

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΦΥΣΙΚΗΣ
Π.Μ.Σ. ΝΕΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ & ΕΡΕΥΝΑ ΣΤΗ ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ
ΤΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ



**Διερεύνηση διδασκαλίας βασικών εννοιών της
Φυσικής του ατομικού πυρήνα στη
δευτεροβάθμια εκπαίδευση με εικονικά και
πραγματικά πειράματα**

ΑΝΤΩΝΙΟΥ ΠΟΛΥΞΕΝΗ

Επιβλέπων : κ. Θεοχάρης Κοσμάς
Καθηγητής Τμήματος Φυσικής Πανεπιστημίου Ιωαννίνων

Ιωάννινα, Ιούνιος 2016

Ευχαριστίες

Με την περάτωση της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας αισθάνομαι την ανάγκη να ευχαριστήσω κάποιους ανθρώπους που με την παρουσία, την υποστήριξη και την ανεκτικότητα τους βοήθησαν ουσιαστικά στην πραγματοποίησή της.

Πρώτα από όλους θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή μου, κ. Θεοχάρη Κοσμά, Καθηγητή του Τμήματος Φυσικής του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων. Από την πρώτη στιγμή, με εμπιστεύτηκε απόλυτα αλλά και στη συνέχεια υπήρξε ανεκτίμητη η επιστημονική και ηθική υποστήριξη που μου παρείχε σε κάθε φάση της εργασίας μου.

Επίσης, ευχαριστώ θερμά τον Επίκουρο καθηγητή, κ. Ξενοφών Ασλάνογλου, Καθηγητή του Τμήματος Φυσικής του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων, για την πολύτιμη βοήθεια και καθοδήγηση του, στην επίλυση διαφόρων θεμάτων, κυρίως στο μέρος του πειράματος.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω τα πρόσωπα της οικογένειάς μου, τους γονείς μου Χρήστο και Κατερίνα, και ιδιαίτερα τον μέλλοντα σύζυγό μου Χρήστο για τη συμπαράσταση, την κατανόηση και την υπομονή που έδειξαν κατά τη διάρκεια των μεταπτυχιακών σπουδών μου, όλο αυτό το χρονικό διάστημα.

Περίληψη

Σκοπός της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας είναι η διερεύνηση του ρόλου των πραγματικών και εικονικών πειραμάτων επίδειξης κατά τη διδασκαλία των βασικών εννοιών Ατομικής και Πυρηνικής φυσικής στους μαθητές της Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης και πιο συγκεκριμένα των μαθητών της Β΄ Λυκείου Γενικής Παιδείας. Η επίτευξή του γίνεται με τη χρήση κυρίως πραγματικού πειράματος τεχνικής φθορισμού ακτίνων-Χ. Όπως γνωρίζουμε, γενικά, το πραγματικό πείραμα στη φυσική είναι πολύ σημαντικό εργαλείο στα χέρια του διδάσκοντα καθηγητή, τόσο για τη βαθύτερη κατανόηση των ανωτέρω εννοιών, όσο και για την ποιοτικότερη αναβάθμιση του επιπέδου γνώσεων της φυσικής.

Ένας από τους κύριους στόχους της εργασίας είναι η ένταξη του πραγματικού πειράματος επίδειξης στη διδασκαλία του κεφαλαίου της Ατομικής και Πυρηνικής φυσικής στο Λυκείο, επειδή, ως επί το πλείστον, για το κεφάλαιο αυτό η παραδοσιακή διδασκαλία δεν λειτουργεί αποτελεσματικά για το μεγαλύτερο ποσοστό των μαθητών. Ακόμη και σε αυτή την ηλικία οι αντιλήψεις των μαθητών για τις βασικές έννοιες της φυσικής, δεν ανταποκρίνονται στο επίπεδο των επιστημονικών γνώσεών τους (επίπεδο Β΄ Λυκείου).

Στην παρούσα εργασία, μέσα από μία βιβλιογραφική έρευνα εκτιμάται ο σύγχρονος ρόλος του σχολείου ως θεσμού παροχής μάθησης στις φυσικές επιστήμες και ιδιαίτερα στις έννοιες της φυσικής του ατόμου και του πυρήνα του. Επικεντρωθήκαμε στις εναλλακτικές ιδέες των μαθητών που σχετίζονται με το άτομο, και των μοντέλων του ατόμου που διατυπώθηκαν στο πέρασμα των χρόνων.

Στο πειραματικό μέρος της παρούσας Διπλωματικής εκτελέστηκε το πείραμα τεχνικής φθορισμού των ακτίνων-Χ (XRF) μία σειρά διαφόρων δειγμάτων (πραγματικό πείραμα, με την τυπική πειραματική διάταξη XRF καθώς και με φορητή συσκευή). Επιπλέον, έγιναν πειράματα επίδειξης, χρησιμοποιώντας τη φορητή συσκευή XRF, σε μαθητές Λυκείου της Αθήνας, κατά τη διάρκεια επίσκεψής των στο Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων. Στο τέλος, αναλύθηκαν τα φασμάτα φθορισμού που προέκυψαν από τα διάφορα δείγματα (μονοστοιχειακά και σύνθετα υλικά) με στόχο τη συζήτηση όλων των αναφερθέντων εννοιών.

Από τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης εξάγονται χρήσιμα συμπεράσματα και προτείνεται, ως διδακτική παρέμβαση στη διδασκαλία του Λυκείου, η χρήση τέτοιων πειραμάτων ως πειραμάτων επίδειξης στα κέντρα ΕΚΦΕ, καθώς και στα σχολικά εργαστήρια όταν και όπου αυτό είναι εφικτό.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Περίληψη.....	2
---------------	---

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο : Εισαγωγή

1.1. Η θεσμική και παιδαγωγική αποστολή του σχολείου.....	6
1.2 Μάθηση.....	7
1.3 Θεωρίες μάθησης.....	8
1.3.1 Μπιχεβιορισμός.....	8
1.3.2 Η ανακαλυπτική μάθηση.....	10
1.3.3 Εποικοδομητισμός.....	11
1.4 Οι ιδέες των μαθητών.....	12
1.5 Εναλλακτικές ιδέες των μαθητών στη διδασκαλία του ατόμου.....	15
1.6 Αποτελέσματα της έρευνας στις εναλλακτικές ιδέες	17

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο : Το άτομο και ο πυρήνας του στη σύγχρονη έρευνα της φυσικής

2.1 Εισαγωγή.....	19
2.2 Ιστορική αναδρομή.....	20
2.2.1 Το ατομικό μοντέλο Thomson.....	22
2.2.2 Το ατομικό μοντέλο Rutherford.....	23
2.2.3 Το ατομικό μοντέλο Bohr.....	26
2.3 Η σύσταση του πυρήνα.....	28
2.4 Ευστάθεια και αστάθεια του ατόμου	29
2.4.1 Διέγερση και αποδιέγερση ατόμου	31
2.5 Τρόποι αποδιέγερσης πυρήνα.....	31
2.5.1 Αποδιέγερση α	32
2.5.2. Αποδιέγερση β	32
2.5.3 Αποδιέγερση γ	34
2.6 Ραδιενέργεια.....	34

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο : Πειραματική διδασκαλία

3.1 Εισαγωγή.....	36
3.2 Το πείραμα στη διδασκαλία.....	37
3.2.1 Εικονικά πειράματα.....	39
3.3 Ακτίνες–Χ.....	40
3.3.1 Χαρακτηρισμός ακτίνων–Χ	41
3.3.2 Τρόποι παραγωγής ακτίνων–Χ.....	43
3.3.3 Θεωρία φθορισμού ακτίνων–Χ	44
3.4 Πλεονεκτήματα τεχνική φθορισμού των ακτίνων–Χ.....	46
3.4.1 Πηγές ακτίνων–Χ που χρησιμοποιούνται κατά τη διάρκεια της μεθόδου XRF	46

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο : Πείραμα Τεχνικής Φθορισμού Ακτίνων–Χ

