                                                                                                                                                                                                           |
| 38 | ...      | Αχιλλέας:     | .....                                                                                                                                                                                                          |

|    |     |           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|----|-----|-----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 39 | I   | EP2:      | Σοφία μήπως μπορείς εσύ να τον βοηθήσεις, να υποστηρίξεις την άποψη σου;                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 40 | R   | Σοφία:    | Υπάρχει ένα ποσοστό 1-2% να είναι το ηλεκτρόνιο έξω από το τροχιακό 1s όπως με το άλλο την πυκνότητα στα διαγράμματα που είχαμε κάνει.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 41 | I   | EP1:      | Ποιο διάγραμμα εννοείς, ποιο διάγραμμα, για δείξε ένα διάγραμμα, υπάρχουν κάποια διαγράμματα εκεί στην άλλη σελίδα...                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 42 | R   | Σοφία:    | Ναι...                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 43 | I   | EP1:      | Σε βοηθάει κάποιο απ' αυτά.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| 44 | R   | Σοφία:    | Ναι όπως αυτό (ερώτηση 13, σχήμα 1), γιατί είναι s, είναι σφαιρικό...                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 45 | E   | EP1:      | Ναι                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 46 | R   | Σοφία:    | Όποτε κάποιες από τις εξωτερικές κουκίδες θα είναι έξω...                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| 47 | R   | Αχιλλέας: | <b>Δεν μηδενίζεται ποτέ η πιθανότητα εύρεσης των ηλεκτρονίων ακόμα και σε άπειρη απόσταση απ' τον πυρήνα.</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 48 | I   | EP1:      | Άρα                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 49 | R   | Αχιλλέας: | Άρα υπάρχει μια μικρή πιθανότητα.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 50 | I   | EP1:      | Υπάρχει μια μικρή πιθανότητα, για δείξε μου λίγο....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 51 | R   | Αχιλλέας: | Είχα καταλάβει διαφορετικά την ερώτηση εγώ                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| 52 | I   | EP1:      | Άρα έχεις καταλάβει, τώρα δηλαδή προσχωρείς στην απάντηση των άλλων;                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 53 | R   | Αχιλλέας: | Ναι, ναι είχα καταλάβει ...                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| 54 | I   | EP1:      | Για να σε βάλουμε λίγο τώρα, για πάρε λίγο το μολύβι εδώ, αν θέλαμε να ζωγραφίσεις μια επιφάνεια για το τροχιακό 1s, έτσι, προφανώς τι σχήμα θα έχει αυτή η επιφάνεια;                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 55 | ... | Αχιλλέας: | Που να την σχεδιάσω στο διάγραμμα;                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| 56 | ... | EP1:      | Αχιλλέα πες μου.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 57 | R   | Αχιλλέας: | Στο τροχιακό s είπατε; Κοντά στον πυρήνα η πιθανότητα εύρεσης του ηλεκτρονίου θα 'ναι μέγιστη ακόμη, δηλαδή και πάνω στον πυρήνα θα μπορούσε να βρεθεί το ηλεκτρόνιο, ενώ όσο απομακρυνόμαστε απ' αυτόν η πιθανότητα μειώνεται, μπορούμε να πούμε, όμως χωρίς ποτέ να μηδενίζεται, δηλαδή ακόμη και σε άπειρη απόσταση μπορεί να βρούμε το ηλεκτρόνιο, επομένως πιστεύω ότι υπάρχει μια μικρή πιθανότητα, έστω 1 και 2% όπως είπαν τα παιδιά να βρεθεί εκτός του τροχιακού 1s στη θεμελιώδη κατάσταση. |
| 58 | --  | EP2:      | Νομίζω αυτό που σου είχε ζητήσει ο κ. Τσαπαρλής είναι να σχεδιάσεις εδώ ένα..., το ζητήσατε να σχεδιάσει;                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| 59 | I   | EP1:      | Τον ρώτησα πρώτα αν ήθελε να σχεδιάσει μια επιφάνεια που να κλείνει τον χώρο που τον νοούμε ως τροχιακό 1s, που να τον κλείνει, τι σχήμα θα είχε αυτή η επιφάνεια;                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| 60 | ... | Αχιλλέας: | Διάγραμμα;                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| 61 | ... | EP1:      | Για το τροχιακό 1s τι σχήμα θα είχε η επιφάνεια, στο χώρο;                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |

|    |     |           |                                                                                                                                                                                                               |
|----|-----|-----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 62 | ... | Αχιλλέας: | Στο χώρο;                                                                                                                                                                                                     |
| 63 | ... | EP1:      | Μια επιφάνεια...                                                                                                                                                                                              |
| 64 | R   | Αχιλλέας: | Σφαιρική, σφαιρική συμμετρία, όπως εδώ (Ερώτηση 13, σχήμα 1).                                                                                                                                                 |
| 65 | I   | EP1:      | Σφαιρική έτσι, τώρα επειδή... ναι εδώ μπορείς να την σχεδιάσεις αυτή την επιφάνεια εδώ, ένα κύκλο θα μου δείξεις εδώ, σφαίρα δεν μπορείς να κάνεις σε δύο διαστάσεις                                          |
| 66 | R   | Αχιλλέας: | Ακριβώς είναι ακριβώς όπως εδώ.                                                                                                                                                                               |
| 67 | I   | EP1:      | Χάραξε τον.                                                                                                                                                                                                   |
| 68 | R   | Αχιλλέας: | Είναι έτσι.                                                                                                                                                                                                   |
| 69 | I   | EP1:      | Όχι, όχι πάνω στο σχήμα.                                                                                                                                                                                      |
| 70 | R   | Αχιλλέας: | Τι να σχεδιάσω πάνω στο σχήμα;                                                                                                                                                                                |
| 71 | I   | EP1:      | Αυτόν τον κύκλο να μου τον δείξεις.                                                                                                                                                                           |
| 72 | R   | Αχιλλέας: | Εδώ. (Σχεδιάζει μικρό κύκλο στην μαύρη περιοχή του σχήματος 1 της ερώτησης 13)                                                                                                                                |
| 73 | I   | EP1:      | Ωραία, συμφωνείς Γιώργο μ' αυτόν τον κύκλο, Γιώργο συμφωνείς μ' αυτόν τον κύκλο;                                                                                                                              |
| 74 | R   | Γιώργος:  | Ναι.                                                                                                                                                                                                          |
| 75 | I   | EP1:      | Ναι, εσύ Σοφία;                                                                                                                                                                                               |
| 76 | R   | Σοφία:    | Εγώ θα τον έκανα με μεγαλύτερη ακτίνα.                                                                                                                                                                        |
| 77 | I   | EP1:      | Για κάνε στο δικό σου                                                                                                                                                                                         |
| 78 | R   | Σοφία:    | Θα τον έκανα έτσι. (Σχεδιάζει κύκλο στο σχήμα 1 που περιλαμβάνει σχεδόν όλα τα στίγματα)                                                                                                                      |
| 79 | I   | EP1:      | Μισό λεπτό, λίγο, μιας και σχεδίασαν...                                                                                                                                                                       |
| 80 | R   | Αχιλλέας: | Εγώ το έκανα αυτό επειδή είδα την πυκνότητα του ηλεκτρονιακού νέφους μέγιστη.                                                                                                                                 |
| 81 | I   | EP1:      | Κουβεντιάστε εσείς οι δύο, δεν συμφωνείτε τώρα εδώ, για πες της Αχιλλέα εσύ.                                                                                                                                  |
| 82 | R   | Αχιλλέας: | Εγώ σχεδίασα τον κύκλο εκεί που η πυκνότητα του ηλεκτρονιακού νέφους είναι μέγιστη, δηλαδή κοντά στον πυρήνα, επομένως σχεδίασα τον κύκλο σύμφωνα μ' αυτήν την πυκνότητα, εκεί που είναι μέγιστη η πυκνότητα. |
| 83 | I   | Σοφία:    | Ναι, όμως έτσι αφήνεις πολλές κουκίδες έξω από τον κύκλο, που σημαίνει ότι είναι αρκετά μεγάλη η πιθανότητα να βρεθεί έξω από το τροχιακό 1s.                                                                 |
| 84 | R   | Αχιλλέας: | Δεν περιόρισα μόνο εκεί το τροχιακό, απλώς είπα ότι η πυκνότητα του ηλεκτρονιακού νέφους είναι μεγαλύτερη εκεί, γι' αυτό σχεδίασα...                                                                          |
| 85 | I   | Σοφία:    | Αφού το τροχιακό περιορίζεται.                                                                                                                                                                                |
| 86 | F/P | EP1:      | Να βοηθήσω λίγο, σου είπε η Σοφία, Αχιλλέα ότι αφήνεις πολλές κουκίδες έξω, εκείνη τι έχει κάνει; Για πες της. Τι έχει αφήσει έξω, για πες της.                                                               |
| 87 | I   | Αχιλλέας: | Εσύ έχεις αφήσει;                                                                                                                                                                                             |
| 88 | I   | EP1:      | Όχι τι έχει αφήσει απ' έξω πες της.                                                                                                                                                                           |

|     |          |               |                                                                                                                                                                                                                                      |
|-----|----------|---------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 89  | <b>I</b> | Αχιλλέας:     | Τι έχει αφήσει... δεν έχω δει το σχήμα της Σοφίας.                                                                                                                                                                                   |
| 90  | <b>F</b> | EP1:          | Για δες το λίγο, εσύ έχεις αφήσει πολλές απ' έξω εκείνη απ' έξω έχει αφήσει...                                                                                                                                                       |
| 91  | ---      | Αχιλλέας:     | .....                                                                                                                                                                                                                                |
| 92  | <b>F</b> | EP1:          | ...λίγες, έτσι; Εντάξει, ωραία, δεν τις είχα δει εγώ από μακριά, νόμιζα δεν είχε αφήσει καμία. Κωνσταντινιά με ποιο σχέδιο από τα δύο συμφωνείς;                                                                                     |
| 93  | <b>R</b> | Κωνσταντινιά: | Με τη Σοφία.                                                                                                                                                                                                                         |
| 94  | <b>I</b> | EP1:          | Με τη Σοφία, εσύ Γιώργο;                                                                                                                                                                                                             |
| 95  | <b>R</b> | Γιώργος:      | Του Αχιλλέα.                                                                                                                                                                                                                         |
| 96  | ---      | EP1:          | Με του Αχιλλέα, ωραία, άρα είμαστε δύο- δύο.                                                                                                                                                                                         |
| 97  | -        | Αχιλλέας:     | Να πω κάτι πάνω σ' αυτό;                                                                                                                                                                                                             |
| 98  | -        | EP1:          | Ναι.                                                                                                                                                                                                                                 |
| 99  | <b>R</b> | Αχιλλέας:     | Άμα ήταν σωστό της Σοφίας θα έπρεπε να κάνουμε μεγαλύτερο κύκλο γιατί είναι και εδώ και εδώ, δεν μηδενίζεται πουθενά η πιθανότητα εύρεσης, εγώ σχεδίασα εκεί που είναι μεγαλύτερη η πυκνότητα του ηλεκτρονιακού νέφους, των στιγμών. |
| 100 | <b>I</b> | EP1:          | Ωραία, αυτό λέει ο Αχιλλέας, ο Γιώργος;                                                                                                                                                                                              |
| 101 | <b>R</b> | Γιώργος:      | Και εγώ το ίδιο ότι το τροχιακό είναι ο χώρος μέσα στον οποίο υπάρχει μεγαλύτερη πιθανότητα εύρεσης ενός ηλεκτρονίου.                                                                                                                |
| 102 | <b>R</b> | Αχιλλέας:     | Συμφωνώ                                                                                                                                                                                                                              |
| 103 | <b>R</b> | EP1:          | Απ' αυτά που ακούτε τι λέτε Κωνσταντινιά και Σοφία, τώρα είσατε δύο-δύο δεν αισθάνεται κανείς να είναι στη γωνία στριμωγμένος με το τρία – ένα, έτσι;                                                                                |
| 104 | <b>R</b> | Κωνσταντινιά: | Εγώ θεωρώ ότι της Σοφίας το σχήμα είναι σωστό γιατί η σοφία αφήνει μικρότερο ποσοστό να βρεθεί έξω από τον πυρήνα, έξω από το τροχιακό.                                                                                              |
| 105 | <b>I</b> | EP1:          | Αν δηλαδή εγώ το έκανα έτσι (Ζωγραφίζει με μολύβι ένα μικρότερο κύκλο από της Σοφίας στο γραπτό της Σοφίας), τώρα με ποιο θα συμφωνούσες, με την Σοφία τον Γιώργο ή με μένα.                                                         |
| 106 | <b>R</b> | Κωνσταντινιά: | Πάλι με τη Σοφία γιατί έχουμε πει ότι η πιθανότητα είναι πάρα πολύ μικρή, υπάρχει αλλά είναι ελάχιστη.                                                                                                                               |
| 107 | <b>I</b> | EP1:          | Σοφία εσύ τι λες τώρα, έχεις τώρα τρία σχήματα, το δικό μου, του Αχιλλέα και το δικό σου.                                                                                                                                            |
| 108 | <b>R</b> | Σοφία:        | Έτσι και αλλιώς η πυκνότητα που υπάρχει εδώ πέρα στον κύκλο που φαίνεται είναι πάρα πολύ μεγάλη σε σχέση μ' αυτές τις...                                                                                                             |
| 109 | <b>I</b> | EP1:          | Πόσο τοις εκατό περίπου λες;                                                                                                                                                                                                         |
| 110 | ---      | Σοφία:        | Από τον δικό μου τον κύκλο;                                                                                                                                                                                                          |
| 111 | ---      | EP1:          | Ναι.                                                                                                                                                                                                                                 |



|     |          |               |                                                                                                                                                                                             |
|-----|----------|---------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 112 | <b>R</b> | Σοφία:        | <b>Πολύ μικρότερο από 1%.</b>                                                                                                                                                               |
| 113 | <b>I</b> | EP1:          | Είναι απ' έξω;                                                                                                                                                                              |
| 114 | <b>R</b> | Σοφία:        | Ναι.                                                                                                                                                                                        |
| 115 | <b>E</b> | EP1:          | Επομένως είσαι στο 99%, έτσι, στο δικό σου, ενώ ο Αχιλλέας τι έχει 100%, Έχει βάλει λιγότερο από 99%, έχει βάλει πόσο; 95 ε.. εντάξει.                                                      |
| 116 | <b>R</b> | Αχιλλέας:     | <b>95% πιστεύω είναι.</b>                                                                                                                                                                   |
| 117 | <b>I</b> | EP1:          | Γιώργο εσύ τι λες τώρα, έχοντας υπ' όψιν και το δικό μου σχήμα εκεί.                                                                                                                        |
| 118 | <b>R</b> | Γιώργος:      | Όχι ακόμα μένω στην ίδια.                                                                                                                                                                   |
| 119 | <b>I</b> | EP1:          | Σωστά δηλαδή συμφωνείς με τον Αχιλλέα;                                                                                                                                                      |
| 120 | <b>R</b> | Γιώργος:      | Ναι.                                                                                                                                                                                        |
| 121 | <b>I</b> | EP1:          | Λοιπόν, τώρα δεν συμφωνείτε, δεν έχουν πείσει οι δύο τους άλλους δύο έτσι;                                                                                                                  |
| 122 | <b>R</b> | Αχιλλέας:     | Εγώ εμμένω σ' αυτήν.                                                                                                                                                                        |
| 123 | <b>I</b> | EP1:          | Εσύ Κωνσταντινιά;                                                                                                                                                                           |
| 124 | <b>R</b> | Γιώργος:      | Εμμένω.                                                                                                                                                                                     |
| 125 | <b>R</b> | Σοφία:        | Και γω.                                                                                                                                                                                     |
| 126 | <b>I</b> | EP1:          | Εσύ εμμένεις                                                                                                                                                                                |
| 127 | <b>R</b> | Κωνσταντινιά: | Ναι.                                                                                                                                                                                        |
| 128 | <b>I</b> | EP1:          | Σε ποιο;                                                                                                                                                                                    |
| 129 | <b>R</b> | Κωνσταντινιά: | Σε αυτό που έλεγα από την αρχή της Σοφίας.                                                                                                                                                  |
| 130 | <b>E</b> | EP1:          | Ωραία, εντάξει, λοιπόν καλώς Γιώργο εφόσον δεν συμφωνούμε θα παραμείνουμε στη διαφωνία μας.                                                                                                 |
| 131 | -        | EP2:          | Λοιπόν μια και έχουμε τα σχήματα εδώ στην ερώτηση δεκατρία, πάλι έχουμε τρία-ένα η διαφορά μας....                                                                                          |
| 132 | <b>F</b> | EP1:          | Συνγνώμη Γιώργο, η διαφορά μας επομένως δεν είναι θέμα ορισμού του τροχιακού είναι θέμα τελικά πόση πιθανότητα περικλείεται δηλαδή εσύ περικλείεις πιθανότητα σε σχέση με τον Γιώργο πιο... |
| 133 | <b>R</b> | Σοφία:        | Πιο μικρή.                                                                                                                                                                                  |
| 134 | <b>I</b> | EP1:          | Πιο μικρή, τι λες εσύ πιο μικρή ή πιο μεγάλη περιλαμβάνει                                                                                                                                   |
| 135 | <b>R</b> | Σοφία:        | Πιο μικρή                                                                                                                                                                                   |
| 136 | <b>R</b> | Αχιλλέας:     | Πιο μεγάλη.                                                                                                                                                                                 |
| 137 | <b>I</b> | EP1:          | Πιο μεγάλη λέει...                                                                                                                                                                          |
| 138 | <b>R</b> | Σοφία:        | Πιο μικρή έξω από το τροχιακό.                                                                                                                                                              |
| 139 | <b>I</b> | EP1:          | Για μέσα, μέσα στο τροχιακό.                                                                                                                                                                |

|     |          |               |                                                                                                                                                                                              |
|-----|----------|---------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 140 | <b>R</b> | Σοφία:        | Μέσα πιο μεγάλη, πιο μεγάλη.                                                                                                                                                                 |
| 141 | <b>E</b> | EP1:          | Πιο μεγάλη έτσι; Είναι δυνατό το ηλεκτρόνιο να βρεθεί... δηλαδή σ' αυτή την επιφάνεια που σχηματίζουμε το ηλεκτρόνιο θα είναι στην επιφάνεια πάνω-πάνω ή και μέσα, στο εσωτερικό της σφαίρας |
| 142 | <b>R</b> | Αχιλλέας:     | Κοντά στον πυρήνα και πάνω στον πυρήνα μπορώ να πω                                                                                                                                           |
| 143 | <b>I</b> | EP1:          | Εσύ Γιώργο;                                                                                                                                                                                  |
| 144 | <b>R</b> | Γιώργος:      | Κοντά στον πυρήνα δεν νομίζω ότι μπορεί να πλησιάσει και τόσο.                                                                                                                               |
| 145 | <b>I</b> | EP1:          | Τα σημάδια τα μαύρα εδώ τι μας λένε η μαυρίλα όμως.                                                                                                                                          |
| 146 | <b>R</b> | Αχιλλέας:     | Ότι μπορεί να βρεθεί και πάνω στον πυρήνα.                                                                                                                                                   |
| 147 | <b>I</b> | EP1:          | Η μαυρίλα εκεί τι μας λέει, αν ήταν έπρεπε να υπάρχει κάτι... να αραιώνουν.                                                                                                                  |
| 148 | <b>R</b> | Γιώργος:      | Μπορεί να βρεθεί και πάνω στον πυρήνα.                                                                                                                                                       |
| 149 | <b>I</b> | EP1:          | Αυτό θα σου 'λεγε και ο Αχιλλέας έτσι;                                                                                                                                                       |
| 150 | <b>R</b> | Αχιλλέας:     | Ναι.                                                                                                                                                                                         |
| 151 | <b>I</b> | EP1:          | Άρα μπορεί να είναι στο εσωτερικό, όχι μόνο πάνω στην επιφάνεια ε τι λέτε ή μόνο πάνω στην επιφανειακά κινείται ;                                                                            |
| 152 | <b>R</b> | Κωνσταντινιά: | Όχι και στο εσωτερικό.                                                                                                                                                                       |
| 153 | <b>I</b> | EP1:          | Και στο εσωτερικό, Σοφία εσύ;                                                                                                                                                                |
| 154 | <b>R</b> | Σοφία:        | Μμ.. μάλλον θα έλεγα πάνω στην επιφάνεια.                                                                                                                                                    |
| 155 | <b>I</b> | EP1:          | Πάνω στην επιφάνεια, όχι στο εσωτερικό;                                                                                                                                                      |
| 156 | <b>R</b> | Σοφία:        | Ναι                                                                                                                                                                                          |
| 157 | <b>I</b> | EP1:          | Άρα μπορεί να βρεθεί πάνω στην επιφάνεια, έξω από την επιφάνεια μπορεί να βρεθεί;                                                                                                            |
| 158 | <b>R</b> | Σοφία:        | Ναι                                                                                                                                                                                          |
| 159 | <b>I</b> | EP1:          | Μέσα όμως όχι;                                                                                                                                                                               |
| 160 | <b>R</b> | Σοφία:        | Όχι πάντως στον πυρήνα.                                                                                                                                                                      |
| 161 | <b>I</b> | EP1:          | Για σένα τι παριστάνουν αυτές οι κουκίδες;                                                                                                                                                   |
| 162 | <b>R</b> | Σοφία:        | Την πιθανότητα να βρεθεί το ηλεκτρόνιο.                                                                                                                                                      |
| 163 | <b>I</b> | EP1:          | Ναι, επομένως... όπου υπάρχουν...                                                                                                                                                            |
| 164 | <b>R</b> | Σοφία:        | Όπου υπάρχουν πυκνότερα, όπου είναι πυκνότερο υπάρχει μεγαλύτερη πιθανότητα.                                                                                                                 |
| 165 | <b>I</b> | EP1:          | Επομένως στο εσωτερικό δεν έχουμε πυκνότητα μεγάλη;                                                                                                                                          |
| 166 | ---      | EP2:          | Αυτή είναι η σφαίρα που έχεις κάνει.                                                                                                                                                         |
| 167 | <b>R</b> | Σοφία:        | Ναι.                                                                                                                                                                                         |
| 168 | <b>I</b> | EP2:          | Εδώ είναι το εσωτερικό της σφαίρας.                                                                                                                                                          |
| 169 | <b>R</b> | Σοφία:        | Ναι.                                                                                                                                                                                         |
| 170 | <b>I</b> | EP2:          | Εδώ μπορεί να βρεθεί το ηλεκτρόνιο; Εδώ, εδώ, εδώ; (σημεία στο εσωτερικό της                                                                                                                 |

|     |          |               |                                                                                                                                                               |
|-----|----------|---------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|     |          |               | σφαίρας)                                                                                                                                                      |
| 171 | <b>R</b> | Σοφία:        | Μπορεί.                                                                                                                                                       |
| 172 | <b>I</b> | EP2:          | Μπορεί, άρα                                                                                                                                                   |
| 173 | <b>R</b> | <b>Σοφία:</b> | <b>Μήπως αυτό είναι το τροχιακό 1s αν είχαμε και 2s ....</b>                                                                                                  |
| 174 | <b>I</b> | EP2:          | Όχι μιλάμε για το 1s πάντα.                                                                                                                                   |
| 175 | ---      | Σοφία:        | .....                                                                                                                                                         |
| 176 | <b>I</b> | EP2:          | Μπορεί να βρεθεί δεν μπορεί να βρεθεί;                                                                                                                        |
| 177 | <b>R</b> | Σοφία:        | Μπορεί να βρεθεί, ναι αλλά θέλω να πω ότι αν είχαμε και το 2s θα μπορούσε το ηλεκτρονιακό νέφος που θα 'ταν πάνω στο 2s να μπει πιο μέσα και να πάει.....     |
| 178 | <b>I</b> | EP1:          | Τι διαφέρει το 2s από το 1s;                                                                                                                                  |
| 179 | <b>R</b> | Σοφία:        | Στην ακτίνα, στο μέγεθος.                                                                                                                                     |
| 180 | <b>I</b> | EP1:          | Και σε τι άλλο                                                                                                                                                |
| 181 | <b>I</b> | Αχιλλέας:     | Συνεπώς σε τι διαφέρει στην ακτίνα;                                                                                                                           |
| 182 | <b>F</b> | EP1:          | Διαφέρει και σε κάτι άλλο, στην....., Γιατί πάει στο 1s το ηλεκτρόνιο και όχι στο 2s κατ' αρχήν;                                                              |
| 183 | <b>R</b> | Αχιλλέας:     | Θεμελιώδης κατάσταση;                                                                                                                                         |
| 184 | <b>R</b> | Σοφία:        | Λόγω ενέργειας.                                                                                                                                               |
| 185 | <b>I</b> | EP1:          | Λόγω ενέργειας, η ενέργεια του 2s είναι πιο ....                                                                                                              |
| 186 | <b>R</b> | Σοφία:        | Πιο μεγάλη.                                                                                                                                                   |
| 187 | <b>I</b> | EP1:          | Πιο μεγάλη, επομένως για να είναι ένα τροχιακό, όταν του δώσω εγώ την ενέργεια να είναι στο 2s τότε τον περισσότερο χρόνο που θα τον ξοδεύει στο 1s ή στο 2s; |
| 188 | ---      | Σοφία:        | Τον περισσότερο χρόνο;                                                                                                                                        |
| 189 | <b>I</b> | EP1:          | Το ηλεκτρόνιο, δηλαδή οι πιο πολλές κουκίδες που θα είναι, σ' αυτό που θα ορίσω 2s, το 2s προφανώς θα το βάλεις πιο έξω έτσι δεν είναι;                       |
| 190 | <b>R</b> | Σοφία:        | Ναι, πιο έξω                                                                                                                                                  |
| 191 | <b>I</b> | EP1:          | Λοιπόν επομένως                                                                                                                                               |
| 192 | <b>R</b> | Σοφία:        | Στο 2s                                                                                                                                                        |
| 193 | <b>I</b> | EP1:          | Στο 2s, θα μπορούσε να 'ναι σε χώρο που είναι του 1s όταν είναι στο 2s.                                                                                       |
| 194 | <b>R</b> | Σοφία:        | Μμ... όχι                                                                                                                                                     |
| 195 | <b>I</b> | EP1:          | Όχι θα μπορούσε να 'ναι Γιώργο, όταν είναι στο 2s θα μπορούσε να 'ναι σε χώρο του 1s;                                                                         |
| 196 | <b>R</b> | Γιώργος:      | Θα μπορούσε αλλά είναι μικρή η πιθανότητα.                                                                                                                    |
| 197 | <b>I</b> | EP1:          | Άρα τον περισσότερο χρόνο που θα είναι;                                                                                                                       |
| 198 | <b>R</b> | Γιώργος:      | Στο 2s.                                                                                                                                                       |

|     |          |           |                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|-----|----------|-----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 199 | <b>I</b> | EP1:      | Ενώ αυτό που είναι στο 1s τον περισσότερο χρόνο που θα είναι;                                                                                                                                                                                                                              |
| 200 | <b>R</b> | Γιώργος:  | Στο 1s.                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 201 | <b>I</b> | EP1:      | Τι λες Σοφία, τώρα που άκουσες τον Γιώργο;                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 202 | <b>R</b> | Σοφία:    | Ναι.                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 203 | <b>I</b> | EP1:      | Άρα, τι ναι;                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 204 | ---      | Σοφία:    | .....                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 205 | <b>I</b> | EP1:      | Δηλαδή διορθώνεις το προηγούμενο που είπες;                                                                                                                                                                                                                                                |
| 206 | <b>R</b> | Σοφία:    | Ναι.                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 207 | <b>I</b> | EP1:      | Σε έπεισε ο Γιώργος;                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 208 | <b>R</b> | Σοφία:    | Όχι, με έπεισε ο Αχιλλέας.                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 209 | <b>I</b> | EP1:      | Για ποιο την έπεισες Αχιλλέα;                                                                                                                                                                                                                                                              |
| 210 | <b>R</b> | Αχιλλέας: | Δεν ξέρω.                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 211 | <b>R</b> | Σοφία:    | Αυτό που είχαμε πει...                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| 212 | <b>I</b> | EP1:      | Είπες εσύ κάτι και ο Γιώργος είπε κάτι που δεν ήτανε... ήταν διαφορετικό απ' αυτό που είπες εσύ, είπες όταν είναι στο 2s δεν μπορεί να πάει στο 1s και ο Γιώργος λέει όχι μπορεί αλλά οι πιθανότητες να 'ναι 1s είναι μικρή του 2s μεγάλη ενώ του 1s είναι μεγάλη στο 1s και μικρή στο 2s. |
| 213 | <b>R</b> | Σοφία:    | Ναι εντάξει αφού έχουμε ενέργεια για να είναι στο 2s θα είναι στο 2s κατά πάσα πιθανότητα.                                                                                                                                                                                                 |
| 214 | <b>I</b> | EP1:      | Και δεν θα πάει στο 1s;                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 215 | <b>R</b> | Σοφία:    | Θα υπάρχει πολύ μικρό ποσοστό.                                                                                                                                                                                                                                                             |
| 216 | <b>I</b> | EP1:      | Άρα συμφωνείς τώρα με ποιον;                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 217 | <b>R</b> | Σοφία:    | Με τον Γιώργο.                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| 218 | <b>I</b> | Αχιλλέας: | Είναι μεγαλύτερο σε μέγεθος είπαμε έτσι;                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 219 | <b>R</b> | EP1:      | Ναι.                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 220 | <b>I</b> | Αχιλλέας: | Επομένως ένα ηλεκτρόνιο το οποίο βρίσκεται στο 2s μπορεί να βρεθεί στο χώρο του 1s, έτσι δεν είναι; Αλλά είναι μικρότερη η πιθανότητα.                                                                                                                                                     |
| 221 | <b>I</b> | EP1:      | Επομένως αν εγώ το 1s το κάνω έτσι δικαιολογούμαι; Αυτό είναι το 1s για μένα, δικαιολογούμαι; (Ζωγραφίζει ένα μεγάλο κύκλο στο φύλλο του Αχιλλέα)                                                                                                                                          |
| 222 | <b>I</b> | Αχιλλέας: | Ως προς ενέργεια, μέγεθος, τι εννοείτε;                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 223 | <b>R</b> | EP1:      | Όχι, να πω ότι εγώ το 1s έτσι το ορίζω, δικαιολογούμαι;                                                                                                                                                                                                                                    |
| 224 | <b>I</b> | Αχιλλέας: | Τότε το 2s πώς θα 'ναι;                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 225 | <b>I</b> | EP1:      | Άσε το 2s, εγώ μιλώ για το 1s, δικαιολογούμαι σύμφωνα με όλη την συζήτηση που κάναμε;                                                                                                                                                                                                      |
| 226 | <b>R</b> | Αχιλλέας: | Όχι.                                                                                                                                                                                                                                                                                       |

|     |          |               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|-----|----------|---------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 227 | <b>I</b> | EP1:          | Δικαιολογούμαι Γιώργο;                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 228 | <b>R</b> | Γιώργος:      | Δεν θα έπρεπε να μπαίνει στο χώρο που είναι το 2s.                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 229 | <b>I</b> | EP1:          | Ναι, εσύ Σοφία;                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| 230 | <b>R</b> | Σοφία:        | Πρέπει να αφήνουμε και κάποια πιθανότητα να είναι το ηλεκτρόνιο έξω από το 1s.                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| 231 | <b>F</b> | EP1:          | Ωραία, υπάρχουν κουκίδες και απ' έξω απλώς δεν φαίνονται.                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 232 | ---      | Σοφία:        | .....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| 233 | <b>I</b> | EP1:          | Αρα;                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 234 | <b>R</b> | Σοφία:        | Όχι, θα 'πρεπε να 'ταν πιο μικρή η ακτίνα.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| 235 | <b>I</b> | EP1:          | Εσύ;                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 236 | <b>R</b> | Κωνσταντινιά: | Αναλόγως όπως το βλέπει ο καθένας, αν θεωρούσατε έτσι το 1s τότε το 2s θα το ζωγραφίζατε πολύ μεγαλύτερο γιατί αν κάποιος έκανε....                                                                                                                                                                                                                       |
| 237 | <b>I</b> | EP1:          | Είναι δυνατό να σχεδιάσω το 2s πιο μικρό από το 1s;                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 238 | <b>R</b> | Κωνσταντινιά: | Όχι                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 239 | <b>I</b> | EP1:          | Ε, είναι;                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 240 | <b>R</b> | Σοφία:        | Όχι.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 241 | <b>I</b> | EP1:          | Είναι Γιώργο;                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| 242 | <b>R</b> | Γιώργος:      | Εφ' όσον έχει μεγαλύτερη ενέργεια και μεγαλύτερο μέγεθος όχι αποκλείεται.                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 243 | <b>I</b> | EP1:          | Δεν μου λέτε αν εγώ κλείσω, ορίσω το 1s και πω ότι είναι ο χώρος μέσα στον οποίο το ηλεκτρόνιο έχει πιθανότητα 99%, που είπες εσύ προηγουμένως, οπότε θα το κάνω κάπως κλειστά εδώ που θα 'ναι πολύ πυκνό και το 2s... Συγγνώμη το 2s το ορίζω κάπου με 99% πιθανότητα και το 1s το ορίζω με 100% πιθανότητα, το 1s για να 'χω 100% πιθανότητα που είναι; |
| 244 | <b>R</b> | Αχιλλέας:     | Όμως δεν έχει... η έννοια του τροχιακού τότε τι... Αν είναι 100%;                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 245 | <b>I</b> | EP1:          | Τι θα έπρεπε να 'ναι αν είναι 100%;                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 246 | <b>R</b> | Αχιλλέας:     | Θα περιοριζόταν από το χώρο.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| 247 | <b>I</b> | EP1:          | 100% σημαίνει ότι όλη η πιθανότητα είναι μέσα άρα; ... Δεν έπρεπε να υπάρχουν σημεία απ' έξω, άρα;                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 248 | <b>R</b> | Αχιλλέας:     | Απ' έξω μπράβο ά...                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 249 | <b>R</b> | Σοφία:        | Έπρεπε να 'ναι άπειρο                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| 250 | <b>I</b> | EP1:          | Έπρεπε να 'ναι άπειρο, όμως είναι ένας ορισμός ρε παιδιά, αν θέλω να ορίσω το 1s με 100% πιθανότητα θα βάλω όλο το χώρο και αν θεωρήσω το 2s με 100% πιθανότητα θα 'ναι όλος ο χώρος, άρα εκείνο το 1s και το 2s σ' αυτή την περίπτωση τι θα 'τανε                                                                                                        |
| 251 | <b>R</b> | Σοφία:        | Θα ταυτίζονται                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |

|     |   |               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|-----|---|---------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 252 | I | EP1:          | Θα ταυτίζονται άρα έχω δικαίωμα, αν θέλετε, δηλαδή θα μπορούσατε... κάποιο βιβλίο δίνει τα τροχιακά με πιθανότητα, ξέρω 'γω, 90%, τα ορίζει, κάνει τα σχήματα τους και κάποιο με 99%. Υπάρχει περίπτωση σ' αυτή την περίπτωση να 'ναι το 2s, να 'χει πιο μικρή ακτίνα από το 1s, τι λέτε μετά απ' αυτά που σας είπα; |
| 253 | R | Γιώργος:      | Όχι.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 254 | R | Αχιλλέας:     | Όχι.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 255 | R | Σοφία:        | Όχι                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 256 | R | Κωνσταντινιά: | Όχι.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 257 | E | EP1:          | Εντάξει.                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |

### Σχολιασμός της 1<sup>ης</sup> ομαδικής συνέντευξης

Η ομαδική αυτή συνέντευξη ήταν και η μεγαλύτερη σε διάρκεια και σε πλήθος διαλόγων. Το χαρακτηριστικό της ακόμη ήταν και η ταυτόχρονη εμφάνιση διαφορετικών τύπων αλληλεπιδράσεων και προτύπων διαλόγου. Στην πρώτη ομαδική συνέντευξη, ο EP2 «εκκινεί» τη συζήτηση, εκθέτοντας το πρόβλημα (1) και διαβάσει στην ομάδα τις απαντήσεις που έχουν τεθεί γραπτώς. Από αυτές διαπιστώνεται ότι οι τρεις από τους τέσσερις φοιτητές, έχουν απαντήσει καταφατικά στην ερώτηση και ο ένας (Αχιλλέας) διαφωνεί. Ο Αχιλλέας θεωρεί ότι και αυτός έχει απαντήσει καταφατικά, όμως από την εξέλιξη της συζήτησης και από την αλληλεπίδραση του με άλλο μέλος της ομάδας (Γιώργος) φαίνεται ότι δέχεται ως προϋπόθεση για την καταφατική απάντηση την **διέγερση** (4). Στην (8) ο Γιώργος διαπιστώνει την παρανόηση του Αχιλλέα και εκφράζει την διαφωνία του:

**«Διαφωνώ, γιατί λέει στην εκφώνηση θεμελιώδη κατάσταση, τα άλλα τροχιακά είναι διεγερμένη κατάσταση»**

Ήδη, από τις πρώτες σειρές της συζήτησης, αυτή χαρακτηρίζεται ως αλληλεπιδραστική. Ο Αχιλλέας επιμένει, παρά την παρέμβαση του συμφοιτητή του, ο οποίος με την παραίνεση του EP1 επαναλαμβάνει (12):

**«Λέει για τροχιακό 1s η... μόνο σε τροχιακό 1s, Μήπως δεν διάβασε καλά την ερώτηση»**

Ο EP1 βάζει στη συζήτηση και τα άλλα δύο μέλη, την Σοφία και την Κωνσταντινιά, οι οποίες δέχονται ότι υπάρχει πιθανότητα να συμβεί αυτό που ζητάει η ερώτηση (14) και (16) αντίστοιχα:

*«Έχω γράψει ότι υπάρχει ελάχιστο ποσοστό να βρεθεί το ηλεκτρόνιο έξω από το τροχιακό 1s, αυτό»*

*«Ναι γιατί η πιθανότητα να βρεθεί ένα ηλεκτρόνιο έξω από ένα τροχιακό υπάρχει αν και είναι πολύ μικρή.»*

Στη συνέχεια, και μέχρι τη σειρά (25) ο EP1 συζητά με τους τρεις που απάντησαν καταφατικά και με όρους πιθανοτήτων και επιστρέφει στον Αχιλλέα, ο οποίος (στην 26) επιμένει: *«Νομίζω ότι εννοεί κάποιο άλλο τροχιακό ίσως, ότι μπορεί να διεγερθεί και να πάει σε κάποιο άλλο τροχιακό, αυτό δεν είναι αδύνατο, μπορεί να γίνει, διέγερση»*

ενώ στη συνέχεια της συζήτησης, θεωρεί ότι *«η ερώτηση δεν είναι ξεκάθαρη»*

Ο EP1 επανέρχεται (33) δίνοντας μια εναλλακτική έκφραση στην ερώτηση:

*«Δηλαδή υποθέτω θα ήθελες να λέει: είναι δυνατό να βρεθεί το ηλεκτρόνιο έξω από τον χώρο που ορίζεται ως τροχιακό 1s αλλά να εξακολουθεί να είναι σε 1s, έτσι θα την ήθελες;»*

και ο Αχιλλέας δεν απαντά

Ο EP1 απευθύνεται στη Σοφία *«Σοφία μήπως μπορείς εσύ να τον βοηθήσεις, να υποστηρίξεις την άποψη σου;»* (39)

Επιλέγοντας από μια σειρά σχημάτων που έχει στις σημειώσεις της προσπαθούν με τον EP1 να εξηγήσουν το νόημα της ερώτησης στον Αχιλλέα. Όντως, στην 47 και 49 ο Α. αναφέρει: *«Δεν μηδενίζεται ποτέ η πιθανότητα εύρεσης των ηλεκτρονίων ακόμα και σε άπειρη απόσταση απ' τον πυρήνα»* και *«Άρα υπάρχει μια μικρή πιθανότητα»,*

Αλληλεπιδρώντας με αυτόν τον τρόπο με τα σχήματα, δηλαδή τις αντιλήψεις της Σοφίας. Πρόκειται για αλληλεπιδραστικό διάλογο και σε αυτή την περίπτωση, όπως συνέβη και στην αρχή μεταξύ Γιώργου και Αχιλλέα.