4.1 Πειραματική διάταξη τεχνικής XRF.....	48
4.2 Φάσμα φθορισμού από ανάλυση δείγματος με XRF.....	50
4.3 Φάσματα φθορισμού από την ανάλυση διαφόρων δειγμάτων.....	54
4.3.1 Δείγμα: Χαλκός.....	54
4.3.2 Δείγμα: Μόλυβδος.....	55
4.3.3 Δείγμα: 0.05 cents.....	56
4.3.4 Δείγμα: 0.50 cents.....	57
4.3.5 Δείγμα: Το κουταλάκι (χάλυβας).....	58
4.3.6 Δείγμα: Χώμα (soil 7).....	59
4.4 Συμπεράσματα πειράματος.....	68

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^ο : Διδακτική Παρέμβαση – Πρόταση στη

Διδασκαλία Λυκείου.....	70
--------------------------------	-----------

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6^ο : Επίλογος

6.1 Σύνοψη.....	75
6.2 Συμπεράσματα – Προοπτικές.....	76

Παράρτημα.....	77
-----------------------	-----------

Βιβλιογραφία.....	80
--------------------------	-----------

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΡΩΤΟ

Εισαγωγή

1.1 Η θεσμική και παιδαγωγική αποστολή του σχολείου

Το σχολείο σήμερα, αποτελεί θεμελιώδη θεσμό στην παροχή μάθησης, καθώς διαμορφώνει την κοινωνική συμπεριφορά και την προσωπικότητα του μαθητή. Με άλλα λόγια, το σχολείο αποτυπώνει τον τρόπο οργάνωσης, λειτουργίας και ανάπτυξης της κοινωνίας που το δημιούργησε.

Αναφορικά με το ποια όμως είναι η αποστολή του σχολείου ή ποια οφείλει να είναι έχουν διατυπωθεί αρκετές αντιφατικές απόψεις και θεωρίες, γνωστές και ως θεωρίες του σχολείου. Έχοντας όλες κοινό σημείο αναφοράς το άτομο και την κοινωνία έχουν αποκληθεί μαθητοκεντρικές και κοινωνιοκεντρικές θεωρίες. Οι αντιφάσεις στις θεωρίες αυτές οφείλονται στο προς τα που θέλουμε ένα σχολείο να είναι προσανατολισμένο. Στις απαιτήσεις της ζωής και τη διαμόρφωση της προσωπικότητας του μαθητή ή στην επιστήμη δηλαδή, μόνο στη γνώση.

Οι ειδικοί πιστεύουν ότι το σχολείο οφείλει να είναι στο επίκεντρο των διαδικασιών τόσο στις ανάγκες και στα ενδιαφέροντα του μαθητή, σε επίπεδο γνωστικό, νοητικό και συναισθηματικό, όσο στις ανάγκες και στις απαιτήσεις της κοινωνίας, για να μπορέσει η ίδια να συντηρηθεί, να βελτιωθεί, να ανανεωθεί και να αναπτυχθεί.

Από καθαρά παιδαγωγικής και κοινωνικής σκοπιάς, θα υποστηρίζαμε, ότι θέλουμε ένα σχολείο που να ικανοποιεί, σε μέγιστο βαθμό, τις ανάγκες και τις προσδοκίες του ανθρώπου και τις κοινωνίας προς κοινό όφελος και των δύο και όχι σε βάρος του ενός από τους δύο.

1.2 Μάθηση

Ο ρόλος της μάθησης είναι σημαντικός στις περισσότερες πτυχές της ανθρώπινης συμπεριφοράς καθώς έχει γίνει αντικείμενο μελέτης στην επιστημονική κοινότητα ουκ ολίγες φορές. Αποτελεί τον κύριο στόχο και τη βασική επιδίωξη κάθε εκπαιδευτικού και είναι πρωταρχικός στόχος οποιασδήποτε μορφής διδασκαλίας.

Γενικά, δεν υπάρχει ένας αποδεκτός ορισμός για τη μάθηση. Ο Τριλιανός (2003) σημειώνει ότι υπάρχει μεγάλη διάσταση απόψεων μεταξύ των ερευνητών για τον προσδιορισμό της έννοιας της μάθησης. Κατά καιρούς, η μάθηση ορίστηκε ως δημιουργία υποκατάστατων ανακλαστικών (Pavlov), ως δοκιμή και πλάνη (Thorndike), ως επανάληψη μιας αντίδρασης μετά από θετική ενίσχυση (Skinner), ως ενόραση (Kohler), ως μίμηση προτύπου (Bandura), ως επεξεργασία των πληροφοριών (Neisser, Seymour, Gagné) και ως προσωπική ερμηνεία στις νεοαποκτηθείσες πληροφορίες (Maslow, Rogers).

Έχοντας τα παραπάνω υπόψη και γνωρίζοντας ότι κανένας ορισμός της μάθησης δεν μπορεί να είναι ικανοποιητικός θα αναφέρουμε διάφορους ορισμούς:

- ❖ Σύμφωνα με τον Ausubel (1968) «Ο πιο σπουδαίος παράγοντας που επηρεάζει τη μάθηση είναι αυτό που ο μαθητής ήδη γνωρίζει. Εξακρίβωσέ το και δίδαξέ τον σύμφωνα με αυτό».
- ❖ Σύμφωνα με τον Gagné (1975) «Μάθηση είναι η διαδικασία που υποβοηθά τους οργανισμούς να τροποποιήσουν τη συμπεριφορά τους σε ένα σχετικά σύντομο χρονικό διάστημα και με ένα μόνιμο τρόπο, έτσι ώστε η ίδια τροποποίηση να μη χρειαστεί να συμβεί κατ' επανάληψη σε κάθε νέα περίπτωση».
- ❖ Σύμφωνα με τον Kimble (1980) «Μάθηση είναι μία σχετικά σταθερή αλλαγή σε μία δυνατότητα της συμπεριφοράς, η οποία συμβαίνει ως αποτέλεσμα ενισχυμένης πρακτικής».
- ❖ Σύμφωνα με τον Saunders (1990) «Μάθηση είναι η απόκτηση και η διατήρηση γνώσεων και τρόπων σκέψης, έτσι ώστε να είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθούν αυτές με χρήσιμο τρόπο μετά τον τερματισμό της αρχικής πρόσληψης».

- ❖ Σύμφωνα με τον Bigge (1990) «Μάθηση έχει άμεση σχέση με τη μόνιμη αλλαγή στη συμπεριφορά του ατόμου, η οποία είναι αποτέλεσμα εμπειρίας και πράξης».
- ❖ Σύμφωνα με τον Rogers (1998) και τον Κόκκο (2005) «Η μάθηση αποτελεί εκπαίδευση όταν από πλευράς συμμετεχόντων είναι συνειδητή, συγκροτημένη και σχεδιασμένη από κάποιο φορέα ο οποίος προσφέρει μάθηση».

1.3 Θεωρίες μάθησης

Σε κάθε περιοχή της επιστήμης υπάρχουν διάφορες θεωρίες οι οποίες έχουν ως στόχο την ερμηνευση των βασικών διεργασιών. Έτσι και στην περιοχή της μάθησης υπάρχουν θεωρίες που βλέπουν τα πράγματα από διαφορετική οπτική γωνία.

Επειδή, η διδασκαλία έχει ως στόχο να προκαλέσει και να ενισχύσει τη μάθηση, είναι χρήσιμο ο εκπαιδευτικός να γνωρίζει τις βασικές θεωρίες μάθησης. Κάθε διδασκαλία σχετίζεται με ορισμένες παραδοχές για το τι πρέπει να μάθει ο μαθητής καθώς και το πώς είναι καλύτερο να το μάθει, δηλαδή τους στόχους, το περιεχόμενο και τη διαδικασία της μάθησης.

Στη συνέχεια παρουσιάζονται συνοπτικά οι κυρίαρχες θεωρίες μάθησης: ο μπιχεβιορισμός, η ανακαλυπτική μάθηση και ο εποικοδομητισμός.

1.3.1 Μπιχεβιορισμός

Ο μπιχεβιορισμός υποστηρίζει ότι παρατηρώντας απλές συμπεριφορές και καταγράφοντάς τες είναι δυνατό να καταλήξουμε σε συμπεράσματα για το φαινόμενο της μάθησης. Η μάθηση είναι η αλλαγή στη συμπεριφορά του υποκειμένου λόγω των εμπειριών που αποκτά. Η αντίληψη ότι ο άνθρωπος μαθαίνει από τις εμπειρίες του δεν είναι καινούργια αφού οι αρχαίοι Έλληνες πίστευαν σ' αυτήν. Στους νεότερους χρόνους, τα πειράματα του Pavlov με τους σκύλους του και του Thorndike με τις γάτες του, ενδυνάμωσαν την αξία της εμπειρίας στη μάθηση. Οι σημαντικότερες

συζητήσεις αφορούσαν στις πηγές της γνώσης. Μαθαίνουμε οτιδήποτε μέσω της εμπειρίας, όπως υποστήριζαν οι εμπειριστές ή υπάρχει κάποια γνώση στο άτομο όπως υποστήριζαν οι μπιχεβιοριστές.

Οι εμπειριστές είχαν προχωρήσει τις συζητήσεις σε μεγαλύτερο βάθος αναφορικά με την φύση της γνώσης. Πίστευαν, ότι η γνώση αποτελείται από ιδέες που πρέπει να μπουν με κάποιο τρόπο στο μυαλό του ανθρώπου, κυρίως περνώντας μέσα από τις αισθήσεις. Κατά τους εμπειριστές λοιπόν, όλες οι πολυπλοκότητες της ανθρώπινης γνώσης μπορούν να ερμηνευθούν με όρους διασύνδεσης μεταξύ των ιδεών.

Η μπιχεβιοριστική αντίληψη για τη μάθηση, που επικράτησε τόσο στην ψυχολογία όσο και στην εκπαίδευση, θεωρούσε τη μάθηση ως παθητική, ληπτική και αναπαραγωγική διαδικασία. Το μυαλό του μαθητή είναι άγραφο χαρτί, πάνω στο οποίο ο δάσκαλος μπορεί να εγγράψει τη γνώση. Ο δάσκαλος με τη βοήθεια του εγχειρίδιου μεταδίδει τη γνώση στο μαθητή. Προτεραιότητα είναι η ποσότητα και το εύρος της γνώσης και η αποτελεσματικότητα της μάθησης ελέγχεται με τεστ που στοχεύουν στην κατοχή του περιεχομένου.

Το διδακτικό μοντέλο που στηρίζεται στη θεωρία του μπιχεβιορισμού είναι δασκαλοκεντρικό. Ο ρόλος του δασκάλου σύμφωνα με την αντίληψη αυτή είναι να διαχέει τις πληροφορίες που οι μαθητές μπορούν να απορροφούν παθητικά, αναπαράγοντάς τις στον κατάλληλο χρόνο. Βασική φιλοσοφία είναι ότι εφόσον ο εκπαιδευτικός γνωρίζει καλά τη φυσική μπορεί να τη διδάξει με επιτυχία και άρα να τη μεταφέρει στους μαθητές. Παρότι ο εκπαιδευτικός χρησιμοποιεί στο έργο του επιλεγμένα παραδείγματα, ερωτήσεις, πειράματα επίδειξης ή άλλα μέσα, η εμπειρική διδακτική προσέγγιση είναι κυρίαρχη.

Το μοντέλο της παραδοσιακής διδασκαλίας χαρακτηρίζεται από τα εξής κύρια χαρακτηριστικά :

- ❖ Η διδασκαλία μετάδοσης και λήψης πληροφοριών οδηγεί στη μάθηση της φυσικής. Δίνεται έμφαση στο να αναπαράγουν οι μαθητές γνώσεις από αξιόπιστες πηγές (βιβλίο, παράδοση μαθήματος) και όχι στο να δημιουργήσουν οι ίδιοι τις δικές τους γνώσεις.
- ❖ Η μάθηση της φυσικής είναι παθητική διαδικασία. Βασίζεται στην παραδοσιακή ακολουθία : παράδοση – μελέτη – απομνημόνευση – επίλυση τυποποιημένων προβλημάτων, ακριβείς υπολογισμοί. Ως αποτέλεσμα αυτού πολλοί μαθητές δεν αναπτύσσουν δεξιότητες στη φυσική.

- ❖ Η μάθηση της φυσικής είναι γραμμική διαδικασία. Συνήθως ο εκπαιδευτικός και τα σχολικά εγχειρίδια παρέχουν στους μαθητές μόνο μια διαδρομή σε αυστηρά καθορισμένο περιεχόμενο και έναν και μοναδικό τρόπο επίλυσης των προβλημάτων. Η φυσική εμφανίζεται ως ένα αυστηρό σύστημα δυσνόητων εννοιών και νόμων, το οποίο δεν έχει καμία σύνδεση με τις άλλες επιστήμες ή με προβλήματα της καθημερινής ζωής.

1.3.2 Η ανακαλυπτική μάθηση

Η ανακαλυπτική θεωρία της μάθησης υποστηρίζει την άποψη ότι για να μάθει το υποκείμενο πρέπει να δράσει σε συγκεκριμένα αντικείμενα έχοντας ως αποτέλεσμα την κατάκτηση του αφηρημένου ή την ανακάλυψη της γνώσης. Η μάθηση πραγματοποιείται μέσω συνεργατικών δραστηριοτήτων, επίλυση προβλημάτων και ανώτερων λειτουργιών της σκέψης. Άλλα χαρακτηριστικά στοιχεία είναι η αλληλεπίδραση μεταξύ των μαθητών και η παραγωγική ομιλία. Το ανακαλυπτικό μοντέλο μάθησης αγνοεί τις ιδέες των μαθητών, θεωρώντας το μυαλό τους ως άγραφο χαρτί.

Η ανακάλυψη της γνώσης γίνεται μέσω της αλληλοεπίδρασης και του πλαισίου στο οποίο πραγματοποιείται. Είναι δυναμική και ζωντανή. Στηρίζεται στην εκμάθηση στρατηγικών και στην άσκηση στις επιστημονικές διαδικασίες. Η άσκηση στις διαδικασίες με την καθοδήγηση του διδάσκοντα μπορεί να οδηγήσει στην ανακάλυψη του περιεχομένου, δηλαδή στην ερμηνεία των φαινομένων, στην κατανόηση των εννοιών και των νόμων της φύσης. Η γνώση διακρίνεται για τον ποιοτικό της χαρακτήρα και όχι για την ποσοτική της διάσταση.

Η διδακτική προσέγγιση είναι μαθητοκεντρικά προσανατολισμένη, με το δάσκαλο στο ρόλο του καθοδηγητή και του οργανωτή καταστάσεων μάθησης. Η βασική φιλοσοφία της προσέγγισης αυτής περιλαμβάνεται στο «οι μαθητές ως μικροί επιστήμονες» και «οι μαθητές ενεργά υποκείμενα της μάθησης». Κύρια εκπαιδευτικά εργαλεία είναι η εργαστηριακή άσκηση και η επίλυση προβλημάτων, η οποία συμπεριλαμβάνει την ανάπτυξη και την εφαρμογή διαδικασιών που οδηγούν στην ανακάλυψη νέας γνώσης. Το γεγονός ότι εργάζονται σε ομάδες, τους δίνει τη δυνατότητα της αλληλεπίδρασης μεταξύ ισοτίμων, η οποία είναι αποτελεσματικότερη

στη μάθηση, από την καταλυτική παρουσία ακόμα και του ικανότερου δασκάλου. Με τον τρόπο αυτό οι μαθητές μετέχουν οι ίδιοι στην οικοδόμηση της δικής τους γνώσης, ανακαλύπτοντας πράγματα για τον εαυτό τους. Οι βασικοί στόχοι είναι τρεις:

- ❖ Εξοικείωση των μαθητών με την επιστημονική μέθοδο και πρακτική.
- ❖ Επιτυχής εφαρμογή διαδικασιών ατομικής ανακάλυψης της νέας γνώσης, επεξεργασίας και επαλήθευσης.
- ❖ Συσχέτιση μεταξύ θεωρίας και πράξης.

Αποτελεί βασική αρχή, ότι για να ανακαλύψει κανείς την επιστημονική γνώση χρειάζεται να γνωρίζει την επιστημονική μέθοδο. Για το λόγο αυτό, ο διδάσκων επικεντρώνεται στην επιστημονική μέθοδο, στην ιστορική εξέλιξη της επιστήμης και στη σημασία των διαδικασιών. Ο διδάσκων πρέπει να είναι εξοικειωμένος με την πειραματική μεθοδολογία και τη χρήση του σχολικού εργαστηρίου.