Στη συνέχεια, φαίνεται ότι ο Α. γνώριζε τη σωστή απάντηση (57):

*«Στο τροχιακό s είπατε; Κοντά στον πυρήνα η πιθανότητα εύρεσης του ηλεκτρονίου θα 'ναι μέγιστη ακόμη, δηλαδή και πάνω στον πυρήνα θα μπορούσε να βρεθεί το ηλεκτρόνιο, ενώ όσο απομακρυνόμαστε απ' αυτόν η πιθανότητα μειώνεται, μπορούμε να πούμε, όμως χωρίς ποτέ να μηδενίζεται, δηλαδή ακόμη και σε άπειρη απόσταση μπορεί να βρούμε το ηλεκτρόνιο, επομένως πιστεύω ότι υπάρχει μια μικρή πιθανότητα, έστω 1 και 2% όπως είπαν τα παιδιά να βρεθεί εκτός του τροχιακού 1s στη θεμελιώδη κατάσταση»*

Ο EP1 ζητάει στη συνέχεια από την ομάδα των φοιτητών να σχεδιάσουν το τροχιακό 1s, με τέτοιο τρόπο ώστε να διαπιστωθεί πόσες 'κουκίδες' περιλαμβάνονται μέσα σε αυτή τη «σφαίρα»

Αποτέλεσμα της διαδικασίας αυτής ήταν ο διάλογος μεταξύ Σοφίας και Αχιλλέα (82 – 86):

(Α) Εγώ σχεδίασα τον κύκλο εκεί που η πυκνότητα του ηλεκτρονιακού νέφους είναι μέγιστη, δηλαδή κοντά στον πυρήνα, επομένως σχεδίασα τον κύκλο σύμφωνα μ' αυτήν την πυκνότητα, εκεί που είναι μέγιστη η πυκνότητα.

(Σ) Ναι, όμως έτσι αφήνεις πολλές κουκίδες έξω από τον κύκλο, που σημαίνει ότι είναι αρκετά μεγάλη η πιθανότητα να βρεθεί έξω από το τροχιακό 1s

(Α) Δεν περιόρισα μόνο εκεί το τροχιακό, απλώς είπα ότι η πυκνότητα του ηλεκτρονιακού νέφους είναι μεγαλύτερη εκεί, γι' αυτό σχεδίασα...

(Σ) Αφού το τροχιακό περιορίζεται

οπότε παρεμβαίνει πάλι ο ΕΡ1: «Να βοηθήσω λίγο, σου είπε η Σοφία, Αχιλλέα ότι αφήνεις πολλές κουκίδες έξω, εκείνη τι έχει κάνει; ...»

Αυτή η φάση του διαλόγου ολοκληρώνεται με τα συμπεράσματα των φοιτητών:

(99) Αχιλλέας: Άμα ήταν σωστό της Σοφίας θα 'πρεπε να κάνουμε μεγαλύτερο κύκλο γιατί είναι και εδώ και εδώ, **δεν μηδενίζεται πουθενά η πιθανότητα εύρεσης**, εγώ σχεδίασα εκεί που είναι μεγαλύτερη η πυκνότητα του ηλεκτρονιακού νέφους, των στιγμών

(101) Γιώργος: Και εγώ το ίδιο ότι το τροχιακό είναι ο χώρος μέσα στον οποίο υπάρχει μεγαλύτερη πιθανότητα εύρεσης ενός ηλεκτρονίου

(102) Αχιλλέας: Συμφωνώ

Η συζήτηση στη συνέχεια περιστρέφεται στα σχήματα που σχεδίασε ο κάθε φοιτητής και τη σχέση ηλεκτρονιακού νέφους, των κουκίδων που άφηγε έξω από τα όρια της σφαίρας (κύκλου) που συμβόλιζε το τροχιακό και της πιθανότητας που εξέφραζε το πλήθος των κουκίδων σε σχέση με το μέγεθος της σφαίρας. Τόσο αυτό το απόσπασμα όσο και το επόμενο, που αναφέρεται στο τροχιακό 2s και τη σχέση του με το 1s, σχετίζεται με άλλη ερώτηση (σ.σ. την 13 του χρησιμοποιηθέντος ερωτηματολογίου) και παρά το γεγονός ότι μελετήθηκε σε σχέση με το είδος των αλληλεπιδράσεων, θεωρώ ότι είναι έξω από τους στόχους της παρούσης μελέτης.

Η συμμετοχή των φοιτητών μέχρι την 102 είναι άνιση, καθώς δύο φοιτητές αλληλεπιδρούν κατά κύριο λόγο, ο Αχιλλέας και η Σοφία. Μικρότερη αλληλεπίδραση υπάρχει μεταξύ Αχιλλέα και Γιώργου, στην αρχή αλλά και στο τέλος του αποσπάσματος, ενώ η συμμετοχή της Κωνσταντινιάς είναι μόνο η καταφατική απάντηση στη ζητούμενη ερώτηση. Διαπιστώνονται αλληλεπιδράσεις επομένως μεταξύ του φοιτητή που έδωσε αρνητική απάντηση στην ερευνητική ερώτηση και των υπολοίπων, όχι όμως μεταξύ αυτών που έδωσαν καταφατική απάντηση.



Το κύριο ερευνητικό μέρος το έχει αναλάβει ο EP1, ο οποίος συντονίζει τη συζήτηση αλλά με διακριτικό τρόπο, ενώ η συμμετοχή του EP2 (μέχρι τη σειρά 101) είναι η έναρξη του προβλήματος. Έτσι, η επικοινωνιακή προσέγγιση μπορεί να χαρακτηριστεί ως *αλληλεπιδραστική* και *διαλογική*. Η συνέντευξη μπορεί να χαρακτηριστεί ως *επιτυχής*, τόσο για την ομάδα όσο και για κάθε φοιτητή, κυρίως φυσικά για τον Αχιλλέα που είχε άλλη αντίληψη στην αρχή της συζήτησης. Το πρότυπο διαλόγου είναι *ανοικτή αλυσίδα αλληλεπιδράσεων*, καθώς μέχρι την 102 δεν υπάρχει αξιολόγηση από πλευράς EP1 ή EP2 για την απάντηση – κυρίως – του Αχιλλέα.

**Πίνακας 7. Πρότυπα διαλόγου ομαδικής συνέντευξης 1<sup>13</sup> (μέρη διαλόγου N = 238)<sup>14</sup>**

|     | <i>Καθηγητές</i> | I   | F-F/P | R   | E |                                             |
|-----|------------------|-----|-------|-----|---|---------------------------------------------|
|     | EP1              | 93  | 7     | 3   | 5 |                                             |
|     | EP2              | 7   | -     |     |   |                                             |
| α/α | <i>Φοιτητής</i>  |     |       |     |   | <i>Χαρακτηρισμός<br/>συνέντευξης</i>        |
| 1   | Γιώργος          | -   | -     | 17  | - | Επιτυχής                                    |
| 2   | Αχιλλέας         | 7   | -     | 37  | - | Επιτυχής                                    |
| 3   | Σοφία            | 2   | -     | 46  | - | Επιτυχής                                    |
| 4   | Κωνσταντινιά     | -   | -     | 13  | - | Επιτυχής                                    |
|     | ΣΥΝΟΛΟ           | 109 | 7     | 116 | 5 | <i>αλληλεπιδραστική και διαλο-<br/>γική</i> |

Από τον προηγούμενο πίνακα διαπιστώνεται η μεγάλη συμμετοχή του EP1 στο διάλογο. Παρόμοια εικόνα εμφανίζεται και στις υπόλοιπες συνεντεύξεις, κάτι που τονίστηκε και στην αρχή της ενότητας. Εμφανίζεται να ξεκινά (I) το 85% των διαλόγων. Αντίστοιχα, η Σοφία έχει το 40% περίπου των απαντήσεων (R), με τον Αχιλλέα να ακολουθεί (32%). Οι συγκεκριμένοι φοιτητές φαίνεται να έχουν εκτός αυτού και τη μεγαλύτερη συμμετοχή στη συζήτηση.

<sup>13</sup> Μέχρι τη σειρά 102

<sup>14</sup> Δεν λαμβάνονται υπόψη τα κενά χαρακτηρισμών, καθώς δεν κατατάσσονται σε καμία κατηγορία

### 6.3.7 ΟΜΑΔΙΚΗ ΣΥΝΕΝΤΕΥΞΗ 2

Επαμεινώνδας – Ευτύχιος – Κάλλια – Αναστασία (Τμήμα Βιολογικών εφαρμογών)

|    |     |               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|----|-----|---------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1  | I   | EP2:          | Να περάσουμε λοιπόν τώρα στην ερώτηση οκτώ. Στην ερώτηση οκτώ η οποία μας ρωτάει εάν είναι δυνατό να βρεθεί στη θεμελιώδη κατάσταση, προσέχτε το αυτό, το ηλεκτρόνιο του υδρογόνου έξω από τον χώρο που, επίσης προσέχτε το αυτό, ορίζουμε ως 1s τροχιακό. Ο Ευτύχιος λέει «Ναι, αλλά η πιθανότητα να γίνει κάτι τέτοιο είναι πολύ μικρή», η Κάλια «Ναι, ο χώρος ενός τροχιακού δεν ορίζεται ακριβώς», η Νατάσα «...όχι γιατί στο τροχιακό 1s το ηλεκτρόνιο θα έχει μικρότερη ενέργεια...»...                |
| 2  | R   | Επαμεινώνδας: | Εγώ δεν το απαντάω.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 3  | I   | EP2:          | ...και εσύ δεν το απαντάς Νόντα. Ας πάρουμε τις δύο πρώτες απαντήσεις Ευτύχη.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| 4  | R   | Ευτύχιος:     | Ναι, λοιπόν εγώ πιστεύω ότι η παγίδα στην οποία θέλετε να εξετάσετε τους μαθητές είναι αν έχουνε μπερδέψει την έννοια του τροχιακού με την έννοια του ηλεκτρονιακού νέφους. Το τροχιακό είναι ο χώρος στον οποίο υπάρχει πιθανότητα νομίζω 95 ή 99% να βρεθεί το ηλεκτρόνιο, ενώ το ηλεκτρονιακό νέφος από την άλλη όλες οι πιθανές θέσεις τις οποίες μπορεί να λάβει, ξέρω 'γω, το ηλεκτρόνιο. Όποτε από την στιγμή που... εξ ορισμού από αυτό που είπα θεωρώ ότι μπορεί να βρεθεί και έξω από το τροχιακό. |
| 5  | I   | EP2:          | Εσύ Κάλια;                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 6  | R   | Κάλλια:       | Εγώ το λέω αυτό γιατί όταν λέμε τροχιακό, έτσι όπως το μάθαμε, είναι σαν να ορίζουμε ένα ορισμένο χώρο, ενώ δεν είναι έτσι απλώς είναι ο χώρος στον οποίο πολύ πιο πιθανά θα βρεθεί ένα ηλεκτρόνιο, δηλαδή υπάρχει μια πιθανότητα, πολύ μικρή όμως, να βρεθεί έξω από αυτό το χώρο που έχουμε θεωρήσει ως τροχιακό.                                                                                                                                                                                          |
| 7  | I   | EP1:          | Τι απάντησες εσύ εκεί;                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 8  | R   | Κάλλια:       | «Ναι, ο χώρος ενός τροχιακού δεν ορίζεται ακριβώς»                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| 9  | I   | EP1:          | Για να μας πει τώρα εδώ η Νατάσα, εσύ απάντησες τώρα όχι, τι λες τώρα αλλάζεις γνώμη απ' αυτά που άκουσες ή νομίζεις ότι η δική σου γνώση, γνώμη είναι πιο καλή;                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| 10 | R   | Αναστασία:    | Εγώ στην αρχή όταν την πρωτοδιάβασα την ερώτηση σκέφτηκα το ίδιο που σκεφτήκανε και τα παιδιά αλλά μετά επειδή ξαναδιάβασα, ξέρω 'γω, και είδα την «θεμελιώδη κατάσταση» περισσότερο γι' αυτό είπα ότι λόγω της ενέργειας κάθε ηλεκτρόνιο καταλαμβάνει ανάλογα με την χαμηλότερη ενέργεια τροχιακά και γι' αυτό το έγραψα έτσι, Στην αρχή πάντως το μυαλό μου πήγε σ' αυτό που έλεγαν τα παιδιά.                                                                                                             |
| 11 | I   | EP1:          | Δηλαδή αν είχε ψηλότερη ενέργεια τι θα 'κανε;                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| 12 | --- | Αναστασία:    | Αν είχε ψηλότερη ενέργεια;                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 13 | I   | EP1:          | Το ηλεκτρόνιο, δηλαδή όταν είναι στο 1s έχει καθορισμένη ενέργεια το ηλεκτρόνιο;                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |

|    |            |            |                                                                                                                                                                                                                                        |
|----|------------|------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 14 | <b>R</b>   | Αναστασία: | Νομίζω ότι έχει καθορισμένη.                                                                                                                                                                                                           |
| 15 | <b>I</b>   | EP1:       | Νομίζεις ότι έχει καθορισμένη ενέργεια και από τι εξαρτάται αυτή η ενέργεια πιο πολύ;                                                                                                                                                  |
| 16 | <b>R</b>   | Αναστασία: | Έλξεις ηλεκτρονίου-πυρήνα, απόσεις...                                                                                                                                                                                                  |
| 17 | <b>I</b>   | EP1:       | Και αυτές από τι εξαρτώνται, οι έλξεις ενός ηλεκτρονίου από τον πυρήνα;                                                                                                                                                                |
| 18 | <b>R</b>   | Αναστασία: | Από την απόσταση.                                                                                                                                                                                                                      |
| 19 | <b>I</b>   | EP1:       | Από την απόσταση, επομένως αν είναι καθορισμένη η ενέργεια πρέπει να υπάρχει καθορισμένη απόσταση....                                                                                                                                  |
| 20 | <b>R</b>   | Αναστασία: | Απόσταση ναι,                                                                                                                                                                                                                          |
| 21 | <b>I</b>   | EP1:       | ...έτσι, άρα είναι καθορισμένη η απόσταση ...                                                                                                                                                                                          |
| 22 | <b>R</b>   | Αναστασία: | Ναι, ναι.                                                                                                                                                                                                                              |
| 23 | <b>I</b>   | EP1:       | ...δηλαδή πώς φαντάζεσαι ότι είναι αυτό το τροχιακό το 1s ας πούμε στο χώρο σχηματικά;                                                                                                                                                 |
| 24 | <b>R</b>   | Αναστασία: | Σαν κυκλικό ας πούμε.                                                                                                                                                                                                                  |
| 25 | <b>F/P</b> | EP1:       | Κυκλικό όχι, σε τρεις διαστάσεις, όχι κυκλικό σαν...;                                                                                                                                                                                  |
| 26 | <b>R</b>   | Αναστασία: | Σαν σφαιρικό.                                                                                                                                                                                                                          |
| 27 | <b>I</b>   | EP1:       | Σαν σφαίρα έτσι; Άρα έχεις μια σφαίρα το ηλεκτρόνιο κινείται πάνω στην επιφάνεια της σφαίρας, στο εσωτερικό της, στο εσωτερικό και στην επιφάνεια και έξω από τη σφαίρα, τι λες εσύ;                                                   |
| 28 | <b>R</b>   | Αναστασία: | Και στα τρία.                                                                                                                                                                                                                          |
| 29 | <b>I</b>   | EP1:       | Και στα τρία, αν όμως πάμε σ' αυτό που είπες ότι έχει καθορισμένη απόσταση έτσι δεν είναι για να έχει καθορισμένη ενέργεια;                                                                                                            |
| 30 | <b>R</b>   | Αναστασία: | Δεν ξέρω.                                                                                                                                                                                                                              |
| 31 | <b>I</b>   | EP1:       | Ποιο απ' τα δύο θ' αλλάξουμε τώρα, δηλαδή ή θα δεχθούμε ότι και στα τρία οπότε η απόσταση αλλάζει, οπότε η ενέργεια δεν είναι καθορισμένη ή θα δεχθούμε ότι η ενέργεια είναι καθορισμένη οπότε πρέπει να πάμε σε καθορισμένη απόσταση. |
| 32 | <b>I</b>   | EP2:       | Ή δεν θα συνδυάσουμε αυτά τα δύο μετά.                                                                                                                                                                                                 |
| 33 | <b>I</b>   | EP1:       | Μπορείς να πεις κάτι εσύ Ευτύχη;                                                                                                                                                                                                       |
| 34 | ---        | Ευτύχιος:  | Δεν πρόσεχα την συζήτηση.                                                                                                                                                                                                              |
| 35 | <b>I</b>   | EP1:       | Εσύ Κάλια, γι αυτό που συζητάει που λέει μπορείς να της πεις κάτι, να της αλλάξεις τη γνώμη της ή εν πάση περιπτώσει να της πεις ότι είναι σωστό αυτό που λες αυτό σκέφτομαι κι εγώ.                                                   |
| 36 | <b>R</b>   | Κάλλια:    | Εγώ ξέρω ότι στο τροχιακό αυτό που είπε ότι μπορεί να βρεθεί και στο εσωτερικό της σφαίρας και στην επιφάνεια και έξω.....                                                                                                             |
| 37 | <b>I</b>   | EP1:       | Είναι σωστό αυτό που λέει.                                                                                                                                                                                                             |

|    |          |            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|----|----------|------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 38 | <b>R</b> | Κάλλια:    | Ναι, απλώς σε κάποια σημεία είναι πιο πιθανό, έχει μεγαλύτερη πιθανότητα να βρεθεί, κινείται μέσα στο χώρο αυτό.                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 39 | <b>I</b> | EP1:       | Αρα απ' αυτό που άκουσες Νατάσα τι λες τώρα;                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 40 | ---      | Αναστασία: | Δίνεται μία... (Ακατάληπτη φράση)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 41 | <b>R</b> | Κάλλια:    | Οπότε θα 'χει καθορισμένη ενέργεια;                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 42 | <b>I</b> | EP1:       | Δεν θα έχει καθορισμένη ενέργεια αν δεχθούμε αυτό, αυτό που είπες εσύ, ότι μπορεί να 'ναι κοντά, στην επιφάνεια ή απ' έξω. Δεν μου λες κάτι, λοιπόν σε πάω λίγο σ' ένα σχήμα που έχεις εδώ, αυτό που έκανες εδώ, για πάρε λίγο το μολύβι, αν ζήταγα να σχεδιάσεις αυτή τη σφαίρα, που είπες πριν, που θα την έβαζες; Με ένα κύκλο βέβαια θα μου την δείξεις τώρα. |
| 43 | <b>R</b> | Αναστασία: | Περίπου εδώ, δηλαδή οι περισσότερες πιθανότητες είναι κάπου εδώ ας πούμε να βρεθεί, πιο ελάχιστες πιθανότητες έξω απ' αυτή τη σφαίρα ας πούμε. (Ζωγραφίζει κύκλο με μολύβι στο σχήμα που έκανε στην ερώτηση 10)                                                                                                                                                   |
| 44 | <b>I</b> | EP1:       | Αρα μπορεί να βρεθεί έξω απ' την σφαίρα.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 45 | <b>R</b> | Αναστασία: | Ναι.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| 46 | <b>I</b> | EP1:       | Να δω τι απαντάς εσύ, σ' αυτήν την ερώτηση.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 47 | <b>R</b> | Αναστασία: | Όχι είναι λάθος.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 48 | <b>I</b> | EP1:       | Θεωρείς ότι είναι λάθος τώρα αυτό, είσαι σίγουρη ότι είναι λάθος;                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 49 | <b>R</b> | Αναστασία: | Πιστεύω ναι.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 50 | <b>I</b> | EP1:       | Και που οφείλεται το λάθος, πώς το έκανες αυτό το λάθος, τι σε παρέσυρε;                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 51 | <b>R</b> | Αναστασία: | Είπα ότι σκέφτηκα αυτό που λέμε στη «θεμελιώδη κατάσταση» εδώ πέρα                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| 52 | <b>I</b> | EP1:       | Όταν λέμε θεμελιώδη κατάσταση τι εννοούμε;                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 53 | <b>R</b> | Αναστασία: | Να μην είναι διεγερμένο να είναι στην...                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 54 | <b>I</b> | EP1:       | Όταν είναι διεγερμένο που θα πάει;                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| 55 | <b>R</b> | Αναστασία: | Σε ψηλότερη ενεργειακή στάθμη.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 56 | <b>I</b> | EP2:       | Να ρωτήσω κάτι εγώ, εδώ στο σχήμα στην ερώτηση 10 που έχεις κάνει τον κύκλο, δηλαδή αν το ηλεκτρόνιο είναι εδώ ή εδώ ή ξέρω γω εδώ θα έχει διαφορετική ενέργεια;                                                                                                                                                                                                  |
| 57 | <b>R</b> | Αναστασία: | Όχι βρίσκεται στο ίδιο τροχιακό.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 58 | <b>I</b> | EP2:       | Αρα έχει την ίδια ενέργεια.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 59 | <b>R</b> | Αναστασία: | Ναι.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| 60 | <b>I</b> | EP2:       | Να ρωτήσω λίγο και...                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| 61 |          | EP1:       | Ναι, για ρώτησε λίγο και τον Νώντα.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 62 |          | EP2:       | Νώντα εσύ δεν έχεις γράψει τίποτα εκεί.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| 63 | <b>R</b> | Επαμεινών- | Ναι, ωστόσο συμφωνώ περίπου με αυτό που είπε ότι το τροχιακό είναι ο χώρος στον                                                                                                                                                                                                                                                                                   |

|    |          |                    |                                                                                                                                                                                                                                              |
|----|----------|--------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    |          | δας:               | οποίο υπάρχει πιθανότητα κυρίως να βρεθεί ένα ηλεκτρόνιο άρα όντως μπορεί να βρίσκεται είτε στην επιφάνεια μιας τέτοιας σφαίρας είτε σε μικρή απόσταση από την επιφάνεια.                                                                    |
| 64 | <b>I</b> | EP2:               | Είτε και ...                                                                                                                                                                                                                                 |
| 65 | ---      | Επαμεινών-<br>δας: | Και...                                                                                                                                                                                                                                       |
| 66 | <b>P</b> | EP2:               | Ή στην επιφάνεια είτε σε μικρή απόσταση, μικρότερη απόσταση, έξω από την σφαίρα;                                                                                                                                                             |
| 67 | <b>R</b> | Επαμεινών-<br>δας: | Όχι, εννοώ αυτό εκτός της σφαίρας.                                                                                                                                                                                                           |
| 68 | <b>I</b> | EP1:               | Άρα τι απάντηση δίνεις τώρα εσύ Νώντα σ' αυτό το ερώτημα.                                                                                                                                                                                    |
| 69 | <b>R</b> | Επαμεινών-<br>δας: | Ότι μπορεί να βρεθεί.                                                                                                                                                                                                                        |
| 70 | <b>I</b> | EP1:               | Συμφωνείς δηλαδή με την Κάλια και τον Ευτύχη;                                                                                                                                                                                                |
| 71 | <b>R</b> | Επαμεινών-<br>δας: | Ναι.                                                                                                                                                                                                                                         |
| 72 | <b>I</b> | EP2:               | Και με την Νατάσα τώρα.                                                                                                                                                                                                                      |
| 73 | <b>R</b> | Επαμεινών-<br>δας: | Ναι.                                                                                                                                                                                                                                         |
| 74 | ---      | Αναστασία:         | (Ακατάληπτη φράση)                                                                                                                                                                                                                           |
| 75 | ---      | EP1:               | Σε έχουμε μπερδέψει δηλαδή σε τι, για πες μας, επειδή είπες σε έχουμε μπερδέψει σε τι ακριβώς                                                                                                                                                |
| 76 | ---      | Αναστασία:         | Γενικά ο τρόπος των ερωτήσεων έτσι όπως τον κάνετε αφήνετε γενικά να...                                                                                                                                                                      |
| 77 | ---      | EP1:               | Δεν προσπαθούμε να σας... να βγάλουμε την σωστή απάντηση από σας, ούτε να σας πούμε την σωστή απάντηση, απλώς προσπαθούμε να δούμε πώς σκέφτεστε.                                                                                            |
| 78 | ---      | Αναστασία:         | Όχι εντάξει, απλά βλέπουμε κάποιες θεωρίες, ξέρω γω, ή αυτά που γράφουμε ως μό-<br>να τους στοιχεία να είναι σωστά και όταν αντικρούονται με άλλα και τα μεν και τα δε<br>να είναι σωστά αλλά μαζί να μην συμβιβάζονται και τότε αρχίζουνε.. |
| 79 | ---      | EP1:               | Οι δυσκολίες.                                                                                                                                                                                                                                |
| 80 | ---      | Αναστασία:         | Ναι, ενώ σαν θεωρίες είναι σωστές, θα μπορούσαν μεμονωμένα να θεωρηθούν σω-<br>στές δεν είναι.                                                                                                                                               |
| 81 | <b>I</b> | EP1:               | Ευτύχη προηγουμένως είπες ότι το τροχιακό το ορίζουμε ως ένα χώρο μέσα στον ο-<br>ποίο υπάρχει το ηλεκτρόνιο 95% πιθανότητα να βρεθεί, 99% αυτό το 95 και το 99<br>ποιος το καθορίζει;                                                       |
| 82 | <b>R</b> | Ευτύχιος:          | Ο Α χημικός ο οποίος όρισε την έννοια του τροχιακού.                                                                                                                                                                                         |
| 83 | <b>I</b> | EP1:               | Όταν το τροχιακό είναι 95% και όταν είναι 99% σε τι θα διαφέρει το ένα από το άλ-                                                                                                                                                            |

|     |          |                    |                                                                                                                                                                                                                               |
|-----|----------|--------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|     |          |                    | λο, πάλι μιλάω 1s, για το 1s. Σχεδιάζεις εσύ ένα τροχιακό 1s και 'γω 1s, εγώ βάζω όριο 95 εσύ βάζεις 99, σε τι διαφέρει το δικό μου από το δικό σου;                                                                          |
| 84  | <b>R</b> | Ευτύχιος:          | Το δικό μου θα έχει λίγο μεγαλύτερη ακτίνα.                                                                                                                                                                                   |
| 85  | <b>I</b> | EP1:               | Μεγαλύτερη ακτίνα.                                                                                                                                                                                                            |
| 86  | <b>R</b> | Ευτύχιος:          | Ναι.                                                                                                                                                                                                                          |
| 87  | <b>I</b> | EP1:               | Συμφωνείς Νατάσα;                                                                                                                                                                                                             |
| 88  | <b>R</b> | Αναστασία:         | Μεγαλύτερη ακτίνα θα έχει αυτό με το 99% ώστε να βρεθεί...                                                                                                                                                                    |
| 89  | <b>I</b> | EP1:               | Ναι.                                                                                                                                                                                                                          |
| 90  | <b>R</b> | Αναστασία:         | Αυτό είναι ανάλογα με τις μετρήσεις, δηλαδή ας πούμε στην επόμενη ερώτηση που είχατε με την απεικόνιση ενός τροχιακού μέσω φωτογραφιών για παράδειγμα, το πώς έχει απεικονίσει το τροχιακό μέσα από το πείραμα του ο καθένας. |
| 91  | --       | EP1:               | Δηλαδή σ' αυτό που σχεδίασες, που είναι το γραπτό σου;                                                                                                                                                                        |
| 92  | --       | Αναστασία:         | Εδώ πέρα.                                                                                                                                                                                                                     |
| 93  | <b>I</b> | EP1:               | Σ' αυτό που σχεδίασες πριν εσύ έβαλες εδώ αυτή τη σφαίρα θα μπορούσα εγώ να την βάλω ας πούμε εδώ;                                                                                                                            |
| 94  | <b>R</b> | Αναστασία:         | Πιο μέσα.                                                                                                                                                                                                                     |
| 95  | <b>I</b> | EP1:               | Θα μπορούσα;                                                                                                                                                                                                                  |
| 96  | <b>R</b> | Αναστασία:         | Ναι.                                                                                                                                                                                                                          |
| 97  | <b>I</b> | EP1:               | Τι θα διέφερε η δική μου, το δικό μου τροχιακό 1s απ' το δικό σου;                                                                                                                                                            |
| 98  | <b>R</b> | Αναστασία:         | Ότι θα υπήρχε μικρότερη, μεγαλύτερη πιθανότητα να βρεθεί εκτός του χώρου που συζητάμε, εκτός του τροχιακού, ας πούμε, που ορίζουμε.                                                                                           |
| 99  | <b>I</b> | EP1:               | Ναι, άρα είναι δεκτό και το δικό μου και το δικό σου ως τροχιακά 1s;                                                                                                                                                          |
| 100 | <b>R</b> | Επαμεινών-<br>δας: | Είναι συγκεκριμένο το ποσοστό νομίζω που περιλαμβάνει.                                                                                                                                                                        |
| 101 | <b>I</b> | EP1:               | Αλλα μιλήσαμε για...και καθορίζουμε νούμερα 95, 99 εγώ πήρα 95 και συ πήρες 99, Το 95 σύμφωνα μ' αυτά που λες το βάζουμε εδώ και το 99 το βάζουμε εδώ, είναι και τα δύο δεκτά ως τροχιακά 1s;                                 |
| 102 | <b>R</b> | Αναστασία:         | Είναι ναι.                                                                                                                                                                                                                    |
| 103 | <b>I</b> | EP1:               | Άρα η διαφορά τους είναι ότι το ένα ...                                                                                                                                                                                       |
| 104 | <b>R</b> | Αναστασία:         | Το ένα θα έχει μεγαλύτερη πιθανότητα στο να βρεθεί εκτός τροχιακού ένα ηλεκτρόνιο.                                                                                                                                            |
| 105 | <b>I</b> | EP1:               | <b>Ναι, ωραία</b> , αυτά τα τροχιακά, αυτά εδώ τα σχήματα οι σφαίρες κλπ Ευτύχη πώς τα βρίσκουμε ξέρεις; Πώς τα έχουμε βρει; Είναι θέμα αν ξέρεις βέβαια δεν είναι θέμα...                                                    |
| 106 | <b>R</b> | Ευτύχιος:          | Ήτανε μέσα στην ύλη του σχολικού βιβλίου;                                                                                                                                                                                     |
| 107 | <b>I</b> | EP1:               | Μπορεί και να ήταν.                                                                                                                                                                                                           |
| 108 | <b>R</b> | Ευτύχιος:          | Δεν θυμάμαι.                                                                                                                                                                                                                  |

|                                                                                                                                     |   |           |                                                                                                                                                                                                                          |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|-----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 109                                                                                                                                 | I | EP1:      | Αυτά όλα είναι θεωρητικά κατασκευάσματα ή με το πείραμα τα έχουμε βρει, δηλαδή αυτά, αυτά εδώ, ότι το $p$ είναι έτσι, έχει τέτοια σχηματική μορφή, αυτά είναι θεωρητικά ευρήματα, ας πούμε από μαθηματικά ή είναι από... |
| 110                                                                                                                                 | R | Ευτύχιος: | Με βάση κάποια πειραματικά δεδομένα έχουμε είναι αλήθεια από κει και πέρα μαθηματικό τρόπο...                                                                                                                            |
| 111                                                                                                                                 | I | EP1:      | Δηλαδή υπάρχει κάποια θεωρία...                                                                                                                                                                                          |
| 112                                                                                                                                 | R | Ευτύχιος: | Πιστεύω ότι όλα' αυτά .... Υπάρχει κάποια θεωρία                                                                                                                                                                         |
| 113                                                                                                                                 | I | EP1:      | Ποια είναι αυτή η θεωρία                                                                                                                                                                                                 |
| 114                                                                                                                                 | R | Ευτύχιος: | Αλλά δεν έχω... ιδέα...                                                                                                                                                                                                  |
| 115                                                                                                                                 | I | EP1:      | Έχει κανείς υπ' όψη ποια ειν' η θεωρία;                                                                                                                                                                                  |
| 116                                                                                                                                 | R | Ευτύχιος: | ...αλλά περισσότερο είναι θεωρητικά όλα αυτά καθώς δεν έχουμε δυνατότητα να μετρήσουμε στο μικρόκοσμο κάτι.                                                                                                              |
| ...(ακολουθεί διάλογος μεταξύ των φοιτητών σχετικά με τις πανελλαδικές εξετάσεις, ο οποίος είναι έξω από το ενδιαφέρον της έρευνας) |   |           |                                                                                                                                                                                                                          |

### Σχολιασμός 2<sup>ης</sup> ομαδικής συνέντευξης

Σε αυτή τη συνέντευξη ξεκινάει ο EP2 με την ερώτηση 8, ζητώντας από τα μέλη της ομάδας να του πουν τι σημείωσαν. Διαπιστώνεται ότι δύο από τους φοιτητές, η Κάλλια και ο Ευτύχης από την αρχή δίνουν σωστές απαντήσεις, ενώ η Αναστασία δεν δίνει καταφατική απάντηση και ο Επαμεινώνδας δεν απαντά. Πιο συγκεκριμένα:

Ο Ευτύχης δηλώνει (4):

«Ναι, λοιπόν εγώ πιστεύω ότι η παγίδα στην οποία θέλετε να εξετάσετε τους μαθητές είναι αν έχουνε μπερδέψει την έννοια του τροχιακού με την έννοια του ηλεκτρονιακού νέφους. Το τροχιακό είναι ο χώρος στον οποίο υπάρχει πιθανότητα νομίζω 95 ή 99% να βρεθεί το ηλεκτρόνιο, ενώ το ηλεκτρονιακό νέφος από την άλλη όλες οι πιθανές θέσεις τις οποίες μπορεί να λάβει, ξέρω 'γω, το ηλεκτρόνιο. Οποτε από την στιγμή που... εξ ορισμού από αυτό που είπα θεωρώ ότι μπορεί να βρεθεί και έξω από το τροχιακό»

και η Κάλλια (6):

«Εγώ το λέω αυτό γιατί όταν λέμε τροχιακό, έτσι όπως το μάθαμε, είναι σαν να ορίζουμε ένα ορισμένο χώρο, ενώ δεν είναι έτσι απλώς είναι ο χώρος στον οποίο

*πολύ πιο πιθανά θα βρεθεί ένα ηλεκτρόνιο, δηλαδή υπάρχει μια πιθανότητα, πολύ μικρή όμως, να βρεθεί έξω από αυτό το χώρο που έχουμε θεωρήσει ως τροχιακό»*

Ο λόγος στη συνέχεια δόθηκε στο τρίτο μέλος της ομάδας, την Αναστασία, η οποία δήλωσε (10) ότι αρχικά είχε την ίδια άποψη με τις προηγούμενες,

*«αλλά μετά επειδή ξαναδιάβασα, ξέρω ‘γω, και είδα την «θεμελιώδη κατάσταση» περισσότερο γι’ αυτό είπα ότι λόγω της ενέργειας κάθε ηλεκτρόνιο καταλαμβάνει ανάλογα με την χαμηλότερη ενέργεια τροχιακά και γι’ αυτό το έγγραφο έτσι»*

Ο EP1 ξεκινά μια άλλη ερώτηση πάνω στην απάντηση της Α. *«Δηλαδή αν είχε ψηλότερη ενέργεια τι θα ‘κανε;»* και αρχίζει ο (αυθεντικός) διάλογος που περιγράφεται στις σειρές 13 – 26 για να οδηγηθεί μέσω αυτού στη γνωστική σύγκρουση, μέσω της έννοιας της ενέργειας. Ήδη, έχει αναφέρει ότι έχει καθορισμένη απόσταση από τον πυρήνα. Επιπλέον, στην 27 ο EP1, ο οποίος οδηγεί πλέον τη συνέντευξη, κάνει την καθοριστική ερώτηση:

*«Σαν σφαίρα έτσι; Άρα έχεις μια σφαίρα το ηλεκτρόνιο κινείται πάνω στην επιφάνεια της σφαίρας, στο εσωτερικό της, στο εσωτερικό και στην επιφάνεια και έξω από τη σφαίρα, τι λες εσύ;»*

Η Α. απαντά «και στα τρία», οπότε ο EP1 της υπενθυμίζει (29) ότι πριν από λίγο είπε κάτι διαφορετικό:

*«Και στα τρία, αν όμως πάμε σ’ αυτό που είπες ότι έχει καθορισμένη απόσταση έτσι δεν είναι για να έχει καθορισμένη ενέργεια;»*

Η Α. δεν απαντά και οι EP1 και EP2 απευθύνονται στα υπόλοιπα μέλη της ομάδας, από τα οποία αρχικά μόνο η Κάλλια δείχνει να συνεργάζεται (36) και αναφέρει την άποψή της:

*«Εγώ ξέρω ότι στο τροχιακό αυτό που είπε ότι μπορεί να βρεθεί και στο εσωτερικό της σφαίρας και στην επιφάνεια και έξω.....»*

στην ερώτηση του EP1 αν συμφωνεί, η Κάλλια συμπληρώνει:

*«Ναι, απλώς σε κάποια σημεία είναι πιο πιθανό, έχει μεγαλύτερη πιθανότητα να βρεθεί, κινείται μέσα στο χώρο αυτό»*

Μετά από τα προηγούμενα, ο EP1 επιστρέφει στην Αναστασία και της ζητά να σχεδιάσει το τροχιακό σε σχέση με τις κουκίδες που είχε τοποθετήσει. Με μια σειρά I-R (όχι όμως και «Ε») η Α. έρχεται σε γνωστική σύγκρουση, ύστερα από παρέμβαση του EP2:

*(56) εδώ στο σχήμα που έχεις κάνει τον κύκλο, δηλαδή αν το ηλεκτρόνιο είναι εδώ ή εδώ ή ξέρω ‘γω εδώ θα έχει διαφορετική ενέργεια;*

*(57) «Όχι βρίσκεται στο ίδιο τροχιακό»*

*(58) «Άρα έχει την ίδια ενέργεια.»*



(60) «*Ναι*»

από την 60 και μετά συμμετέχει στη συζήτηση και ο Επαμεινώνδας, ο οποίος έχοντας *πα-  
ρακολουθήσει* τη σειρά του διαλόγου (υπενθυμίζεται ότι δεν είχε γράψει τίποτε σαν *απά-  
ντηση*) έχει πειστεί και ότι:

*«Ναι, ωστόσο συμφωνώ περίπου με αυτό που είπε ότι το τροχιακό είναι ο χώρος  
στον οποίο υπάρχει πιθανότητα κυρίως να βρεθεί ένα ηλεκτρόνιο άρα όντως μπο-  
ρεί να βρίσκεται είτε στην επιφάνεια μιας τέτοιας σφαίρας είτε σε μικρή απόσταση  
από την επιφάνεια»*

Ξανά, ο EP1 τον ρωτά: *Άρα τι απάντηση δίνεις τώρα εσύ Νώντα σ' αυτό το ερώτημα;*

Για να λάβει την απάντηση (69): *«Ότι μπορεί να βρεθεί»*

Η παραδοχή του Επ. *Συμφωνείς δηλαδή με την Κάλια και τον Ευτόχη;*

επιβεβαιώνει την έμμεση αλληλεπίδρασή του με τα άλλα μέλη της ομάδας, παρότι *δεν  
συμμετείχε* στον διάλογο.

Στη συνέχεια, ο EP1 ξεκινά μια καινούργια σειρά διαλόγου, ένα νέο «επεισόδιο» όπως χαρακτηρίζεται από τους Μόρτιμερ και Σκοτ, που σχετίζεται με το μέγεθος του 1s και το πλήθος των κουκίδων που επιλέγουν οι φοιτητές να περιλαμβάνει αυτό. Σε αυτό το νέο επεισόδιο, από την (81) γίνεται συζήτηση από την οποία οι EP1 και EP2 προσπαθούν να συνδέσουν την έννοια της πιθανότητας εύρεσης του ηλεκτρονίου στο 'χώρο' του 1s. Από τον διάλογο και τη συμμετοχή σε αυτόν προκύπτει ότι μόνο μια φοιτήτρια, η Αναστασία, έχει αντιληφθεί τη σχέση πιθανότητας και μεγέθους του τροχιακού. Η συζήτηση στη συνέχεια δεν ολοκληρώνεται.