Η δημιουργία κλίματος εμπιστοσύνης και σιγουριάς μέσα στην τάξη έχει ως συνέπεια την ενεργητική συμμετοχή, τη λήψη πρωτοβουλίας και την αυτενέργεια των μαθητών. Οι μαθητές γνωρίζουν τις ικανότητές τους και κατά συνέπεια τονώνεται η αυτοπεποίθησή τους. Με κατάλληλες οδηγίες οι μαθητές ωθούνται να παρατηρήσουν, να συγκεντρώσουν και να ταξινομήσουν, να κάνουν συγκρίσεις, να διατυπώσουν απόψεις και υποθέσεις, να εξάγουν συμπεράσματα και να οδηγηθούν τελικά στην «ανακάλυψη» ενός νόμου της φυσικής.

1.3.3 Εποικοδομητισμός

Ο εποικοδομητισμός, έχοντας ως κύριο πεδίο έρευνας και εφαρμογής τις φυσικές επιστήμες, δίνει βαρύτητα στις υπάρχουσες αντιλήψεις, ιδέες και αναπαραστάσεις των μαθητών σε σχέση με το θέμα που διδάσκονται κάθε φορά. Οι μαθητές φτάνοντας στο σχολείο έχουν ήδη συγκροτημένες εμπειρικές γνώσεις, οι οποίες είναι δύσκολο να αλλάξουν.

Οι ρίζες λοιπόν του εποικοδομητισμού βρίσκονται στις ιδέες του Piaget (1960) για τη μάθηση. Βασική αρχή αποτελεί η ιδέα ότι οι νέες γνώσεις δεν μεταφέρονται μέσω της διδασκαλίας αλλά οικοδομούνται ενεργητικά από τους ίδιους τους μαθητές, πάνω στις προϋπάρχουσες γνώσεις και εμπειρίες. Συνεπώς, η μάθηση προκύπτει ως

διαρκής και επίπονη διαδικασία, η οποία απαιτεί τη νοητική συμμετοχή του μαθητή. Μπορούμε να διακρίνουμε δύο μεγάλες σχολές:

- ❖ Τον γνωστικό εποικοδομητισμό, ο οποίος επηρεάζεται από τη σχολή Piaget και θεωρεί ότι η μάθηση είναι ατομική διαδικασία.
- ❖ Τον κοινωνικό εποικοδομητισμό, ο οποίος θεωρεί πολύ σημαντικό το ρόλο του κοινωνικού πλαισίου οικοδόμησης της γνώσης και έχει ως σημείο αναφοράς τον Vygotsky (1978).

Ο εποικοδομητισμός έθεσε για πρώτη φορά το ζήτημα της ανάλυσης και του διδακτικού μετασχηματισμού του περιεχομένου, με στόχο την ανάδειξη των γνωστικών αναγκών των μαθητών. Η έμφαση δίνεται στη μάθηση και το μαθητή και όχι στη διδασκαλία και στον διδάσκοντα. Ο μαθητής δεν αποτελεί ένα άγραφο χαρτί πάνω στο οποίο εγγράφονται οι νέες γνώσεις που εκπέμπονται από το διδάσκοντα. Οι προϋπάρχουσες γνώσεις, του καθορίζουν το πώς αυτός θα διαχειριστεί τις νέες.

Η εξουσία του δασκάλου είναι διακριτική και καθόλου ευδιάκριτη. Ο δάσκαλος εδώ προκαλεί και συντονίζει συζητήσεις, επιλέγει σύμφωνα με τις ιδέες των μαθητών τα κατάλληλα έργα τα οποία θα προκαλέσουν την εννοιολογική αλλαγή που είναι και ο κύριος σκοπός του. Ενδιαφέρεται για το ευχάριστο κλίμα στην τάξη ώστε οι μαθητές να αισθάνονται άνετα για να συμμετέχουν στις διαδικασίες και να απολαμβάνουν ότι συμβαίνει γύρω τους. Τους ενθαρρύνει για να σκέφτονται ελεύθερα, χωρίς το φόβο να χαρακτηριστούν λανθασμένα αυτά που λένε.

1.4 Οι ιδέες των μαθητών

Η ανάπτυξη ενός συνόλου ιδεών και αντιλήψεων σχετικά με έννοιες και αρχές της φυσικής γίνεται συνεχώς από τους μαθητές μέσω των αλληλεπιδράσεων που έχουν με το περιβάλλον, την κοινωνική επαφή τους και τη γλώσσα τους. Χρησιμοποιούν τις αντιλήψεις αυτές για να εξηγήσουν αυτό που αντιλαμβάνονται ότι συμβαίνει γύρω τους. Η ιδέα της διερεύνησης των αντιλήψεων των παιδιών για τις φυσικές επιστήμες είναι πολύ παλιά. Ο Piaget χρησιμοποιεί τη μέθοδο της συνέντευξης για να διερευνήσει τις αντιλήψεις του παιδιού για τον «κόσμο» (1960), για τη «φυσική αιτιότητα» (1969), για την «κίνηση και την ταχύτητα» (1970) και παρουσίασε έναν μεγάλο αριθμό ιδεών για πολλά θέματα των φυσικών επιστημών.

Ο όρος εσφαλμένες αντιλήψεις αναφέρεται στη διεθνή βιβλιογραφία το 1967 για μαθητές, σε έννοια της φυσικής (Burge 1967). Μόνο όμως πριν από περίπου τριάντα χρόνια οι ερευνητές (Driver and Easley 1978) ξεκίνησαν να ερευνούν συστηματικά τις ιδέες των παιδιών για έννοιες και φαινόμενα των φυσικών επιστημών, όταν συνέδεσαν τη μάθηση του γνωστικού αντικειμένου των φυσικών επιστημών με τη νοητική ανάπτυξή τους. Οι αντιλήψεις αυτές φέρουν διάφορα ονόματα, ανάλογα με τον χρόνο και τον τρόπο που δημιουργήθηκαν στα παιδιά. Έτσι διακρίνονται ως αντιλήψεις – ερμηνείες των διαφόρων φαινομένων που έχουν σχηματίσει τα παιδιά από μόνα τους σε μικρή συνήθως ηλικία, χωρίς την παρέμβαση του εκπαιδευτικού και ονομάζονται πρώιμες αντιλήψεις, όρος που προτάθηκε από τον Ausubel (1968) και τον επανέλαβε ο Novak (1977). Αυτές οι πρώιμες αντιλήψεις αργότερα, σε μεγαλύτερη ηλικία και παρά την παρέμβαση του εκπαιδευτικού, είναι δυνατόν να μην εξελιχθούν σε επιστημονική γνώση, οπότε χρησιμοποιήθηκε ο όρος παρανοήσεις (Helm, 1980). Στη δική μας μελέτη χρησιμοποιείται ο όρος «εναλλακτικές ιδέες».

Οι ιδέες αυτές των μαθητών είναι αντιλήψεις που δεν οφείλονται στην κακή πληροφόρησή τους αλλά στους τρόπους με τους οποίους αντιλαμβάνονται ό,τι συμβαίνει γύρω τους, στο πώς παρατηρούν και στο πώς καταλήγουν σε συμπεράσματα. Αναπτύσσονται στην προσπάθειά τους να δώσουν νόημα στον κόσμο μέσα στον οποίο ζουν. Ξεκινώντας από τις εμπειρίες τους ψάχνουν και βρίσκουν ομοιότητες και διαφορές για την παρατήρηση των φαινομένων και των γεγονότων, ώστε να δημιουργήσουν δομές γνώσεων. Συγκεντρώνουν στοιχεία και χτίζουν μοντέλα, για να ερμηνεύσουν τα γεγονότα και να κάνουν προβλέψεις. Ο τρόπος με τον οποίο εποικοδομούνται οι διάφορες ιδέες βασίζεται στην άμεση εμπειρία του φυσικού κόσμου και τις κοινωνικές αλληλεπιδράσεις, συνεπώς όλα αυτά εποικοδομούνται ενεργά και διεξάγουν συμπεράσματα.

Οι μαθητές δεν κατανοούν τον κόσμο απευθείας, αλλά μέσω του σχηματισμού ιδεών – αντιλήψεων, νοητικών αναπαραστάσεων και νοητικών μοντέλων. Οι νοητικές αυτές αναπαραστάσεις είναι εικόνες αντικειμένων και γεγονότων, όταν αυτά είναι απόντα και συνήθως διαφέρουν από την επιστημονική άποψη. Συνήθως, αυτές οι αντιλήψεις είναι απλά «λανθασμένες». Έτσι, οι μαθητές συγκεντρώνουν στοιχεία και χτίζουν μοντέλα, για να ερμηνεύσουν τα γεγονότα και να κάνουν προβλέψεις. Τα νοητικά αυτά μοντέλα βοηθούν τους μαθητές να εξηγήσουν κάποιες αιτίες, αναπαριστώντας πιο εύκολα συγκεκριμένες καταστάσεις. Επιπλέον, τους βοηθούν, να δίνουν απαντήσεις σε ερωτήσεις της καθημερινότητας μέσα ή έξω από το σχολείο.

Οι ιδέες των μαθητών δημιουργούνται ακόμη από την επίδραση των αντιλήψεων των μεγάλων, από τα μέσα επικοινωνίας, από τις επαφές τους και τις συζητήσεις τους με άλλους μαθητές, από τα σχολικά εγχειρίδια και από τη διδασκαλία. Σημαντικό ρόλο στη διαμόρφωσή τους διαδραματίζει ακόμη και η καθομιλούμενη γλώσσα, η οποία πολλές φορές διαφέρει από την επιστημονική (Κόκοτας, 2000).

Συχνά για την ερμηνεία των φαινομένων, οι μαθητές χρησιμοποιούν όρους που έχουν ακούσει είτε στο σχολείο από τους εκπαιδευτικούς είτε από άλλους συνομήλικους ή μη. Γεννάται έτσι το ερώτημα αν οι μαθητές κατανοούν πραγματικά το νόημα των όρων αυτών και αν τους χρησιμοποιούν όπως οι εκπαιδευτικοί και οι επιστήμονες. Οι Dekkers και Thijs (1998) μελέτησαν το βαθμό κατανόησης που είχαν μαθητές για την έννοια της δύναμης στη μηχανική. Συμπέραναν ότι τα νοήματα που αποδίδουν οι μαθητές στις λέξεις δεν είναι απαραίτητως τα ίδια με αυτά των επιστημόνων και τόνισαν ότι αυτό αποτελεί ένα εννοιολογικό πρόβλημα.

Οι ιδέες των μαθητών έχουν γενικότερη ισχύ και μερικές από αυτές μεταβάλλονται με την ανάπτυξή τους. Υπάρχουν όμως, και περιπτώσεις που πολλοί από τους μαθητές, διατηρούν τις ίδιες εναλλακτικές ιδέες και ένας λόγος που δικαιολογεί αυτή τη διατήρηση είναι ο τρόπος ζωής τους. Για τους μαθητές οι ιδέες τους είναι επαρκείς, αφού τους εξηγούν τα φυσικά φαινόμενα, παρόλο που πολλές φορές συγκρούονται με τις αντιλήψεις των ενηλίκων. Χαρακτηριστικό των ιδεών αυτών είναι ότι διαμορφώθηκαν κατά τη διάρκεια πολλών ετών πριν διδαχθούν οι μαθητές τις επιστημονικές έννοιες. Επιπλέον, οι ιδέες αυτές συναντώνται σε μαθητές και αποφοίτους της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης. Βέβαια, το ποσοστό αυτών που έχουν αδυναμίες στην κατανόηση των εννοιών μειώνεται όσο το «επίπεδο» ανεβαίνει, αλλά δεν εξαλείφεται ακόμη και μεταξύ των καθηγητών φυσικής (Bernhard, 2000).

Οι αντιλήψεις των μαθητών είναι συχνά διαφορετικές από το επιστημονικό πρότυπο, όπως αυτό παρουσιάζεται στα σχολικά εγχειρίδια. Ωστόσο, οι αντιλήψεις αυτές είναι χρήσιμες και λογικές (Κόκοτας 1989), επειδή αποτελούν το εφελκυστικό της ερμηνείας των σχετικών φαινομένων. Πολλές φορές, οι μαθητές δίνουν αντιφατικές εξηγήσεις και ερμηνείες για τα φαινόμενα, χωρίς να τα γνωρίζουν πραγματικά. Επίσης, είναι πιθανό ένας μαθητής να έχει διαφορετικές αντιλήψεις για ένα φαινόμενο. Κι αυτό συμβαίνει επειδή η χρήση διαφορετικών επιχειρημάτων, οδηγεί το μαθητή σε αντίθετες προβλέψεις για ισοδύναμες καταστάσεις.

1.5 Εναλλακτικές ιδέες των μαθητών στη διδασκαλία της φυσικής του ατόμου

Οι εναλλακτικές ιδέες των μαθητών για το άτομο, είναι αρκετές. Ζητώντας τους να το περιγράψουν με λόγια ή να το ζωγραφίσουν, ενώ άλλες φορές να επιλέξουν από κάποιες προτεινόμενες αναπαραστάσεις – εικόνες του ατόμου αυτή που θεωρούν περισσότερο αποδεκτή, προσπαθούν να ανιχνεύσουν αν κάποιο ατομικό μοντέλο είναι περισσότερο κατανοητό από αυτούς ή το θεωρούν πιο ‘σωστό’. Επειδή δεν μπορούν να έχουν άμεση εμπειρία της μικροσκοπικής δομής της ύλης, είναι δύσκολο να σχηματίσουν σαφή εικόνα γι’ αυτή. Έτσι οι μαθητές, είτε είναι Λυκείου, είτε φοιτητές, διδάσκοντες Φυσική, χωρίς να κατανοούν βασικές έννοιες και να τις παρερμηνεύουν. Βασικές εναλλακτικές ιδέες των μέχρι τώρα ερευνών για τη σωματιδιακή δομή της ύλης αναφέρονται πιο κάτω:

- ❖ Ένα άτομο συχνά περιγράφεται σαν στρογγυλό, στερεό και σκληρό (Griffiths and Preston, 1992: Harrison and Treagust, 1996) και ορίζεται ως «μπάλα» ή «σφαίρα». Ακόμη πολλοί μαθητές το περιγράφουν σαν σταφίδα ή δομή που μπορεί να διαιρεθεί και να αναπαραχθεί σαν κύτταρο (Harrison and Treagust, 1996: Simon, 1998). Λιγότεροι από τους μισούς μαθητές έχουν κατανοήσει επαρκώς ότι ένα άτομο αποτελείται από πυρήνα και ηλεκτρόνια καθώς και την ηλεκτρονιακή δομή του (Charlet – Brehelin, 1998: Harrison and Treagust, 1996). Επομένως, το άτομο δεν περιγράφεται σύμφωνα με κάποια επιστημονική θεωρία και δεν φαίνεται να έχει κατανοηθεί ότι οι αισθήσεις μας δεν είναι δυνατόν να μας δώσουν πληροφορίες για την οπτικοποίησή του.
- ❖ Η περιγραφική έρευνα για τις ηλικίες 14 – 16 ετών των νοητικών μοντέλων των μαθητών για τα άτομα έδειξε ότι οι περισσότεροι προτιμούν μοντέλα που τα απεικονίζουν σαν ξεχωριστές, διακεκριμένες δομές. Αυτό το συμπέρασμα προκύπτει από το γεγονός ότι προτιμούν το ατομικό μοντέλο που μοιάζει με το ηλιακό σύστημα και θεωρούν τις ηλεκτρονιακές στοιβάδες και τα ηλεκτρονιακά νέφη ως πλήρεις ή ημιστερές δομές (Harrison and Treagust, 1996). Ακόμη και φοιτητές περιγράφουν το άτομο ως σφαίρα ή σύμφωνα με το πλανητικό μοντέλο ανατρέχοντας στην Κλασική Φυσική και θεωρώντας ότι έχει συγκεκριμένο μέγεθος (Charlet – Brehelin, 1998: Cokelez and Dumon, 2005: Harrison and Treagust, 1996: Mashadi 1996).