**Πίνακας 8. Πρότυπα διαλόγου ομαδικής συνέντευξης 2 (μέρη διαλόγου N = 103)**

|     | <i>Καθηγητές</i> | I  | F-F/P-<br>P | R  | E |                                      |
|-----|------------------|----|-------------|----|---|--------------------------------------|
|     | EP1              | 43 | 1           | -  | - |                                      |
|     | EP2              | 10 | 1           | -  | - |                                      |
| α/α | <i>Φοιτητής</i>  |    |             |    |   | <i>Χαρακτηρισμός<br/>συνέντευξης</i> |
| 1   | Ευτόχης          | -  | -           | 10 | - | Επιτυχής                             |
| 2   | Αναστασία        | -  | -           | 26 | - | Επιτυχής                             |
| 3   | Επαμεινώνδας     | -  | -           | 7  | - | Επιτυχής                             |

|   |        |    |   |    |   |                                       |
|---|--------|----|---|----|---|---------------------------------------|
| 4 | Κάλια  | -  | - | 5  | - | Επιτυχής                              |
|   | ΣΥΝΟΛΟ | 53 | 2 | 48 | - | <i>αλληλεπιδραστική και διαλογική</i> |

Και σε αυτή την ομαδική συνέντευξη ο EP1 εμφανίζεται να ξεκινά (I) το 81% των διαλόγων. Αντίστοιχα, η Αναστασία έχει το 54% περίπου των απαντήσεων ΤΟΥΣ, με τον Ευτύχη να ακολουθεί (21%). Οι συγκεκριμένοι φοιτητές φαίνεται να έχουν εκτός αυτού και τη μεγαλύτερη συμμετοχή στη συζήτηση. Δεν φαίνεται να υπάρχει μεγάλη αλληλεπίδραση μεταξύ των μελών της ομάδας. Σε σχέση με την 1<sup>η</sup> ομαδική συνέντευξη δεν παρατηρούνται διάλογοι που να προκαλούνται ή να ξεκινούν από τους φοιτητές. Το σχήμα του διαλόγου είναι της μορφής I-R-I-R χωρίς να εμφανίζεται – τουλάχιστον άμεσα – απάντηση που να αξιολογείται (E) τελικά από τους ερωτώντες.

### 6.3.8 ΟΜΑΔΙΚΗ ΣΥΝΕΝΤΕΥΞΗ 3

Κωνσταντίνα – Μαρία – Βαρβάρα (τμήμα βιολογικών εφαρμογών)

|    |   |              |                                                                                                                                                                                                                                                              |
|----|---|--------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1  |   | EP1:         | Εντάξει, Γιώργο.                                                                                                                                                                                                                                             |
| 2  |   | EP2:         | Οκτώ, πάμε στην ερώτηση οκτώ.                                                                                                                                                                                                                                |
| 3  |   | EP1:         | Συγγνώμη, και εσείς οι δύο επιμένετε στις απαντήσεις σας;                                                                                                                                                                                                    |
| 4  |   | Κωνσταντίνα: | Ναι.                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 5  |   | Βαρβάρα:     | Ναι                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 6  |   | EP2:         | Την β είχε βάλει και το διόρθωσε η Κωνσταντίνα.                                                                                                                                                                                                              |
| 7  |   | Κωνσταντίνα: | Ναι, εγώ το διόρθωσα..                                                                                                                                                                                                                                       |
| 8  | I | EP2:         | Λοιπόν είναι δυνατό να βρεθεί το ηλεκτρόνιο του υδρογόνου στη θεμελιώδη κατάσταση έξω από τον χώρο που ορίζεται ως τροχιακό 1s; Να δικαιολογήσετε την απάντησή σας. Κωνσταντίνα λες όχι.                                                                     |
| 9  | R | Κωνσταντίνα: | Λέω όχι και λέω ότι για να βρεθεί το ηλεκτρόνιο του υδρογόνου έξω από τον χώρο που ορίζεται τροχιακό 1s θα πρέπει να είναι σε διεγερμένη κατάσταση γιατί γνωρίζουμε ότι κάθε τέτοια περιοχή ενός τροχιακού χαρακτηρίζεται και από μια συγκεκριμένη ενέργεια. |
| 10 | I | EP1:         | Όταν είναι διεγερμένη χαρακτηρίζεται από 1s ή κάτι άλλο;                                                                                                                                                                                                     |

|    |          |              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|----|----------|--------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 11 | <b>R</b> | Κωνσταντίνα: | Κάτι άλλο, ξέρω 'γω να είναι 2s,3s.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 12 | <b>I</b> | EP1:         | Η ερώτηση όμως εδώ ρωτά για το 1s.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 13 | <b>I</b> | EP2:         | Για την θεμελιώδη.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 14 | <b>R</b> | Κωνσταντίνα: | Βέβαια με βάση αυτό που έχω κάνει, που έχω σχεδιάσει πίσω (ερώτηση 1), το οποίο εδώ πέρα εννοώντας ότι το ηλε..., ότι μάλλον ο χώρος τον οποίο ορίζει το τροχιακό 1s ίσως να είναι και αυτές οι μία δύο κουκίδες στο άπειρο που ουσιαστικά έχω βάλει στο πρώτο.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 15 | <b>I</b> | EP2:         | Δηλαδή εννοείς ότι ο χώρος του τροχιακού 1s είναι όλος ο χώρος;                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 16 | <b>R</b> | Κωνσταντίνα: | <b>Όχι, απλά πιστεύω ότι, πώς το βλέπω εγώ τώρα το τροχιακό, ότι ναι μεν είναι ένας χώρος, είναι σαν μια κλειστή σφαίρα που ορίζει μια κάποια, ένα κάποιο χώρο αλλά παράλληλα το τροχιακό είναι και αυτά τα υπόλοιπα τα πιθανά σημεία που μπορεί να βρεθεί το ηλεκτρόνιο</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| 17 | <b>I</b> | EP1:         | Μπορώ να σου ζητήσω να τραβήξεις μία γραμμή και να οριοθετήσεις το τροχιακό και να μας το δείξεις, που θα την έβαζες εδώ;                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| 18 | <b>R</b> | Κωνσταντίνα: | Δεν θα έβαζα γραμμή, δεν θα έβαζα γραμμή θα το 'κανα ...                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 19 | <b>I</b> | EP1:         | Επομένως οι δύο απαντήσεις σου εσένα στην ερώτηση ένα και στην ερώτηση οκτώ βρίσκονται τώρα, νομίζεις ότι βρίσκονται σε σύγκρουση;                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 20 | <b>R</b> | Κωνσταντίνα: | Όχι, όχι, σίγουρα, απλά το 'χω... έχω σκεφτεί διαφορετικά την ερώτηση οκτώ δηλαδή άλλο εννοούσα...                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 21 | <b>I</b> | EP1:         | Πότε το σκέφτηκες, τώρα αυτή τη στιγμή;                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 22 | <b>R</b> | Κωνσταντίνα: | Όχι, όχι τότε, τώρα θεωρώ ότι είναι το ίδιο πράγμα οπότε αν ζητούσατε πάλι να την ξαναπαντήσω θα 'λεγα ότι ναι μπορεί το ηλεκτρόνιο του υδρογόνου να βρεθεί εκτός του τροχιακού 1s όπως έχω σχεδιάσει αυτές τις τελίτσες στην ένα                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 23 | <b>I</b> | EP1:         | Για διαβάστε τις απαντήσεις οι άλλες τι γράφετε εσείς;                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 24 | <b>R</b> | Μαρία:       | Εγώ γράφω ότι «Όχι, το άτομο του υδρογόνου περιέχει μόνο ένα ηλεκτρόνιο», αλλά πιστεύω ότι αφού είπαμε και στην ερώτηση ένα ότι το τροχιακό s, συγκεκριμένα το τροχιακό 1s του υδρογόνου εκτείνεται στο άπειρο και όταν χρησιμοποιούμε, όταν περιορίζουμε το τροχιακό σε κάποιο χώρο, προσπαθούμε να πε..., προσπαθούμε στον χώρο αυτό να εντάξουμε την μεγαλύτερη πιθανότητα, δηλαδή ο χώρος αυτός περιέχεται σε μια σφαίρα θα είναι η μεγαλύτερη...σ' αυτόν τον χώρο θα έχει το ηλεκτρόνιο την μεγαλύτερη πιθανότητα να βρεθεί και ότι η διαφορά μεταξύ των καταστάσεων είτε της θεμελιώδους κατάστασης είτε κάποιας διεγερμένης εξαρτάται μόνο από την ενέργεια και όχι από τον χώρο. |
| 25 | <b>I</b> | EP1:         | Η ενέργεια από τι εξαρτάται;..... Ενός ηλεκτρονίου δηλαδή από τι εξαρτάται;... Γυρνάει γύρω απ' τον πυρήνα, από τι εξαρτάται η ενέργεια του. Έστω ότι είχες ένα                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |

|    |            |          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|----|------------|----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    |            |          | μόνο όπως το υδρογόνο και γυρνάει γύρω από τον πυρήνα τότε θα είχε ας πούμε μεγάλη ενέργεια και τότε θα είχε μικρή;                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 26 | <b>R</b>   | Μαρία:   | Από την απόσταση νομίζω.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| 27 | <b>I</b>   | EP1:     | Την απόσταση από τον πυρήνα, παίζει ρόλο αυτό; Τι λέτε; Δηλαδή άμα είναι πολύ κοντά στον πυρήνα και πολύ μακριά δεν θα αλλάζει η ενέργεια του;                                                                                                                                                                                                                                               |
| 28 | <b>R</b>   | Μαρία:   | Σύμφωνα με ένα τύπο που είχαμε κάνει στο λύκειο στην φυσική η ενέργεια εξαρτάται από την απόσταση από τον πυρήνα.                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| 29 | <b>I</b>   | EP1:     | Και τι κάνει όσο μεγαλώνει η απόσταση τι κάνει η ενέργεια;                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 30 | <b>R</b>   | Μαρία:   | Όσο μεγαλώνει η απόσταση η ενέργεια μικραίνει μέχρι που μηδενίζεται στο άπειρο.                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| 31 | <b>F/P</b> | EP1:     | Μικραίνει κατ' απόλυτη τιμή όμως αν λάβουμε υπ' όψιν ότι την παίρνουμε αρνητική αυτή την ενέργεια .                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 32 | <b>R</b>   | Μαρία:   | Άρα μεγαλώνει.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 33 | <b>R</b>   | EP1:     | Που οφείλεται αυτή η ενέργεια ξέρετε;                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 34 | <b>R</b>   | Βαρβάρα: | Στο ηλεκτρόνιο;                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| 35 | <b>I</b>   | EP1:     | Στην ...;                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 36 | <b>R</b>   | Βαρβάρα: | Στην έλξη του πυρήνα;                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 37 | <b>E</b>   | EP2:     | Ναι Βαρβάρα, την έλξη του πυρήνα.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| 38 | <b>I</b>   | EP1:     | Του πυρήνα έτσι; Υπάρχει μια ελκτική δύναμη και η ελκτική δύναμη προκαλεί αρνητική ενέργεια, ενώ η απωστική δύναμη κάνει ενέργεια θετική. Άρα η ενέργεια εξαρτάται από την απόσταση. Άρα ένα ηλεκτρόνιο που είναι σε ένα τροχιακό 1s έχει κάποια ενέργεια έτσι; Ένα ηλεκτρόνιο που βρίσκεται σε τροχιακό 2s έχει μια άλλη ενέργεια, διαφοροποιούνται αυτές οι δύο ενέργειες του 1s με το 2s; |
| 39 | <b>R</b>   | Μαρία:   | Στην περίπτωση υδρογόνου όχι.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| 40 | <b>I</b>   | EP2:     | Το 1s με το 2s;                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| 41 | <b>R</b>   | Μαρία:   | Α το 1s με το 2s ναι διαφοροποιούνται;                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 42 | <b>I</b>   | EP1:     | Πώς διαφοροποιούνται, ποια είναι η πιο μικρή;                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| 43 | <b>R</b>   | Μαρία:   | Η 1s νομίζω πρέπει να είναι μικρότερη.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 44 | <b>I</b>   | EP1:     | Πιο μικρή αλγεβρικά έτσι; Λοιπόν, άρα ένα ηλεκτρόνιο... είπαμε ότι η ενέργεια εξαρτάται από την απόσταση, ένα ηλεκτρόνιο που είναι στο 1s τροχιακό είναι δυνατό να βρεθεί, είναι δυνατό να είναι πιο μακριά από τον πυρήνα από ένα ηλεκτρόνιο που είναι στο 2s;                                                                                                                              |
| 45 | <b>R</b>   | Μαρία;   | Σύμφωνα με τον ορισμό του τροχιακού πιστεύω πως ναι είναι δυνατό.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| 46 | <b>I</b>   | EP1:     | Άρα θα εξακολουθεί να είναι 1s και 2s; Δηλαδή μπορούμε να τα συμβιβάσουμε αυτά τα δύο δηλαδή να λέμε ότι η ενέργεια του 1s είναι πιο μικρή από την ενέργεια του 2s όμως παρ' όλα' αυτά είναι δυνατό να βρω εγώ κάποια στιγμή ένα ηλεκτρόνιο το                                                                                                                                               |

|    |   |              |                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|----|---|--------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    |   |              | οποίο είναι 1s να έχει ενέργεια πιο μεγάλη από ένα 2s; Μπορώ να τα συμβιβάσω αυτά τα δύο πώς θα μπορούσα να τα συμβιβάσω τι έχεις να προτείνεις για αυτό;                                                                                                                             |
| 47 | R | Μαρία:       | Μήπως η ενέργεια εξαρτάται και από τον κβαντικό αριθμό, τον κύριο κβαντικό αριθμό n;                                                                                                                                                                                                  |
| 48 | I | EP1:         | Εξαρτάται το 1s δείχνει διαφορετικό...                                                                                                                                                                                                                                                |
| 49 | I | Βαρβάρα:     | Συγγνώμη, είπατε να έχει, να βρίσκεται στο 1s, στο 2s και να έχει μικρότερη ενέργεια από όταν βρίσκεται...                                                                                                                                                                            |
| 50 | R | EP1:         | Κατ' ουσία να είναι πιο κοντά στον πυρήνα από ότι το 1s, κάποια στιγμή δηλαδή το 2s να είναι πιο κοντά στον πυρήνα απ' ότι το..., κάποια στιγμή, είναι δυνατό αυτό;                                                                                                                   |
| 51 | F | EP2:         | Στιγμιαία.                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| 52 | R | Κωνσταντίνα: | Στιγμιαία, ναι                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 53 | I | EP1:         | Πώς δηλαδή;                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| 54 | R | Κωνσταντίνα: | Σύμφωνα με τον ορισμό του τροχιακού που έχουμε πει ότι.. είναι αυτό που έχω σχεδιάσει μπροστά ότι ναι μεν όσο πηγαίνουμε προς τον πυρήνα τόσο μεγαλύτερη είναι η πιθανότητα να βρεθεί το ηλεκτρόνιο εκεί αλλά αυτό δεν μας αποκλείει ότι μπορούμε να το βρούμε και κάπου προς τα έξω. |
| 55 | I | EP1:         | Ωραία, ναι και πώς θα το συμβιβάσεις αυτό με αυτό που λέμε ότι το ηλεκτρόνιο 1s έχει χαμηλότερη ενέργεια από ότι στο 2s;                                                                                                                                                              |
| 56 | R | Κωνσταντίνα: | Στιγμιαία έχει και αυτό το ηλεκτρόνιο το 1s να βρεθεί αρκετά μακριά.                                                                                                                                                                                                                  |
| 57 | I | EP1:         | Άρα αυτό που λέμε ότι είναι το 1s πιο χαμηλά, τελικά τι σημαίνει αυτό, τι πρέπει να προσθέσω για να το συμβιβάσω με αυτό;                                                                                                                                                             |
| 58 | R | Βαρβάρα:     | Μήπως δεν είναι απόλυτα σφαίρα αυτό που λέμε εκεί, μιλάμε για πιθανότητα εύρεσης και ξέρουμε ότι δεν είναι ακριβώς σφαιρική η τροχιά του ηλεκτρονίου αλλά ελλειπτική. Όποτε σε κάποιο σημείο θα μπορούσε η μια τροχιά να καλύπτει την άλλη;                                           |
| 59 | R | Κωνσταντίνα: | Ή εκτός ότι η ενέργεια ας πούμε του 1s που λέμε ότι είναι τόση ίσως να μην είναι και απόλυτο αυτό που λέμε.                                                                                                                                                                           |
| 60 | I | EP1:         | Τι εννοείς απόλυτο;                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 61 | R | Κωνσταντίνα: | Ότι...                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| 62 | I | EP1:         | Έχει κάποιο... κάτι του λείπει αυτό λέω και εγώ.                                                                                                                                                                                                                                      |
| 63 | R | Κωνσταντίνα: | Ναι κάτι του λείπει.                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 64 | I | EP1:         | Για να συμβιβάσω πρέπει κάτι να προσθέσω, Η ενέργεια του 1s είναι πιο μικρή από του 2s πότε;                                                                                                                                                                                          |
| 65 | R | Μαρία:       | Στις περισσότερες των περιπτώσεων                                                                                                                                                                                                                                                     |

|    |          |              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|----|----------|--------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 66 | <b>I</b> | EP1:         | Στις περισσότερες ...;                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 67 | <b>R</b> | Μαρία:       | Περιπτώσεις                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 68 | <b>I</b> | EP1:         | Τι περιπτώσεις, τι είναι αυτό το περιπτώσεων;                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 69 | <b>R</b> | Μαρία:       | Γιατί αφού το τροχιακό το ορίσαμε στο άπειρο, συνήθως συνηθίζουμε να το περιορίζουμε εκεί που έχουμε την μεγαλύτερη πιθανότητα.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| 70 | <b>I</b> | EP1:         | Άρα την περισσότερη πιθανότητα έχει να μην είναι στο άπειρο άρα την περισσότερη τι έχει... , θέσεις είπες εσύ, επομένως και εγώ που το παρατηρώ τις περισσότερες...                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 71 | <b>R</b> | Κωνσταντίνα: | Πιθανές θέσεις.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| 72 | <b>I</b> | EP1:         | Ναι αλλά εγώ που το κοιτάω βρίσκω να είναι πιο κοντά στον πυρήνα το 1s τις περισσότερες..                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 73 | <b>R</b> | Κωνσταντίνα: | Στιγμές.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 74 | <b>F</b> | EP1:         | Στιγμές, τις περισσότερες φορές                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| 75 | <b>F</b> | EP2:         | Τον περισσότερο χρόνο                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 76 | <b>I</b> | EP1:         | Άρα πώς τα συμβιβάζετε επομένως ότι η ενέργεια του 1s είναι πιο χαμηλή από το 2s                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| 77 | <b>R</b> | Κωνσταντίνα: | σε γενικές γραμμές.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 78 | <b>I</b> | EP1:         | Ναι, ή αλλιώς θα το λέγαμε πιο αυστηρά αυτό το γενικές γραμμές που είναι λίγο πιο πλαδαρό κατά ...                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 79 | <b>R</b> | Κωνσταντίνα: | μέσο όρο                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 80 | <b>I</b> | EP1:         | Κατά μέσο όρο, τι μέσο όρο, βάλε και ένα επίθετο μπροστά.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 81 | <b>R</b> | Κωνσταντίνα: | Στιγμών                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| 82 | <b>I</b> | EP1:         | στιγμών ή..                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 83 | <b>R</b> | Κωνσταντίνα: | Στιγμιαία                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 84 | <b>I</b> | EP1:         | Στο στιγμή, τι στιγμή είναι, βάλε ένα επίθετο στο στιγμή                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 85 | <b>R</b> | Κωνσταντίνα: | Χρονική                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| 86 | <b>I</b> | EP1:         | Χρονική, άρα κατά μέσο                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 87 | <b>R</b> | Κωνσταντίνα: | Χρονικό μέσο όρο.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| 88 | <b>I</b> | EP1:         | Χρονικό όρο. Τι λες εσύ γι' αυτά Βαρβάρα, συμφωνείς, γιατί κάτι είπες για ελλειπτικές άστο ξέχασε το.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 89 | <b>R</b> | Βαρβάρα:     | Εγώ απάντησα σύμφωνα μ' αυτά που είχαμε μάθει στο λύκειο ότι η πιθανότητα...                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| 90 | <b>I</b> | EP1:         | Όχι δεν θέλω να απαντάτε σύμφωνα πάντα μ' αυτά που ξέρετε θέλω σκέψη, θέλω να παράγουμε σκέψη καταλάβετε; Στο μυαλό μας έχουμε μέσα διάφορα πράγματα τα οποία διαβάζουμε, τα ακούμε ξέρετε κάτι μας είπε χθες ο καθηγητής της φυσικής, κάτι διαβάσαμε στο λύκειο κλπ αυτά όμως καμιά φορά δεν έχουν ερμηνευτεί στο μυαλό μας σωστά άρα να μην είμαστε πάντα πρόθυμοι να χρησιμοποιούμε αυτά για να ερμηνεύσουμε πράγμα τα αλλά να χρησιμοποιούμε όσο γίνεται την λογική και |

|    |          |          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|----|----------|----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    |          |          | όσο μπορούμε βέβαια με τις εκάστοτε γνώσεις και δυνατότητες που έχουμε. Ναι Γιώργο, νομίζω πήραμε απάντηση.                                                                                                                                                                                                                                                              |
| 91 | <b>I</b> | EP2:     | Ε, όχι η Βαρβάρα θα έκλεινε, εσύ τώρα έγραψες αυτά που είχες μάθει ...                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 92 | <b>R</b> | Βαρβάρα: | Από το λύκειο                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| 93 | <b>I</b> | EP1:     | Τι έγραψες δηλαδή απ' όλ' αυτά.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 94 | <b>R</b> | Βαρβάρα: | Δεν είμαι σίγουρη αν είναι σωστός ο αριθμός που έχω βάλει αλλά είπα ότι η πιθανότητα να βρεθεί το ηλεκτρόνιο στο χώρο που ορίζεται ως τροχιακό 1s στη θεμελιώδη κατάσταση είναι 95%. Άρα υπάρχει ένα 5% πιθανότητα να βρεθεί το ηλεκτρόνιο και έξω από το χώρο του τροχιακού 1s στη θεμελιώδη κατάσταση πάντα έστω και αν η πιθανότητα αυτή είναι μικρή, πάντως υπάρχει. |
| 95 | <b>I</b> | EP1:     | αυτά είναι σύμφωνα με όλη τη συζήτηση που κάναμε εδώ πριν, δηλαδή αυτό που λέγαμε τώρα ότι μπορεί το 2s να έχει πιο χαμηλή ενέργεια από το 1s, αλλά αυτό δεν θα συμβαίνει τις περισσότερες φορές, τις περισσότερες φορές θα 'ναι ... συμφωνούν αυτά;                                                                                                                     |
| 96 | <b>R</b> | Βαρβάρα: | Ναι.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |

### Σχολιασμός της 3<sup>ης</sup> ομαδικής συνέντευξης

Η συζήτηση αυτή ξεκινά με τον EP1 να «ξετυλίγει» το πρόβλημα (8), διατυπώνοντας την ερώτηση. Απαντά πρώτα η Κωνσταντίνα, με κατηγορηματικό τρόπο (9):

«Λέω όχι και λέω ότι για να βρεθεί το ηλεκτρόνιο του υδρογόνου έξω από τον χώρο που ορίζεται τροχιακό 1s θα πρέπει να είναι **σε διεγερμένη κατάσταση** γιατί γνωρίζουμε ότι κάθε τέτοια περιοχή ενός τροχιακού χαρακτηρίζεται και από μια συγκεκριμένη ενέργεια»

Από την προηγούμενη απάντηση λείπει η λέξη 'θεμελιώδης', επομένως είναι πολύ πιθανό να μην πρόσεξε καλά την ερώτηση. Στο σημείο (13) παρεμβαίνει ο EP2 υπενθυμίζοντας ότι το ζητούμενο είναι η θεμελιώδης κατάσταση. Η Κ. επαναφέρει μια απάντηση που έχει δώσει σε προηγούμενη ερώτηση, λέγοντας (14):

«...μάλλον ο χώρος τον οποίο ορίζει το τροχιακό 1s ίσως να είναι και αυτές οι μία δύο κουκίδες στο άπειρο που ουσιαστικά έχω βάλει στο πρώτο»

Ο EP2 εξακολουθεί να ζητά (15) περισσότερες διευκρινήσεις από αυτή την απάντηση, «Δηλαδή εννοείς ότι ο χώρος του τροχιακού 1s είναι όλος ο χώρος;», δίνοντας εκ νέου δυνατότητα στην Κ. να σκεφτεί πιο προσεκτικά. Η απάντησή της (16):

«Όχι, απλά πιστεύω ότι, πώς το βλέπω εγώ τώρα το τροχιακό, ότι ναι μεν είναι ένας χώρος, είναι σαν μια κλειστή σφαίρα που ορίζει μια κάποια, ένα κάποιο χώρο

*αλλά παράλληλα το τροχιακό είναι και αυτά τα υπόλοιπα τα πιθανά σημεία που μπορεί να βρεθεί το ηλεκτρόνιο»*

ενώ στη συνέχεια και στην παρέμβαση του EP1 να σχεδιάσει αυτή την κλειστή σφαίρα, η Κ. αρνείται και όταν ο EP1 της υποδεικνύει ότι οι απαντήσεις της στις δύο ερωτήσεις είναι σε σύγκρουση, η Κ. πραγματικά αναφέρει:

*«Όχι, όχι τότε, τώρα θεωρώ ότι είναι το ίδιο πράγμα οπότε αν ζητούσατε πάλι να την ξαναπαντήσω θα 'λεγα ότι ναι μπορεί το ηλεκτρόνιο του υδρογόνου να βρεθεί εκτός του τροχιακού 1s όπως έχω σχεδιάσει αυτές τις τελίτσες στην ένα»*

Η γνωστική σύγκρουση (εάν δεν ληφθεί υπόψη η περίπτωση να μη διάβασε εξ αρχής προσεκτικά την ερώτηση) συνέβη *χωρίς* την αλληλεπίδραση των άλλων μελών της ομάδας.

Η συζήτηση στρέφεται σε άλλο μέλος και συγκεκριμένα στη Μαρία, η οποία (24) αναφέρει αρχικά:

*«Όχι, το άτομο του υδρογόνου περιέχει μόνο ένα ηλεκτρόνιο», αλλά πιστεύω ... σ' αυτόν τον χώρο θα έχει το ηλεκτρόνιο την μεγαλύτερη πιθανότητα να βρεθεί και ότι η διαφορά μεταξύ των καταστάσεων είτε της θεμελιώδους κατάστασης είτε κάποιας διεγερμένης εξαρτάται μόνο από την ενέργεια και όχι από τον χώρο»*

Ο EP1 ξεκινάει στη συνέχεια με αφορμή την προηγούμενη απάντηση ένα νέο «επεισόδιο» (25):

*«Η ενέργεια από τι εξαρτάται;..... Ενός ηλεκτρονίου δηλαδή από τι εξαρτάται;...»*

με τη Μαρία να απαντά *«από την απόσταση, νομίζω»* αρχικά και στη συνέχεια, ύστερα από υποδείξεις του EP1, αναφέρει τα όσα γνωρίζει από το λύκειο σχετικά με το αν μεγαλώνει η ενέργεια του ηλεκτρονίου με την απόσταση από τον πυρήνα. Στην ερώτηση (33) του EP1 *«Που οφείλεται αυτή η ενέργεια ξέρετε:»* παρεμβαίνει η Βαρβάρα, κάνοντας την πρώτη εμφάνισή της στη συζήτηση, απαντώντας *«Στην έλξη του πυρήνα;»*, δείχνοντας ότι την παρακολουθούσε όλο αυτό το διάστημα, συμμετέχοντας παθητικά.

Η συζήτηση κατόπιν στρέφεται στην ενεργειακή διαφορά των τροχιακών 1s και 2s, με τη συμμετοχή στον διάλογο αρχικά της Μαρίας και εν συνεχεία και των τριών φοιτητριών, που αντιμετωπίζουν την ερώτηση του EP1: *«Δηλαδή μπορούμε να τα συμβιβάσουμε αυτά τα δύο δηλαδή να λέμε ότι η ενέργεια του 1s είναι πιο μικρή από την ενέργεια του 2s όμως παρ' όλα' αυτά είναι δυνατό να βρω εγώ κάποια στιγμή ένα ηλεκτρόνιο το οποίο είναι 1s να έχει ενέργεια πιο μεγάλη από ένα 2s; Μπορώ να τα συμβιβάσω αυτά τα δύο πώς θα μπορούσα να τα συμβιβάσω τι έχεις να προτείνεις για αυτό;»*

Η ερώτηση του EP1 έχει ως στόχο να υπενθυμίσει στις φοιτήτριες ότι ένα ηλεκτρόνιο σε τροχιακό s μπορεί να βρεθεί οπουδήποτε και το ρόλο που έχει η πιθανότητα σε αυτό το



θέμα. Η προηγούμενη ερώτηση προκαλεί το ενδιαφέρον και των τριών φοιτητριών, με αποτέλεσμα από την 48 και ύστερα η συζήτηση να γίνει *αλληλεπιδραστική* και *διαλογική*, καθώς ο EP1 δεν επιδιώκει, τουλάχιστον φανερά, να επιβάλλει την άποψη του (50) σε μια φράση που μπορεί να χαρακτηριστεί και ως I (initiation), αλλά και ως απάντηση (R: response) στην παρέμβαση της Βαρβάρας.

*«Κατ' ουσία να είναι πιο κοντά στον πυρήνα από ότι το 1s, κάποια στιγμή δηλαδή το 2s να είναι πιο κοντά στον πυρήνα απ' ότι το..., κάποια στιγμή, είναι δυνατό αυτό;»*

με τον EP2 να κάνει σημαντική ανατροφοδότηση / παρέμβαση με τη λέξη: «στιγμιαία».

Κατόπιν, ο διάλογος περιστρέφεται στη σημασία του παράγοντα «χρόνος» για την περιγραφή της πιθανότητας εύρεσης του ηλεκτρονίου. Στην (69) η Μαρία αναφέρει:

*«Γιατί αφού το τροχιακό το ορίσαμε στο άπειρο, συνήθως συνηθίζουμε να το περιορίζουμε εκεί που έχουμε την μεγαλύτερη πιθανότητα»*

Οι EP1 και EP2 αλλάζουν τη λέξη «θέσεις» με τη λέξη «στιγμές» και ακολουθεί μια σειρά I-R-I-R-I-R, αλλά η Βαρβάρα στην 89 επανέρχεται στη συζήτηση με τη φράση:

*«Εγώ απάντησα σύμφωνα μ' αυτά που είχαμε μάθει στο λύκειο ότι η πιθανότητα...»*

Στην 90 ο EP1 κλείνει τη συζήτηση, χωρίς όμως να κάνει αξιολόγηση της συζήτησης, παρότι αναφέρει: *«Ναι Γιώργο, νομίζω πήραμε απάντηση»* απευθυνόμενος στον EP2. Η τελευταία αυτή φράση δεν χαρακτηρίζει τη συζήτηση ως κλειστή αλυσίδα αλληλεπιδράσεων, καθώς δεν απευθύνεται στις φοιτήτριες, αλλά μάλλον είναι μεταξύ των EP1 και EP2.

Η συνέντευξη 3 κατά το μεγαλύτερο μέρος της φαίνεται ότι είναι *μη αλληλεπιδραστική* και *διαλογική*. Αλληλεπιδραστική γίνεται καθαρά μόνο σε μια φάση της (48-60). Παρόλα αυτά, μπορεί τελικά στο σύνολό της να χαρακτηριστεί ως αλληλεπιδραστική, αφού ναι μεν δεν αλληλεπιδρούν ανοιχτά μεταξύ τους οι φοιτήτριες αλλά οι φράσεις που ανταλλάσσουν με τους EP1 (περισσότερο) και EP2 δείχνουν ότι κάθε μέλος της ομάδας παρακολουθεί τις απαντήσεις των υπολοίπων. Η συζήτηση μπορεί να χαρακτηριστεί ως *«αρκού-ντως επιτυχής»*. Οι φοιτήτριες τελικά δέχονται ότι υπάρχει πιθανότητα να *«βρεθεί το ηλεκτρόνιο έξω από το χώρο του 1s στη θεμελιώδη κατάσταση»*. Στην περίπτωση του ατόμου του *υδρογόνου* και στη *θεμελιώδη* κατάσταση, η αναφορά στο τροχιακό 2s ενδεχομένως να δημιουργεί προβλήματα σε ένα εξωτερικό παρατηρητή της συζήτησης, καθώς αφορά διεγερμένη κατάσταση για το υδρογόνο. Το πρότυπο διαλόγου είναι *ανοικτή αλυσίδα αλληλεπιδράσεων*, λόγω της έλλειψης της τελικής αξιολόγησης από πλευράς EP1 και EP2

**Πίνακας 9. Πρότυπα διαλόγου ομαδικής συνέντευξης 3 (μέρη διαλόγου N = 89)**

|     | Καθηγητές   | I  | F-F/P-P | R  | E  |                                                |
|-----|-------------|----|---------|----|----|------------------------------------------------|
|     | EP1         | 35 | 2       | 2  | -  |                                                |
|     | EP2         | 5  | 2       | -  | 1- |                                                |
| α/α | Φοιτητής    |    |         |    |    | Χαρακτηρισμός<br>συνέντευξης                   |
| 1   | Βαρβάρα     | 1  | -       | 7  | -  | Επιτυχής                                       |
| 2   | Κωνσταντίνα | -  | -       | 21 | -  | Επιτυχής                                       |
| 3   | Μαρία       | -  |         | 13 | -  | Επιτυχής                                       |
|     | ΣΥΝΟΛΟ      | 41 | 4       | 43 | 1  | <i>μη αλληλεπιδραστική και δια-<br/>λογική</i> |

Σε αυτή την ομαδική συνέντευξη, η Κωνσταντίνα εμφανίζει τη μεγαλύτερη συμμετοχή έχοντας τις περισσότερες αποκρίσεις (49%) στις συζητήσεις που – κατά κανόνα (85%) – ξεκινάει ο EP1. Χαμηλότερη συμμετοχή έχει η Μαρία, ενώ το τρίτο μέλος της ομάδας, η Βαρβάρα έχει λιγότερες αποκρίσεις, αλλά συμμετέχει και σε έναρξη (I) διαλόγου.

#### 6.3.9 ΟΜΑΔΙΚΗ ΣΥΝΕΝΤΕΥΞΗ 4

Ευαγγελία – Βαγγέλης – Αλεξάντρα

|   |   |            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|---|---|------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | I | EP2:       | Να πάμε στην ερώτηση οκτώ. Είναι δυνατό να βρεθεί το ηλεκτρόνιο του υδρογόνου στη θεμελιώδη κατάσταση έξω από τον χώρο που ορίζεται ως τροχιακό 1s; Να δικαιολογήσετε την απάντησή σας. Κάποιος λέει εδώ, η Ευαγγελία, «Ναι όταν βρίσκεται σε διεγερμένη» αλλά όταν μιλάμε για θεμελιώδη; Θα είναι πάντα στον χώρο... ποιος είναι αυτός ο χώρος; |
| 2 | R | Ευαγγελία: | Ο χώρος που βρίσκεται το ηλεκτρόνιο;                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| 3 | I | EP2:       | Ο χώρος που ορίζεται ως 1s τροχιακό.                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| 4 | R | Ευαγγελία: | Ε... Ο χώρος που έχει ενέργεια... την μικρότερη ενέργεια.                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 5 | I | EP2:       | Δηλαδή, εκεί στην ερώτηση 1 να μου υποδείκνυες αυτό το χώρο, ποιος είναι αυτός ο χώρος                                                                                                                                                                                                                                                           |
| 6 | R | Ευαγγελία: | (Ζωγραφίζει ένα μικρό κύκλο με μολύβι στο σχήμα της ερώτησης 1)                                                                                                                                                                                                                                                                                  |

|    |          |            |                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|----|----------|------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 7  | <b>I</b> | EP2:       | Δηλαδή αυτά όλα τα σημαδάκια που είναι έξω τι είναι;                                                                                                                                                                                                                |
| 8  | <b>R</b> | Ευαγγελία: | Είναι σε άλλα .. είναι άλλα τροχιακά.                                                                                                                                                                                                                               |
| 9  | <b>I</b> | EP2:       | Είναι άλλα τροχιακά, δηλαδή δεν είναι 1s τώρα πια.                                                                                                                                                                                                                  |
| 10 | ---      | Ευαγγελία: | .....                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 11 | <b>I</b> | EP2:       | Τι λες Βαγγέλη:                                                                                                                                                                                                                                                     |
| 12 | ---      | Βαγγέλης:  | Για ποιο θέμα;                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 13 | <b>I</b> | EP1:       | Είδες τι σχεδίασε εκεί στην ερώτηση κάπου σχεδίασε μια σφαίρα ας πούμε μια σφαίρα που όρισε το τροχιακό το 1s και λέει ότι είναι απ' έξω εκεί παριστάνει θέσεις που δεν αντιστοιχούν σε τροχιακό 1s. Συμφωνείς μ' αυτό; Αλλά είναι διεγερμένα, άλλα τροχιακά 2s 2p. |
| 14 | <b>R</b> | Βαγγέλης:  | Όχι, απλώς σ' οποιοδήποτε χώρο μπορεί να υπάρξει τροχιακό 1s, το 1s μπορεί να είναι μέχρι το άπειρο απλώς η πιθανότητα είναι κοντά στον πυρήνα να βρεθεί.                                                                                                           |
| 15 | <b>R</b> | Αλεξάντρα: | Συμφωνώ με τον Βαγγέλη όντως το ηλεκτρόνιο μπορεί να βρεθεί οπουδήποτε απλά κοντά στον πυρήνα υπάρχουν περισσότερες πιθανότητες για αυτό ίσως δηλώνουμε και το 1s όσο πιο κοντά μπορούμε στον πυρήνα.                                                               |
| 16 | <b>I</b> | EP1:       | Για διάβασε την απάντηση σου στην ερώτηση οκτώ.                                                                                                                                                                                                                     |
| 17 | <b>R</b> | Αλεξάντρα: | Και βέβαια γιατί το ηλεκτρόνιο μπορεί να βρεθεί οπουδήποτε. Πουθενά η πιθανότητα δεν είναι μηδενική. Άπλα κοντά στον πυρήνα έχει τις περισσότερες πιθανότητες γύρω στα 90 με 97%.                                                                                   |
| 18 | <b>I</b> | EP1:       | Και εσύ τι γράφεις εκεί;                                                                                                                                                                                                                                            |
| 19 | <b>R</b> | Βαγγέλης:  | Εγώ λέω « όχι ότι το υδρογόνο περιέχει ένα ηλεκτρόνιο το οποίο σύμφωνα με την αρχή ελαχίστης ενέργειας στην θεμελιώδη κατάσταση βρίσκεται πάντα στην στιβάδα 1s» λάθος στο τροχιακό 1s                                                                              |
| 20 | <b>I</b> | EP1:       | Άρα τώρα τι λες εσύ, άλλαζες γνώμη είναι πιο σωστή από την απάντηση σου;                                                                                                                                                                                            |
| 21 | <b>R</b> | Βαγγέλης:  | Όχι, σωστή είναι, εφόσον βρίσκεται στο τροχιακό 1s μπορεί να βρίσκεται και στο άπειρο αλλά πάλι βρίσκεται στο τροχιακό 1s ούτε σε 2s ούτε σε..                                                                                                                      |
| 22 | <b>I</b> | EP2:       | Δηλαδή ο χώρος του 1s είναι όλος;                                                                                                                                                                                                                                   |
| 23 | <b>R</b> | Βαγγέλης:  | Ορίστε;                                                                                                                                                                                                                                                             |
| 24 | <b>I</b> | EP1:       | Δεν ορίζουμε εμείς κάποιο χώρο και λέμε ότι εδώ είναι 1s, κάνουμε και μια σχηματική παράσταση;                                                                                                                                                                      |
| 25 | <b>R</b> | Βαγγέλης:  | Θεωρούμε ένα χώρο 1s ώστε να υπάρχει περισσότερος χώρος και για τα υπόλοιπα τροχιακά να δώσουμε, να χαρακτηρίσουμε και...                                                                                                                                           |
| 26 | <b>I</b> | EP1:       | Να αφήσουμε χώρο και για τα άλλα ;                                                                                                                                                                                                                                  |
| 27 | <b>R</b> | Βαγγέλης:  | Ναι εφόσον υπάρχουν                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 28 | <b>I</b> | EP1:       | Άρα;                                                                                                                                                                                                                                                                |