- ❖ Οι μαθητές, ακόμη και όταν έχουν διδαχθεί αναλυτικά τα σχετικά κεφάλαια στα μαθήματα της Φυσικής και της Χημείας, συγχέουν όχι μόνο τις έννοιες σωματίδιο, άτομο, μόριο, αλλά και πυρήνας, πρωτόνιο, νετρόνιο και ηλεκτρόνιο, όπως και τις σχέσεις μεταξύ τους (Coll and Treagust, 2003: Johnston, 1988: Osborne and Freyberg, 1985). Δεν διαθέτουν δηλαδή νοητική εικόνα για τα δομικά συστατικά της ύλης, ώστε να μπορούν να περιγράψουν πώς είναι δομημένα, ποιες είναι οι ιδιότητές τους και ποιες οι μεταξύ τους διαφορές.
- ❖ Οι μαθητές δε θεωρούν τα άτομα ως στοιχεία ενός μοντέλου που ερμηνεύει τις μακροσκοπικές ιδιότητες της ύλης σαν αναδυόμενες ιδιότητες του συνόλου των στοιχείων (τις οποίες από μόνα τους δεν τις έχουν), αλλά σαν τα πιο μικρά κομμάτια στα οποία το μακροσκοπικό αντικείμενο μπορεί να υποδιαιρεθεί ενώ διατηρούν τα χαρακτηριστικά του. Δέχονται όμως, το άτομο σαν το τμήμα της ύλης που δεν μπορεί να διαιρεθεί σε μικρότερα τμήματα (Albanese & Vicentini, 1997). Διαθέτουν δηλαδή μια προσωπική θεωρία σύμφωνη με αυτή των επιστημόνων του 19ου αιώνα.
- ❖ Σπάνια αναφέρονται στην έννοια του ατομικού μοντέλου, ενώ πολλοί φαίνεται να συγχέουν το ατομικό μοντέλο με την πραγματικότητα (Cokelez and Dumon, 2005: Harrison and Treagust, 1996: Simon, 1998: Unal and Zollman, 2000). Ακόμη και οι φοιτητές όταν υιοθετούν κάποιο από τα μοντέλα του ατόμου, δεν μπορούν να το χρησιμοποιήσουν για να ερμηνεύσουν κάποιο φυσικό φαινόμενο (Fletcher and Johnston, 1999). Η έννοια του ατομικού μοντέλου ως επιστημονικού εργαλείου, που μπορεί να ανασκευαστεί ή να καταργηθεί στο μέλλον, δεν φαίνεται να έχει οικοδομηθεί από τους μαθητές αλλά και τους φοιτητές.
- ❖ Οι φοιτητές κρατούν τις γνώσεις τους από το Λύκειο και δεν τις αλλάζουν ούτε και μετά το τρίτο έτος των σπουδών τους (Fletcher and Johnston, 1999).
- ❖ Οι μαθητές του Λυκείου αλλά και των φοιτητών πριν αρχίσουν το μάθημα της Κβαντομηχανικής το μηχανιστικό μοντέλο των γρήγορα κινούμενων ηλεκτρονίων σε καθορισμένες τροχιές είναι κυρίαρχο (Harrison and Treagust, 2000). Στα ηλεκτρόνια αποδίδονται ιδιότητες κλασικών αντικειμένων, όμοιων με αυτά που συλλαμβάνουν οι αισθήσεις μας.
- ❖ Η σχέση της ηλεκτρονιακής δομής του ατόμου ενός στοιχείου και η θέση του στον περιοδικό πίνακα δεν φαίνεται να είναι ξεκάθαρη για τους μαθητές

(MacKinnon, 1999). Δέχονται επίσης ότι τα ηλεκτρόνια είναι κατανεμημένα σε ζευγάρια γύρω από τον πυρήνα, επηρεασμένοι από τους τύπους κατά Lewis, που χρησιμοποιούνται για την ερμηνεία των χημικών δεσμών (Cokelez and Dumon, 2005: Keig and Rubba, 1993).

Επομένως, οι μαθητές και οι φοιτητές για να περιγράψουν το άτομο ανακαλούν εικόνες του μακρόκοσμου με τις οποίες έχουν εξοικειωθεί, ενώ συχνά συγχέουν μεταξύ τους δομικούς λίθους της άβιας (σωματίδια) και της έμβιας ύλης (κύτταρο). Η οπτικοποίηση και οι ιδιότητες του ατόμου ταυτίζονται με την πραγματικότητα, χωρίς να γίνεται οποιαδήποτε αναφορά στα ατομικά μοντέλα και τις θεωρίες από τις οποίες προκύπτουν. Αναδεικνύεται έτσι, η δυσκολία τους να κατανοήσουν την δομή της ύλης και την οργάνωση του μικρόκοσμου γενικότερα, ώστε να μπορούν να ερμηνεύσουν και τις διαφορετικές μακροσκοπικές ιδιότητες των υλικών.

1.6 Αποτελέσματα της έρευνας στις εναλλακτικές ιδέες

Ένα πεδίο της έρευνας που διεξάγεται στα πλαίσια της διδακτικής της φυσικής, στοχεύει να αναδείξει τις εναλλακτικές ιδέες των μαθητών, να τις αναλύσει, να τις ομαδοποιήσει με σκοπό να πετύχουμε την καλύτερη δυνατή δόμηση της γνώσης γύρω από έννοιες και ιδέες της φυσικής. Ασφαλώς, η διδακτική της φυσικής ασχολείται και με τη γνώση των διαδικασιών, όπως αναφέραμε και προηγουμένως, δηλαδή το πώς οι σπουδαστές οργανώνουν και χρησιμοποιούν τις γνώσεις των γεγονότων και εννοιών που διαθέτουν καθώς προσπαθούν να επιλύσουν ένα πρόβλημα. Καταλαβαίνουμε λοιπόν πως η διδακτική των φυσικών επιστημών πρέπει να αντιμετωπιστεί ως ένα «επιστημονικό πρόβλημα» (Redish, 1994).

Με βάση τις γνώσεις που έχει δώσει η έρευνα της διδακτικής της φυσικής, έγινε σχεδιασμός κατάλληλων διδακτικών στρατηγικών με στόχο την οικοδόμηση των εννοιών και την επίλυση προβλημάτων στη φυσική. Ένας μεγάλος αριθμός ερευνών και μελετών έχουν γίνει στην κατεύθυνση του σχεδιασμού, της οργάνωσης και της αξιολόγησης των διδακτικών παρεμβάσεων για τη διδασκαλία της φυσικής. Παρόλα αυτά, μετά από χρόνια συστηματικής έρευνας δεν υπάρχει ακόμη ένα γενικά αποδεκτό θεωρητικό πλαίσιο (Rowlands, 1999). Θα λέγαμε δηλαδή πως είναι πολύ

δύσκολο να δοθεί ευθεία απάντηση στο ερώτημα: Ποιος είναι ο καλύτερος τρόπος διδασκαλίας της φυσικής στην τάξη;

Αυτό οφείλεται σε πολλούς παράγοντες. Πρώτα από όλα δεν μπορεί να υπάρξει συγκεκριμένος τρόπος προσέγγισης για όλους τους μαθητές. Τόσο οι ατομικές διαφοροποιήσεις όσο και οι συγκεκριμένοι άνθρωποι που υπάρχουν σε μια τάξη πρέπει να λαμβάνονται υπόψη. Έπειτα οι αποφάσεις που παίρνουν οι διδάσκοντες, κάνουν την ίδια τη διδασκαλία να εξαρτάται ιδιαίτερα από τους συγκεκριμένους στόχους οι οποίοι πρέπει να επιτευχθούν μέσα από τη διδασκαλία του μαθήματος αυτού. Παραδοσιακά, οι στόχοι αυτοί κυριαρχούνται από επιφανειακές αντιλήψεις, παρά από βαθύτερη ανάλυση του θέματος αυτού, με την επιλογή δηλαδή συγκεκριμένου περιεχομένου που να ταιριάζει πιθανώς με τις μακροπρόθεσμες ανάγκες του πληθυσμού στον οποίο απευθύνεται, παρά να λαμβάνει υπόψη τη δυνατότητα του μαθητή να μαθαίνει και να κατανοεί.

Όλα αυτά μας επιτρέπουν να επεκτείνουμε τη συζήτησή μας γύρω από την έρευνα στη διδασκαλία πάνω στο τι μπορούν να μάθουν διαφορετικοί μαθητές παρακολουθώντας μια συγκεκριμένη σειρά μαθημάτων φυσικής. Πάνω σε αυτή τη λογική έχουν προταθεί ανάλογα αναλυτικά προγράμματα για όλες τις βαθμίδες εκπαίδευσης και έχουν συγγραφεί τα αντίστοιχα σχολικά εγχειρίδια. Είναι ανάγκη λοιπόν να υπάρχει ένας τρόπος αξιολόγησης όλων αυτών των νέων προτάσεων, ώστε να διαπιστωθεί αν βοηθούν τη μάθηση της επιστημονικής γνώσης από τους μαθητές. Σε ένα τέτοιο ερευνητικό ερώτημα, ο μόνος σταθερός παράγοντας είναι η αντίληψη του μαθητή, με αποτέλεσμα να μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως κριτήριο για την επιτυχή ή μη επιτυχή εφαρμογή μιας πρότασης διδασκαλίας.