|    |          |              |                                                                                                                                                                                                                      |
|----|----------|--------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 29 | <b>R</b> | Βαγγέλης:... | Άρα το ηλεκτρόνιο...                                                                                                                                                                                                 |
| 30 | <b>I</b> | EP1:         | Επομένως αυτή τη στιγμή πάμε σε μια τέτοια λογική σχεδιάζουμε κάπου μια σφαίρα και λέμε αυτή τη σφαίρα τη λέμε τροχιακό 1s.                                                                                          |
| 31 | <b>R</b> | Βαγγέλης:    | Ε ναι γιατί πρέπει να δώσουμε κάποια όρια                                                                                                                                                                            |
| 32 | <b>I</b> | EP1:         | Μπορεί έξω από αυτή τη σφαίρα να βρεθεί και να είναι ακόμη 1s;                                                                                                                                                       |
| 33 | <b>R</b> | Βαγγέλης:    | Το ηλεκτρόνιο; Όχι μετά θα είναι ιόν μετά.                                                                                                                                                                           |
| 34 | <b>I</b> | EP2:         | Αφού μπορεί δεν μπορεί να βρεθεί και στο άπειρο;                                                                                                                                                                     |
| 35 | <b>R</b> | Βαγγέλης:    | Ναι, αλλά εφόσον εκείνο εκεί πέρα θεωρείται 1s. Δηλαδή αν δεν υπήρχαν άλλα ηλεκτρόνια, άλλα γειτονικά άτομα τα οποία ασκούν δυνάμεις...                                                                              |
| 36 | <b>I</b> | EP1:         | Είπες να είναι ιόν, ιόν είναι θεωρείται να πάει στο άπειρο, αλλά να πάει στο άπειρο πότε για μια στιγμή ή για πάντα;                                                                                                 |
| 37 | <b>R</b> | Βαγγέλης:    | Για πάντα, προκειμένου να φύγει...                                                                                                                                                                                   |
| 38 | <b>I</b> | EP1:         | Μιλάμε τώρα στο άπειρο θα πάει για πάντα ή για μια στιγμή, θα πάει και θα γυρίσει;                                                                                                                                   |
| 39 | <b>R</b> | Βαγγέλης:    | Ε... το ηλεκτρόνιο; Και για πάντα και να μπορεί να γυρίσει                                                                                                                                                           |
| 40 | <b>P</b> | EP1:         | Αν πάει για πάντα θα έχω ιόν, αν γυρίζει πίσω δεν έχω ιόν, άρα τον πιο πολύ χρόνο αν είναι κοντά, στο άπειρο πάει για μια στιγμή αλλά τον περισσότερο χρόνο είναι κοντά άρα έχω ιόν ή όχι ιόν τον περισσότερο χρόνο; |
| 41 | <b>R</b> | Βαγγέλης:    | Ναι αλλά το ηλεκτρόνιο αυτό πρέπει να πάει κάπου, πρέπει να υπάρχει ένα άλλο γειτονικό άτομο που να χρειάζεται αυτό το ηλεκτρόνιο.                                                                                   |
| 42 | <b>I</b> | EP1:         | Όχι, όχι κανένα άλλο ηλεκτρόνιο, εδώ μιλάμε τώρα για ένα άτομο μόνο του.                                                                                                                                             |
| 43 | <b>R</b> | Βαγγέλης:    | Για ένα άτομο όπου και να βρίσκεται το ηλεκτρόνιο πάλι 1s μπορεί να είναι και στο άπειρο, η ενέργεια, η καμπύλη απ' ότι θυμάμαι δεν τέμνεται ποτέ με τον άξονα.                                                      |
| 44 | <b>I</b> | EP1:         | Η απάντηση που δίνεις εκεί όμως τι λέει;                                                                                                                                                                             |
| 45 | <b>R</b> | Βαγγέλης:    | Λέω «Όχι, το υδρογόνο περιέχει 1 ηλεκτρόνιο και σύμφωνα με την αρχή ελαχίστης ενέργειας στην θεμελιώδη κατάσταση βρίσκεται στην στοιβάδα 1s» έξω απ' αυτή τη στοιβάδα 1s για να μεταπηδήσει σε άλλη...               |
| 46 | <b>I</b> | EP1:         | Τι είναι η αρχή της ελάχιστης ενέργειας                                                                                                                                                                              |
| 47 | <b>R</b> | Βαγγέλης:    | Κατά την ε... τα ηλεκτρόνια τείνουν να πάρουν θέσεις στις οποίες η ενέργεια τους είναι ελάχιστη, μικρότερη, όσο το δυνατό μικρότερη                                                                                  |
| 48 | <b>I</b> | EP1:         | Στο 1s έχουν μικρότερη ενέργεια;                                                                                                                                                                                     |
| 49 | <b>R</b> | Βαγγέλης:    | Ναι                                                                                                                                                                                                                  |
| 50 | <b>I</b> | EP1:         | Το 2s;                                                                                                                                                                                                               |
| 51 | <b>R</b> | Βαγγέλης:    | Μεγαλύτερη.                                                                                                                                                                                                          |
| 52 | <b>I</b> | EP1:         | Είναι δυνατό να έχω ένα ηλεκτρόνιο που να είναι 1s και να έχει ενέργεια πιο μεγάλη από ένα ηλεκτρόνιο που να είναι 2s;                                                                                               |

|    |          |            |                                                                                                                                                                            |
|----|----------|------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 53 | <b>R</b> | Βαγγέλης:  | Ορίστε;                                                                                                                                                                    |
| 54 | <b>I</b> | EP1:       | Ένα ηλεκτρόνιο που να είναι 1s και να έχει ενέργεια πιο μεγάλη από ένα ηλεκτρόνιο που είναι 2s, είναι δυνατόν; Για κάποια στιγμή, στιγμιαία.                               |
| 55 | <b>R</b> | Βαγγέλης:  | Ναι, άμα του δώσουμε ενέργεια εμείς.                                                                                                                                       |
| 56 | <b>I</b> | EP1:       | Όχι, όχι εμείς δεν του δίνουμε τίποτα από μόνο του.                                                                                                                        |
| 57 | <b>I</b> | EP2:       | Όπως κινείται.                                                                                                                                                             |
| 58 | <b>R</b> | Βαγγέλης:  | Όχι.                                                                                                                                                                       |
| 59 | <b>I</b> | EP1:       | Από τι εξαρτάται η ενέργεια; Πότε έχει μικρή ενέργεια και πότε έχει μεγάλη ένα ηλεκτρόνιο                                                                                  |
| 60 | <b>R</b> | Βαγγέλης:  | Εξαρτάται από την έλξη του πυρήνα.                                                                                                                                         |
| 61 | <b>I</b> | EP1:       | Αρα από την...                                                                                                                                                             |
| 62 | <b>R</b> | Βαγγέλης:  | Απόσταση.                                                                                                                                                                  |
| 63 | <b>I</b> | EP1:       | Από την απόσταση, επομένως όταν έχει ενέργεια μικρή είναι... κοντά ή μακριά                                                                                                |
| 64 | <b>R</b> | Βαγγέλης:  | Κοντά.                                                                                                                                                                     |
| 65 | <b>I</b> | EP1:       | Και όταν έχει μεγάλη;                                                                                                                                                      |
| 66 | <b>R</b> | Βαγγέλης:  | Μακριά.                                                                                                                                                                    |
| 67 | <b>I</b> | EP1:       | Επομένως δεν είπαμε ότι μπορεί να φύγει μακριά και να είναι 1s, άρα δεν μπορεί να αποκτήσει μεγάλη ενέργεια;                                                               |
| 68 | <b>R</b> | Βαγγέλης:  | ...Ναι.                                                                                                                                                                    |
| 69 | <b>I</b> | EP1:       | <b>Αρα και ένα 2s να είναι κοντά και να έχει μικρή, άρα το 2s να έχει πιο μικρή από το 1s;</b>                                                                             |
| 70 | <b>I</b> | Βαγγέλης:  | Δηλαδή πρέπει τώρα να δώσουμε εμείς ενέργεια;                                                                                                                              |
| 71 | <b>I</b> | EP1:       | Όχι, όχι, από τις δυνατότητες που έχει από μόνο του. Δεν λέμε ότι μπορεί να πάει μακριά ή να πάει κοντά. Όταν πάει μακριά έχει ενέργεια μεγάλη όταν έλθει κοντά έχει μικρή |
| 72 | <b>R</b> | Βαγγέλης:  | Ναι.                                                                                                                                                                       |
| 73 | <b>I</b> | EP1:       | Δεν την δίνω εγώ από μόνο του πάει μακριά και κοντά καθώς χορεύει γύρω από τον πυρήνα. Τι λες εσύ Αλεξάντρα το είπα σωστά τώρα;                                            |
| 74 | <b>R</b> | Αλεξάντρα: | Ναι αυτό που λέτε είναι σωστό αλλά το 1s και το 2s δεν μας δείχνουνε το ένα και το δύο μέγεθος άρα το 2s πάντα δεν είναι μεγαλύτερο από το 1s;                             |
| 75 | <b>I</b> | EP2:       | πάντα;                                                                                                                                                                     |
| 76 | <b>R</b> | Αλεξάντρα: | Δύο δεν δείχνει ότι είναι πιο μεγάλο                                                                                                                                       |
| 77 | <b>I</b> | EP1:       | Πάντα:                                                                                                                                                                     |
| 78 | <b>R</b> | Αλεξάντρα: | Ναι πιστεύω ότι                                                                                                                                                            |
| 79 | <b>I</b> | EP1:       | Δηλαδή εδώ βάζουμε, προηγουμένως εκεί έκανε το σχήμα, έκανε τον κύκλο και λέει                                                                                             |

|     |          |            |                                                                                                                                                                                      |
|-----|----------|------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|     |          |            | αυτό είναι 1s έτσι δεν είναι; Επομένως αποκλείεται να βγει έξω;                                                                                                                      |
| 80  | <b>R</b> | Αλεξάντρα: | Όχι                                                                                                                                                                                  |
| 81  | <b>I</b> | EP1:       | Αρα πώς λες ότι πάντα πρέπει να είναι μέσα σε αυτό τον κύκλο;                                                                                                                        |
| 82  | <b>I</b> | EP2:       | Πότε είναι μέσα στον κύκλο;                                                                                                                                                          |
| 83  | <b>R</b> | Αλεξάντρα: | Εγώ απλά είπα ότι το 2s πρέπει να είναι μεγαλύτερο.                                                                                                                                  |
| 84  | <b>I</b> | EP2:       | Ωραία ζωγράφισε το 2s, στο δικό σου, το 1s και το 2s.                                                                                                                                |
| 85  | <b>R</b> | Αλεξάντρα: | Έστω ότι αυτό είναι το 1s και το 2s πρέπει να είναι αυτό, εκτός βέβαια αν το 1s είναι το άπειρο και το 2s είναι το άπειρο οπότε θα έχουν την ίδια ενέργεια.                          |
| 86  | <b>I</b> | EP1:       | Ναι αλλά είπαμε ότι αυτό μπορεί να παίρνει διάφορες θέσεις, κοντά μακριά, έχει την πιθανότητα να βρεθεί και μακριά.                                                                  |
| 87  | <b>I</b> | EP2:       | Το ηλεκτρόνιο που βρίσκεται στο 1s κινείται εδώ μέσα, στον μικρό τον κύκλο που έχεις κάνει, ναι;                                                                                     |
| 88  | <b>R</b> | Αλεξάντρα: | Ναι                                                                                                                                                                                  |
| 89  | <b>I</b> | EP2:       | Κάποια στιγμή μπορεί να βρεθεί εδώ, σε ένα σημείο δηλαδή πολύ μακριά;                                                                                                                |
| 90  | <b>R</b> | Αλεξάντρα: | Και βέβαια.                                                                                                                                                                          |
| 91  | <b>I</b> | EP2:       | Το ηλεκτρόνιο του 2s κινείται γύρω εδώ περίπου εντάξει;                                                                                                                              |
| 92  | <b>R</b> | Αλεξάντρα: | Ναι                                                                                                                                                                                  |
| 93  | <b>I</b> | EP2:       | Κάποια στιγμή μπορεί να βρεθεί και εδώ μέσα στον μικρό τον κύκλο;                                                                                                                    |
| 94  | <b>R</b> | Αλεξάντρα: | Ναι, ναι                                                                                                                                                                             |
| 95  | <b>I</b> | EP2:       | Αρα ένα ηλεκτρόνιο που βρίσκεται και κινείται στο 2s μπορεί κάποια στιγμή να βρεθεί πιο κοντά στον πυρήνα και ένα που είναι στο 1s κάποια στιγμή να βρεθεί πιο μακριά από τον πυρήνα |
| 96  | <b>R</b> | Αλεξάντρα: | Ναι                                                                                                                                                                                  |
| 97  | <b>I</b> | EP2:       | Αρα εκείνη την στιγμή αυτό είναι στο 1s και είναι μακριά αυτό είναι στο 2s και είναι πιο κοντά.                                                                                      |
| 98  | <b>I</b> | EP1:       | Αρα με την ενέργεια τι θα συμβαίνει;                                                                                                                                                 |
| 99  | <b>R</b> | Αλεξάντρα: | Αυτό θα έχει πιο μικρή ενέργεια από αυτό.                                                                                                                                            |
| 100 | <b>I</b> | EP2:       | Την επόμενη στιγμή τι θα συμβεί;                                                                                                                                                     |
| 101 | <b>R</b> | Αλεξάντρα: | Αυτό θα πάει πάλι στη θεμελιώδη κατάσταση και το άλλο θα γυρίσει στο 2s.                                                                                                             |
| 102 | <b>I</b> | EP1:       | Όχι,                                                                                                                                                                                 |
| 103 | <b>I</b> | EP2:       | Ήταν στη θεμελιώδη.                                                                                                                                                                  |
| 104 | <b>R</b> | Αλεξάντρα: | Ήτανε, θα γυρίσει στη θέση του.                                                                                                                                                      |
| 105 | <b>I</b> | EP2:       | Βάλε ένα επίθετο στη θέση, στην ...                                                                                                                                                  |
| 106 | <b>R</b> | Αλεξάντρα: | Στην αρχική του θέση                                                                                                                                                                 |
| 107 | <b>I</b> | EP2:       | Αρχική... άλλαξε το επίθετο...                                                                                                                                                       |

|     |     |            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|-----|-----|------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 108 | --- | Αλεξάντρα: | ...                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 109 | F   | EP2:       | Στην πιθανότερη, άλλο στην πιο συνηθισμένη                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 110 | I   | EP1:       | Επομένως αυτό που λέμε ότι η ενέργεια του 2s είναι πιο ψηλή από την ενέργεια του 1s, το λέμε αυτό δεν το λέμε, βρίσκεται σε κάποια συμφωνία με αυτό που είπαμε προηγουμένως ή συμφωνεί αλλά πρέπει κάτι να προσθέσουμε εμείς να το περιγράψουμε λίγο καλύτερα αυτό που λέμε ότι το 2s έχει ενέργεια ψηλότερη από το 1s. Βρίσκεται σε συμφωνία ή όχι, αρκεί βέβαια κάτι να προσθέσουμε εμείς στην περιγραφή μας, στην διατύπωση μας; |
| 111 | R   | Αλεξάντρα: | Ναι όντως πρέπει να προσθέσουμε κάτι                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| 112 | I   | EP1:       | Τι;                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 113 | R   | Αλεξάντρα: | Πρέπει να πούμε τη συνέχεια που θα κινηθεί το ηλεκτρόνιο πιο θα κινηθεί πιο μακριά, πιο θα έχει μεγαλύτερη ενέργεια και να πούμε και την τελική κατάσταση του ηλεκτρονίου.                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 114 | I   | EP1:       | Επομένως το 1s έχει χαμηλότερη ενέργεια από το 2s πότε; πάντα;                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 115 | R   | Αλεξάντρα: | Όχι όταν το ηλεκτρόνιο θα κινείται μέσα στο 1s.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| 116 | I   | EP1:       | Μήπως μπορούμε να το πούμε αυτό με λιγότερα λόγια και να μην χρησιμοποιούμε τα μέσα και έξω;                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 117 | --- | Αλεξάντρα: | ....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| 118 | F   | EP1:       | Το 1s έχει χαμηλότερη ενέργεια από το 2s όχι πάντα αλλά ...                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 119 | --- | Αλεξάντρα: | Στη περίπτωση που...                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| 120 | I   | EP1:       | Για να μας πει εδώ η Ευαγγελία.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| 121 | R   | Ευαγγελία: | Στη θεμελιώδη κατάσταση;                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| 122 | I   | EP1:       | Μη μπλέκεις με τη θεμελιώδη είπαμε τα πάντα είναι στη θεμελιώδη, συμφωνήσαμε ή όχι; Δεν μιλάμε για διεγερμένες καταστάσεις                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 123 | R   | Ευαγγελία: | Όμως εφόσον θα είναι μακρύτερα από τον πυρήνα το ηλεκτρόνιο θα είναι διεγερμένη.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 124 | I   | EP1:       | Εσύ Βαγγέλη;                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 125 | R   | Βαγγέλης:  | Συμφωνώ μ' αυτό που είπε.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| 126 | I   | EP1:       | Ποιο;                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 127 | R   | Βαγγέλης:  | Το ότι τα ηλεκτρόνια στην θεμελιώδη κατάσταση 1s έχει λιγότερη ενέργεια για να φύγει το ηλεκτρόνιο της 1s πιο μακριά πρέπει να υπάρχει διέγερση.                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 128 | I   | EP1:       | Αρα δεν συμφωνείς μ' αυτό που λέμε, που είπε προηγουμένως εκεί η Αλεξάντρα ότι μπορεί να είναι στο 2s και να έχει ενέργεια πιο μικρή από ότι στο 1s                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 129 | R   | Βαγγέλης:  | Όχι, συμφωνώ γιατί στο 2s άμα το ηλεκτρόνιο είναι εκεί πέρα που βρίσκεται μακριά θα έχει...                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |

|     |   |            |                                                                                            |
|-----|---|------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|
| 130 | I | EP2:       | Για πόσο χρόνο θα συμβεί αυτό;                                                             |
| 131 | R | Βαγγέλης:  | Πολύ μικρό.                                                                                |
| 132 | I | EP2:       | Άρα, είναι το αντίθετο αυτό το 1s έχει μεγαλύτερη ενέργεια από το 2s για πολύ μικρό χρόνο. |
| 133 | R | Βαγγέλης:  | Ναι, ναι.                                                                                  |
| 134 | I | EP2:       | Άρα το 1s έχει μικρότερη ενέργεια από το 2s ...συμπληρώστε τη φράση, ...πάντα;             |
| 135 | R | Αλεξάντρα: | Όχι για ελάχιστο...                                                                        |
| 136 | I | EP1:       | Πότε έχει μικρότερη, για ελάχιστο χρόνο;                                                   |
| 137 | R | Αλεξάντρα: | Όχι                                                                                        |
| 138 | I | EP2:       | Αλλά; το 1s έχει μικρότερη ενέργεια από το 2s για...                                       |
| 139 | R | Αλεξάντρα: | Για αρκετό χρονικό διάστημα.                                                               |
| 140 | I | EP2:       | Το περισσότερο.                                                                            |

#### Σχολιασμός της 4<sup>ης</sup> ομαδικής συνέντευξης

Τη συζήτηση σε αυτή την τέταρτη συνέντευξη ξεκινά ο EP2 με την ερώτηση 8, διαβάζοντας ταυτόχρονα την απάντηση της Ευαγγελίας «Ναι όταν βρίσκεται σε διεγερμένη». Στην παρατήρηση του EP2 ότι ενδιαφέρει η θεμελιώδης κατάσταση και στην προτροπή να σχεδιάσει ένα κύκλο, η Ευαγγελία βάζει κάποια «σημαδάκια» έξω από τα όρια του κύκλου, αναφέροντας (8) ότι αυτά είναι «σε άλλα τροχιακά». Κατόπιν απευθύνεται στον Βαγγέλη, ο οποίος αρχικά δείχνει ότι δεν συμμετέχει, όμως στη (14) δίνει την απάντηση:

*«Όχι, απλώς σ' οποιοδήποτε χώρο μπορεί να υπάρξει τροχιακό 1s, το 1s μπορεί να είναι μέχρι το άπειρο απλώς η πιθανότητα είναι κοντά στον πυρήνα να βρεθεί.»*

με την οποία συμφωνεί αμέσως (15) και η Αλεξάντρα:

*«Συμφωνώ με τον Βαγγέλη όντως το ηλεκτρόνιο μπορεί να βρεθεί οπουδήποτε απλά κοντά στον πυρήνα υπάρχουν περισσότερες πιθανότητες για αυτό ίσως δηλώνουμε και το 1s όσο πιο κοντά μπορούμε στον πυρήνα»*

Η Αλεξάντρα είχε γράψει: «Και βέβαια γιατί το ηλεκτρόνιο μπορεί να βρεθεί οπουδήποτε. Πουθενά η πιθανότητα δεν είναι μηδενική. Απλά κοντά στον πυρήνα έχει τις περισσότερες πιθανότητες γύρω στα 90 με 97%.»<sup>15</sup>

Η παρέμβαση του EP1 ώστε να διαβάσει ο Βαγγέλης αυτό που είχε γράψει αρχικά, καταδεικνύει ένα πρόβλημα. Ο Βαγγέλης είχε γράψει:

*«Εγώ λέω «όχι ότι το υδρογόνο περιέχει ένα ηλεκτρόνιο το οποίο σύμφωνα με την αρχή ελαχίστης ενέργειας στην θεμελιώδη κατάσταση βρίσκεται πάντα στην στιβάδα 1s» λάθος στο τροχιακό 1s»*

<sup>15</sup> Φαίνεται ότι η συγκεκριμένη φοιτήτρια είχε διδαχθεί από το βιβλίο Δ που έχει ακριβώς αυτή την αναφορά



Ο Βαγγέλης, από τη συζήτηση που ακολουθεί (20 – 29) διαπιστώνεται πως θεωρεί ότι οπουδήποτε και να βρίσκεται το ηλεκτρόνιο – στη θεμελιώδη κατάσταση, είναι πάντα σε τροχιακό 1s. Η παρέμβαση του EP1 *«Επομένως αυτή τη στιγμή πάμε σε μια τέτοια λογική σχεδιάζουμε κάπου μια σφαίρα και λέμε αυτή τη σφαίρα τη λέμε τροχιακό 1s»*, οδηγεί τον Βαγγέλη στην απάντηση (31):

*«Ε ναι γιατί πρέπει να δώσουμε κάποια όρια»*

Στην επόμενη όμως ερώτηση του EP1 αν μπορεί να βρεθεί έξω από τη σφαίρα και να είναι ακόμη 1s, ο Β. απαντά πως τότε θα είναι ιόν. Στον διάλογο που ακολουθεί (34 – 42) συζητείται μεταξύ EP1 και Β. τι σημαίνει να είναι ιόν και τελικά στην (43) ο Β. αναφέρει πως:

*«Για ένα άτομο όπου και να βρίσκεται το ηλεκτρόνιο πάλι 1s μπορεί να είναι και στο άπειρο, η ενέργεια, η καμπύλη απ' ότι θυμάμαι δεν τέμνεται ποτέ με τον άξονα»*

Η καμπύλη στην οποία αναφέρεται ο Βαγγέλης πιθανόν να είναι αυτή που δίνεται από το σχήμα 1.2 της σελ.8 του βιβλίου Δ. Παρόμοια καμπύλη υπάρχει και στο βιβλίο Α όμως είναι λανθασμένη η επιλογή του άξονα y που όπως υποτίθεται περιγράφει «πιθανότητα εύρεσης του ηλεκτρονίου».

Από αυτή την αναφορά στην ενέργεια, ξεκινά νέο επεισόδιο μεταξύ EP1 και Βαγγέλη σχετικά με (59) : *«Από τι εξαρτάται η ενέργεια; Πότε έχει μικρή ενέργεια και πότε έχει μεγάλη ένα ηλεκτρόνιο»*, όπως ρωτά ο EP1. Από το σημείο όμως αυτό και μετά η συζήτηση φεύγει από τη ζητούμενη ερώτηση, χωρίς να επανέλθει και αρχίζει άλλος κύκλος διαλόγου που εμπλέκει το τροχιακό 2s, κυρίως μετά από παρέμβαση του EP2. Το πρόβλημα αρχίζει να περιπλέκεται καθώς δεν έχει νόημα το τροχιακό 2s στην περίπτωση του υδρογόνου στη θεμελιώδη κατάσταση. Είναι πιθανόν η συζήτηση να στράφηκε γενικά στις διαφορές των τροχιακών 1s και 2s. Στο δεύτερο αυτό μέρος εντοπίζεται ο διάλογος μεταξύ EP2 και Αλεξάνδρας (84 – 109), που οδηγεί στη φράση (104) (*«Ήτανε, θα γυρίσει στη θέση του»*), με τον EP2 να ζητά προσδιορισμό της τελευταίας φράσης, ως «πιθανότερης» (109). Ο EP1 υπενθυμίζει στην 122 ότι όλος ο διάλογος γίνεται με αναφορά σε **θεμελιώδεις** καταστάσεις και όχι διεγερμένες. Τέλος, ο EP2 επεμβαίνει πάλι στη συζήτηση η οποία κλείνει με το διάλογο μεταξύ EP2 και Α.

138 – EP2 *«Αλλά; το 1s έχει μικρότερη ενέργεια από το 2s για...»*

139 – Α . *«Για αρκετό χρονικό διάστημα.»*

140 – EP2 *«Το περισσότερο.»*

Στο κομμάτι που αφορά την ερώτηση αυτή καθεαυτή, μόνο αόριστες φράσεις δείχνουν ότι οι φοιτητές έχουν αντιληφθεί την ερώτηση (π.χ. 89: EP2 «Κάποια στιγμή μπορεί να βρεθεί εδώ, σε ένα σημείο δηλαδή πολύ μακριά;», 90: Αλ. «Και βέβαια»)

Η ομαδική αυτή συνέντευξη μπορεί να χαρακτηριστεί ως *μη αλληλεπιδραστική* και *διαλογική*. Ο διάλογος, όπως διαπιστώνεται, υπάρχει, δεν γίνεται έντονη η προσπάθεια των EP1 και EP2 να στρέψουν τη συζήτηση προς κάποια συγκεκριμένη κατεύθυνση, όχι όσο στις περιπτώσεις των ατομικών συνεντεύξεων. Όμως, *δεν υπάρχει αλληλεπίδραση μεταξύ των μελών της ομάδας*, κάτι που φαίνεται και από τις απαντήσεις που δίνει ο καθένας από τους συμμετέχοντες. Όπως διαπιστώνει κανείς από την εξέλιξη της συζήτησης, αυτή χαρακτηρίζεται στο σύνολό της ως *ανεπιτυχής*.

**Πίνακας 10. Πρότυπα διαλόγου ομαδικής συνέντευξης 4 (μέρη διαλόγου N = 135)**

|     | Καθηγητές | I  | F-F/P-P | R  | E |                                          |
|-----|-----------|----|---------|----|---|------------------------------------------|
|     | EP1       | 45 | 2       | -  | - |                                          |
|     | EP2       | 27 | 1       | -  | - |                                          |
| α/α | Φοιτητής  |    |         |    |   | Χαρακτηρισμός συνέντευξης                |
| 1   | Ευαγγελία | -  | -       | 6  | - | Ανεπιτυχής                               |
| 2   | Αλεξάντρα | -  | -       | 23 | - | Ανεπιτυχής                               |
| 3   | Βαγγέλης  | 1  | -       | 33 | - | Ανεπιτυχής                               |
|     | ΣΥΝΟΛΟ    | 73 | 3       | 62 | - | <i>μη αλληλεπιδραστική και διαλογική</i> |

Οι ερευνητές και οι φοιτητές κλείνουν τη συζήτηση χωρίς όμως να ανακεφαλαιώνουν ή να οδηγούνται σε ένα συμπέρασμα που να διατυπώνεται. Μεγαλύτερη συμμετοχή έχει ο Βαγγέλης με 53,2% στις αποκρίσεις και μικρότερη η Ευαγγελία που δείχνει ότι δεν παρακολουθεί ιδιαίτερα όλο τον διάλογο και οι απαντήσεις της δείχνουν είτε ότι δεν προσέχει, είτε ότι δεν την ενδιαφέρει η συνέντευξη. Αποτέλεσμα όλων αυτών είναι η *αποτυχία* της συζήτησης αυτής

### 6.3.10 ΟΜΑΔΙΚΗ ΣΥΝΕΝΤΕΥΞΗ 5

Δημήτρης – Βασιλική – Κωνσταντίνος (Βιολογικών Εφαρμογών)

|    |     |               |                                                                                                                                                                                                                                                       |
|----|-----|---------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1  | I   | EP2:          | Πάμε στην οκτώ που είναι η επόμενη. Είναι δυνατό λέμε να βρεθεί το ηλεκτρόνιο του υδρογόνου έξω από το χώρο που ορίζεται ως 1s τροχιακό; Αυτό βέβαια το ρωτάμε για την θεμελιώδη κατάσταση .                                                          |
| 2  | I   | EP1:          | Πες μας Δημήτρη την απάντηση σου.                                                                                                                                                                                                                     |
| 3  | R   | Δημήτρης:     | «Είναι δυνατό. Το τροχιακό είναι ο χώρος μέσα στον οποίο υπάρχει μεγάλη πιθανότητα να βρεθεί ένα ηλεκτρόνιο. Άρα σε κάποια ειδική περίπτωση είναι δυνατό να μη βρίσκεται στο χώρο (τροχιακό) αυτό»                                                    |
| 4  | I   | EP2:          | Διάβασε και συ Βάσω.                                                                                                                                                                                                                                  |
| 5  | R   | Βασιλική:     | «Δεν είναι δυνατό γιατί η θεμελιώδης κατάσταση υφίσταται στην υποστιβάδα με την μικρότερη ενέργεια και η 1s έχει την ελάχιστη, άρα σε κάθε άλλη δεν θα είναι θεμελιώδης»                                                                              |
| 6  | I   | EP2:          | Κώστα η σειρά σου.                                                                                                                                                                                                                                    |
| 7  | R   | Κωνσταντίνος: | «Δεν είναι δυνατό γιατί ως τροχιακό ορίζεται ο χώρος που μπορεί να βρεθεί το ηλεκτρόνιο» άρα έξω απ' το τροχιακό δεν μπορεί να βρεθεί.                                                                                                                |
| 8  | --- | EP2:          | Τρεις διαφορετικές απαντήσεις.                                                                                                                                                                                                                        |
| 9  | I   | EP1:          | Επομένως ο Δημήτρης λέει ότι μπορεί να βρεθεί γιατί, για ποιο λόγο πες το ξανά.                                                                                                                                                                       |
| 10 | R   | Δημήτρης:     | Ε το τροχιακό είναι ο χώρος που υπάρχει μεγάλη πιθανότητα να βρεθεί ένα ηλεκτρόνιο.                                                                                                                                                                   |
| 11 | P   | EP1:          | Άρα υπάρχει και μικρή πιθανότητα να βρεθεί ...                                                                                                                                                                                                        |
| 12 | R   | Δημήτρης:     | Εκτός.                                                                                                                                                                                                                                                |
| 13 | I   | EP1:          | Εκτός, ενώ εσύ (*Βάσω) λες τροχιακό είναι ο χώρος και αποκλείεται να βρεθεί έξω και εσύ Βάσω θέτεις ένα θέμα διεγερμένων καταστάσεων, δηλαδή να πάει σε διεγερμένο τροχιακό.                                                                          |
| 14 | R   | Βασιλική:     | Ναι το υδρογόνο είναι στη θεμελιώδη κατάσταση τέλος πάντων και μας λέει ότι να είναι έξω από το χώρο που ορίζεται ως 1s τροχιακό και αφού είναι θεμελιώδης εκεί έχει και την μικρότερη ενέργεια οπότε δεν μπορεί να πάει σε άλλο τροχιακό επομένως... |
| 15 | I   | EP1:          | Για να βρεθεί έξω απ' αυτό τον χώρο πρέπει να πάει σε άλλο τροχιακό, συμφωνείς Δημήτρη μ' αυτό για να βρεθεί έξω σύμφωνα με την απάντηση σου, εάν θα πάει σε άλλο τροχιακό έχει βρεθεί έξω από το χώρο;                                               |
| 16 | R   | Δημήτρης:     | Όχι.                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 17 | I   | EP1:          | Όχι, γιατί;                                                                                                                                                                                                                                           |
| 18 | R   | Δημήτρης:     | Γιατί ο χώρος ας πούμε περιλαμβάνει και το 2s τροχιακό ή ακόμα και το p ή το d                                                                                                                                                                        |

|    |          |           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|----|----------|-----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    |          |           | τροχιακό.                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| 19 | <b>R</b> | Βασιλική: | Δεν θα είναι θεμελιώδης όμως, δεν θα είναι θεμελιώδης κατάσταση.                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 20 | <b>R</b> | Δημήτρης: | Ναι δεν θα είναι θεμελιώδης αλλά το ηλεκτρόνιο κινείται γύρω από μια περιοχή γύρω από το πυρήνα, δηλαδή και αυτό το θέμα το πώς κινείται το ηλεκτρόνιο είναι κάτι σχετικό ας πούμε.                                                                                                                                    |
| 21 | <b>R</b> | Βασιλική: | Ναι αλλά μας λέει να κινείται το ηλεκτρόνιο, να είναι στη θεμελιώδη κατάσταση εκεί που πρέπει...                                                                                                                                                                                                                       |
| 22 | <b>I</b> | EP1:      | Αρα όταν θα βγει έξω δεν θα είναι πια στη θεμελιώδη.                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 23 | <b>R</b> | Δημήτρης: | Όταν λέμε χώρος τροχιακού ας πούμε είναι κάτι πολύ μεγάλο, <b>το χώρο που καταλαμβάνει το 1s τροχιακό κάποιο μέρος του χώρου αυτού καταλαμβάνει και το 2s τροχιακό και πιο ευρύτερα ή και το p τροχιακό.</b>                                                                                                           |
| 24 | <b>I</b> | EP2:      | Αρα τι είναι αυτό που διαφοροποιεί ένα ηλεκτρόνιο που βρίσκεται στο 1s ή στο 2s.                                                                                                                                                                                                                                       |
| 25 | <b>R</b> | Βασιλική: | Η ενέργεια.                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| 26 | <b>R</b> | Δημήτρης: | Η ενέργεια και η κίνηση σίγουρα εντάζει, εδώ πέρα ας πούμε είναι κυκλικό το τροχιακό όχι τυχαία ας πούμε.                                                                                                                                                                                                              |
| 27 | <b>I</b> | EP1:      | Σε σχέση με πιθανότητες θα μπορούσε να διαφοροποιήσει το 1s από το 2s χρησιμοποιώντας πιθανότητες.                                                                                                                                                                                                                     |
| 28 | <b>R</b> | Δημήτρης: | Να βρεθεί κοντά στο πυρήνα ή κάτι ανα... δεν κατάλαβα, με ποιο σκεπτικό;                                                                                                                                                                                                                                               |
| 29 | <b>I</b> | EP1:      | Κάπου χρησιμοποιούμε τον όρο πιθανότητα, την έννοια της πιθανότητας λέμε ότι είναι ο χώρος μέσα στον οποίο έχει μεγαλύτερη πιθανότητα να βρεθεί, έτσι; Λοιπόν, άρα ο χώρος μέσα στον οποίο το ηλεκτρόνιο που είναι 1s έχει μεγαλύτερη πιθανότητα να βρεθεί είναι ο ίδιος με αυτόν που έχει να είναι 2s, όταν είναι 2s; |
| 30 | <b>R</b> | Δημήτρης: | Όταν είναι 2s η πιθανότητα να βρεθεί σε συγκεκριμένα σημεία του χώρου, δηλαδή κοντά στον πυρήνα να είναι η ίδια, δηλαδή είναι και στις δύο περιπτώσεις η πιθανότητα να βρεθεί κοντά στον πυρήνα είναι η μεγαλύτερη σχετικά.                                                                                            |
| 31 | <b>I</b> | EP1:      | Μακριά από τον πυρήνα ποιο είναι πιο πιθανό το 1s ή το 2s;                                                                                                                                                                                                                                                             |
| 32 | <b>R</b> | Δημήτρης: | Να βρεθεί; Το ίδιο, σχετικά έχουν τις ίδιες αναλογίες δηλαδή για το 1s τροχιακό...                                                                                                                                                                                                                                     |
| 33 | <b>I</b> | EP1:      | Σε τι διαφέρει το 1s τροχιακό από το 2s;                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 34 | <b>R</b> | Δημήτρης: | Ενεργειακά και...                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 35 | <b>I</b> | EP1:      | Που οφείλεται η διαφορά της ενέργειας, λέμε το 1s σε σχέση με το 2s τι διαφέρουν στην ενέργεια; Το 2s έχει ενέργεια τι; ....πιο...                                                                                                                                                                                     |
| 36 | <b>R</b> | Δημήτρης: | Πιο μεγάλη.                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| 37 | <b>I</b> | EP1:      | Πιο μεγάλη, έτσι; Και που οφείλεται αυτή η διαφορά, η πιο μεγάλη ενέργεια, για πιο λόγο έχει πιο μεγάλη ενέργεια το 2s απ' το 1s;                                                                                                                                                                                      |
| 38 | <b>R</b> | Δημήτρης: | Δεν καταλαβαίνω                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |

|    |            |               |                                                                                                                                                                                                                                  |
|----|------------|---------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 39 | <b>F/P</b> | EP1:          | Για πιο λόγο έχει το 2s πιο μεγάλη ενέργεια από το 1s; Αν πάρεις το ... π.χ. το μολύβι που είναι δω πάνω έχει κάποια δυναμική ενέργεια, εδώ πάνω έχει μία πιο μεγάλη δυναμική ενέργεια για πιο λόγο έχει πιο μεγάλη εδώ από εκεί |
| 40 | <b>R</b>   | Δημήτρης:     | Γιατί απέχει απ' τον πυρήνα.                                                                                                                                                                                                     |
| 41 | <b>I</b>   | EP1:          | Άρα, έχει πιο μεγάλη ενέργεια το 2s γιατί...                                                                                                                                                                                     |
| 42 | <b>R</b>   | Δημήτρης:     | Γιατί απέχει απ' τον πυρήνα.                                                                                                                                                                                                     |
| 43 | <b>I</b>   | EP1:          | Περισσότερο ή λιγότερο;                                                                                                                                                                                                          |
| 44 | <b>R</b>   | Δημήτρης:     | Περισσότερο.                                                                                                                                                                                                                     |
| 45 | <b>I</b>   | EP1:          | Περισσότερο, άρα;                                                                                                                                                                                                                |
| 46 | <b>R</b>   | Δημήτρης:     | Ναι, αλλά η πιθανότητα να...                                                                                                                                                                                                     |
| 47 | <b>I</b>   | EP1:          | Δεν φαίνεται να διαφοροποιείται το 2s απ' το 1s;                                                                                                                                                                                 |
| 48 | <b>R</b>   | Δημήτρης:     | Ενεργειακά;                                                                                                                                                                                                                      |
| 49 | <b>F/P</b> | EP1:          | Ως προς την πιθανότητα, ενεργειακά διαφοροποιούνται. Αυτό δεν πρέπει να έχει συνέπεια και στη πιθανότητα σε ποια απόσταση θα βρίσκεται απ' τον πυρήνα;                                                                           |
| 50 | <b>R</b>   | Δημήτρης:     | Ναι αλλά πάλι όταν όμως κινείται το ηλεκτρόνιο γύρω απ' τον πυρήνα η πιθανότητα να βρεθεί γύρω απ' τον πυρήνα στο συγκεκριμένο τροχιακό είναι η ίδια συγκριτικά με το άλλο                                                       |
| 51 | <b>I</b>   | EP1:          | Αλλά ως προς την απόσταση από τον πυρήνα, ποιο έχει πιθανότητα να είναι πιο μακριά απ' τον πυρήνα το 1s ή το 2s, μεγαλύτερη πιθανότητα;                                                                                          |
| 52 | <b>R</b>   | Δημήτρης:     | Το 1s ή το 2s; ... Το 2s.                                                                                                                                                                                                        |
| 53 | <b>I</b>   | EP1:          | Γιατί                                                                                                                                                                                                                            |
| 54 | <b>R</b>   | Δημήτρης:     | Έχει μεγαλύτερο ... ας πούμε εύρος, είναι μεγαλύτερο νέφος.                                                                                                                                                                      |
| 55 | <b>I</b>   | EP1:          | Ε τώρα εδώ βέβαια γίνεται λίγο ποιος έκανε το αυγό η κότα ή η κότα το αυγό έτσι γιατί είπαμε έχει μεγαλύτερη ενέργεια άρα είναι πιο πολύ μακριά ή είναι πιο μακριά επειδή έχει μεγαλύτερη ενέργεια.                              |
| 56 | <b>R</b>   | Δημήτρης:     | Στο 2s συγκριτικά με το 1s ...                                                                                                                                                                                                   |
| 57 | <b>I</b>   | EP1:          | Εντάξει, εντάξει το θέμα απλώς εγώ κάνω ένα σχόλιο. Λοιπόν Κώστα, σχόλια δικά σου σ' αυτά που άκουσες.                                                                                                                           |
| 58 | <b>R</b>   | Κωνσταντίνος: | Το 1s είναι μια σφαίρα μικρή και το 2s είναι μια σφαίρα μεγαλύτερη και το 2s εμπεριέχει το 1s άρα στο 2s η πιθανότητα θα 'ναι μεγαλύτερη, γιατί καταλαμβάνει μεγαλύτερο χώρο.                                                    |
| 59 | <b>I</b>   | EP1:          | Ξαναγυρνούμε στην απάντηση σου τώρα.                                                                                                                                                                                             |
| 60 | <b>R</b>   | Κωνσταντίνος: | Στη θεμελιώδη κατάσταση όσο μακριά και αν είναι το ηλεκτρόνιο απ' τον πυρήνα, αν είναι σε θεμελιώδη κατάσταση λέμε ότι είναι στο τροχιακό το 1s                                                                                  |
| 61 | <b>I</b>   | EP1:          | Το οποίο έχει καθορισμένο... καθορισμένη απόσταση, καθορισμένο σχήμα, έτσι;                                                                                                                                                      |