Η ύπαρξη των εναλλακτικών ιδεών των μαθητών μπορεί να περιγραφεί ως ένα είδος φωτογραφικής πλάκας, η οποία αποτυπώνει τη γνώση τους. Αν ο μαθητής, ανεξαρτήτως ποιος τον δίδαξε, ποια μέθοδο χρησιμοποίησε, ποιο εγχειρίδιο χρησιμοποιήθηκε απαντάει λανθασμένα, τότε γίνεται καταγραφή εναλλακτικής ιδέας και συνάγεται ότι δεν έχει την ορθή επιστημονική γνώση. Ασφαλώς, δεν μπορεί μονοσήμαντα να απαντηθεί αν ευθύνεται ο εκπαιδευτικός, η μέθοδος ή το εγχειρίδιο, αλλά σίγουρα εξάγεται το συμπέρασμα ότι δεν έχει γίνει η απαραίτητη εννοιολογική αλλαγή. Από τη στιγμή που οι εναλλακτικές ιδέες είναι κοινές για τους μαθητές και τις γνωρίζουμε, τότε μπορούμε να διαπιστώσουμε από την ύπαρξή τους αν υπάρχει μάθηση και γνώση μετά τη διδασκαλία ή όχι και να ενεργήσουμε αναλόγως.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΥΤΕΡΟ

Το άτομο και ο πυρήνας του στη σύγχρονη έρευνα της φυσικής

“All things are made of atoms—little particles that move around in perpetual motion, attracting each other when they are a little distance apart, but repelling upon being squeezed into one another”



Richard Feynman

2.1 Εισαγωγή

Στο κεφάλαιο αυτό θα αναφερθούμε στο άτομο και τον πυρήνα του στη σύγχρονη έρευνα της φυσικής. Τα εισαγωγικά αυτά στοιχεία κρίνονται απαραίτητα για την βαθιά κατανόηση της εναλλακτικής πρότασης στη διδασκαλία εννοιών της φυσικής του ατομικού πυρήνα που αποτελεί και τον κύριο στόχο της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας.

2.2 Ιστορική αναδρομή

Όλη η ύλη όσο στέρεη κι αν φαίνεται, είναι φτιαγμένη από μικροσκοπικούς δομικούς λίθους, που και αυτοί είναι ως επί το πλείστον άδειος χώρος. Αυτά είναι τα άτομα που συνδυαζόμενα σχηματίζουν τα μόρια, τα οποία με την σειρά τους συνδυάζονται για να σχηματίσουν τις ενώσεις και τις ουσίες που συναποτελούν την ύλη.

Για να μπορέσει λοιπόν κανείς, να κατανοήσει (πόσο μάλλον δε να διδάξει) την έννοια του ατόμου, πρέπει να λάβει υπόψη του ακόμη μία σημαντική πλευρά της ιστορικής της εξέλιξης και συγκεκριμένα ότι η χημική ανάπτυξη της έννοιας του χημικού στοιχείου απετέλεσε προϋπόθεση για τη διαμόρφωση του ατομικού μοντέλου. Το γεγονός αυτό προκύπτει από την ανάλυση της έννοιας τόσο κατά την αρχαιότητα όσο και κατά τη σύγχρονη περίοδο. Επίσης καθίσταται εμφανές από τις σύγχρονες διδακτικές προσεγγίσεις. Ωστόσο, καθώς η ανάλυση της ιστορικής εξέλιξης της έννοιας του χημικού στοιχείου εκφεύγει του πεδίου αυτής της ιστορικής αναδρομής, η έννοια αυτή καθώς και η συμβολή της στη διαμόρφωση της σύγχρονης ατομικής θεωρίας θα μας απασχολήσει μόνο έμμεσα σε αυτή την εργασία.



Εικόνα 1: Η εξέλιξη του ατομου.

Η λέξη άτομο προέρχεται από το στερητικό α και τη λέξη *τομή* και σημαίνει αυτό που δεν διαιρείται περισσότερο. Τον όρο χρησιμοποίησαν για πρώτη φορά οι αρχαίοι Έλληνες φιλόσοφοι Λεύκιππος και ο μαθητής του Δημόκριτος (στα τέλη 5ου με αρχές 4ου αιώνα π.Χ.), υποστηρίζοντας ότι η ύλη δεν είναι συνεχής, αλλά αποτελείται από αδιαίρετα άτομα. Σύμφωνα με το Δημόκριτο, τα άτομα κινούνται στο κενό και συγκρούονται μεταξύ τους, δημιουργώντας διάφορους συνδυασμούς από τους οποίους δημιουργούνται οι ουσίες. Αυτοί οι συνδυασμοί (πάντοτε σύμφωνα με το Δημόκριτο) δεν είναι μόνιμοι, καθώς τα άτομα μπορούν και πάλι να διαχωριστούν. Αξίζει να σημειωθεί ότι ο Δημόκριτος θεωρούσε ότι το βάρος των ατόμων μία ιδιότητα που γεννιέται από την κίνησή τους. Ωστόσο η θεωρία του Λεύκιππου και του Δημόκριτου παρά την δημοφιλία της, δεν έγινε καθόλου δεκτή στην αρχαιότητα. Ο μόνος υποστηρικτής αυτής της θεωρίας ήταν ο Επίκουρος που έγινε ο συνδετικός κρίκος ανάμεσα σε αρχαίας Ελλάδα και Ρώμης. Ένα μέρος της ατομικής θεωρίας διασώζεται στο ποίημα του Ρωμαίου ποιητή Λουκρήτιου “Περί της φύσεως των πραγμάτων”.

Μετά από μία «πνευματική νάρκη» 20 αιώνων περίπου, ο Άγγλος John Dalton ανακαλύπτει νέους νόμους της Χημείας, που για να τους εξηγήσει, χρησιμοποιεί την θεωρία των ατομικών φιλοσόφων. Ο Ντάλτον ανακάλυψε ότι υπήρχαν κάποιες χημικές αντιδράσεις, κατά τις οποίες ο συνδυασμός των ίδιων στοιχείων έδινε ως αποτέλεσμα διαφορετικές ενώσεις (π.χ. από την αντίδραση μεταξύ του χαλκού και του οξυγόνου είναι δυνατόν να προκύψουν δύο διαφορετικές ενώσεις. Ο Ντάλτον παρατήρησε και κάτι ακόμα: Κάθε φορά που μια ποσότητα μάζας του στοιχείου Α, αντιδρούσε με την ίδια μάζα του στοιχείου Β, ώστε να προκύψει ως αποτέλεσμα διαφορετική ένωση, εμφανιζόταν μια αναλογία, η οποία εκφραζόταν σε μικρούς ακέραιους αριθμούς. Το τέλος του 19^{ου} και η αρχή του 20^{ου} αιώνα αποτέλεσαν περίοδο σημαντικών ζυμώσεων, αλλαγών και δραστηριοτήτων στην φυσική που κατέληξαν στην εμφάνιση της σχετικότητας, της κβαντικής θεωρίας, της ατομικής και υποατομικής φυσικής.