|    |          |                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|----|----------|----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    |          |                      | <i>Αρα δεν μπορεί να βρεθεί έξω απ' αυτό;</i>                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| 62 | <b>R</b> | <i>Κωνσταντίνος:</i> | <i>Όχι</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 63 | <b>I</b> | <i>EP1:</i>          | <i>Αυτό που λες εσύ. Τον ορισμό του τροχιακού πώς τον δίνεις εσύ, πες τον ξανά.</i>                                                                                                                                                                                                                               |
| 64 | <b>R</b> | <i>Κωνσταντίνος:</i> | <i>Είναι ο χώρος που μπορεί να βρεθεί το ηλεκτρόνιο.</i>                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 65 | <b>I</b> | <i>EP1:</i>          | <i>Εσύ τι λες για τον ορισμό του τροχιακού Δημήτρη; Είναι ο χώρος...</i>                                                                                                                                                                                                                                          |
| 66 | <b>R</b> | <i>Δημήτρης:</i>     | <i>Που υπάρχει μεγάλη πιθανότητα να βρεθεί ...</i>                                                                                                                                                                                                                                                                |
| 67 | <b>I</b> | <i>EP1:</i>          | <i>Πόση πιθανότητα μπορούμε να την ορίσουμε αυτήν</i>                                                                                                                                                                                                                                                             |
| 68 | <b>R</b> | <i>Δημήτρης:</i>     | <i>Πάλι σχετικά ας πούμε.</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| 69 | <b>I</b> | <i>EP1:</i>          | <i>Πόσο, μπορούμε να βάλουμε κάποιο νούμερο, το τροχιακό που το ορίζεις λες έχει μεγάλη πιθανότητα να βρεθεί το ηλεκτρόνιο, αυτό το μεγάλο να το ποσοτικοποιήσεις, να βάλουμε μια αριθμητική τιμή. Έχετε συναντήσει κάποιον να λένε τόση πιθανότητα</i>                                                           |
| 70 | <b>R</b> | <i>Δημήτρης:</i>     | <i>Το τροχιακό ας πούμε, το 1s τροχιακό είναι ...ξεφεύγει πάρα πολύ είναι πολύ μεγάλο απλά όσο απομακρύνεται ας πούμε το νέφος, η ακτίνα που συνδέει, ας πούμε, το άκρο του νέφους με τον πυρήνα απλά εκεί υπάρχει μεγάλη, πολύ, πολύ μικρή πιθανότητα να βρεθεί αλλά δεν σημαίνει ότι περιορίζεται το νέφος.</i> |
| 71 | <b>I</b> | <i>EP2:</i>          | <i>Όταν όμως θα το ζωγραφίσουμε...</i>                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| 72 | <b>R</b> | <i>Δημήτρης:</i>     | <i>Ναι, όταν το ζωγραφίσουμε μπορούμε να σχεδιάσουμε πολύ αραιό νέφος και πάρα, πάρα πολύ μακριά από τον πυρήνα. Δηλαδή είναι ακόμα 1s τροχιακό, το 2s η διαφορά από το 1s είναι ότι σε κείνο το σημείο που είναι πολύ αραιό είναι λίγο πιο πυκνό το 2s τροχιακό.</i>                                             |
| 73 | <b>I</b> | <i>EP2:</i>          | <i>Ναι, εγώ θέλω να πω το εξής όμως, δεν έχετε δει σε βιβλία μπάλες, τροχιακά σαν μπάλες;</i>                                                                                                                                                                                                                     |
| 74 | <b>R</b> | <i>Δημήτρης:</i>     | <i>Ναι</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 75 | <b>I</b> | <i>EP2:</i>          | <i>Εκεί δεν τα ζωγραφίζουμε σαν νέφος τα ζωγραφίζουμε σαν μπάλα, τι είναι αυτό που θα μας ωθήσει να καθορίσουμε την ακτίνα αυτής της μπάλας;</i>                                                                                                                                                                  |
| 76 | <b>R</b> | <i>Δημήτρης:</i>     | <i>Ναι, εκεί πέρα η μπάλα έχει και μια συγκεκριμένη μάλιστα ακτίνα, η μπάλα είναι η μεγαλύτερη πιθανότητα να βρεθεί το ηλεκτρόνιο, βρίσκεται το ηλεκτρόνιο εκεί πέρα μέσα.</i>                                                                                                                                    |
| 77 | ---      | <i>EP2:</i>          | <i>Κώστα θέλω να σε ρωτήσω....</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| 78 | <b>I</b> | <i>EP1:</i>          | <i>Αυτό με τον αριθμό το ξεκαθαρίσατε με την πιθανότητα, πόση πιθανότητα;</i>                                                                                                                                                                                                                                     |
| 79 | <b>R</b> | <i>Βασιλική:</i>     | <i>Είναι 95%</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 80 | <b>I</b> | <i>EP1:</i>          | <i>95 που το έχεις ακούσει εσύ αυτό.</i>                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 81 | <b>R</b> | <i>Βασιλική:</i>     | <i>Στο βιβλίο, απ' ότι θυμάμαι στο Λιοδάκη, δεν θυμάμαι.</i>                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 82 | <b>I</b> | <i>EP1:</i>          | <i>Στο Λιοδάκη 95% έτσι;</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                      |

|     |            |               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|-----|------------|---------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 83  | <b>R</b>   | Βασιλική:     | Είχα ακούσει                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| 84  | <b>I</b>   | EP1:          | Άρα βάζουμε εμείς, μπορούμε να πούμε και 98 ή όχι; Δεν μπορώ να έχω 90, είναι θέμα κάποιας επιλογής ας πούμε έτσι; Για να μπορέσω να δώσω κάποια μορφή στο τροχιακό, έτσι, να καθορίσω το χώρο που λες και συ Κώστα και να πω μέχρι εκεί είναι πρέπει να διαλέξω και κάποια πιθανότητα. Αν θα βάλω 90 φτάνει μέχρι ένα σημείο αν θα βάλω 95 πάει μέχρι ένα άλλο σημείο. |
| 85  | <b>I</b>   | EP2:          | Αν βάλω 100% μέχρι που θα πάει;                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 86  | <b>R</b>   | Βασιλική:     | Στο άπειρο.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| 87  | <b>F/P</b> | EP2:          | Όλος ο χώρος δηλαδή, άρα αν θα ορίσουμε ένα τροχιακό, έτσι όπως το ορίζουμε μειώνουμε, ή αν το ζωγραφίσουμε, τις πιθανότητες. Δεν βάζουμε το 100%.                                                                                                                                                                                                                      |
| 88  | <b>I</b>   | EP1:          | Όσο δεν την αυξάνουμε την πιθανότητα τόσο τι;                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| 89  | <b>I</b>   | EP2:          | Μήπως αυτά που έσβησες τελικά ήταν πιο σωστά από αυτά που έγραψες;                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 90  | <b>I</b>   | EP1:          | Τι έσβησες, για προσπάθησε να διαβάσεις εκεί                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| 91  | <b>R</b>   | Κωνσταντίνος: | «Το τροχιακό ορίζεται ως ο χώρος με την μεγαλύτερη πιθανότητα εύρεσης του ηλεκτρονίου οπότε υπάρχει πάντα μια ελάχιστη πιθανότητα να βρεθεί εκτός του χώρου αυτού» Νομίζω σαν του Δημήτρη πρέπει να είναι.                                                                                                                                                              |
| 92  | <b>I</b>   | EP1:          | Ε τότε γιατί το 'σβησες;                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| 93  | <b>R</b>   | Κωνσταντίνος: | Το 'γραψα αυτό στην αρχή, με μπέρδεψε λίγο αυτή η ερώτηση.                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| 94  | <b>I</b>   | EP1:          | Τώρα τι γίνεται μετά από τη συζήτηση που κάναμε εδώ;                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 95  | <b>R</b>   | Κωνσταντίνος: | Εξαρτάται πώς θα το ορίσουμε το τροχιακό άμα το ορίσουμε να έχει ένα ορισμένο μέγεθος, κάπου να σταματάει τότε υπάρχει...                                                                                                                                                                                                                                               |
| 96  | <b>I</b>   | EP1:          | Δηλαδή ορισμένο μέγεθος τι σημαίνει; Ορισμένη τι;                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 97  | <b>R</b>   | Κωνσταντίνος: | Πιθανότητα                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| 98  | <b>I</b>   | EP1:          | Πιθανότητα                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| 99  | <b>R</b>   | Κωνσταντίνος: | Υπάρχει μια πολύ μικρή πιθανότητα...                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 100 | <b>I</b>   | EP1:          | Αν τη βάλουμε 100% πιθανότητα και βάλουμε όλο το χώρο έχει καμιά αξία αυτό το τροχιακό;                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 101 | <b>R</b>   | Κωνσταντίνος: | Όχι.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 102 | <b>I</b>   | EP1:          | Άρα πρέπει να τη βάλουμε λιγότερο, αναγκαστικά, οπότε του δίνουμε κάποιο σχήμα. Αφήνουμε την πιθανότητα να βρεθεί έξω σ' αυτή την περίπτωση ας πούμε λέμε 90% υπάρχει ένα 10% να είναι έξω, άρα ποια είναι η σωστή απάντηση εδώ;                                                                                                                                        |
| 103 | <b>R</b>   | Κωνσταντίνος: | Αυτό που είπε ο Δημήτρης.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 104 | <b>I</b>   | EP1:          | Σίγουρα, είσαι πεισμένος; Για να δούμε τώρα η Βάσω τι μας λέει, απ' αυτά τα δύο τώρα που άκουσες, κάπως ο Κώστας, βέβαια το είχε γράψει, εγώ δεν το ήξερα αυτό, το είχε γράψει εκεί.                                                                                                                                                                                    |

|     |            |               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|-----|------------|---------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 105 | <b>R</b>   | Βασιλική:     | Πρέπει να είναι κάποιο από τα δύο σωστά δηλαδή;                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 106 | <b>I</b>   | EP1:          | Όχι εγώ δεν σου λέω αν είναι σωστό εγώ ....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| 107 | <b>R</b>   | Βασιλική:     | Όχι εγώ επιμένω στο δικό μου.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 108 | <b>F/P</b> | EP1:          | Δηλαδή όταν λέμε ότι έχει πιθανότητα 90% να βρεθεί αυτό του δίνει κάποιο σχήμα, σφαιρικό, υπάρχει και ένα 10% να είναι απ' έξω.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 109 | <b>R</b>   | Βασιλική:     | Ναι                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| 110 | <b>I</b>   | EP1:          | Συμφωνείς με αυτό;                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| 111 | <b>R</b>   | Βασιλική:     | ναι.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| 112 | <b>I</b>   | EP1:          | Άρα ποια είναι η απάντηση, τι ρωτάμε εμείς, «είναι πιθανό να βρεθεί έξω από το χώρο που ορίζουμε ως 1s τροχιακό», εγώ πάντως σαν 90% πιθανότητα όρισα αυτό, είναι πιθανό; Έχει 10% πιθανότητα; Άρα τι λες;                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 113 | <b>R</b>   | Βασιλική:     | Ότι έχει, ότι γίνεται.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 114 | <b>I</b>   | EP1:          | Και εξακολουθεί να είναι τροχιακό 1s;                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| 115 | <b>R</b>   | Βασιλική:     | Εξακολουθεί.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 116 | <b>I</b>   | EP1:          | Εξακολουθεί να είναι.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| 117 | <b>I</b>   | EP2:          | Γιατί εξακολουθεί; Τι είναι αυτό που το καθορίζει να είναι τροχιακό 1s; Τι είναι αυτό που καθορίζει ότι το ηλεκτρόνιο βρίσκεται στη θεμελιώδη κατάσταση;                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 118 | <b>R</b>   | Βασιλική:     | Το ότι είναι ακόμα στο 1s.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 119 | <b>I</b>   | EP2:          | Γιατί είναι στο 1s;                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| 120 | <b>R</b>   | Κωνσταντίνος: | Από την ενέργεια.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 121 | <b>I</b>   | EP1:          | Όχι, μισό λεπτό, όταν θα φύγει μακριά παιδιά η ενέργεια του γίνεται μεγάλη, είναι στο 1s, έτσι, εφόσον πάει μακριά και λέμε η ενέργεια εξαρτάται από την απόσταση, τι είναι εκείνο που το κάνει να είναι 1s και να μην είναι 2s.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| 122 | <b>R</b>   | Βασιλική:     | Οι πιθανότητες που δώσαμε                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 123 | <b>I</b>   | EP1:          | Δηλαδή τι, αν ήταν 2s τι θα συνέβαινε;... είπαμε έχει μεγαλύτερη ενέργεια, μεγαλύτερη ενέργεια πάντα;                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| 124 | <b>R</b>   | Δημήτρης:     | Απλά και τα τροχιακά είναι κάτι σχετικό το οποίο έχουμε βάλει το οποίο πάντα μιλάει με την πιθανότητα, δηλαδή θα μπορούσαμε να είχαμε καλύψει όλες τις πιθανότητες εύρεσης του ηλεκτρονίου γύρω από τον πυρήνα με ένα τροχιακό. Απλά επειδή σε άλλες περιπτώσεις υπάρχει μεγάλη πιθανότητα να βρεθεί στον πυρήνα, κοντά στον πυρήνα, και όταν είναι πολύ κοντά στον πυρήνα και όσο απομακρύνεται είναι λιγότερο αυτό το ονομάσαμε ως 1s τροχιακό. Όταν να βρεθούνε και λίγο πιο μακριά από τον πυρήνα, με τον ίδιο τρόπο βέβαια, αυτό το ονομάσαμε 2s τροχιακό. |
| 125 | <b>I</b>   | EP1:          | Άρα το 2s απ' το 1s τι διαφέρει;                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |



|     |          |               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|-----|----------|---------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 126 | <b>R</b> | Δημήτρης:     | Διαφέρει στο ότι στο 2s το ηλεκτρόνιο μπορεί να βρεθεί σε μεγαλύτερη απόσταση από τον πυρήνα με μεγαλύτερες πιθανότητες.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 127 | <b>I</b> | EP1:          | Με μεγαλύτερη πιθανότητα, συμφωνείς Κώστα;                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 128 | <b>R</b> | Κωνσταντίνος: | Ναι.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| 129 | <b>I</b> | EP1:          | Στο 2s η διαφορά του από το 1s είναι ότι μπορεί να είναι πιο μακριά από τον πυρήνα με μεγαλύτερη πιθανότητα, τι σημαίνει αυτό αν το πάρω χρονικά, αν εγώ παρατηρώ τις περισσότερες φορές θα το βρίσκω να είναι το 2s απ' το 1s τι;... πιο;                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 130 | <b>R</b> | Βασιλική:     | Πιο μακριά.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| 131 | <b>I</b> | EP1:          | Πιο μακριά, έτσι; Κάποια στιγμή όμως μπορεί το 2s, πιθανότητες είναι αυτές, το 2s να είναι από το 1s πιο...;                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 132 | <b>R</b> | Κωνσταντίνος: | Κοντά.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 133 | <b>I</b> | EP1:          | Το δέχεσαι αυτό Κώστα, σε πείθω μ' αυτό που λέω;                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| 134 | <b>R</b> | Κωνσταντίνος: | Ναι.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| 135 | <b>I</b> | EP1:          | Γιατί σε έπεισα για πες μου, τι είναι εκείνο που σε έπεισε;                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| 136 | ---      | Κωνσταντίνος: | ....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| 137 | ---      | EP1:          | Δεν κάνουμε τώρα εξέταση παιδιά συζήτηση κάνουμε. Απλώς εμείς έχουμε για αυτά τα πράγματα κάποια εικόνα στο μυαλό μας, έτσι, γι' αυτά, έτσι τα ερμηνεύουμε εμείς αυτά τα πράγματα, τα βιβλία δεν τα πολυγράφουν αυτά που σας λέμε τώρα δεν τα γράφουν τα βιβλία μέσα ούτε και στα πανεπιστημιακά βιβλία θα τα βρείτε αυτά που συζητάμε. Δηλαδή έχουν μια τάση το λέμε και πάμε παρακάτω, δίνουμε ένα ορισμό και πάμε παρακάτω, τώρα τι καταλαβαίνει ο καθένας από μας είναι δική του υπόθεση καταλάβετε εγώ το ερμηνεύω έτσι εσύ το ερμηνεύεις έτσι. Τώρα εγώ το ερμηνεύω έτσι, σε έπεισα λες, γιατί σε έπεισα; |
| 138 | <b>R</b> | Κωνσταντίνος: | Επειδή εμείς το ορίσαμε το τροχιακό και το ορίσαμε με... ως εκεί που υπάρχει μεγαλύτερη πιθανότητα, υπάρχει πάντα η μικρότερη πιθανότητα να ανατραπούν αυτά που ορίσαμε εμείς.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 139 | <b>I</b> | EP1:          | Όχι που ορίσαμε εμείς, υπάρχει μια μικρή πιθανότητα να ...                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 140 | <b>R</b> | Κωνσταντίνος: | Να βρεθεί έξω από το τροχιακό το 1s.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| 141 | <b>I</b> | EP1:          | Το 1s εκεί που το ορίσαμε, έτσι, εμείς το ορίσαμε στο 90%                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 142 | <b>R</b> | Κωνσταντίνος: | Αν το είχαμε ορίσει διαφορετικά το τροχιακό θα υπήρχε διαφορετική πιθανότητα να βρεθεί έξω απ' αυτό.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| 143 | <b>I</b> | EP1:          | Ναι, θα υπήρχε διαφορετική πιθανότητα ή κάτι άλλο; Δηλαδή αν εγώ το όριζα στο 95% τι θα άλλαζε από το 90 για το τροχιακό 1s, σχετικά με το χώρο, τι θα άλλαζε;                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 144 | <b>R</b> | Κωνσταντίνος: | Το μέγεθος.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| 145 | <b>I</b> | EP1:          | Δηλαδή;                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |

|     |          |               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|-----|----------|---------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 146 | <b>R</b> | Κωνσταντίνος: | Η απόσταση απ' τον πυρήνα.                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| 147 | <b>I</b> | EP1:          | Το 95 τι θα 'τανε;                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| 148 | <b>R</b> | Κωνσταντίνος: | Θα 'ταν λίγο πιο μεγάλο.                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 149 | <b>E</b> | EP1:          | Πιο μεγάλος ο χώρος, το καταλαβαίνεις αυτό Βάσω;                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 150 | <b>R</b> | Βασιλική:     | Ναι                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 151 | <b>I</b> | EP1:          | Γιατί έπρεπε να είναι πιο μεγάλος ο χώρος για το 95 απ' το 90                                                                                                                                                                                                                                          |
| 152 | <b>R</b> | Βασιλική:     | Γιατί όταν λέμε ότι έχουμε 95% πιθανότητα να βρίσκεται το ηλεκτρόνιο έναντι του 90 σημαίνει ότι έχουμε 5% περισσότερο χώρο.                                                                                                                                                                            |
| 153 | <b>R</b> | Δημήτρης:     | Εγώ δεν το πιστεύω, ο χώρος που επιτρέπεται να κινείται το ηλεκτρόνιο είναι άπειρος, η πιθανότητα να βρεθεί σε αυτό το χώρο αλλάζει, δεν έχει μεγαλύτερο χώρο το 1s τροχιακό από το 2s.                                                                                                                |
| 154 | <b>R</b> | Βασιλική:     | Μιλάμε το να δώσουμε μια πιθανότητα 90% και μια 95%, το 95% θα έχει μεγαλύτερο χώρο.                                                                                                                                                                                                                   |
| 155 | <b>I</b> | EP1:          | Δεν υπάρχει, εμείς πρέπει να καθορίσουμε μεγαλύτερο χώρο ώστε μέσα σ' αυτό το χώρο η πιθανότητα να βρεθεί να είναι 95%. Αν θέλουμε η πιθανότητα να είναι 90% έχω την πολυτέλεια τον χώρο πρέπει να τον βάλω πιο μικρό, όχι την πολυτέλεια πρέπει να τον βάλω πιο μικρό.                                |
| 156 | <b>R</b> | Δημήτρης:     | Όσον αφορά την αναπαράσταση.                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| 157 | <b>I</b> | EP1:          | Ναι, συμφωνείς;                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 158 | <b>R</b> | Δημήτρης:     | Ναι, και μία μπάλα όπως έχουν τα βιβλία και ως μία σφαίρα όπως είπαμε και πριν μπορεί να μας την δώσουνε, είναι κάτι τελείως περιοριστικό και τελείως ψευδές, ή να κάτι σαν κι αυτό που είπα στην πρώτη απάντηση δηλαδή ότι το έβαλα ας πούμε να κινείται σε συγκεκριμένο χώρο σε συγκεκριμένη τροχιά. |
| 159 | <b>I</b> | EP1:          | Άρα συμφωνείς ότι μπορεί κάποια στιγμή ένα ηλεκτρόνιο που είναι 2s να βρεθεί πιο κοντά στον πυρήνα από ένα ηλεκτρόνιο που είναι 1s;                                                                                                                                                                    |
| 160 | <b>R</b> | Δημήτρης:     | Ναι.                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 161 | <b>I</b> | EP1:          | Συμφωνείς, και τελικά όλα αυτά που οδηγούν, αν μπορούσα να κοιτάξω τελικά αφού το 1s μπορεί να είναι και πιο μακριά από το 2s τελικά τι θα βλέπαμε, όταν βλέπω το άτομο ως προς την κίνηση των ηλεκτρονίων;                                                                                            |
| 162 | <b>R</b> | Δημήτρης:     | Πώς θα τα διαφοροποιώ δηλαδή;                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 163 | <b>I</b> | EP1:          | Πώς θα τα βλέπω εγώ, αν μπορούσα να τα βλέπω τα ηλεκτρόνια να μετακινούνται γύρω απ' τον πυρήνα                                                                                                                                                                                                        |
| 164 | ---      | Δημήτρης:     | (Ακατανόητη απάντηση)                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 165 | <b>I</b> | EP1:          | Βλέπω το 1s να είναι πιο μακριά από το 2s, άρα τι συμβαίνει; Αλλά τον περισσότερο χρόνο που θα είναι το 1s πιο κοντά ή πιο μακριά;                                                                                                                                                                     |

|     |          |           |                                                                                                                                                                                                                                                            |
|-----|----------|-----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 166 | <b>R</b> | Δημήτρης: | Πιο κοντά.                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 167 | <b>I</b> | EP1:      | Υπάρχει μια μικρή πιθανότητα, αυτό σημαίνει λίγες φορές, λίγες χρονικές στιγμές είναι απ' έξω, τις περισσότερες είναι πιο κοντά το 1s έτσι; Κάποιες στιγμές όμως φεύγει αυτό τι σημαίνει τι θα βλέπω εγώ τελικά; Θα βλέπω κάτι κανονικό ή κάτι ακανόνιστο; |
| 168 | <b>R</b> | Δημήτρης: | Ε το νέφος υποτίθεται δημιουργείται με την ακανόνιστη κίνηση του ηλεκτρονίου, το νέφος έτσι όπως το έχουμε συλλάβει ...                                                                                                                                    |
| 169 | <b>I</b> | EP1:      | Εντάξει.                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 170 | <b>R</b> | Δημήτρης: | ..για αυτό είπα και ότι κατ' εμέ δηλαδή, εντάζει, απλά, χωρίς να ξέρω αν είναι και το 1s με το, με το ένα κάποιο s τροχιακό ανεξάρτητα με τον κύριο κβαντικό αριθμό συγκριτικά με ένα p τροχιακό πάλι παίζει το ίδιο παιχνίδι.                             |
| 171 | <b>E</b> | EP1:      | Ναι.                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 172 | ---      | Δημήτρης: | Δεν το έχω ίσως ακόμα, δεν έχω καταλήξει ακόμα όσον αφορά γιατί έχουμε προσδιορίσει τους λόγους δεν το έχω σκεφτεί αλλά ...                                                                                                                                |
| 173 | ---      | EP1:      | Είναι λίγο πιο μπερδεμένο.                                                                                                                                                                                                                                 |
| 174 | ---      | Δημήτρης: | Ναι.                                                                                                                                                                                                                                                       |

### Σχολιασμός της 5<sup>ης</sup> ομαδικής συνέντευξης

Στην αρχή της συνέντευξης ζητείται από τους φοιτητές να διαβάσουν αυτά που έχουν γράψει στις σημειώσεις τους και διαπιστώνεται ότι μόνο ένας – ο Δημήτρης – έχει δώσει καταφατική απάντηση. Ο Δ. χρησιμοποιεί ορθά την έννοια της πιθανότητας «Το τροχιακό είναι ο χώρος μέσα στον οποίο υπάρχει μεγάλη πιθανότητα να βρεθεί ένα ηλεκτρόνιο» και δείχνει ότι είναι σίγουρος για την άποψή του. Αντίστοιχα, ο Κωνσταντίνος, αναφέρει ότι ««Δεν είναι δυνατό γιατί ως τροχιακό ορίζεται ο χώρος που μπορεί να βρεθεί το ηλεκτρόνιο» άρα έξω απ' το τροχιακό δεν μπορεί να βρεθεί», ενώ η Βασιλική δίνει άλλη, διαφορετική απάντηση εισάγοντας ενεργειακή προσέγγιση «Δεν είναι δυνατό γιατί η θεμελιώδης κατάσταση υφίσταται στην υποστιβάδα με την μικρότερη ενέργεια και η 1s έχει την ελάχιστη, άρα σε κάθε άλλη δεν θα είναι θεμελιώδης».

Ο EP1 διαπιστώνει την σταθερή άποψη του Δ. και την φέρνει σε αντιπαράθεση (15) με την αντίληψη της Βασιλικής : «Για να βρεθεί έξω απ' αυτό τον χώρο πρέπει να πάει σε άλλο τροχιακό, συμφωνείς Δημήτρη μ' αυτό για να βρεθεί έξω σύμφωνα με την απάντησή σου, εάν θα πάει σε άλλο τροχιακό έχει βρεθεί έξω από το χώρο;». Η απάντηση του Δ. είναι σαφής: «Όχι, γιατί ο χώρος ας πούμε περιλαμβάνει και το 2s τροχιακό ή ακόμα και το p ή το d τροχιακό». Στο σημείο αυτό ξεκινά και μια άμεση συζήτηση μεταξύ Δημήτρη και Βασι-

λικής, με αποτέλεσμα να διακρίνεται αλληλεπίδραση (18 – 21). Μεταφέρεται εδώ ο διάλογος:

*Βασιλική: Δεν θα είναι θεμελιώδης όμως, δεν θα είναι θεμελιώδης κατάσταση*

*Δημήτρης: Ναι δεν θα είναι θεμελιώδης αλλά το ηλεκτρόνιο κινείται γύρω από μια περιοχή γύρω από το πυρήνα, δηλαδή και αυτό το θέμα το πώς κινείται το ηλεκτρόνιο είναι κάτι σχετικό ας πούμε.*

*Βασιλική: Ναι αλλά μας λέει να κινείται το ηλεκτρόνιο, να είναι στη θεμελιώδη κατάσταση εκεί που πρέπει...*

Στην (23) ο Δ. κάνει πιο σαφή την εικόνα που έχει για το ηλεκτρόνιο, λέγοντας «Όταν λέμε χώρος τροχιακού ας πούμε είναι κάτι πολύ μεγάλο, το χώρο που καταλαμβάνει το 1s τροχιακό κάποιο μέρος του χώρου αυτού καταλαμβάνει και το 2s τροχιακό και πιο ευρύτερα ή και το p τροχιακό». Με αυτή όμως τη φράση δείχνει ότι περιπλέκει το πρόβλημα, πρώτον γιατί η ερώτηση αφορά θεμελιώδη κατάσταση του υδρογόνου και δεύτερον γιατί αναφέρεται σε τροχιακό p.

Ο EP2 παρεμβαίνει για να διαπιστώσει εάν γνωρίζουν την ουσία της διαφοράς των τροχιακών 1s και 2s, ώστε να εισάγει την έννοια της ενέργειας. Ακολουθεί διάλογος μεταξύ του EP1 – κυρίως – και του Δημήτρη, ο οποίος φαίνεται μέσα από τις απαντήσεις του ότι έχει κατανοήσει τη σημασία τόσο της πιθανότητας όσο και τη διαφορά των τροχιακών 1s και 2s. Στην (51), αυτό γίνεται απόλυτα αντιληπτό, όταν ο EP1 ζητάει: «Αλλά ως προς την απόσταση από τον πυρήνα, ποιο έχει πιθανότητα να είναι πιο μακριά απ' τον πυρήνα το 1s ή το 2s, μεγαλύτερη πιθανότητα;», για να απαντήσει ο Δ. «το 2s, γιατί έχει μεγαλύτερο ... ας πούμε εύρος, είναι μεγαλύτερο νέφος » (54).

Είναι η **μοναδική συνέντευξη στην οποία γίνεται αναφορά σε ηλεκτρονικό νέφος**. Σε καμία άλλη δεν συνέβη αυτό και αποτελεί ενδεχομένως μια ένδειξη ότι ο συγκεκριμένος φοιτητής είχε διδαχθεί τη θεωρία των τροχιακών από το βιβλίο Δ.

Η συζήτηση στρέφεται στον Κωνσταντίνο ο οποίος στην 60 διατυπώνει την απάντησή του: «Στη θεμελιώδη κατάσταση όσο μακριά και αν είναι το ηλεκτρόνιο απ' τον πυρήνα, αν είναι σε θεμελιώδη κατάσταση λέμε ότι είναι στο τροχιακό το 1s»

Και ενώ η απάντηση αυτή δείχνει σωστή, η παρέμβαση του EP1 «Το οποίο έχει καθορισμένο... καθορισμένη απόσταση, καθορισμένο σχήμα, έτσι; Άρα δεν μπορεί να βρεθεί έξω απ' αυτό;», τον οδηγεί να απαντήσει «όχι» (62). Ο ορισμός του τροχιακού που δίνει ο συγκεκριμένος φοιτητής προέρχεται από το βιβλίο Α. («Είναι ο χώρος που μπορεί να βρεθεί το ηλεκτρόνιο.»), ενώ η παρέμβαση του Δημήτρη («Που υπάρχει μεγάλη **πιθανότητα** να

βρεθεί ...»), ακολουθείται από την ερώτηση του EP1 σχετικά με το πόση είναι αυτή η πιθανότητα.

Δεν δίνεται αριθμός – ποσοστό, αλλά ο φοιτητής Δ. επανέρχεται (70) με τη φράση:

«Το τροχιακό ας πούμε, το 1s τροχιακό είναι ...ξεφεύγει πάρα πολύ είναι πολύ μεγάλο απλά όσο απομακρύνεται ας πούμε το νέφος, η ακτίνα που συνδέει, ας πούμε, το άκρο του νέφους με τον πυρήνα απλά εκεί υπάρχει μεγάλη, πολύ, πολύ μικρή πιθανότητα να βρεθεί αλλά δεν σημαίνει ότι περιορίζεται το νέφος»,

στην οποία χρησιμοποιεί ξανά τη λέξη (ηλεκτρονιακό) νέφος. Ο EP2 παρεμβαίνει ζητώντας από τους φοιτητές να επαναφέρουν στο μυαλό τους «Ναι, εγώ θέλω να πω το εξής όμως, δεν έχετε δει σε βιβλία μπάλες, τροχιακά σαν μπάλες;» και στη συνέχεια «Εκεί δεν τα ζωγραφίζουμε σαν νέφος τα ζωγραφίζουμε σαν μπάλα, τι είναι αυτό που θα μας ωθήσει να καθορίσουμε την ακτίνα αυτής της μπάλας;».

Στο σημείο αυτό να σημειωθεί ότι τουλάχιστον στο σχολικό σύγγραμμα Δ τονίζεται ότι τα σχήματα που απεικονίζουν πυκνότητα ηλεκτρονιακού νέφους, δεν είναι απεικόνιση του τροχιακού (σελ.8) και (σελ.11, γραφική απεικόνιση των ατομικών τροχιακών), επομένως αυτό είναι κάτι που αφορά και την περίπτωση των οριακών καμπυλών.

Ο EP1 στη συνέχεια ρωτά για τον αριθμό (το ποσοστό, δηλαδή) που αντιστοιχεί στην πιθανότητα εύρεσης του ηλεκτρονίου. Οι τιμές που αναφέρονται, 90 – 97% κλπ, είναι σύμφωνες με τη σχολική βιβλιογραφία, ενώ ο EP2 σε παρέμβαση – ανατροφοδότηση φέρνει στην επιφάνεια (91) την αρχική αντίληψη του Κωνσταντίνου ««Το τροχιακό ορίζεται ως ο χώρος με την μεγαλύτερη πιθανότητα εύρεσης του ηλεκτρονίου οπότε υπάρχει πάντα μια ελάχιστη πιθανότητα να βρεθεί εκτός του χώρου αυτού» Νομίζω σαν του Δημήτρη πρέπει να είναι.»

Ενώ με την απάντηση αυτή φαίνεται ότι συμφωνεί με την πρόταση και ότι δίνει καταφατική απάντηση, συμπληρώνει στην 95 και 99: «Εξαρτάται πώς θα το ορίσουμε το τροχιακό άμα το ορίσουμε να έχει ένα ορισμένο μέγεθος, κάπου να σταματάει τότε υπάρχει...» «Υπάρχει μια πολύ μικρή πιθανότητα...».

Ο EP1 ρωτά στην 100: «Αν τη βάλουμε 100% πιθανότητα και βάλουμε όλο το χώρο έχει καμιά αξία αυτό το τροχιακό;» για να απαντήσει ο Κ. «όχι». Ο EP1 επιμένει και στην 102 ανατροφοδοτεί και ρωτά ταυτόχρονα: «Άρα πρέπει να τη βάλουμε λιγότερο, αναγκαστικά, οπότε του δίνουμε κάποιο σχήμα. Αφήνουμε την πιθανότητα να βρεθεί έξω σ' αυτή την περίπτωση ας πούμε λέμε 90% υπάρχει ένα 10% να είναι έξω, άρα ποια είναι η σωστή απάντηση εδώ;» και ο Κ. δηλώνει «αυτό που είπε ο Δημήτρης»

Η συζήτηση στρέφεται κατόπιν στην Βασιλική, η οποία αφού ερωτάται για το αν έχει μεταβάλλει την άποψή της μετά απ όσα άκουσε (ένδειξη έμμεσης αλληλεπίδρασης με τα υπόλοιπα μέλη της ομάδας), αναφέρει (107): «Όχι εγώ επιμένω στο δικό μου», αλλά στην επόμενη φράση του EP1: «Δηλαδή όταν λέμε ότι έχει πιθανότητα 90% να βρεθεί αυτό του δίνει κάποιο σχήμα, σφαιρικό, υπάρχει και ένα 10% να είναι απ' έξω» δηλώνει ότι συμφωνεί.

Η συζήτηση προχωρά σε άλλο επεισόδιο μετά την 110, έξω όμως από το άμεσο ενδιαφέρον για την ερώτηση αυτή. Μέχρι το σημείο αυτό, η συζήτηση μπορεί να χαρακτηριστεί ως *αλληλεπιδραστική* και *διαλογική*, καθώς οι φοιτητές παρακολουθούν τις απαντήσεις μεταξύ τους και όπως προκύπτει από τους διαλόγους οι απόψεις τους επηρεάζονται από τις απαντήσεις των άλλων μελών – κυρίως του Δημήτρη, που φαίνεται πως έχει αντιληφθεί σε μεγάλο βαθμό την έννοια του τροχιακού. Η συνέντευξη μπορεί – πάντα μέχρι τη σειρά 110 – να χαρακτηριστεί ως *επιτυχής*. Και οι τρεις συμμετέχοντες απάντησαν καταφατικά στην ερώτηση, όμως δεν οδηγήθηκαν στην ορθή απάντηση μετά από κάποια γνωστική σύγκρουση, πλην ίσως της Βασιλικής. Το πρότυπο διαλόγου, λόγω της (116) φράσης του EP1 «εξακολουθεί να είναι» χαρακτηρίζεται ως *κλειστή αλυσίδα αλληλεπιδράσεων*.

**Πίνακας 11. Πρότυπα διαλόγου ομαδικής συνέντευξης 5 (μέρη διαλόγου N = 166)**

|     | <i>Καθηγητές</i> | I  | F-F/P-P | R  | E |                                       |
|-----|------------------|----|---------|----|---|---------------------------------------|
|     | EP1              | 66 | 4       | -  | 2 |                                       |
|     | EP2              | 11 | 1       | -  | - |                                       |
| α/α | <i>Φοιτητής</i>  |    |         |    |   | <i>Χαρακτηρισμός συνέντευξης</i>      |
| 1   | Δημήτρης         | -  | -       | 39 | - | Επιτυχής                              |
| 2   | Βασιλική         | -  | -       | 21 | - | Μερικά επιτυχής                       |
| 3   | Κωνσταντίνος     | -  | -       | 22 | - | Επιτυχής                              |
|     | ΣΥΝΟΛΟ           | 77 | 5       | 82 | - | <i>αλληλεπιδραστική και διαλογική</i> |

Και στην τελευταία ομαδική συνέντευξη η συμμετοχή του EP1 είναι καθοριστική καθώς συνολικά έχει 72 σειρές διαλόγου (έχουν αφαιρεθεί οι διάλογοι που δεν μπορούν να μπουν σε κάποια κατηγορία). Διαπιστώνεται μια ισορροπία στις αποκρίσεις των φοιτητών, κάτι

που κάνει την όλη συζήτηση ίσως την πιο επιτυχή από άποψη γενικότερης εικόνας και διαλόγου.

#### 6.4 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Από την προσεκτική μελέτη των αποτελεσμάτων που παρουσιάζονται στους πίνακες που παρατέθηκαν μετά από κάθε συνέντευξη, ατομική ή ομαδική, αλλά κυρίως από την μελέτη του *περιεχομένου* των απαντήσεων, μπορούν να εξαχθούν μερικά συμπεράσματα, που παρουσιάζονται στη συνέχεια

**A.** Φαίνεται καθαρά – *αν και οι συνεντεύξεις δεν σχεδιάστηκαν γι αυτό το λόγο ειδικά* – πως οι ομαδικές συνεντεύξεις έδωσαν περισσότερα θετικά στοιχεία για την καλύτερη κατανόηση των εννοιών που συζητήθηκαν, με άλλα λόγια εμφανίζονται ως περισσότερο επιτυχείς.

**B.** Και στις δέκα συνεντεύξεις, ο δάσκαλος (κυρίως ο EP1) δείχνει ότι στόχος του είναι να *καθοδηγήσει* τους φοιτητές ώστε να εργαστούν αποτελεσματικά και να διατυπώσουν ορθά τις επιστημονικές απόψεις. Παρόλα αυτά δεν μπορούν να χαρακτηριστούν όλες ως «αυθεντικές» ή «δασκαλοκεντρικές». Περισσότερο εμφανίζονται οι ακόλουθες επικοινωνιακές προσεγγίσεις:

- 1) Αλληλεπιδραστική – Δασκαλοκεντρική (κυρίως)
- 2) Μη αλληλεπιδραστική – Διαλογική (σε μερικά σημεία)

**Γ.** Διακρίνονται και οι 6 τύποι παρεμβάσεων, σε όλη την έκταση των συνεντεύξεων. Η συμμετοχή του EP2 διακρίνεται σε αυτή τη διαδικασία και συμπληρώνει τη μορφοποίηση των ιδεών που επιχειρεί ο EP1

**Δ.** Διαπιστώνονται όντως οι σημαντικότερες αλλαγές αμέσως μετά την εννοιολογική **σύγκρουση** (όπου συμβαίνει αυτή!)

**Ε.** Στο μεγαλύτερο μέρος των συνεντεύξεων παρατηρείται η κλειστή αλυσίδα αλληλεπίδρασης – ένα συνεχές I-R-I-R... , χωρίς όμως να ισχύει το ίδιο και για την τελική εικόνα. Σε αρκετές περιπτώσεις δεν υπήρξε η «τελική αξιολόγηση» (evaluation) με αποτέλεσμα ο τελικός χαρακτηρισμός να αποτελεί ανοικτή αλυσίδα

**ΣΤ.** Διαπιστώθηκαν παρανοήσεις, κατασκευή εναλλακτικών μοντέλων, αντιφάσεις

**Ζ.** Διακρίνονται μετατοπίσεις στις αντιλήψεις των φοιτητών κατά τη διάρκεια της συζήτησης σχετικά

- Με τη διαφορά μεταξύ των τροχιακών 1s και 2s

- Την έννοια των ορίων του χώρου που οι μαθητές συνδυάζουν ως τροχιακό (δεν το διδάσκονται έτσι, αλλά διαμορφώνεται στην αντίληψή τους *έτσι*)
- Την έννοια της πιθανής θέσης, και κατ' επέκταση
- Την έννοια της πιθανότητας

Η κβαντομηχανική είναι αντικείμενο που περιλαμβάνει πολλές αφηρημένες ιδέες, επομένως είναι η δύσκολη τόσο η διδασκαλία όσο και η κατανόηση της. Συνήθως, σε επίπεδο τριτοβάθμιας εκπαίδευσης, η διδασκαλία της ξεκινά μετά την ολοκλήρωση του μεγαλύτερου μέρους της κλασικής φυσικής. Σε επίπεδο όμως δευτεροβάθμιας, διαπιστώνεται ότι δεν υπάρχει κοινή διδακτική προσέγγιση ή έστω πρόταση για την εισαγωγή της στα αναλυτικά προγράμματα. Τα περισσότερα από αυτά εξαντλούν το περιεχόμενό τους στην κβαντομηχανική και τις έννοιές της στην εξήγηση της θεωρίας των κβάντα, της μελέτης του φωτοηλεκτρικού φαινομένου και της ερμηνείας της εκπομπής και απορρόφησης. Αφορούν δηλαδή τις έννοιες της «παλαιάς» κβαντικής θεωρίας με ελάχιστες ίσως αναφορές στον κυματοσωματιδιακό δυϊσμό, την αρχή της αβεβαιότητας, την εξίσωση του Σρέντινγκερ και την έννοια, όπως στο ελληνικό αναλυτικό πρόγραμμα, του τροχιακού. Οι προτάσεις που εμφανίζονται τα τελευταία χρόνια εστιάζονται σε τρεις τάσεις:

Η πρώτη και πιο απαιτητική προτείνει την παρουσίαση μέσω του μαθηματικού φορμαλισμού, μια πρόταση όμως που θα είναι για τους περισσότερους μαθητές απαγορευτική. Η δεύτερη προτείνει την παρουσίαση των αφηρημένων εννοιών μέσω κατάλληλα κατασκευασμένων εικονικών μοντέλων και η τρίτη θεωρεί ότι μια επιστημονική γλώσσα περισσότερο προσανατολισμένη σε όρους καθημερινής χρήσης ίσως είναι πιο προσιτή. Οι δύο τελευταίες μέθοδοι είναι και πιο πιθανό να επιτρέψουν σε περισσότερους μαθητές να συμμετάσχουν και να αποκτήσουν, έστω και στοιχειωδώς την αντίστοιχη γνώση.

Θα είχε ενδιαφέρον επομένως, η επανάληψη της έρευνας σε θέματα κβαντομηχανικής με την προϋπόθεση ότι θα υπάρχει αλλαγή του πλαισίου διδασκαλίας της στο λύκειο όπως, για παράδειγμα, η μείωση της έμφασης που δίνεται στο αναλυτικό πρόγραμμα σε ότι αφορά το πρότυπο του Μπορ και η ανάδειξη του πιθανοκρατικού μοντέλου, χωρίς όμως ιδιαίτερο μαθηματικό φορμαλισμό.





## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι

Στο παράρτημα αυτό παρουσιάζονται οι απαντήσεις που έδωσαν σε όλες τις ερωτήσεις στο ερωτηματολόγιο του απεμπλουτισμένου ουρανίου οι φοιτητές με τις περισσότερες αποδεκτές απαντήσεις. Γίνεται με αυτό τον τρόπο μια παρουσίαση του γνωστικού προφίλ των φοιτητών αυτών.

### **A) Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης**

Ο/η ΠΤ1 (προερχόμενος/η από τη *θεωρητική* κατεύθυνση) συνολικά έδωσε **13** αποδεκτές απαντήσεις. Στη συνέχεια παρατίθενται όλες οι απαντήσεις του/της ΠΤ1:

1) *Το ραδιενεργό ορυκτό ουράνιο (U) που βρίσκεται στη φύση αποτελείται κυρίως από δύο ισότοπα, το U-235 ( $^{235}\text{U}$ ) και το U-238 ( $^{238}\text{U}$ ).*

1α) Τι είναι τα ισότοπα

**«Ισότοπα είναι τα στοιχεία με ίδιο αριθμό πρωτονίων και διαφορετικό αριθμό νετρονίων» (αποδεκτή)**

και (1α') τι είναι τα ραδιοϊσότοπα;

**«Τα ραδιοϊσότοπα είναι τα ραδιενεργά στοιχεία που έχουν την ίδια ιδιότητα» (αποδεκτή)**

1β) Πώς ονομάζονται στην πυρηνική φυσική και στην χημεία οι αριθμοί 235 και 238 και τι εκφράζουν;

**«Ονομάζονται μαζικοί αριθμοί (A) και εκφράζουν το άθροισμα των πρωτονίων και των νετρονίων» (αποδεκτή)**

2) *«Το U-235 χρησιμοποιείται στους πυρηνικούς αντιδραστήρες για να παράγουν μεγάλη ποσότητα ενέργειας μέσω της αντίδρασης πυρηνικής σχάσης, ενώ το U-238 δεν είναι χρήσιμο σε αυτό».*

A) Τι είναι ένας πυρηνικός αντιδραστήρας;

**«Είναι μια "μηχανή" που προκαλεί πυρηνική σχάση, απελευθερώνοντας μεγάλη ποσότητα ενέργειας» (αποδεκτή)**

B) Να αναφέρετε την ομοιότητα και 1-3 διαφορές ανάμεσα στην πυρηνική αντίδραση που γίνεται κατά την έκρηξη μιας πυρηνικής βόμβας και στην πυρηνική αντίδραση που γίνεται σε έναν πυρηνικό αντιδραστήρα

2β) Ομοιότητα: **«Και στα δυο συμβαίνει πυρηνική σχάση» (αποδεκτή)**

2β') Διαφορές: **«Στον πυρηνικό αντιδραστήρα, η σχάση βρίσκεται υπό τον έλεγχο των επιστημόνων και η ενέργεια που απελευθερώνεται χρησιμοποιείται (π.χ. για το φωτισμό κλπ), ενώ στην έκρηξη η ενέργεια απελευθερώνεται στο περιβάλλον»** (αποδεκτή)

Γ) Πώς εξηγείται με όρους φυσικής η μεγάλη παραγωγή ενέργειας κατά τις πυρηνικές αντιδράσεις; (ΥΠΟΔΕΙΞΗ: Η εξήγηση συνδέεται με έναν διάσημο Φυσικό του 20ού αιώνα)

2γ) **«Ο διάσημος φυσικός είναι ο Άλμπερτ Αϊνστάιν»** (εν μέρει αποδεκτή)

Δ) Τι είναι η αντίδραση πυρηνικής σχάσης;

**«Με την πυρηνική σχάση επιδιώκεται η διάσπαση του πυρήνα του ατόμου, με την οποία εκλύεται τεράστια ενέργεια»** (αποδεκτή)

Ε) Έχεις υπόψη σου άλλο ή άλλους τύπους πυρηνικών αντιδράσεων εκτός από την πυρηνική σχάση; Αν ναι, μπορείς να δώσεις σύντομη περιγραφή; (δεν έγραψε)

3) **«Με χρόνο ημιζωής 4,5 εκατομμύρια χρόνια (!) στην πράξη (το U-238) ποτέ δεν διασπάται».**

Τι είναι ο χρόνος ημιζωής ενός ραδιενεργού στοιχείου;

**«Δεν ξέρω ακριβώς, αλλά μάλλον είναι ο χρόνος που χρειάζεται ένα ραδιενεργό στοιχείο μέχρι να διασπαστεί»** (εν μέρει αποδεκτή)

4) **«Όταν εκρήγνυται, θραύσματα και τριμμένο σε λεπτότατη σκόνη ραδιενεργό υλικό διασπείρονται σε μεγάλη ακτίνα και, πρακτικά, μένουν εκεί για πάντα, ρυπαίνοντας το χώμα και τον υδροφόρο ορίζοντα».**

Α) Τι εννοούμε με τους όρους ραδιενεργό υλικό και ραδιενέργεια;

**«Ραδιενεργό υλικό είναι αυτό που εκπέμπει ραδιενέργεια»** (αποδεκτή στο πρώτο σκέλος, δεν απάντησε στο δεύτερο, συνολικά: εν μέρει αποδεκτή)

Β) Γιατί πρακτικά το U-238 ρυπαίνει για πάντα;

**«Γιατί ο χρόνος ημιζωής του είναι 4,5 δισεκατομμύρια χρόνια»** (αποδεκτή)

5) **«Ένα πυρηνικό απόβλητο οδήγησε στο σχέδιο που έβαλε μπρος να κάνει πράξη η πολεμική βιομηχανία τη δεκαετία του '80,»**

Τι σημαίνει η φράση «πυρηνικά απόβλητα»;

**«Είναι αυτό που μένει μετά τον απεμπλουτισμό του ουρανίου και είναι εξαιρετικά ρυπογόνο»** (αποδεκτή)

6) **«Εκφράστηκαν ακόμη φόβοι για το πρόβλημα που μπορεί να προκληθεί αν το απεμπλουτισμένο ουράνιο περάσει στην τροφική αλυσίδα μέσω του υδροφόρου ορίζοντα».**

Πώς το ραδιενεργό ουράνιο περνάει στην τροφική αλυσίδα;

**«Ραδιενέργεια δέχονται τα φυτά, τα ζώα και ο άνθρωπος που τα τρώει. Μάλιστα, από τη ρύπανση του υδροφόρου ορίζοντα με ραδιενέργεια τρέφονται φυτά και ζώα»** (εν μέρει αποδεκτή – με λάθη διατύπωσης)

7) «Η φυσική ραδιενέργεια που παίρνει κανείς ετησίως είναι 0,1-0,15 rem».

Από πού προέρχεται αυτή η φυσική ραδιενέργεια;

**«Προέρχεται από ραδιενεργά υλικά που υπάρχουν στη φύση»** (αποδεκτή)

8) «Το επιτρεπόμενο ετήσιο όριο ακτινοβολίας ήταν 156 rem (δόση η οποία εξαρτάται και από το είδος της ακτινοβολίας και είναι δεκαπλάσια αν πρόκειται για σωματίδια α από ότι για ακτινοβολία γ ή X»

A) Τι είναι τα σωματίδια α;

(δεν έγραψε)

B) Τι είναι η ακτινοβολία γ;

**«Είναι μια ακτινοβολία»** (μη αποδεκτή)

Γ) Τι είναι οι ακτίνες X;

**«Είναι ακτίνες πολύ πιο ισχυρές από τις γ. Διεισδύουν στους ιστούς»** (εν μέρει αποδεκτή, για το δεύτερο σκέλος)

Δ) Γνωρίζετε κάποιο άλλο είδος ραδιενεργού ακτινοβολίας και τι είναι αυτό;

(δεν έγραψε)

9) Όπως διευκρινίζει ο κ. Γεράνιος, αν κάποιος σήμερα πάρει μια χαμηλή δόση ραδιενέργειας λίγων rem, τότε θα περάσει μια λανθάνουσα περίοδος περίπου 10 ετών για πιθανή εμφάνιση συμπτωμάτων νόσου που σχετίζεται με τη ραδιενέργεια.

Γνωρίζετε το πώς η ραδιενέργεια επηρεάζει την υγεία των ανθρώπων και των ζώων;

**«Η ραδιενέργεια σύμφωνα με τους επιστήμονες έχει την ικανότητα να μεταλλάσσει το DNA του ανθρώπου και των ζώων, όπως επίσης προκαλεί αλλοιώσεις στα κύτταρα (καρκινικά κύτταρα)»** (αποδεκτή)

10) Γνωρίζετε αν η πυρηνική φυσική (ή η πυρηνική χημεία) έχει ιατρικές διαγνωστικές ή θεραπευτικές εφαρμογές; Αν ξέρετε κάποια τέτοια εφαρμογή, μπορείτε να την αναφέρετε.

**«Αξονική τομογραφία - ακτινογραφίες - ακτινοβολία για καρκινοπαθείς»** (αποδεκτή)

11) «...Το όριο όμως αυτό σταδιακά πέφτει, φτάνοντας τη δεκαετία του '50 στα 15 rem, την περίοδο μεταξύ 1960 και 1990 στα 5 rem, και τώρα πια μιλάμε για 2 rem! Σήμερα οι τιμές αυτές για τον γενικό πληθυσμό (και όχι για τους πυρηνικούς εργάτες) είναι το 1/10, δηλαδή 0,2 rem».

Μπορείτε να σκεφθείτε γιατί το όριο για τον γενικό πληθυσμό έχει τεθεί δέκα φορές λιγότερο από ότι για τους εργαζόμενους στα πυρηνικά εργοστάσια;

**«Γιατί ο οργανισμός τους είναι πιο ευαίσθητος στην ακτινοβολία, ενώ οι εργαζόμενοι έχουν κατά κάποιο τρόπο "προσαρμοστεί"» (μη αποδεκτή)**

12) Λέξεις «κλειδιά»: **Απεμπλουτισμένο ουράνιο, χρόνος ημιζωής, πυρηνικός αντιδραστήρας, πυρηνικά απόβλητα, φυσική ραδιενέργεια, ρύπανση υδροφόρου ορίζοντα**

13) Ασαφείς έννοιες: **Χρόνος ημιζωής, αντίδραση πυρηνικής σχάσης, rem**

## **B) Τμήμα Φυσικής**

Από τους φοιτητές του Τμήματος Φυσικής ο/η **Φ37** (προερχόμενος/η από τη θετική κατεύθυνση) έδωσε συνολικά **10** αποδεκτές απαντήσεις. Στη συνέχεια παρατίθενται όλες οι απαντήσεις του/της **Φ37**:

1) Το ραδιενεργό ορυκτό ουράνιο (U) που βρίσκεται στη φύση αποτελείται κυρίως από δύο ισότοπα, το U-235 ( $^{235}\text{U}$ ) και το U-238 ( $^{238}\text{U}$ ).

1α) Τι είναι τα ισότοπα

**«Τα στοιχεία με ίδιο ατομικό αλλά διαφορετικό μαζικό αριθμό» (αποδεκτή)**

και (1α') τι είναι τα ραδιοϊσότοπα;

**«Ραδιοϊσότοπα είναι τα ραδιενεργά ισότοπα» (αποδεκτή)**

1β) Πώς ονομάζονται στην πυρηνική φυσική και στην χημεία οι αριθμοί 235 και 238 και τι εκφράζουν;

**«Μαζικοί αριθμοί - εκφράζουν τον αριθμό των νουκλεονίων» (αποδεκτή)**

2) «Το U-235 χρησιμοποιείται στους πυρηνικούς αντιδραστήρες για να παράγουν μεγάλη ποσότητα ενέργειας μέσω της αντίδρασης πυρηνικής σχάσης, ενώ το U-238 δεν είναι χρήσιμο σε αυτό».

A) Τι είναι ένας πυρηνικός αντιδραστήρας;

**«Μονάδες παραγωγής ενέργειας σε μεγάλα ποσά μέσω της μεθόδου της πυρηνικής σχάσης» (αποδεκτή)**

B) Να αναφέρετε την ομοιότητα και 1-3 διαφορές ανάμεσα στην πυρηνική αντίδραση που γίνεται κατά την έκρηξη μιας πυρηνικής βόμβας και στην πυρηνική αντίδραση που γίνεται σε έναν πυρηνικό αντιδραστήρα

2β) Ομοιότητα: **«Απελευθερώνονται μεγάλα ποσά ενέργειας» (εν μέρει αποδεκτή)**

2β') Διαφορές: **«Η πυρηνική αντίδραση είναι ελεγχόμενη στον αντιδραστήρα» (αποδεκτή)**

Γ) Πώς εξηγείται με όρους φυσικής η μεγάλη παραγωγή ενέργειας κατά τις πυρηνικές αντιδράσεις; (ΥΠΟΔΕΙΞΗ: Η εξήγηση συνδέεται με έναν διάσημο Φυσικό του 20ού αιώνα)

2γ) « $E = mc^2$  (Θεωρία σχετικότητας του Αϊνστάιν) το ποσό της ενέργειας είναι τεράστιο και ανάλογο της μάζας» (εν μέρει αποδεκτή)

Δ) Τι είναι η αντίδραση πυρηνικής σχάσης;

«Βομβαρδισμός ενός πυρήνα με νετρόνιο και κατόπιν διαχωρισμός του πυρήνα» (αποδεκτή)

Ε) Έχεις υπόψη σου άλλο ή άλλους τύπους πυρηνικών αντιδράσεων εκτός από την πυρηνική σχάση; Αν ναι, μπορείς να δώσεις σύντομη περιγραφή;

«Πυρηνική σύντηξη - σύντηξη δυο πυρήνων (πιο δύσκολα πάνω από δυο) με σκοπό την παραγωγή βαρύτερου πυρήνα (αυτό γίνεται στον ήλιο)» (αποδεκτή)

3) «Με χρόνο ημιζωής 4,5 εκατομμύρια χρόνια (!) στην πράξη (το U-238) ποτέ δεν διασπάται».

Τι είναι ο χρόνος ημιζωής ενός ραδιενεργού στοιχείου;

«Ο χρόνος για να έχει πλέον τη μισή ραδιενέργεια από ότι στην αρχή» (αποδεκτή)

4) «Όταν εκρήγνυται, θραύσματα και τριμμένο σε λεπτότατη σκόνη ραδιενεργό υλικό διασπείρονται σε μεγάλη ακτίνα και, πρακτικά, μένουν εκεί για πάντα, ρυπαίνοντας το χώμα και τον υδροφόρο ορίζοντα».

Α) Τι εννοούμε με τους όρους ραδιενεργό υλικό και ραδιενέργεια;

«Ραδιενεργό υλικό: το υλικό που ραδιενεργεί \*\* Ραδιενέργεια: προέρχεται από το στοιχείο ράδιο και δηλώνει την ενέργεια που αποβάλλεται από τις πυρηνικές δραστηριότητες» (εν μέρει αποδεκτή)

Β) Γιατί πρακτικά το U-238 ρυπαίνει για πάντα;

«Γιατί ο χρόνος ημιζωής του είναι 4,5 εκατομμύρια χρόνια» (αποδεκτή)

5) «Ένα πυρηνικό απόβλητο οδήγησε στο σχέδιο που έβαλε μπρος να κάνει πράξη η πολεμική βιομηχανία τη δεκαετία του '80,»

Τι σημαίνει η φράση «πυρηνικά απόβλητα»;

«Τα απόβλητα από τη δραστηριότητα σε πυρηνικούς αντιδραστήρες (π.χ. ράβδοι ουρανίου)» (εν μέρει αποδεκτή)

6) «Εκφράστηκαν ακόμη φόβοι για το πρόβλημα που μπορεί να προκληθεί αν το απεμπλουτισμένο ουράνιο περάσει στην τροφική αλυσίδα μέσω του υδροφόρου ορίζοντα».

Πώς το ραδιενεργό ουράνιο περνάει στην τροφική αλυσίδα;

«Μέσω του εδάφους και του νερού (κυρίως) αλλά και του αέρα το προσλαμβάνουν οι φυτικοί και οι ζωικοί οργανισμοί» (αποδεκτή)

7) «Η φυσική ραδιενέργεια που παίρνει κανείς ετησίως είναι 0,1-0,15 rem».

Από πού προέρχεται αυτή η φυσική ραδιενέργεια;

**«Από πυρηνικές δραστηριότητες, πυρηνικές εκρήξεις, πυρηνικά όπλα και άλλες δραστηριότητες με ραδιενεργά υλικά. Επίσης και από τον ήλιο (κυρίως)» (μη αποδεκτή)**

8) *«Το επιτρεπόμενο ετήσιο όριο ακτινοβολίας ήταν 156 rem (δόση η οποία εξαρτάται και από το είδος της ακτινοβολίας και είναι δεκαπλάσια αν πρόκειται για σωματίδια α από ότι για ακτινοβολία γ ή X)»*

A) Τι είναι τα σωματίδια α;

**«Σωματίδια που απελευθερώνονται κατά τη σχάση» (μη αποδεκτή)**

B) Τι είναι η ακτινοβολία γ;

**«Σωματίδια που απελευθερώνονται κατά τη σχάση» (μη αποδεκτή)**

Γ) Τι είναι οι ακτίνες X;

**«Ακτινοβολία (που ανακάλυψε ο Ρέντγκεν)» (εν μέρει αποδεκτή)**

Δ) Γνωρίζετε κάποιο άλλο είδος ραδιενεργού ακτινοβολίας και τι είναι αυτό;

**«Κοσμική (από διάστημα), ηλιακή (από σύντηξη)» (μη αποδεκτή)**

9) *Όπως διευκρινίζει ο κ. Γεράνιος, αν κάποιος σήμερα πάρει μια χαμηλή δόση ραδιενέργειας λίγων rem, τότε θα περάσει μια λανθάνουσα περίοδος περίπου 10 ετών για πιθανή εμφάνιση συμπτωμάτων νόσου που σχετίζεται με τη ραδιενέργεια.*

Γνωρίζετε το πώς η ραδιενέργεια επηρεάζει την υγεία των ανθρώπων και των ζώων;

**«Προκαλεί μεταλλάξεις στα κύτταρα και συνεπώς καρκίνους λευχαιμίες και άλλες ασθένειες» (αποδεκτή)**

10) Γνωρίζετε αν η πυρηνική φυσική (ή η πυρηνική χημεία) έχει ιατρικές διαγνωστικές ή θεραπευτικές εφαρμογές; Αν ξέρετε κάποια τέτοια εφαρμογή, μπορείτε να την αναφέρετε.

**«Ακτινογραφίες, αξονικές τομογραφίες, ακτινοβολίες και καταστροφή όγκων» (εν μέρει αποδεκτή)**

11) *«...Το όριο όμως αυτό σταδιακά πέφτει, φτάνοντας τη δεκαετία του '50 στα 15 rem, την περίοδο μεταξύ 1960 και 1990 στα 5 rem, και τώρα πια μιλάμε για 2 rem! Σήμερα οι τιμές αυτές για τον γενικό πληθυσμό (και όχι για τους πυρηνικούς εργάτες) είναι το 1/10, δηλαδή 0,2 rem».*

Μπορείτε να σκεφθείτε γιατί το όριο για τον γενικό πληθυσμό έχει τεθεί δέκα φορές λιγότερο από ότι για τους εργαζόμενους στα πυρηνικά εργοστάσια;

**«Γιατί προσλαμβάνουν μεγαλύτερες ποσότητες» (εν μέρει αποδεκτή)**

12) Λέξεις «κλειδιά»: **Περιβάλλον, ισότοπο, τροφική αλυσίδα, μικρές ηλικίες, ραδιενέργεια, πυρηνικοί εργάτες, ουράνιο**

13) Ασαφείς έννοιες: **rem (τι εκφράζει σαν μονάδα μέτρησης)**

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ II

Στο παράρτημα αυτό παρουσιάζονται οι απαντήσεις που έδωσαν σε όλες τις ερωτήσεις στο ερωτηματολόγιο του αντιδραστήρα σύντηξης οι φοιτητές με τις περισσότερες αποδεκτές απαντήσεις. Γίνεται με αυτό τον τρόπο, όπως και στο παράρτημα I μια παρουσίαση του γνωστικού προφίλ των φοιτητών αυτών.

### Α) Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης

Ο/η ΠΤ4 (προερχόμενος/η από την *τεχνολογική* κατεύθυνση) συνολικά έδωσε **9** αποδεκτές απαντήσεις. Στη συνέχεια παρατίθενται όλες οι απαντήσεις του/της ΠΤ4:

1) «Σκοπός της συνεργασίας είναι η κατασκευή του πρώτου πειραματικού θερμοπυρηνικού αντιδραστήρα»

Τι σημαίνει ο όρος θερμοπυρηνικός αντιδραστήρας;

**«Πρόκειται για μια μηχανή η οποία χρησιμοποιώντας ως πηγή ενέργειας του σύντηξη του υδρογόνου σε ήλιο έχει τη δυνατότητα κατασκευής εργοστασίων παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος» (αποδεκτή)**

2) ... θα χρησιμοποιούν ως πηγή ενέργειας τη σύντηξη του υδρογόνου σε ήλιο.

Μπορείτε να γράψετε την εξίσωση της πυρηνικής αντίδρασης που περιγράφει τη σύντηξη του υδρογόνου; (ΥΠΟΔΕΙΞΗ: Κατά την αντίδραση παράγονται ήλιο  ${}^4_2\text{He}$  και ποζιτρόνια  ${}^0_{+1}\text{e}$ .)

**« $\text{H}_2 \rightarrow {}^4_2\text{He} + {}^0_{+1}\text{e}$ » (εν μέρει αποδεκτή)**

3) Η ενέργεια που ελευθερώνεται από την σύντηξη 1 γραμμαρίου ατόμων υδρογόνου (1 μολ ατομικού υδρογόνου) είναι ίση με την ενέργεια που ελευθερώνεται από την καύση περίπου 23.000 λίτρων βενζίνης!

Πώς εξηγείται με όρους φυσικής η μεγάλη ποσότητα ενέργειας που παράγεται κατά τις πυρηνικές αντιδράσεις; (ΥΠΟΔΕΙΞΗ: Η εξήγηση συνδέεται με έναν διάσημο Φυσικό του 20ού αιώνα)

(δεν έγραψε)

4) Έχει σχέση η πυρηνική σύντηξη του υδρογόνου με τον ήλιο, τον απλανή αστέρα που μας τροφοδοτεί με ενέργεια;

(δεν έγραψε)

5) Από το 1954, οπότε έγινε η πρώτη δοκιμή βόμβας υδρογόνου, οι φυσικοί είχαν ήδη αρχίσει τις προσπάθειες για την ειρηνική χρήση αυτής της νέας πηγής ενέργειας, της σύντηξης του υδρογόνου.



Ποια άλλη μη ειρηνική χρήση της πυρηνικής ενέργειας έχει γίνει; Μπορείτε να αναφέρετε και ιστορικές πληροφορίες.

**«Πυρηνικές βόμβες, Χιροσιμα, Ναγκασάκι» (αποδεκτή)**

6) Ο στόχος αυτός όμως αποδείχθηκε πολύ δυσκολότερος από την αντίστοιχη προσπάθεια για την τιθάσευση της ατομικής ενέργειας από τη διάσπαση (σχάση) του ουρανίου.

A) Τι γνωρίζετε για τη διάσπαση (σχάση) του ουρανίου;  
(δεν έγραψε)

B) Έχετε ακούσει τους όρους εμπλουτισμένο ουράνιο και απεμπλουτισμένο ουράνιο; Αν ναι, τι ξέρετε γι' αυτούς;

εμπλουτισμένο ουράνιο:

**«Το φυσικό ουράνιο εμπλουτίζεται με ειδική διαδικασία αφαιρώντας μεγάλο μέρος του U-238 αφήνοντας U-235» (αποδεκτή)**

απεμπλουτισμένο ουράνιο:

**«Πρόκειται για το U-238 που απομένει. Πρόκειται για πυρηνικό απόβλητο που φέρνει καταστροφές» (αποδεκτή)**

7) Μία από τις πρώτες ιδέες, που αποδείχθηκε και η πιο επιτυχημένη, ήταν η χρήση ενός μαγνητικού πεδίου ως «αόρατου τοιχώματος» του αντιδραστήρα. Πώς επιτυγχάνεται γενικά η παραγωγή ενός μαγνητικού πεδίου; (πώς εσείς θα επιτυγχάνατε με απλό τρόπο ένα μαγνητικό πεδίο;)

**«Με τη χρήση δυο μαγνητών, φέρνοντας τους σε κοντινή απόσταση, ο ένας με το βόρειο πόλο και ο άλλος με το νότιο» (αποδεκτή)**

8) Στις υψηλές θερμοκρασίες που απαιτούνται για τη σύντηξη, το υδρογόνο είναι ιοντισμένο και το αέριο είναι πια ένα μείγμα από πρωτόνια και ηλεκτρόνια. Το μείγμα αυτό ονομάζεται πλάσμα.

A) Τι σημαίνει «το υδρογόνο είναι ιοντισμένο»;

**«Σημαίνει ότι έχει πάρει ή έχει δώσει ηλεκτρόνια» (εν μέρει αποδεκτή)**

B) Από πού προέρχονται τα πρωτόνια και τα ηλεκτρόνια που απαρτίζουν το πλάσμα;

**«Από το υδρογόνο» (αποδεκτή)**

9) Ποια η βασική ιδιότητα του πλάσματος που είναι χρήσιμη στην υλοποίηση της κατασκευής του αντιδραστήρα σύντηξης;

**«Το πλάσμα απωθείται από τις περιοχές που υπάρχει ισχυρό μαγνητικό πεδίο. Επομένως πρέπει να τοποθετηθούν έτσι οι μαγνήτες ώστε να έχουμε ισχυρό μαγνητικό πεδίο στα τοιχώματα και ασθενές στο κέντρο» (αποδεκτή)**

10) «Όλες οι χώρες της κοινοπραξίας ήθελαν να φιλοξενήσουν τον αντιδραστήρα επειδή, σε αντίθεση με τους ατομικούς αντιδραστήρες ουρανίου, που έχουν πάντα τον κίνδυνο έκρηξης και παράγουν ραδιενεργά κατάλοιπα, οι θερμοπυρηνικοί αντιδραστήρες είναι ασφαλείς και «καθαροί»».

A) Συνδέεται αυτή η έκρηξη αυτή με αυτό που αναφέρουμε ως έκρηξη ατομικής βόμβας;

**«Ναι, συνδέεται» (μη αποδεκτή)**

B) Ποια είναι η σημασία του όρου «ραδιενεργά κατάλοιπα»;

**«Απελευθέρωση ραδιενέργειας στην ατμόσφαιρα, στο έδαφος και στο υπέδαφος με αρνητικές συνέπειες στους οργανισμούς» (αποδεκτή)**

Γ) Σύμφωνα με τους υποστηρικτές των προγραμμάτων που αφορούν την πυρηνική ενέργεια, αυτά έχουν σημαντικά πλεονεκτήματα σε σχέση με τη χρήση των συμβατικών καυσίμων (που είναι ο άνθρακας και χημικές ενώσεις του άνθρακα όπως το πετρέλαιο). Μπορείτε να αναφέρετε τέτοια πλεονεκτήματα;<sup>1</sup>

**«Τα συμβατικά καύσιμα μολύνουν την ατμόσφαιρα με τα καυσαέρια που εκπέμπονται από την καύση τους» (αποδεκτή)**

11) «Αντίθετα, το υδρογόνο υπάρχει στο νερό και μπορούμε να το πάρουμε από αυτό».

Με ποιο τρόπο μπορούμε να παρασκευάσουμε υδρογόνο από το νερό; Απαιτείται γι' αυτό ενέργεια και ποιας μορφής;

**«Με διάσπαση - απαιτείται θερμότητα» (μη αποδεκτή)**

12) Λέξεις – έννοιες «κλειδιά»:

**Θερμοπυρηνικός αντιδραστήρας, σύντηξη υδρογόνου σε ήλιο, ασφαλείς/καθαροί, υδρογόνο ιοντισμένο, μαγνητικό πεδίο, πλάσμα, διάσπαση (σχάση) ουρανίου**

13) Ασαφείς έννοιες

**Πλάσμα, διάσπαση (σχάση) ουρανίου**

## **B) Τμήμα Φυσικής**

Από τους φοιτητές του Τμήματος Φυσικής ο/η **Φ1** (προερχόμενος/η από τη θετική κατεύθυνση) έδωσε συνολικά **10** αποδεκτές απαντήσεις. Στη συνέχεια παρατίθενται όλες οι απαντήσεις του/της **Φ1**

1) «Σκοπός της συνεργασίας είναι η κατασκευή του πρώτου πειραματικού θερμοπυρηνικού αντιδραστήρα»

Τι σημαίνει ο όρος θερμοπυρηνικός αντιδραστήρας;

**«Σημαίνει ότι σε αντιδραστήρες θερμοπυρηνικών αντιδράσεων το υδρογόνο μετατρέπεται σε ήλιο και σε ενέργεια και λέγονται αυτοί οι αντιδραστήρες θερμοπυρηνικοί γιατί οι αντιδράσεις σύντηξης απαιτούν τεράστια ποσά ενέργειας» (αποδεκτή)**

2) ... θα χρησιμοποιούν ως πηγή ενέργειας τη σύντηξη του υδρογόνου σε ήλιο.

---

<sup>1</sup> Στη συγκεκριμένη ερώτηση ως αποδεκτές απαντήσεις θεωρήθηκαν αυτές που χρησιμοποίησαν ορθά επιστημονικούς όρους και διατύπωσαν επιχειρήματα που κινούνταν στα πλαίσια της λογικής. Η απάντηση που παρατίθεται είναι ενδεικτική

Μπορείτε να γράψετε την εξίσωση της πυρηνικής αντίδρασης που περιγράφει τη σύντηξη του υδρογόνου; (ΥΠΟΔΕΙΞΗ: Κατά την αντίδραση παράγονται ήλιο  ${}^4_2\text{He}$  και ποζιτρόνια  ${}^0_{+1}\text{e}$ .)

« ${}^1_1\text{H} + {}^1_1\text{H} + {}^1_1\text{H} \rightarrow {}^3_2\text{He} + {}^0_{+1}\text{e} + \text{ΕΝΕΡΓΕΙΑ}$       και

${}^3_2\text{He} + {}^1_1\text{H} \rightarrow {}^4_2\text{He} + {}^0_{+1}\text{e} + \text{ΕΝΕΡΓΕΙΑ}$ » (αποδεκτή)

3) Η ενέργεια που ελευθερώνεται από την σύντηξη 1 γραμμαρίου ατόμων υδρογόνου (1 μολ ατομικού υδρογόνου) είναι ίση με την ενέργεια που ελευθερώνεται από την καύση περίπου 23.000 λίτρων βενζίνης!

Πώς εξηγείται με όρους φυσικής η μεγάλη ποσότητα ενέργειας που παράγεται κατά τις πυρηνικές αντιδράσεις; (ΥΠΟΔΕΙΞΗ: Η εξήγηση συνδέεται με έναν διάσημο Φυσικό του 20ού αιώνα)

**«Εξηγείται από τη σχέση ισοδυναμίας μάζας-ενέργειας,  $E = mc^2$ »** (εν μέρει αποδεκτή)

4) Έχει σχέση η πυρηνική σύντηξη του υδρογόνου με τον ήλιο, τον απλανή αστέρα που μας τροφοδοτεί με ενέργεια;

**«Έχει σχέση διότι στον ήλιο το υδρογόνο μετατρέπεται σε ήλιο-4 λόγω των υψηλών θερμοκρασιών που επικρατούν εκεί και έτσι απελευθερώνονται τεράστια ποσά ενέργειας σε μορφή ακτινοβολιών»** (αποδεκτή)

5) Από το 1954, οπότε έγινε η πρώτη δοκιμή βόμβας υδρογόνου, οι φυσικοί είχαν ήδη αρχίσει τις προσπάθειες για την ειρηνική χρήση αυτής της νέας πηγής ενέργειας, της σύντηξης του υδρογόνου.

Ποια άλλη μη ειρηνική χρήση της πυρηνικής ενέργειας έχει γίνει; Μπορείτε να αναφέρετε και ιστορικές πληροφορίες.

**«Με την κατασκευή των όπλων μαζικής καταστροφής όπως οι βόμβες που χρησιμοποιήθηκαν προς το τέλος του 2ου παγκοσμίου πολέμου στις δυο ιαπωνικές πόλεις»** (αποδεκτή)

6) Ο στόχος αυτός όμως αποδείχθηκε πολύ δυσκολότερος από την αντίστοιχη προσπάθεια για την τιθάσευση της ατομικής ενέργειας από τη διάσπαση (σχάση) του ουρανίου.

A) Τι γνωρίζετε για τη διάσπαση (σχάση) του ουρανίου;

**«Κατά τη διάσπαση του ουρανίου απελευθερώνονται μεγάλα ποσά ενέργειας και το ουράνιο μετατρέπεται σε υλικά τα οποία δεν είναι ασταθή»** (εν μέρει αποδεκτή)

B) Έχετε ακούσει τους όρους εμπλουτισμένο ουράνιο και απεμπλουτισμένο ουράνιο; Αν ναι, τι ξέρετε γι' αυτούς;

εμπλουτισμένο ουράνιο:

(δεν έγραψε)

απεμπλουτισμένο ουράνιο:

(δεν έγραψε)

7) Μία από τις πρώτες ιδέες, που αποδείχθηκε και η πιο επιτυχημένη, ήταν η χρήση ενός μαγνητικού πεδίου ως «αόρατου τοιχώματος» του αντιδραστήρα. Πώς επιτυγχάνεται γενικά η παραγωγή ενός μαγνητικού πεδίου; (πώς εσείς θα επιτυγχάνατε με απλό τρόπο ένα μαγνητικό πεδίο;)

**«Για να παραχθεί ένα μαγνητικό πεδίο πρέπει να περάσει ηλεκτρικό ρεύμα από ένα πηνίο» (αποδεκτή)**

8) Στις υψηλές θερμοκρασίες που απαιτούνται για τη σύντηξη, το υδρογόνο είναι ιοντισμένο και το αέριο είναι πια ένα μείγμα από πρωτόνια και ηλεκτρόνια. Το μείγμα αυτό ονομάζεται πλάσμα.

A) Τι σημαίνει «το υδρογόνο είναι ιοντισμένο»;

**«Τα ηλεκτρόνια του υδρογόνου έχουν διαφύγει από την έλξη του πυρήνα» (αποδεκτή)**

B) Από πού προέρχονται τα πρωτόνια και τα ηλεκτρόνια που απαρτίζουν το πλάσμα;

**«Από το υδρογόνο που είναι σε υψηλή θερμοκρασία» (αποδεκτή)**

9) Ποια η βασική ιδιότητα του πλάσματος που είναι χρήσιμη στην υλοποίηση της κατασκευής του αντιδραστήρα σύντηξης;

**«Το πλάσμα μπορεί να ελεγχθεί από ένα μαγνητικό πεδίο» (αποδεκτή)**

10) «Όλες οι χώρες της κοινοπραξίας ήθελαν να φιλοξενήσουν τον αντιδραστήρα επειδή, σε αντίθεση με τους ατομικούς αντιδραστήρες ουρανίου, που έχουν πάντα τον κίνδυνο έκρηξης και παράγουν ραδιενεργά κατάλοιπα, οι θερμοπυρηνικοί αντιδραστήρες είναι ασφαλείς και «καθαροί».

A) Συνδέεται αυτή η έκρηξη αυτή με αυτό που αναφέρουμε ως έκρηξη ατομικής βόμβας;

**«Ναι, συνδέεται» (μη αποδεκτή)**

B) Ποια είναι η σημασία του όρου «ραδιενεργά κατάλοιπα»;

**«Είναι σώματα που εκπέμπουν υπεριώδη ακτινοβολία» (μη αποδεκτή)**

Γ) Σύμφωνα με τους υποστηρικτές των προγραμμάτων που αφορούν την πυρηνική ενέργεια, αυτά έχουν σημαντικά πλεονεκτήματα σε σχέση με τη χρήση των συμβατικών καυσίμων (που είναι ο άνθρακας και χημικές ενώσεις του άνθρακα όπως το πετρέλαιο). Μπορείτε να αναφέρετε τέτοια πλεονεκτήματα;<sup>2</sup>

**«Δεν μολύνουν το περιβάλλον και είναι ασφαλή» (αποδεκτή)**

11) «Αντίθετα, το υδρογόνο υπάρχει στο νερό και μπορούμε να το πάρουμε από αυτό».

Με ποιο τρόπο μπορούμε να παρασκευάσουμε υδρογόνο από το νερό; Απαιτείται γι' αυτό ενέργεια και ποιας μορφής;

**«Απαιτείται η διαδικασία της ηλεκτρόλυσης - δηλ, ηλεκτρική ενέργεια» (αποδεκτή)**

12) Λέξεις – έννοιες «κλειδιά»:

---

<sup>2</sup> Στη συγκεκριμένη ερώτηση ως αποδεκτές απαντήσεις θεωρήθηκαν αυτές που χρησιμοποίησαν ορθά επιστημονικούς όρους και διατύπωσαν επιχειρήματα που κινούνταν στα πλαίσια της λογικής. Η απάντηση που παρατίθεται είναι ενδεικτική

**Θερμοπυρηνικός αντιδραστήρας, ενέργεια, ηλεκτρικό ρεύμα, ειρηνική χρήση, μαγνητικό πεδίο, διάσπαση ουρανίου**

13) Ασαφείς έννοιες

**Εμπλουτισμένο ουράνιο, απεμπλουτισμένο ουράνιο**

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙΙ

### ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΤΗΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑΣ ΓΙΑ ΤΟ ΑΠΕΜΠΛΟΥΤΙΣΜΕΝΟ ΟΥΡΑΝΙΟ

#### Α) ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΕΣ ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ ΦΟΙΤΗΤΩΝ ΤΜΗΜΑΤΟΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΠΟΥ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΗΚΑΝ ΩΣ ΑΠΟΔΕΚΤΕΣ

1) Το ραδιενεργό ορυκτό ουράνιο (U) που βρίσκεται στη φύση αποτελείται κυρίως από δύο ισότοπα, το U-235 ( $^{235}\text{U}$ ) και το U-238 ( $^{238}\text{U}$ ).

1α) Τι είναι τα ισότοπα

**«Άτομα στοιχείων που έχουν ίδιο ατομικό αριθμό αλλά διαφορετικό μαζικό (όπως  $^{12}_6\text{C}$ ,  $^{13}_6\text{C}$ ,  $^{14}_6\text{C}$ ) από το κανονικό (αυτό που συναντάται πιο συχνά)» Φ08**

και (1α') τι είναι τα ραδιοϊσότοπα;

**«Ραδιοϊσότοπα είναι τα ραδιενεργά ισότοπα» Φ37**

1β) Πώς ονομάζονται στην πυρηνική φυσική και στην χημεία οι αριθμοί 235 και 238 και τι εκφράζουν;

**«Μαζικοί αριθμοί - εκφράζουν το σύνολο νετρονίων και πρωτονίων» Φ36**

2) «Το U-235 χρησιμοποιείται στους πυρηνικούς αντιδραστήρες για να παράγουν μεγάλη ποσότητα ενέργειας μέσω της αντίδρασης πυρηνικής σχάσης, ενώ το U-238 δεν είναι χρήσιμο σε αυτό».

A) Τι είναι ένας πυρηνικός αντιδραστήρας;

**«Μονάδες παραγωγής ενέργειας σε μεγάλα ποσά μέσω της μεθόδου της πυρηνικής σχάσης» Φ37**

B) Να αναφέρετε την ομοιότητα και 1-3 διαφορές ανάμεσα στην πυρηνική αντίδραση που γίνεται κατά την έκρηξη μιας πυρηνικής βόμβας και στην πυρηνική αντίδραση που γίνεται σε έναν πυρηνικό αντιδραστήρα

2β) Ομοιότητα: παραγωγή τεράστιων ποσοτήτων ενέργειας, αλυσιδωτή αντίδραση

2β') Διαφορές: η πυρηνική βόμβα δεν έχει ελεγχόμενη αλυσιδωτή αντίδραση, ενώ ο αντιδραστήρας έχει

Γ) Πώς εξηγείται με όρους φυσικής η μεγάλη παραγωγή ενέργειας κατά τις πυρηνικές αντιδράσεις;  
(ΥΠΟΔΕΙΞΗ: Η εξήγηση συνδέεται με έναν διάσημο Φυσικό του 20ού αιώνα)

2γ) «Πρώτα πρώτα  $E = mc^2$  . Όταν σχάζεται ένας πυρήνας περισσεύει ενέργεια σύνδεσης κ αυτή η ενέργεια κάπου πρέπει να πάει κ γίνεται θερμότητα. με αυτή τη σχέση μπορούμε να δούμε πόση είναι η ενέργεια σύνδεσης» Φ15

Δ) Τι είναι η αντίδραση πυρηνικής σχάσης;

«Το φαινόμενο κατά το οποίο παράγεται μεγάλη ποσότητα ενέργειας μέσω της διάσπασης των πυρήνων του ουρανίου» Φ05

Ε) Έχεις υπόψη σου άλλο ή άλλους τύπους πυρηνικών αντιδράσεων εκτός από την πυρηνική σχάση; Αν ναι, μπορείς να δώσεις σύντομη περιγραφή;

«Πυρηνική σύντηξη. Σύντηξη δυο πυρήνων (πιο δύσκολα πάνω από δυο) με σκοπό την παραγωγή βαρύτερου πυρήνα (αυτό που γίνεται στον ήλιο)» Φ37

3) «Με χρόνο ημιζωής 4,5 εκατομμύρια χρόνια (!) στην πράξη (το U-238) ποτέ δεν διασπάται».

Τι είναι ο χρόνος ημιζωής ενός ραδιενεργού στοιχείου;

«Ο χρόνος που απαιτείται για να υποδιπλασιαστεί το πλήθος των πυρήνων» Φ16

4) «Όταν εκρήγνυται, θραύσματα και τριμμένο σε λεπτότατη σκόνη ραδιενεργό υλικό διασπείρονται σε μεγάλη ακτίνα και, πρακτικά, μένουν εκεί για πάντα, ρυπαίνοντας το χώμα και τον υδροφόρο ορίζοντα».

Α) Τι εννοούμε με τους όρους ραδιενεργό υλικό και ραδιενέργεια;

4α) καμία απάντηση αποδεκτή

4β) καμία απάντηση αποδεκτή

Β) Γιατί πρακτικά το U-238 ρυπαίνει για πάντα;

4γ) «Γιατί έχει μεγάλο χρόνο ημιζωής με αποτέλεσμα να παραμένει για μεγάλο χρονικό διάστημα στο περιβάλλον» Φ18

5) «Ένα πυρηνικό απόβλητο οδήγησε στο σχέδιο που έβαλε μπρος να κάνει πράξη η πολεμική βιομηχανία τη δεκαετία του '80,»

Τι σημαίνει η φράση «πυρηνικά απόβλητα»;

**«Είναι τα απορρίμματα που προέρχονται από πυρηνικές "δραστηριότητες". Κυρίως ραδιενεργά στοιχεία που έχουν απομείνει από πυρηνική αντίδραση» Φ24**

6) «Εκφράστηκαν ακόμη φόβοι για το πρόβλημα που μπορεί να προκληθεί αν το απεμπλουτισμένο ουράνιο περάσει στην τροφική αλυσίδα μέσω του υδροφόρου ορίζοντα».

Πώς το ραδιενεργό ουράνιο περνάει στην τροφική αλυσίδα;

**«Από το χώμα περνάει στον υδροφόρο ορίζοντα που γίνεται πόσιμο από άνθρωπο και ζώα ή μολύνεται η χλωρίδα και εισέρχεται σιγά σιγά στην τροφική αλυσίδα» Φ23**

7) «Η φυσική ραδιενέργεια που παίρνει κανείς ετησίως είναι 0,1-0,15 rem».

Από πού προέρχεται αυτή η φυσική ραδιενέργεια;

**«Κάποια στοιχεία εκπέμπουν μόνα τους ραδιενέργεια, δηλ είναι ασταθή και διασπώνται. αυτή είναι ακίνδυνη γιατί είναι σε χαμηλές ποσότητες» Φ36**

8) «Το επιτρεπόμενο ετήσιο όριο ακτινοβολίας ήταν 156 rem (δόση η οποία εξαρτάται και από το είδος της ακτινοβολίας και είναι δεκαπλάσια αν πρόκειται για σωματίδια α από ότι για ακτινοβολία γ ή X»

A) Τι είναι τα σωματίδια α;

**«Πυρήνες ηλίου,  ${}^4_2\text{He}$  » Φ29**

B) Τι είναι η ακτινοβολία γ;

**καμία απάντηση αποδεκτή**

Γ) Τι είναι οι ακτίνες X;

**«ακτίνες που παράγονται όταν κινούμενα ηλεκτρόνια με μεγάλη ταχύτητα προσπίπτουν σε ένα δύστηκτο υλικό στο σωλήνα του Crookes» Φ12**

Δ) Γνωρίζετε κάποιο άλλο είδος ραδιενεργού ακτινοβολίας και τι είναι αυτό;

**«ακτινοβολίες με σωματίδια β», Φ36**

9) Όπως διευκρινίζει ο κ. Γεράνιος, αν κάποιος σήμερα πάρει μια χαμηλή δόση ραδιενέργειας λίγων rem, τότε θα περάσει μια λανθάνουσα περίοδος περίπου 10 ετών για πιθανή εμφάνιση συμπτωμάτων νόσου που σχετίζεται με τη ραδιενέργεια.

Γνωρίζετε το πώς η ραδιενέργεια επηρεάζει την υγεία των ανθρώπων και των ζώων;



**«Η ραδιενέργεια μπορεί να προκαλέσει αλλοίωση του γενετικού υλικού και ή λάθος αντιγραφή των χρωμοσωμάτων (λόγω μετάλλαξης που προκαλείται) αν πραγματοποιηθεί σε κάποιο από τα κωδικόνια λήξης ή μετατρέψει ένα άλλο κωδικόνιο σε κωδικόνιο λήξης ίσως προκαλέσει καρκινογενέσεις λόγω ανεξέλεγκτης διαίρεσης των κυττάρων», Φ28**

10) Γνωρίζετε αν η πυρηνική φυσική (ή η πυρηνική χημεία) έχει ιατρικές διαγνωστικές ή θεραπευτικές εφαρμογές; Αν ξέρετε κάποια τέτοια εφαρμογή, μπορείτε να την αναφέρετε.

**«υπάρχει μια μέθοδος όπου εισάγουν στον οργανισμό μια μικρή ποσότητα ραδιενεργής ουσίας και μέσω κάποιων ανιχνευτών ανιχνεύουν τον καρκίνο», Φ15**

11) «...Το όριο όμως αυτό σταδιακά πέφτει, φτάνοντας τη δεκαετία του '50 στα 15 rem, την περίοδο μεταξύ 1960 και 1990 στα 5 rem, και τώρα πια μιλάμε για 2 rem! Σήμερα οι τιμές αυτές για τον γενικό πληθυσμό (και όχι για τους πυρηνικούς εργάτες) είναι το 1/10, δηλαδή 0,2 rem».

Μπορείτε να σκεφθείτε γιατί το όριο για τον γενικό πληθυσμό έχει τεθεί δέκα φορές λιγότερο από ότι για τους εργαζόμενους στα πυρηνικά εργοστάσια;

**καμία απάντηση αποδεκτή**

## **Β) ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΕΣ ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ ΦΟΙΤΗΤΩΝ ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΟΥ ΤΜΗΜΑΤΟΣ ΠΟΥ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΗΚΑΝ ΩΣ ΑΠΟΔΕΚΤΕΣ**

1) Το ραδιενεργό ουρικό ουράνιο (U) που βρίσκεται στη φύση αποτελείται κυρίως από δύο ισότοπα, το U-235 ( $^{235}\text{U}$ ) και το U-238 ( $^{238}\text{U}$ ).

1α) Τι είναι τα ισότοπα

**«Ισότοπα είναι τα στοιχεία με ίδιο αριθμό πρωτονίων και διαφορετικό αριθμό νετρονίων» ΠΤ01**

και (1α') τι είναι τα ραδιοϊσότοπα

**«Ραδιοϊσότοπα λέγονται τα ισότοπα που εκπέμπουν ραδιενέργεια» ΠΤ06**

1β) Πώς ονομάζονται στην πυρηνική φυσική και στην χημεία οι αριθμοί 235 και 238 και τι εκφράζουν;

**«Μαζικοί αριθμοί. Εκφράζουν το συνολικό αριθμό των νετρονίων και των πρωτονίων ενός ατόμου» ΠΤ53**

2) «Το U-235 χρησιμοποιείται στους πυρηνικούς αντιδραστήρες για να παράγουν μεγάλη ποσότητα ενέργειας μέσω της αντίδρασης πυρηνικής σχάσης, ενώ το U-238 δεν είναι χρήσιμο σε αυτό».

A) Τι είναι ένας πυρηνικός αντιδραστήρας;

**«Είναι μια κατασκευή που πραγματοποιεί τη διάσπαση του πυρήνα με σκοπό την απελευθέρωση μεγάλων ποσοτήτων ενέργειας» ΠΤ36**

B) Να αναφέρετε την ομοιότητα και 1-3 διαφορές ανάμεσα στην πυρηνική αντίδραση που γίνεται κατά την έκρηξη μιας πυρηνικής βόμβας και στην πυρηνική αντίδραση που γίνεται σε έναν πυρηνικό αντιδραστήρα

2β) Ομοιότητα: **Και στις δυο διασπάται ο πυρήνας και εκλύεται μεγάλη ενέργεια, ΠΤ23**

2β') Διαφορές: **πυρηνικός αντιδραστήρας: ελεγχόμενη, πυρηνική βόμβα: μη ελεγχόμενη, ΠΤ53**

Γ) Πώς εξηγείται με όρους φυσικής η μεγάλη παραγωγή ενέργειας κατά τις πυρηνικές αντιδράσεις; (ΥΠΟΔΕΙΞΗ: Η εξήγηση συνδέεται με έναν διάσημο Φυσικό του 20ού αιώνα)

**Καμία αποδεκτή απάντηση**

Δ) Τι είναι η αντίδραση πυρηνικής σχάσης;

**«Διάσπαση του πυρήνα του ατόμου» ΠΤ23**

E) Έχεις υπόψη σου άλλο ή άλλους τύπους πυρηνικών αντιδράσεων εκτός από την πυρηνική σχάση; Αν ναι, μπορείς να δώσεις σύντομη περιγραφή;

**«Πυρηνική σύντηξη, σε πολύ υψηλές θερμοκρασίες (πάνω από  $10^9$  Κέλβιν) ενώνονται πυρήνες και παράλληλα εκλύεται θερμότητα (φυσικά αυτή η διαδικασία συμβαίνει στ' αστέρια)» ΠΤ11**

3) «Με χρόνο ημιζωής 4,5 εκατομμύρια χρόνια (!) στην πράξη (το U-238) ποτέ δεν διασπάται».

Τι είναι ο χρόνος ημιζωής ενός ραδιενεργού στοιχείου;

**«Ο χρόνος που χρειάζεται ένα στοιχείο για να υποδιπλασιαστεί» ΠΤ53**

4) «Όταν εκρήγνυται, θραύσματα και τριμμένο σε λεπτότατη σκόνη ραδιενεργό υλικό διασπείρονται σε μεγάλη ακτίνα και, πρακτικά, μένουν εκεί για πάντα, ρυπαίνοντας το χώμα και τον υδροφόρο ορίζοντα».

A) Τι εννοούμε με τους όρους ραδιενεργό υλικό και ραδιενέργεια;

**«Ραδιενεργό υλικό είναι αυτό που εκπέμπει ραδιενέργεια» ΠΤ01**

4α') **Καμία αποδεκτή απάντηση**

B) Γιατί πρακτικά το U-238 ρυπαίνει για πάντα;

**«Αφού το U-238 έχει μεγάλο χρόνο ημιζωής τότε θα υπάρχει στη φύση για πολύ χρόνο και θα τη μολύνει» ΠΤ30**

5) «Ένα πυρηνικό απόβλητο οδήγησε στο σχέδιο που έβαλε μπρος να κάνει πράξη η πολεμική βιομηχανία τη δεκαετία του '80,»

Τι σημαίνει η φράση «πυρηνικά απόβλητα»;

**«Είναι τα κατάλοιπα της πυρηνικής σχάσης, ραδιενεργά σώματα που δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή ενέργειας» ΠΤ41**

6) «Εκφράστηκαν ακόμη φόβοι για το πρόβλημα που μπορεί να προκληθεί αν το απεμπλουτισμένο ουράνιο περάσει στην τροφική αλυσίδα μέσω του υδροφόρου ορίζοντα».

Πώς το ραδιενεργό ουράνιο περνάει στην τροφική αλυσίδα;

**«Το ραδιενεργό ουράνιο ρυπαίνει τα φυτά και τα ύδατα. Μέσω της κατανάλωσης φυτών, ψαριών και ζώων από άλλα ζώα, ή και από τον άνθρωπο, το στοιχείο αυτό περνάει στην τροφική αλυσίδα» ΠΤ04**

7) «Η φυσική ραδιενέργεια που παίρνει κανείς ετησίως είναι 0,1-0,15 rem».

Από πού προέρχεται αυτή η φυσική ραδιενέργεια;

**«Από στοιχεία ραδιενεργά που υπάρχουν στη φύση σε πολύ μικρές ποσότητες» ΠΤ09**

8) «Το επιτρεπόμενο ετήσιο όριο ακτινοβολίας ήταν 156 rem (δόση η οποία εξαρτάται και από το είδος της ακτινοβολίας και είναι δεκαπλάσια αν πρόκειται για σωματίδια α από ότι για ακτινοβολία γ ή X»

A) Τι είναι τα σωματίδια α;

**«Πυρήνες ηλίου» ΠΤ29**

B) Τι είναι η ακτινοβολία γ;

**καμία απάντηση αποδεκτή**

Γ) Τι είναι οι ακτίνες X;

**«Ακτίνες μεγάλης συχνότητας. Χρησιμοποιούνται στην ιατρική (ακτινογραφίες). Σε μεγάλη ποσότητα είναι επιβλαβείς για τον άνθρωπο» ΠΤ04**

Δ) Γνωρίζετε κάποιο άλλο είδος ραδιενεργού ακτινοβολίας και τι είναι αυτό;

**καμία απάντηση αποδεκτή**

9) Όπως διευκρινίζει ο κ. Γεράνιος, αν κάποιος σήμερα πάρει μια χαμηλή δόση ραδιενέργειας λίγων rem, τότε θα περάσει μια λανθάνουσα περίοδος περίπου 10 ετών για πιθανή εμφάνιση συμπτωμάτων νόσου που σχετίζεται με τη ραδιενέργεια.

Γνωρίζετε το πώς η ραδιενέργεια επηρεάζει την υγεία των ανθρώπων και των ζώων;

**«Όταν η ραδιενεργή ακτινοβολία διαπεράσει το ανθρώπινο σώμα ή των ζώων, μπορεί να προκαλέσει μεταλλάξεις στα γονίδια του DNA. Τότε είναι πιθανό να μη γίνει σωστά η σύνθεση ορισμένων πρωτεϊνών γεγονός που είναι πιθανό να προκαλέσει ασθένειες ή άλλου είδους προβλήματα» ΠΤ04**

10) Γνωρίζετε αν η πυρηνική φυσική (ή η πυρηνική χημεία) έχει ιατρικές διαγνωστικές ή θεραπευτικές εφαρμογές; Αν ξέρετε κάποια τέτοια εφαρμογή, μπορείτε να την αναφέρετε.

**«Το σπινθηρογράφημα» ΠΤ17**

11) «...Το όριο όμως αυτό σταδιακά πέφτει, φτάνοντας τη δεκαετία του '50 στα 15 rem, την περίοδο μεταξύ 1960 και 1990 στα 5 rem, και τώρα πια μιλάμε για 2 rem! Σήμερα οι τιμές αυτές για τον γενικό πληθυσμό (και όχι για τους πυρηνικούς εργάτες) είναι το 1/10, δηλαδή 0,2 rem».

Μπορείτε να σκεφθείτε γιατί το όριο για τον γενικό πληθυσμό έχει τεθεί δέκα φορές λιγότερο από ότι για τους εργαζόμενους στα πυρηνικά εργοστάσια;

**«Ίσως είναι λιγότερο το όριο στο γενικό πληθυσμό διότι δεν έχουν τις ανάλογες προφυλάξεις που χρησιμοποιούν οι εργάτες στο εργοστάσιο» ΠΤ12**

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ IV

### ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΤΗΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑΣ ΓΙΑ ΤΟΝ ΑΝΤΙΔΡΑΣΤΗΡΑ ITER

#### Α) ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΕΣ ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ ΦΟΙΤΗΤΩΝ ΤΜΗΜΑΤΟΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΠΟΥ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΗΚΑΝ ΩΣ ΑΠΟΔΕΚΤΕΣ

1) «Σκοπός της συνεργασίας είναι η κατασκευή του πρώτου πειραματικού θερμοπυρηνικού αντιδραστήρα»

Τι σημαίνει ο όρος θερμοπυρηνικός αντιδραστήρας;

**«ένας αντιδραστήρας μέσα στον οποίο γίνεται σύντηξη του υδρογόνου σε ήλιο και παράγεται ηλεκτρική ενέργεια», Φ13**

2) ... θα χρησιμοποιούν ως πηγή ενέργειας τη σύντηξη του υδρογόνου σε ήλιο.

Μπορείτε να γράψετε την εξίσωση της πυρηνικής αντίδρασης που περιγράφει τη σύντηξη του υδρογόνου; (ΥΠΟΔΕΙΞΗ: Κατά την αντίδραση παράγονται ήλιο  ${}^4_2\text{He}$  και ποζιτρόνια  ${}^0_{+1}\text{e}$ .)

**« $4 {}^1_1\text{H} \rightarrow {}^4_2\text{He} + 2 {}^0_{+1}\text{e} + \text{ΕΝΕΡΓΕΙΑ}$ », Φ43**

3) Η ενέργεια που ελευθερώνεται από την σύντηξη 1 γραμμαρίου ατόμων υδρογόνου (1 μολ ατομικού υδρογόνου) είναι ίση με την ενέργεια που ελευθερώνεται από την καύση περίπου 23.000 λίτρων βενζίνης! Πώς εξηγείται με όρους φυσικής η μεγάλη ποσότητα ενέργειας που παράγεται κατά τις πυρηνικές αντιδράσεις; (ΥΠΟΔΕΙΞΗ: Η εξήγηση συνδέεται με έναν διάσημο Φυσικό του 20ού αιώνα)

**Καμία αποδεκτή απάντηση**

4) Έχει σχέση η πυρηνική σύντηξη του υδρογόνου με τον ήλιο, τον απλανή αστέρα που μας τροφοδοτεί με ενέργεια;

**«Ο ήλιος παράγει την ενέργεια του με θερμοπυρηνική σύντηξη ----- (γράφει σωστά τη σειρά των αντιδράσεων)» Φ43**

5) Από το 1954, οπότε έγινε η πρώτη δοκιμή βόμβας υδρογόνου, οι φυσικοί είχαν ήδη αρχίσει τις προσπάθειες για την ειρηνική χρήση αυτής της νέας πηγής ενέργειας, της σύντηξης του υδρογόνου.

Ποια άλλη μη ειρηνική χρήση της πυρηνικής ενέργειας έχει γίνει; Μπορείτε να αναφέρετε και ιστορικές πληροφορίες.

**«Μη ειρηνική χρήση έγινε στο 2ο παγκόσμιο πόλεμο με τις ρύψεις των ατομικών βομβών σε Ναγκασάκι και Χιροσίμα. Βέβαια αυτές οι βόμβες στηριζόταν στην πυρηνική σχάση», Φ27**

6) Ο στόχος αυτός όμως αποδείχθηκε πολύ δυσκολότερος από την αντίστοιχη προσπάθεια για την τιθάσευση της ατομικής ενέργειας από τη διάσπαση (σχάση) του ουρανίου.

A) Τι γνωρίζετε για τη διάσπαση (σχάση) του ουρανίου;

**«Γίνεται με βομβαρδισμό του ουρανίου από νετρόνια. Με τη σχάση παράγονται μεγάλα ποσά ενέργειας», Φ21**

B) Έχετε ακούσει τους όρους εμπλουτισμένο ουράνιο και απεμπλουτισμένο ουράνιο; Αν ναι, τι ξέρετε γι' αυτούς;

εμπλουτισμένο ουράνιο:

**«Ουράνιο με ατομικό αριθμό 235 που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την κατασκευή πυρηνικών όπλων» Φ41**

απεμπλουτισμένο ουράνιο:

**«Το ουράνιο που αποτελείται μόνο από U-238», Φ41**

7) Μία από τις πρώτες ιδέες, που αποδείχθηκε και η πιο επιτυχημένη, ήταν η χρήση ενός μαγνητικού πεδίου ως «αόρατου τοιχώματος» του αντιδραστήρα. Πώς επιτυγχάνεται γενικά η παραγωγή ενός μαγνητικού πεδίου; (πώς εσείς θα επιτυγχάνατε με απλό τρόπο ένα μαγνητικό πεδίο;)

**«Μαγνητικό πεδίο μπορούμε να δημιουργήσουμε με ένα πηνίο», Φ14**

8) Στις υψηλές θερμοκρασίες που απαιτούνται για τη σύντηξη, το υδρογόνο είναι ιοντισμένο και το αέριο είναι πια ένα μείγμα από πρωτόνια και ηλεκτρόνια. Το μείγμα αυτό ονομάζεται πλάσμα.

A) Τι σημαίνει «το υδρογόνο είναι ιοντισμένο»;

**«Σημαίνει ότι είναι στη μορφή  $H^+$ , δηλ έχει χάσει το μοναδικό ηλεκτρόνιο που έχει», Φ21**

B) Από πού προέρχονται τα πρωτόνια και τα ηλεκτρόνια που απαρτίζουν το πλάσμα;

**«Τα πρωτόνια είναι οι πυρήνες του υδρογόνου ενώ τα ηλεκτρόνια είναι αυτά που έχασαν τα άτομα H», Φ21**

9) Ποια η βασική ιδιότητα του πλάσματος που είναι χρήσιμη στην υλοποίηση της κατασκευής του αντιδραστήρα σύντηξης;

**«Ότι το πλάσμα απωθείται από περιοχές με ισχυρό μαγνητικό πεδίο», Φ37**

10) «Όλες οι χώρες της κοινοπραξίας ήθελαν να φιλοξενήσουν τον αντιδραστήρα επειδή, σε αντίθεση με τους ατομικούς αντιδραστήρες ουρανίου, που έχουν πάντα τον κίνδυνο έκρηξης και παράγουν ραδιενεργά κατάλοιπα, οι θερμοπυρηνικοί αντιδραστήρες είναι ασφαλείς και «καθαροί».

A) Συνδέεται αυτή η έκρηξη αυτή με αυτό που αναφέρουμε ως έκρηξη ατομικής βόμβας;

**Δεν δόθηκε καμία αποδεκτή απάντηση**

B) Ποια είναι η σημασία του όρου «ραδιενεργά κατάλοιπα»;

**«Απόβλητα που εκπέμπουν ραδιενέργεια», Φ10**

Γ) Σύμφωνα με τους υποστηρικτές των προγραμμάτων που αφορούν την πυρηνική ενέργεια, αυτά έχουν σημαντικά πλεονεκτήματα σε σχέση με τη χρήση των συμβατικών καυσίμων (που είναι ο άνθρακας και χημικές ενώσεις του άνθρακα όπως το πετρέλαιο). Μπορείτε να αναφέρετε τέτοια πλεονεκτήματα;<sup>1</sup>

**«Αφθονία ενέργειας - δεν εκλύουν CO<sub>2</sub> στην ατμόσφαιρα», Φ36**

11) «Αντίθετα, το υδρογόνο υπάρχει στο νερό και μπορούμε να το πάρουμε από αυτό».

Με ποιο τρόπο μπορούμε να παρασκευάσουμε υδρογόνο από το νερό; Απαιτείται γι' αυτό ενέργεια και ποιας μορφής;

**«Με ηλεκτρόλυση - απαιτείται ηλεκτρική ενέργεια», Φ17**

## **B) ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΕΣ ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ ΦΟΙΤΗΤΩΝ ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΟΥ ΤΜΗΜΑΤΟΣ ΠΟΥ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΗΚΑΝ ΩΣ ΑΠΟΔΕΚΤΕΣ**

1) «Σκοπός της συνεργασίας είναι η κατασκευή του πρώτου πειραματικού θερμοπυρηνικού αντιδραστήρα»

Τι σημαίνει ο όρος θερμοπυρηνικός αντιδραστήρας;

**«Ο θερμοπυρηνικός αντιδραστήρας θα δώσει τη δυνατότητα κατασκευής εργοστασίων τα οποία θα παράγουν ηλεκτρικό ρεύμα χρησιμοποιώντας ως πηγή ενέργειας τη σύντηξη του Η σε ήλιο», ΠΤ6**

2) ... θα χρησιμοποιούν ως πηγή ενέργειας τη σύντηξη του υδρογόνου σε ήλιο.

Μπορείτε να γράψετε την εξίσωση της πυρηνικής αντίδρασης που περιγράφει τη σύντηξη του υδρογόνου; (ΥΠΟΔΕΙΞΗ: Κατά την αντίδραση παράγονται ήλιο  ${}^4_2\text{He}$  και ποζιτρόνια  ${}^0_{+1}\text{e}$ .)

**Καμία αποδεκτή απάντηση**

3) Η ενέργεια που ελευθερώνεται από την σύντηξη 1 γραμμαρίου ατόμων υδρογόνου (1 μολ ατομικού υδρογόνου) είναι ίση με την ενέργεια που ελευθερώνεται από την καύση περίπου 23.000 λίτρων βενζίνης!

<sup>1</sup> Στη συγκεκριμένη ερώτηση ως αποδεκτές απαντήσεις θεωρήθηκαν αυτές που χρησιμοποίησαν ορθά επιστημονικούς όρους και διατύπωσαν επιχειρήματα που κινούνταν στα πλαίσια της λογικής. Η απάντηση που παρατίθεται είναι ενδεικτική

Πώς εξηγείται με όρους φυσικής η μεγάλη ποσότητα ενέργειας που παράγεται κατά τις πυρηνικές αντιδράσεις; (ΥΠΟΔΕΙΞΗ: Η εξήγηση συνδέεται με έναν διάσημο Φυσικό του 20ού αιώνα)

**Καμία αποδεκτή απάντηση**

4) Έχει σχέση η πυρηνική σύντηξη του υδρογόνου με τον ήλιο, τον απλανή αστέρα που μας τροφοδοτεί με ενέργεια;

**«Ναι, ο ήλιος βρίσκεται σε μορφή πλάσματος. Στον ήλιο πραγματοποιείται σύντηξη του  $H_2$  σε ήλιο», ΠΤ27**

5) Από το 1954, οπότε έγινε η πρώτη δοκιμή βόμβας υδρογόνου, οι φυσικοί είχαν ήδη αρχίσει τις προσπάθειες για την ειρηνική χρήση αυτής της νέας πηγής ενέργειας, της σύντηξης του υδρογόνου.

Ποια άλλη μη ειρηνική χρήση της πυρηνικής ενέργειας έχει γίνει; Μπορείτε να αναφέρετε και ιστορικές πληροφορίες.

**«Έχουν κατασκευαστεί και χρησιμοποιηθεί ατομικές βόμβες. Χρησιμοποιήθηκαν στη Χιροσίμα κ στο Ναγκασάκι και στοίχισαν πολλές ανθρώπινες ζωές», ΠΤ2**

6) Ο στόχος αυτός όμως αποδείχθηκε πολύ δυσκολότερος από την αντίστοιχη προσπάθεια για την τιθάσευση της ατομικής ενέργειας από τη διάσπαση (σχάση) του ουρανίου.

A) Τι γνωρίζετε για τη διάσπαση (σχάση) του ουρανίου;

**Καμία αποδεκτή απάντηση**

B) Έχετε ακούσει τους όρους εμπλουτισμένο ουράνιο και απεμπλουτισμένο ουράνιο; Αν ναι, τι ξέρετε γι' αυτούς;

εμπλουτισμένο ουράνιο:

**«Το φυσικό ουράνιο εμπλουτίζεται με ειδική διαδικασία αφαιρώντας μεγάλο μέρος του U-238 αφήνοντας U-235», ΠΤ4**

απεμπλουτισμένο ουράνιο:

**«Πρόκειται για το U-238 που απομένει. Πρόκειται για πυρηνικό απόβλητο που φέρνει καταστροφές», ΠΤ4**

7) Μία από τις πρώτες ιδέες, που αποδείχθηκε και η πιο επιτυχημένη, ήταν η χρήση ενός μαγνητικού πεδίου ως «αόρατου τοιχώματος» του αντιδραστήρα. Πώς επιτυγχάνεται γενικά η παραγωγή ενός μαγνητικού πεδίου; (πώς εσείς θα επιτυγχανάτε με απλό τρόπο ένα μαγνητικό πεδίο;)

**«Θα χρησιμοποιούσα ένα μαγνήτη με δυο πόλους, βόρειο και νότιο. Αλλιώς θα χρησιμοποιούσα ένα πηνίο ηλεκτροφόρο», ΠΤ37**

8) Στις υψηλές θερμοκρασίες που απαιτούνται για τη σύντηξη, το υδρογόνο είναι ιοντισμένο και το αέριο είναι πια ένα μείγμα από πρωτόνια και ηλεκτρόνια. Το μείγμα αυτό ονομάζεται πλάσμα.



A) Τι σημαίνει «το υδρογόνο είναι ιοντισμένο»;

**«Το υδρογόνο αποτελείται από θετικά ιόντα καθώς του έχει φύγει ένα ηλεκτρόνιο ( $e^-$ )»,**

**ΠΤ6**

B) Από πού προέρχονται τα πρωτόνια και τα ηλεκτρόνια που απαρτίζουν το πλάσμα;

**«Από το υδρογόνο», ΠΤ4**

9) Ποια η βασική ιδιότητα του πλάσματος που είναι χρήσιμη στην υλοποίηση της κατασκευής του αντιδραστήρα σύντηξης;

**«Το πλάσμα απωθείται από τις περιοχές που υπάρχει ισχυρό μαγνητικό πεδίο. Επομένως το μόνο που μας χρειάζεται για να "συγκρατήσουμε" το πλάσμα στον θερμοπυρηνικό αντιδραστήρα είναι να τοποθετήσουμε μια σειρά από μαγνήτες-τοιχώματα», ΠΤ7**

10) «Όλες οι χώρες της κοινοπραξίας ήθελαν να φιλοξενήσουν τον αντιδραστήρα επειδή, σε αντίθεση με τους ατομικούς αντιδραστήρες ουρανίου, που έχουν πάντα τον κίνδυνο έκρηξης και παράγουν ραδιενεργά κατάλοιπα, οι θερμοπυρηνικοί αντιδραστήρες είναι ασφαλείς και «καθαροί»».

A) Συνδέεται αυτή η έκρηξη αυτή με αυτό που αναφέρουμε ως έκρηξη ατομικής βόμβας;

**Δεν δόθηκε καμία αποδεκτή απάντηση**

B) Ποια είναι η σημασία του όρου «ραδιενεργά κατάλοιπα»;

**«Τα προϊόντα της αντίδρασης που δεν χρησιμοποιούμε εμείς αλλά βλάπτουν το περιβάλλον και έχουν ακτινοβολία», ΠΤ11**

Γ) Σύμφωνα με τους υποστηρικτές των προγραμμάτων που αφορούν την πυρηνική ενέργεια, αυτά έχουν σημαντικά πλεονεκτήματα σε σχέση με τη χρήση των συμβατικών καυσίμων (που είναι ο άνθρακας και χημικές ενώσεις του άνθρακα όπως το πετρέλαιο). Μπορείτε να αναφέρετε τέτοια πλεονεκτήματα;<sup>2</sup>

**«Είναι ακίνδυνοι και ασφαλείς – το πετρέλαιο είναι συσσωρευμένο σε συγκεκριμένα μέρη του πλανήτη, ενώ το υδρογόνο πιο εύκολα διαθέσιμο – πιο οικονομικό», ΠΤ14**

11) «Αντίθετα, το υδρογόνο υπάρχει στο νερό και μπορούμε να το πάρουμε από αυτό».

Με ποιο τρόπο μπορούμε να παρασκευάσουμε υδρογόνο από το νερό; Απαιτείται γι' αυτό ενέργεια και ποιας μορφής;

**«Με ηλεκτρόλυση - απαιτείται ηλεκτρική ενέργεια», ΠΤ37**

---

<sup>2</sup> Στη συγκεκριμένη ερώτηση ως αποδεκτές απαντήσεις θεωρήθηκαν αυτές που χρησιμοποίησαν ορθά επιστημονικούς όρους και διατύπωσαν επιχειρήματα που κινούνταν στα πλαίσια της λογικής. Η απάντηση που παρατίθεται είναι ενδεικτική

## **Βιβλιογραφία**

### **Ελληνόγλωσση**

- Αθανασάκης, Α. (1995). Παιδαγωγικές κατευθύνσεις Φυσικών Επιστημών και οι σχέσεις τους με την κοινωνία, την οικονομία και την τεχνολογία, εκδ. Σαββάλα, Αθήνα
- Αθανασίου, Λ. (2003). Μέθοδοι και τεχνικές Έρευνας στις Επιστήμες της Αγωγής, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων
- Αντωνίου, Ν., Δημητριάδης, Π., Καμπούρης, Κ., Παπαμιχάλης, Κ., Παπατσιμίπα, Α. (2008). «Φυσική Β΄ Γυμνασίου», ΟΕΔΒ
- Αντωνόπουλος – Ντόμης, Μ.. (2004). Ραδιενέργεια σε απλά ελληνικά, Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης
- Βαγενά Ν. (2001) «Το απόβλητο που φέρνει καταστροφή» Εφημερίδα «Ελευθεροτυπία» 4/1/2001, (διαδικτυακό αρχείο εφημερίδας).
- Βάρβογλης Χ.. (2005). «ITER: Ο αντιδραστήρας που θα αλλάξει τον κόσμο» Εφημερίδα «Το Βήμα», 4/9/2005, σελ.Η04.
- Βλάχος, Ι. (2004). Εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες. Η πρόταση της Εποικοδόμησης, εκδ. Γρηγόρη, Αθήνα
- Γεωργακάκος, Π., Σκαλωμένος, Α., Σφαρνάς, Ν., Χριστακόπουλος, Ι. (1999), «Φυσικής Γενικής Παιδείας Γ΄ Γενικού Λυκείου», ΟΕΔΒ
- Γιούρη – Τσοχατζή, Κ., Μανουσάκης, Γ. (2000). Διδακτική της Χημείας, Εκδ. Ζήτη, Θεσσαλονίκη
- Ζησιμόπουλου Γ., Καφετζόπουλου Κ., Μουτζούρη – Μανούσου Ε. και Παπασταματίου Ν. (2002). «Θέματα Διδακτικής για τα μαθήματα των Φυσικών Επιστημών», εκδ. Πατάκη, Αθήνα
- Ιωάννου, Α., Ντάνος, Γ., Πήττας, Α., Ράπτης, Σ. (2001). «Φυσικής θετικής και τεχνολογικής κατεύθυνσης Γ΄ Γενικού Λυκείου», ΟΕΔΒ
- Καλκάνης, Γ. (2002). Εκπαιδευτική Φυσική (Από το μικρόκοσμο στο Μακρόκοσμο)
- Καρανίκας, Ι. (1996). Μελέτη των προβλημάτων της Διδασκαλίας των θερμικών Φαινομένων, Πρόταση για Εποικοδομητική Προσέγγιση στη διδασκαλία και στη Μάθηση των θερμικών Φαινομένων στους 4ετείς φοιτητές του ΠΤΔΕ. Αδημοσίευτη Διδακτορική Διατριβή, Πανεπιστήμιο Αθηνών
- Καρατόπης Α. , Κανδαράκης Ι. (2007). «Απεικόνιση Μαγνητικού Συντονισμού», Πανεπιστημιακές εκδόσεις Αράκυνθος

- Κόκκοτας, Π. (2000). Διδακτικές προσεγγίσεις στις Φυσικές Επιστήμες, Σύγχρονοι προβληματισμοί, εκδ. τυπωθήτω, Αθήνα
- Κόκκοτας, Π.Β. (2001). Διδακτική των Φυσικών Επιστημών, τέταρτη έκδοση, εκδ. Γρηγόρη, Αθήνα
- Κουλαϊδής Β.(2000), «Προς ένα επανακαθορισμό της διδακτικής των Φυσικών Επιστημών: Παιδαγωγική και Επικοινωνία», Πρακτικά 2ου Πανελλήνιου Συνεδρίου με θέμα: Η διδακτική των Φυσικών Επιστημών και η Εφαρμογή Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση, Κύπρος, σ. 3-17.
- Κώτσης, Κ., 2002: «Κοινά χαρακτηριστικά των αντιλήψεων των φοιτητών σε έννοιες φυσικής», Θέματα στην Εκπαίδευση 3:2-3, 201-211
- Λιοδάκης, Σ., Γάκης, Δ., Θεοδωρόπουλος, Δ., Θεοδωρόπουλος, Π., Κάλλης, Α. (1999). Χημεία Α΄ Λυκείου γενικής παιδείας, ΟΕΔΒ
- Λιοδάκης, Σ., Γάκης, Δ. Θεοδωρόπουλος, Δ., Θεοδωρόπουλος, Π., Κάλλης, Α. (1999). Χημεία Β΄ λυκείου γενικής παιδείας, ΟΕΔΒ
- Λιοδάκης, Σ., Γάκης, Δ., Θεοδωρόπουλος, Δ., Θεοδωρόπουλος, Π., Κάλλης, Α. (1999) Χημεία Θετικής Κατεύθυνσης Β΄ Λυκείου, ΟΕΔΒ
- Λιοδάκης, Σ., Γάκης, Δ. Θεοδωρόπουλος, Δ., Θεοδωρόπουλος, Π. (2000). «Χημεία θετικής κατεύθυνσης Γ Ενιαίου Λυκείου», ΟΕΔΒ
- Μάζης, Α. (1995). «Φυσική Β΄ Λυκείου», έκδοση ΛΖ΄, ΟΕΔΒ
- Μάζης, Α. (1977). «Φυσική Γ΄ Λυκείου», έκδοση ΙΖ΄, ΟΕΔΒ (Πρόκειται για την αρχική έκδοση του προηγούμενου βιβλίου)
- Μανουσάκης, Γ., Κεφαλλονίτης, Ι., Χρηστίδης, Β, Χηνιάδης, Δ. (2000). «Χημεία θετικής κατεύθυνσης Γ Τάξης Ενιαίου Λυκείου», ΟΕΔΒ, Εκδ. Πατάκη
- Μαυρομούστακος, Θ., Κολοκούρης, Α., Παπακωνσταντίνου, Κ., Σινιγάλιας, Π.Ι., Λάππας, Κ. (1999). «Χημεία θετικής κατεύθυνσης Γ Τάξης Ενιαίου Λυκείου», ΟΕΔΒ
- Μιχαηλίδης, Π., Παπαγιαννάκη, Σ., Τζιανουδάκη, Α., (1993). Γνωριμία με τις Φυσικές Επιστήμες, Εκδ. Έλλην
- Μπίτσικα Π.. (2001). «Απεμπλουτισμένο ουράνιο: το πυρηνικό απόβλητο που φέρνει καταστροφή – Οι επιστήμονες προειδοποιούν ότι δεν υπάρχουν αμελητέες δόσεις ραδιενέργειας για το ανθρώπινο σώμα» Εφημερίδα «Το Βήμα» 4 /2/ 2001, σελ.Α47.
- Οικονόμου, Ε., (2004). Η Φυσική σήμερα II – οι δέκα κλίμακες της ύλης, Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης, 5<sup>η</sup> έκδοση

- Παπανικολοπούλου Θ, Χαλκιά Κ. «Άτυπες μορφές εκπαίδευσης και αξιοποίησή τους στη διδασκαλία στοιχείων αστρονομίας. Η περίπτωση του Νέου Ευγενίδειου Πλανητάριου», στο Διδακτική Φυσικών Επιστημών και Νέες Τεχνολογίες στην Εκπαίδευση 2007, Τόμος 5 [ISSN 1791-1281 Online], 2007, σσ. 349-357.
- Παπαφώτης, Γ. – Κβαντομηχανικές έννοιες στη Χημεία της Γ λυκείου, διδακτορική διατριβή, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων, τμήμα Χημείας, Ιωάννινα 2004
- Τσαπαρλής, Γ. (1991). Θέματα διδακτικής Φυσικής και Χημείας στη μέση εκπαίδευση, 2<sup>η</sup> έκδοση, εκδ. Γρηγόρη, Αθήνα
- Τσαπαρλής, Γ. (2006). Η Χημεία ως μάθημα γενικής παιδείας. Χημικός αλφαριθμητισμός και χημική κουλτούρα για όλους, Χημικά Χρονικά, Τεύχος 9, 19 – 21
- Τσίπης, Κ.Α., Βάρβογλης, Α., Γιούρη-Τσοχατζή, Κ., Δερπάνης, Δ., Παλαμιτζόγλου, Π., Παπαγεωργίου, Γ. (2000) «Χημεία θετικής κατεύθυνσης Γ Τάξης Ενιαίου Λυκείου», ΟΕΔΒ, Εκδ. Ζήτη
- Τσίπης Κ.Α., Παλαμιτζόγλου, Π., Δερπάνης Δ. και ομάδα Χημικών (2003) «Λεξικό της Χημείας», εκδ. Μάλλιαρης/Παιδεία
- Χαλκιά Κ., Φισφή Α. (2002). Οι απόψεις των μαθητών για τα άρθρα που εμφανίζονται στον ημερήσιο και περιοδικό τύπο και αναφέρονται σε θέματα φυσικών επιστημών. Πρακτικά 3<sup>ου</sup> Πανελλήνιου Συνεδρίου «Διδακτική Φυσικών Επιστημών και Εφαρμογή Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση», ΙΩΝ, Εκδ. Έλλην, σσ. 325-330. [Βλ. και ΚοΔιΦΕΕΤ, <http://www.kodipheet.gr>]
- Arons, A. (1992). Οδηγός Διδασκαλίας της Φυσικής (μετάφραση: Βαλαδάκης Α.). Εκδ. Τροχαλία, Αθήνα
- Beiser, A. (2001). «Σύγχρονη Φυσική», (Μετάφραση Πάκου Αθ. Νικολής Νικ.). Εκδ. τυπωθήτω, Αθήνα
- Cohen, L., Manion, L. (1994). Μεθοδολογία Εκπαιδευτικής Έρευνας (μεταφρ. Μητσοπούλου Χ., Φιλοπούλου Μ.). Εκδ. Μεταίχμιο, Αθήνα
- Goleman, D. (1998). Η συναισθηματική νοημοσύνη (μεταφρ. Παπασταύρου Α.). Εκδ. Ελληνικά Γράμματα, Αθήνα
- Driver, R., Guesne, E. & Tiberghien, A. (1993). Οι ιδέες των παιδιών στις Φυσικές πιστήμες (μετάφραση: Κρητικός Θ., Σπηλιωτοπούλου – Παπαντωνίου Β., Σταυροπουλος Α.) Ένωση Ελλήνων Φυσικών, Εκδ. Τροχαλία, Αθήνα
- Holton, G. (2002). «Εισαγωγή στις Έννοιες και τις Θεωρίες της Φυσικής Επιστήμης» (μετάφραση: Μαρκολέφας, Ηλ., Σκουρλά, Λ.) Πανεπιστημιακές εκδόσεις ΕΜΠ, Αθήνα

Serway, R., Moses, C., Moyer, C. (2002) «Σύγχρονη Φυσική», Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης, 3<sup>η</sup> έκδοση  
Sutton, C., (1992). Οι Λέξεις, οι Φυσικές Επιστήμες και η Μάθηση (μεταφρ. Κασούτας Μ., Λαθύρης Δ.) Εκδ. Δαρδανός, 2002, Αθήνα

### **Ξενογλώσση**

Adam, S. (2004). Using learning outcomes – a consideration of the nature, role, application and implications for European education of employing learning outcomes at the local, national and international levels, Scottish Executive.

<http://www.scotland.gov.uk/library5/lifelong/tehea-00.asp>

Aguiar, O.G., Mortimer, E.F., Scott, P. (2010). Learning From and Responding to Students' Questions: The Authoritative and Dialogic Tension, *Journal of Research in Science Teaching*, vol.47, no.2, pp174-193

Aikenhead, S.G. & Ryan, A.G., (1992), The development of a new instrument: Views on Science-Technology-Society" (VOSTS), *Science Education*, 76, 477-491.

Alsop, S. (2001). Living with and learning about radioactivity: A comparative conceptual study. *International Journal of Science Education*, 23, 263-281.

Alsop, S. & Watts, M. (1997). Sources from a Somerset village: a model for informal learning about radiation and radioactivity. *Science Education*, 81, 633-650.

American Association for the Advancement of Science. (1989). *Project 2061: Science for all Americans*. Washington, DC: AAAS Publications.

American Association for the Advancement of Science. (1993). *Benchmarks for scientific literacy*. New York, NY: Oxford University Press.

APS Physics (2011). Science literacy and nuclear accidents.

(<http://physicsfrontline.aps.org/2011/03/16/science-literacy-and-nuclear-accidents/> , ιστοσελίδα στο διαδίκτυο)

Anderson, L. W. (2001): *A Taxonomy for Learning, Teaching, and Assessing: A Revision of Bloom's Taxonomy of Educational Objectives* (NY: Longman)

Atkins P.W. (2005). Skeletal chemistry, *Education in Chemistry*, 42, 20, 25

Atwood, C. H. & Sheline, R. K. (1989). Nuclear chemistry: Include it in your curriculum. *Journal of Chemical Education*, 6(5), 389–393.

- Aubrecht, G. & Torick, D., (2000), Radioactivity: A study of student ideas and development of a curriculum based on the findings. In Moreira, M. A. (ed.). Proceedings of the Seventh Inter American Conference in Physics Education (Brasil), 16-32
- Backer, S. (2001), Mathematical and scientific literacy in PISA: The OECD program for international student assessment. In: O. De Jong, E.R. Savelsbegh, and A. Albas (Eds.), Teaching for scientific literacy: context, competency, and curriculum, Proceedings of the 2nd international Utrecht/ICASE symposium, Utrecht, The Netherlands.
- Baierlein, R. (1991). Teaching  $E = mc^2$ : An Exploration of Some Issues. Physics Teacher, v29 n3 p170-75
- Bakhtin, M (1986). Speech Genres and Other Late Essays. Austin: University of Texas Press
- Banerjee, A.C. (1995). Teaching chemical equilibrium and thermodynamics in undergraduate general chemistry classes. Journal of Chemical Education, 72, 879-881
- Barrow, G.M. (1994). General chemistry and the basis for change. Journal of Chemical Education, 71, 874-878
- Biological Science Curriculum Studies (BSCS), (1993) Developing biological literacy, pp. 1-25. Dubuque, Ia: Kendall Hunt Publishing.
- Biological Science Curriculum Studies (BSCS), (1993). Developing biological literacy, Dubuque, IA, Kendall Hunt Publishing Company, pp. 1-25.
- Bloom B. S. (1956). Taxonomy of Educational Objectives, Handbook I: The Cognitive Domain. New York: David McKay Co Inc
- Boyes E, Stanisstreet M (1994). Children's ideas about radioactivity and radiation sources, mode of travel, uses and dangers. Research in Science & Technological Education, 12(2): 145-160.
- Bybee, R.W. (1997). Achieving scientific literacy: from purposes to practices, Portsmouth, NH, Heinmann Publishing, pp. 82-86.
- Bybee, R. (2006). Enhancing science teaching and student learning: A BSCS perspective, Paper presented at the ACER Research Conference 2006, (ISBN: 086431597X)
- Cachapuz, A.F.C., & Maskill, R. (1987). Detecting changes with learning in the organization of knowledge: use of word association tests to follow the learning of collision theory. International Journal of Science Education, 9(4), 491-504.
- Cakmakci1,G., Donnelly, J., Leach, J. (2003) A cross-sectional study of the understanding of the relationships between concentration and reaction rate among Turkish secondary and

- undergraduate students (Paper presented at the European Science Education Research Association (ESERA) conference, Noordwijkerhout, The Netherlands, 19-23 August 2003)
- Carmichael, P., Driver, R., Holding, B., Phillips, I., Twiggwer, D., & Watts, M. (1990). Research on students' conceptions in science: A bibliography. Children's learning in science project. Leeds, England: University of Leeds
- Champagne A., (1997), Assessment of science literacy standards: assessment in the service of education, Proceedings of a symposium – Globalization of science education – International conference on science education moving towards science education standards, Seoul, Korea.
- Champagne, A.B., & Newell, S.T. (1992). Directions for research and development: Alternative methods of assessing scientific literacy. *Journal of Research in Science Teaching*, 29, 841-869.
- Chin, C. A., & Brewer, W. F. (1993). The role of anomalous data in knowledge acquisition: A theoretical framework and implications for science education. *Review of Educational Research*, 63, 1-49.
- Claybourne, J. P. (2003). *Myths and Misconceptions in Modern Physics*. Xlibris Corp
- Colclough, N., Lock, R. and Soares, A. (2011): Pre-service Teachers' Subject Knowledge and Attitudes about Radioactivity and Ionising Radiation. *International Journal of Science Education* 33, 3, 423-446.
- Collins P. & Bodmer W. (1986). The public understanding of science. *Studies in Science Education*, 13, 96-104.
- Coll, R.K. & Taylor, N. (2001a). Alternative conceptions of chemical bonding amongst senior secondary and tertiary students: Nature and origins. *Teaching and Learning*, 22(1), 48-60.
- Coll, R.K. & Taylor, N. (2001b). Alternative conceptions of chemical bonding held by upper secondary and tertiary students. *Research in Science & Technology Education*, 19, 171-191
- Cooper, S., Yeo, S., Zadnik, M. (2003). «Australian Students' views on nuclear issues: Does teaching alter prior beliefs». *Physics Education.*, 38(2):123-129
- Costa, N., Marques, L., & Kempa, R. (2000). «Science teachers' awareness of findings from educational research». *Chemical Education Research and Practice*, 1, 31-36.
- Dimopoulos, K., Koulaidis, V. (2003). «Science and technology education for citizenship: The potential role of the press», *Science Education*, Volume 87, Issue 2, 241–256.

- diSessa, A. A. (1993). «Towards an epistemology of physics». *Cognition and Instruction*, 10(2&3), 105-225
- Driver, R. & Easley, J. (1978). «Pupils and paradigms: A review of literature related to concept development in adolescent science students». *Studies in Science Education*, 5, 61-84.
- Driver R., & Erickson, G. (1983). «Theories-in-Action: Some theoretical and empirical issues in the study of students' conceptual frameworks in science». *Studies in Science Education*, 10, 37-60
- Driver R. & Oldham V.A. (1986). *Constructivist Approach to Curriculum Development*, *Studies in Science Education*, 13, 105-122
- Durant, J., Evans, G. and Thomas, G. (1989) The public understanding of science. *Nature*, 340, 12-14.
- Duschl, R. & Osborne, J. (2002), Supporting and promoting argumentation discourse in science education, *Studies in Science Education*, 38, 39-72.
- Eijkelhof, H. (1986). Dealing with acceptable risk in science education: The case of ionizing radiation. In M. J. Frazer & A. Kornhauser (Eds.), *Ethics and social responsibility in science education* (pp. 189–199). Oxford: Pergamon.
- Eijkelhof, H. and Millar, R. (1988) Reading about Chernobyl: the public understanding of radiation and radioactivity. *School Science Review*, 70 (251), 35-41.
- Eijkelhof, H., (1994). Toward a research base for Teaching Ionizing Radiation in a Risk Perspective. In Solomon, J. & Aikenhead, G. (eds.). *STS Education International Perspectives on Reform*. London: Longman, 205-215
- Elliot, P. (2006). «Reviewing Newspaper Articles as a Technique for Enhancing the Scientific Literacy of Student – teachers» *International Journal of Science Education*, Volume 28, Issue 11,
- European Commission. (2004). *Europe needs more scientists. Report by the High Level Group on Increasing Human Resources for Science and Technology in Europe*. Brussels.
- Fensham, P. J., & Harlen, W. (1999). School science and public understanding of science. *International Journal of Science Education*, 21(7), 755 – 763.
- Fensham, P. (2008). *Science education policy-making*. Paris: UNESCO.
- Gagne, R.M. (1985). *The Conditions of Learning*. (3rd Ed.). New York: Holt, Rinehart & Winston.



- Gagne, R.M. & Driscoll, M.P. (1988). *Essentials of Learning for Instruction*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
- Gilbert, J.K., Osborne, R.J. & Fensham, P.J. (1982). Children's science and its consequences for teaching. *Science Education*, 66, 623-633
- Gräber, W., Bolte, C. (Hrsg.) (1997): *Scientific Literacy*. Kiel: IPN.
- Gräber, W., Erdmann, T., & Schlieker, V. (2001). ParCIS: Partnership between Chemical Industry and Schools. Accessed November 2008 from [http://www.ipn.uni-kiel.de/\\_chik\\_symposium/sites/pdf/graeber.pdf](http://www.ipn.uni-kiel.de/_chik_symposium/sites/pdf/graeber.pdf)
- Gutwill-Wise, J. P. (2001). The impact of active and context-based learning to introductory chemistry courses. *Journal of Chemical Education*, 78, 684-690.
- Halkia K., Theodoridou S., & Malamitsa K. (2001a). Teachers' views and attitudes towards the communication code and the rhetoric used in press science articles. Paper presented in the 3<sup>rd</sup> International Conference on "Science Education Research in the Knowledge Based Society", ESERA, Thessaloniki, Greece.
- Halkia K, Malamitsa K., & Theodoridou S. (2001b). Students' views and attitudes towards the communication code and the rhetoric used in press science articles". Paper presented in the 9<sup>th</sup> European Conference for Research on Learning and Instruction. EARLI (European Association for Research on Learning and Instruction). Friburg, Switzerland.
- Hand, B., Hohenshell, L., & Prain, V. (2004a). Exploring students' responses to conceptual questions when engaged with planned writing experiences: A study with year 10 science students. *Journal of Research in Science Teaching*, 41, 186-210.
- Harrington, R. R., Prather, E., Paradis, A (1997) Identifying Student Reasoning Difficulties Related to Radiation and Radioactivity, Prather, E. E., Joint Meeting of American Physical Society and American Association of Physics Teachers, New England Section Meeting, University of Maine, Orono, ME, April, 1997.
- Harrison, A.G., Treagust, D.F., (1996): Secondary students' mental models of atoms and molecules: Implications for teaching chemistry, *Science Education*, Volume 80, Issue 5, 509–534.
- Harlen W., (2001). The assessment of scientific literacy in the OECD/PISA project, *Studies in Science Education*, 36, 79-104.
- Henriksen, E., Jorde, D. (2001), 'High school students' understanding of radiation and the environment: Can museums play a role?' *Science Education*, Volume 85, Issue 2, 189–206

- Hofstein A. & Rosenfeld S. (1996). Bridging the gap between formal and informal science learning. *Studies in Science education*, 28, 87-112.
- Holbrook, J., & Rannikmae, M. (2007). Nature of science education for enhancing scientific literacy. *International Journal of Science Education*, 29(11), 1347-1362.
- Holbrook, J. & Rannikmae, M.. (2009). The Meaning of Scientific Literacy. *International Journal of Environmental & Science Education*. Vol. 4, No. 3, 275-288
- Holman J., (2002). What does it mean to be chemically literate? *Education in Chemistry*, 39, 12-14.
- Horton, C (2007). Student Alternative Conceptions in Chemistry. *California Journal of Science Education*, 7(2)
- Hurd, P.D. (1958). Science literacy: Its meaning for American schools. *Educational Leadership*, 6(1), 13-16.
- ICASE. (2003). *The way forward*. Document adopted by participants at the World Conference on the Relevance of Science and Technology Education for All. Malaysia, Penang: ICASE (International Council of Associations for Science Education) & RECSAM (Regional Education Centre for Science and Mathematics)
- Jarman, R., McClune, B. (2002) 'A survey of the use of newspapers in science instruction by secon-dary teachers in Northern Ireland', *International Journal of Science Education*, Volume 24, Issue 10, 997 - 1020
- Jeffs T. and Smith M. (1990) Educating informal educators in Jeffs T. and Smith M (1990) *Using Informal Education*, Buckingham: Open University Press
- Jeffs, T. and Smith, M. (1996, 1999) *Informal Education – Conversation, Democracy and Learning* (2nd Edition, 1999) Derbyshire: Education Now
- Jenkins E. W. (1999), "School science, citizenship and the public understanding of science", *International Journal of Science*, vol.21, 7, 703-710.
- Jones, A. & Issroff, K. (2004). Learning technologies: Affective and social issues in computer-supported collaborative learning, *Computers & Education*, 44 (2005): 395-408
- Johnstone, A. H. (2000). Teaching chemistry – logical or psychological? *Chemistry Education Research and Practice*, 1, 9-15.
- Johnstone, A. H. (2006). Chemistry education research in Glasgow in perspective. *Chemistry Education Research and Practice*, 7, 49-63.

- Justi, R. (2002). Teaching and learning chemical kinetics. In J. K. Gilbert & O. De Jong & R. Justi & D. Treagust & J. H. Van Driel (Eds.), *Chemical Education: Towards Research-based Practice* (pp. 293-315). London: Kluwer Academic Publishers.
- Kaczmarek, R., Bednarek, D. and Wong, R. (1987) Misconceptions of medical students about radiological physics. *Health Physics*, 52 (1), 106-108.
- Kariotoglou P. & Papasotiriou C. (1999). The educational aspects of informal science education programs. (Paper presented in the Conference: Science as Culture, Como, Italy)
- Karmiloff-Smith, A. & Inhelder, B. (1975). "If you want to get ahead, get a theory." *Cognition*, 3, 95
- Kettle, S.F.A. (2001). Whither chemical education? A personal view. *Chemical Education Research and Practice in Europe*, 2, 5-8
- Kim, Myung-Hee Y., Wilson, J.; Cucinotta, F.; Simonsen, L., Atwell, W., Badavi, F., Miller, J. (1999). "Contribution of High Charge and Energy (HZE) Ions During Solar-Particle Event of September 29, 1989" NASA Johnson Space Center; Langley Research Center
- Klaassen, C. W. J. M., Eijkelhof, H. M. C. and Lijnse, P. L. (1990) Considering and alternative approach to teaching radioactivity. In P. L. Lijnse and A. J. Waarlo (eds.) (1990) *Relating Macroscopic Phenomena to Microscopic Particles: a central problem in secondary science education*. Proceedings of a Seminar held at University of Utrecht, January 1989, 304-316.
- Klopfer, L.E. (1971). *Evaluation of Learning Science* in Bloom, B.S, Hastings, J.T. & Madaus, G.F. *Handbook on formative and summative evaluation of student learning*. New York: McGraw-Hill
- Kohnle, A., Mclean, S and Aliotta, M. (2011): «Towards a conceptual diagnostic survey in nuclear physics», *Eur. J. Phys.* 32 (2011) 55–62
- Kooba, V.L. & Champagne, A.B. (1998). *Literacy components in Natural Science and Mathematics Standard Documents: Communication and Reasoning*. Albany, NY. National Research Center on English Learning and Achievement.
- Korpan C.A., Bisnaz G.L. and Bisnaz J., (1997), Assessing literacy in science: evaluation of scientific new briefs, *Science Education*, 81, 515-532.
- Krathwohl, D. R., Bloom, B. S., & Masia, B. B. (1973). *Taxonomy of Educational Objectives, the Classification of Educational Goals. Handbook II: Affective Domain*. New York: David McKay Co., Inc.

- Lau, K.-C. (2009). A critical examination of PISA's assessment on scientific literacy. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 7(6), 1061-1088.
- Laugksch R.C. and Spargo P.E., (1996a), Development of a pool of scientific literacy test-items based on selected AAAS literacy goals, *Science Education*, 80, 121-143.
- Laugksch R.C. and Spargo P.E., (1996b), *Scientific literacy test items*, Cape Town, SA, University of Cape Town.
- Laugksch, R. (2000), "Scientific Literacy: A conceptual overview", *Science Education*, Vol.84, No.1, pp.71-93
- Lee, V. S., Greene, D.B., Odom, J., Schechter, E., & Slatta, R.W. (2004). What is inquiry-guided learning? *Teaching and Learning Through Inquiry: A Guidebook for Institutions and Instructors*. V. S. Lee. Sterling, Virginia, Stylus: 3-16.
- Lei, Y., Mehmood, F., Lee, S., Greeley, J., Lee, B., Seifert, S., Winans, R. E., Elam, J. W., Meyer, R. J., Redfern, P. C., Teschner, D., Schlögl, R., Pellin, M. J. Curtiss, L. A. & Vajda, S. (2010). Increased silver activity for direct propylene epoxidation via subnanometer size effects. *Science*, 328 (5975).
- Lian Sai Chia, Kok Siang Tan and Ngoh Khang Goh (2006). Bridging the Cognitive-Affective Gap: Teaching Chemistry while Advancing Affective Objectives. *The Singapore Curricular Experience Chemical Education.*, 83 (1), p 59
- Lijnse P. L., Eijkelhof H., Klaassen C. & Scholte R.(1990) Pupils' and mass-media ideas about radioactivity, *International Journal of Science Education*, 12 (1), 67 – 78
- Lucas, A. (1987) Public knowledge of radiation. *Biologist*, 34 (3), 125-129.
- Marzano, R. J. (2000). *Designing a new taxonomy of educational objectives*. Thousand Oaks, CA: Corwin Press
- Mehan, H. (1979). *Learning lessons: Social organization in the classroom*. Cambridge, MA: Harvard University Press, (και στο διαδίκτυο στη διεύθυνση: <http://varenne.tc.columbia.edu/bib/info/mehn0hugh79learless.html>)
- Millar, R. (1994) School student's understanding of key ideas about radioactivity and ionizing radiation. *Public Understanding of Science*, 3 (1), January.
- Millar, R., & Gill, J. S. (1996). School students' understanding of processes involving radioactive substances and ionizing radiation. *Physics Education*, 31(1), 27–33.

- Millar, R. (2004). Scientific Literacy: A feasible goal for the school science curriculum? Πρακτικά 4<sup>ου</sup> Πανελλήνιου Συνεδρίου για τη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών και τις νέες τεχνολογίες στην Εκπαίδευση, Αθήνα 2004
- Miller, J. D. (1983). Scientific literacy: A conceptual and empirical review. *Daedalus*, 112(2), 29–48
- Miller, J. D. (1998). The measurement of civic scientific literacy. *Public Understanding of Science*, 7(3), 203-223.
- Miller, J. (2002). Civic Scientific Literacy: A Necessity in the 21st Century. *FAS Public Interest Reports*, 55(1): 3-6.
- Miller, J. (2006). Civic Scientific Literacy in Europe and the United States. World Association for Public Opinion Research, Montreal, Canada.
- Moon, J. (2002). *The Module and Programmes Development Handbook*, London, Kogan Page
- Mortimer, E. and Scott, P. (2000). Analysing discourse in the science classroom. In Millar, R., Leach, J. and Osborne, J. (eds.), *Improving Science Education: the contribution of research*. Buckingham, Philadelphia: Open University, pp.126-142.
- Mortimer, E.F., Scott, P.H. (2003). *Meaning making in secondary science classrooms*. Maidenhead: Open University Press
- National Research Council (NRC) (1996). *National science education standards*. Washington DC: National Academy Press.
- Norris S.P. & Philips L.M., (1994), Interpreting pragmatic meaning when reading popular reports on science, *Journal of Research in Science Teaching*, 31, 947-967.
- Norris, S.P. & Phillips, L.M. (2003). How literacy in its fundamental sense is central to scientific literacy, *Science Education*, 87, 224-240.
- Nunes, E. and Zylberstain, A. (1990) Goiania and Chernobyl lesson to be learned. Paper presented at the 42nd annual meeting of the Brazilian Society for the Progress of Science (SBPC), March.
- OECD (2006). *Assessing Scientific, Reading and Mathematical Literacy. A Framework for PISA 2006*. OECD Publications
- Oliveras B., Marquez C. & Sanmart N. (2011). The use of newspaper articles as a tool to develop critical thinking in science classes, *International Journal of Science Education*, DOI:10.1080/09500693.2011.586736. (First Article)

Organization for Economic Co-operation and Development (OECD-PISA) (last revised 2005), Assessment of scientific literacy in the OECD / Pisa project, <http://www.pisa.oecd.org/>

Ozmen, H. (2004). Some Student Misconceptions in Chemistry: A Literature Review of Chemical Bonding Journal of Science Education and Technology, v13 n2 p147-159

Parkinson J. & Adendorff R. (2004). The use of popular science articles in teaching scientific literacy. English for Specific Purposes, 23, 379-396.

Pella, M.O. (1976). The place of function of science for a literate citizenry. Science Education, 60, 97-101.

Pohl, M. (2000). Learning to Think, Thinking to Learn: Models and Strategies to Develop a Classroom Culture of Thinking. Hawker Brownlow Education, Melbourne.

Pope, M. & Gilbert, J. (1983) Personal experience and the construction of knowledge in science. Science Education, 67(2), 193-203

Posner, G.J., Strike, K.A., Hewson, P.W. and Gertzog, W.A. (1982), Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. Science Education, 66(2), pp.211-227

Powell R. R., Robinson M. G., & Pankratius W. (1994). Toward a global understanding of nuclear energy and radioactive waste management. International Journal of Science Education, 16, 253-263.

Prather, E. E. & Harrington, R. R., (2001), Student Understanding of ionizing radiation and radioactivity. Journal of College Science Teaching, 31, 89-93

Prather E (2005). Students' beliefs about the role of atoms in radioactive decay and half-life. J. Geosci. Educ., 53(4): 345-354.

Psillos, D., Kariotoglou, P., Tselves, V., Hatzikraniotis, E., Fassoulopoulos, G., Kallery, M. (2003). Science Education Research in the Knowledge-Based Society, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht

Ramsden, S., Taylor, J. (1993). An Analysis and Visualization of the Risk Associated with the Potential Failure of Nuclear Reactors in Turkey, Centre for Resource and Environmental Studies, Australian National University, Australian National University Supercomputer Facility

Ratcliff, M. & Fullick, P. (2001). Using Media Reports of Science Research in Pupils' Evaluation of Evidence Research in Science Education – Past, Present, and Future (pp.119-124). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers

- Rowell, J. A. and Dawson, C. J. (1985) Equilibration<sup>1</sup> conflict and instruction: A new class-oriented perspective. *European Journal of Science Education* 4 (4): 331-344
- Reigeluth, C. M. & Stein, F. S. (1983). The Elaboration Theory of Instruction. In C. M. Reigeluth (ed), *Instructional Design Theories and Models: An Overview of their Current States*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum
- Roschelle, J. (1995). Learning in Interactive Environments: Prior Knowledge and New Experience, *Public Institutions for Personal Learning: Establishing a Research Agenda*, the American Association of Museums. (Άρθρο στο διαδίκτυο, διεύθυνση: <http://www.exploratorium.edu/ifi/resources/museumeducation/priorknowledge.html>)
- Rowell, J. A. and Dawson, C. J. (1985) Equilibration<sup>1</sup> conflict and instruction: A new class-oriented perspective. *European Journal of Science Education* 4 (4): 331-344
- Scott, P. H., Asoko, H. M., Driver, R. H. (1991). Teaching For Conceptual Change: A Review Of Strategies, *Research in Physics Learning: Theoretical Issues and Empirical Studies*. Proceedings of an International Workshop March 1991 IPN 131, ISBN 3-89088-062-2
- Scribner S., (1986), Literacy in three metaphors. In N. Stein (Ed.) *Literacy in American Schools: learning to read and write*, pp 7-22, Chicago, IL: University of Chicago Press
- Seels, B. & Glasgow, Z. (1990). *Exercises in instructional design*. Columbus, Ohio: Merrill Publishing Company
- Settle, F. A. (1999). Nuclear Chemistry and the Community. ChemCases.Com, Kennesaw State University, [<http://www.chemcases.com/nuclear/index.htm>],
- Sesen, B. A. & Ince, E. (2010). Internet as a source of misconception: Radiation and radioactivity. *The Turkish Online Journal of Educational Technology*, 9(4), 94-100.
- Shamos M.H., (1989), Views of scientific literacy in elementary schools science programs: Past, present and future. In: A.B. Champagne and B.E. Lovitts (Eds.) *The year in school science 1989: scientific literacy*. Washington DC: American Association for the Advancement of Science (AAAS).
- Shamos M.H., (1995). *The myth of scientific literacy*, New Brunswick, NJ, Rutgers University Press.
- Shen B., (1975), Science literacy and the public understanding of science, In S.B Day (Ed.), *Communication of scientific Information*, Basel: Karger, AG.

- Shwartz Y., (2004), Chemical literacy: defining it with teachers, and assessing its expression at the high-school level, PhD dissertation, Department of Science Teaching, The Weizmann Institute of Science.
- Shwartz Y., Ben-Zvi R. and Hofstein A., (2005), The importance of involving high-school chemistry teachers in the process of defining the operational meaning of 'chemical literacy', *International Journal of Science Teaching*, **27**, 323-344.
- Shwartz, Y., Ben-Zvi, R. & Hofstein, A. (2006), "The use of scientific literacy taxonomy for assessing the development of chemical literacy among high-school students", *Chemistry Education Research and Practice*, **7**, 203-225
- Simon, S., Erduran, S. & Osborne, J., (2006). Learning to teach argumentation: research and development in the science classroom, *International Journal of Science Education*, **28**, 235-260.
- Sinclair, J. and Coulthard, M. 1975. *Towards an Analysis of Discourse*. Oxford: Oxford University Press.
- Skelly, K. M. & Hall, D. (1993). The development and validation of a categorization of sources of misconceptions in chemistry. Paper presented at the Third International Seminar on Misconceptions and Educational Strategies in science and Mathematics (Ithaca, August)
- Solomon J. & Thomas J., (1999). Science education for the public understanding of science, *Studies in Science Education*, **33**, 61-90.
- Stavy, R., & Berkovitz, B. (1980). Cognitive conflict as a basis for teaching quantitative aspects of the concept of temperature. *Science Education*, **64**(5), 679-692.
- Sutton, R., Rockett, B. & Swindells, P. (2000). *Chemistry for the Life Sciences*. Taylor and Francis, London
- Taber, K. S. (2000). Multiple frameworks?: Evidence of manifold conceptions in individual cognitive structure, *International Journal of Science Education*, **22** (4), pp.399-417.
- Taber, K.S. (2000). Chemistry lessons for universities? A review of constructivist ideas. *University Chemistry Education*, **4**(2), 26-35.
- Taber, K.S. (2001). Constructing chemical concepts in the classroom? Using research to inform practice. *Chemical Education: Research and Practice in Europe*, **2**, 43-51
- Talanquer, V. (2006). Common sense chemistry: A model for understanding students' alternative conceptions. *Journal of Chemical Education*, **83**, 811-816.



- Taber, K. S. & García Franco, A. (2010). Learning processes in chemistry: Drawing upon cognitive resources to learn about the particulate structure of matter. *Journal of the Learning Sciences*, 19(1), 99-142.
- Tekin BB, Nakiboğlu C. (2006). Identifying Students' Misconceptions about Nuclear Chemistry. A Study of Turkish High School Students. *Journal of Chemical Education*, 83(11): 1712-1718.
- Treagust, D. F. (1988). Development and use of diagnostic tests to evaluate students misconceptions in science. *International Journal of Science Education*, 10, 159-169.
- Tsaparlis, G. (2001). Theories in science education at the threshold of the third millennium. *Chemistry Education: Research and Practice in Europe*, 2, 1-4
- Tsaparlis, G & Zoller, U. (2003). Evaluation of higher vs. lower-order cognitive skills-type examinations in chemistry: implications for university in-class assessment and examinations, *University Chemistry Education*, 7, 50-57.
- Tsaparlis G. & Papaphotis G. (2009). High-school students' conceptual difficulties and attempts at conceptual change: the case of basic quantum chemical concepts. *International Journal of Science Education*, 31, 895-930.
- Tsaparlis G., Hartzavalos S., & Nakiboğlu C. (2013). Students' knowledge of nuclear science and its connection with civic scientific literacy in two European contexts: the case of newspaper articles. *Science & Education*, 22, 1963-1991.
- United Nations Educational, Scientific and Cultural Organisation. (1993). *Final Report: International forum on scientific and technological literacy for all*. Paris: UNESCO
- Villani, A. & Orquiza de Carvalho, L. M. (1995). Conflictos Cognitivos, Experimentos Cualitativos Y Actividades Didacticas. *Ensenanza de Las Ciencias*, 13, 279-294.
- Vygotsky, L. (1978). *Interaction Between Learning and Development*, (Mind and Society, 79-91) Harvard University Press
- Vygotsky, L.S. (1986). *Thought and language*, MIT Press
- Vygotsky, L.S. (1987). *Thinking and speech*. New York: Plenum Press
- Wandersee J.H., (1988), Ways students read text, *Journal of Research in Science Teaching*, 25, 69-84.
- Wandersee, J.H., Mintzes, J.J. & Novak, J.D.. (1994). Learning: Research on alternative conceptions. In D. Gabel (Ed.) *Handbook of Research in Science Teaching and Learning*. National Science Teachers Association: MacMillan Publishing Company, 177-210

- Wellington J. (1982). Teaching the Unteachable - Physics Education and Nuclear Weapons. *Physics Education*, 17, 106
- Wellington J. (1990). Formal and informal learning in science: The role of the interactive science centers. *Physics Education*, 25, 1247-252.
- Wellington J. (1991). Newspaper science, school science: friends or enemies?. *International Journal of Science Education*, 13, 363-372.
- Wertsch, J. V. (1991). *Voices of the Mind: A Sociocultural Approach to Mediated Action*. Cambridge: Harvard University Press
- West, L.H.T. & Pines, A.L. (1985). *Cognitive structure and conceptual change*, Orlando, FLA, Academic
- Williams, D.: Successes and Techniques Associated with Teaching the Chemistry of Radioactive Wastes. *Journal of Chemical Education*, v72 n11 p971-73
- Yarroch, W.L. (1985). Student understanding of chemical equation balancing. *Journal of Research in Science Teaching* 22, 449-459
- Zoller U. & Tsaparlis G. (1997). Higher and lower-order cognitive skills: The case of chemistry. *Research in Science Education*, 27, 117-130.
- Zuzovsky R., (1997). Assessing scientific and technological literacy among sixth graders in Israel. *Studies in Educational Evaluation*, 23, 231-256.