Το 1985 ο Rontgen παράγει και ανιχνεύει μία ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία που μέχρι τότε δεν είχε ανιχνευτεί. Την αποκαλεί άγνωστη ακτινοβολία Χ. Στην πραγματικότητα όμως ο Rontgen είχε ανακαλύψει και ανιχνεύσει το πρώτο στοιχειώδες σωματίδιο, το φωτόνιο. Το φωτόνιο δεν είχε μάζα και ουσιαστικά δεν είναι υλικό, αλλά φορέας ακτινοβολίας ή ενέργειας. Κι έτσι ανοίγει ένας μακρύς

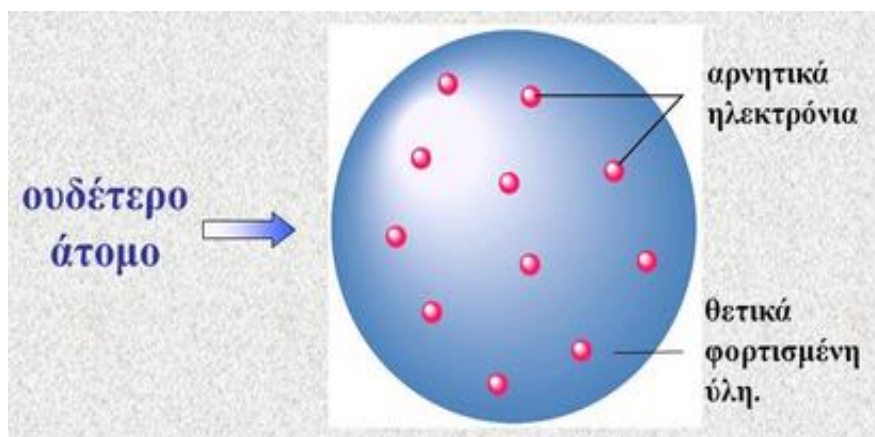
κύκλος ανακαλύψεων στον τομέα των στοιχειωδών σωματιδίων. Σε λιγότερο από ένα χρόνο ο Becquerel ανακαλύπτει τις ραδιενεργές ακτινοβολίες α και β . Η φύση τους θα προσδιοριστεί αργότερα, αλλά υπήρχε ήδη η υποψία ότι ήταν σωματιδιακής φύσεως. Μέχρι τότε λοιπόν, έχουμε ισχυρές ενδείξεις για την ύπαρξη στοιχειώδη σωματιδίων, αλλά καμία πειραματική ένδειξη για την φύση και τα ιδιαίτερα φυσικά χαρακτηριστικά (π.χ. μάζα, φορτίο) αυτών των σωματιδίων.

Η μεγάλη ανακάλυψη έγινε το 1987 από τον Thomson, ο οποίος ανακαλύπτει το πρώτο υλικό στοιχειώδες αρνητικά φορτισμένο σωματίδιο, το ηλεκτρόνιο. Το 1899 ανακοινώνεται από τον ίδιο, ότι τα άτομα είναι διαιρετά. Όλες αυτές οι ανακαλύψεις και επιπλέον η υπόνοια ότι οι περίπλοκες φασματικές γραμμές των ατόμων πρέπει να παράγονται από κάτι που τραντάζεται μέσα στο άτομο, οδήγησαν σε διάφορες απόψεις σχετικά με την εσωτερική δομή του ατόμου. Έπρεπε ακόμη να αποσαφηνιστεί σε ποια περιοχή του ατόμου βρίσκονταν τα ηλεκτρόνια ή και αν ακόμα βρίσκονταν μέσα στα άτομα.

2.2.1 Το ατομικό μοντέλο Thomson

Το πιο γνωστό από τα πρώτα ατομικά μοντέλα ήταν το μοντέλο του 'σταφιδόψωμου' που προτάθηκε από τον Thomson. Σύμφωνα με αυτό το άτομο ήταν μια ομοιογενής με ομοιόμορφη κατανομή μάζας θετικά φορτισμένη σφαίρα, στην οποία ήταν σφηνωμένα σαν σταφίδες αρνητικά φορτισμένα ηλεκτρόνια.

Ο Thomson προχώρησε πολύ πιο πέρα από την απλή παρουσίαση των πειραματικών του αποτελεσμάτων κάνοντας υποθέσεις για την ερμηνεία τους, προτείνοντας το ατομικό του μοντέλο και εκφράζοντας μία θεωρία σύμφωνα με την οποία το σωματίδιο ηλεκτρόνιο αποτελούσε πλέον συστατικό του ατόμου. Ακολούθησε δηλαδή μια πορεία που έρχεται σε αντίθεση με την παραδοσιακή άποψη για την επιστημονική μέθοδο, σύμφωνα με την οποία μια επιστημονική υπόθεση ελέγχεται με τα πειραματικά αποτελέσματα. Αντιθέτως την ίδια εποχή οι Kaufmann και Wiechert ενώ υπολόγισαν και αυτοί πειραματικά τον λόγο m/e των καθοδικών ακτίνων, δεν μπόρεσαν να καταλήξουν σε κανένα συμπέρασμα για τη φύση τους, να προχωρήσουν δηλαδή σε μία θεωρητική ερμηνεία των πειραματικών δεδομένων τους.



Εικόνα 2: Απεικόνιση του ατόμου του Thomson

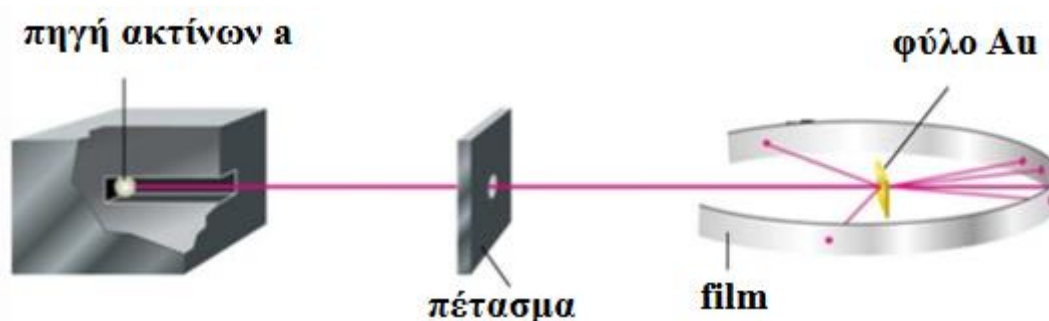
Το μοντέλο του Thomson διέθετε ηλεκτρική σταθερότητα, αφού τα ηλεκτρόνια ισορροπούσαν σε συμμετρικές διατάξεις μέσα στην σφαίρα του θετικού φορτίου, αλλά δεν ερμήνευε τα έντονα γραμμικά φάσματα ακόμη και του υδρογόνου.

2.2.2 Το ατομικό μοντέλο Rutherford

Ο Rutherford, του οποίου η βασική ερευνητική ενασχόληση την εποχή αυτή αφορούσε τη ραδιενέργεια, με τους συνεργάτες του Geiger και Marsden, με μια σειρά από πειράματα το 1911, παρατήρησαν ότι μία λεπτή ευθυγραμμισμένη δέσμη σωματιδίων α έβγαινε διευρυμένη μετά την διέλευσή της μέσα από ένα μεταλλικό φύλλο, μολονότι το διαπερνούσε αρκετά εύκολα. Έτσι, άρχισαν μία σειρά πειραμάτων για να διερευνήσουν την κατανομή της μάζας μέσα στο άτομο, παρακολουθώντας λεπτομερώς την σκέδαση των σωματιδίων α από λεπτά φύλλα. Τα σωματίδια α είναι πανομοιότυπα με τους πυρήνες των ατόμων του ηλίου (είναι θετικά φορτισμένα σωματίδια και αποτελούνται από δύο πρωτόνια και δύο νετρόνια συνδεδεμένα μεταξύ τους). Αυτά τα θετικώς φορτισμένα σωματίδια εκπέμπονται από ασταθείς πυρήνες και μπορούν να διανύσουν μερικά εκατοστόμετρα στον αέρα ή περίπου 0,1 mm στα στερεά προτού ακινητοποιηθούν λόγω συγκρούσεων. Μέσα στο άτομο, ασκούνται πάνω στο σωματίδιο α ηλεκτρικές δυνάμεις και κυρίως στο θετικό φορτίο του πυρήνα των ατόμων. Αλλά η μάζα ενός σωματιδίου α είναι 7300 φορές μεγαλύτερη από τη μάζα ενός ηλεκτρονίου. Συλλογισμοί που σχετίζονται με την

ορμή, δείχνουν πως το σωματίδιο α μπορεί να σκεδαστεί μόνο κατά πολύ μικρές γωνίες από τις αλληλεπιδράσεις του με τα πολύ ελαφρύτερα ηλεκτρόνια.

Αυτά τα πειράματα οδήγησαν τελικά τον Rutherford στην ανακάλυψη ότι το μέγιστο μέρος της ατομικής μάζας και όλο το θετικό φορτίο του ατόμου βρίσκονται σ' ένα μικροσκοπικό κεντρικό πυρήνα. Η τυχαία αλληλουχία γεγονότων και η έξυπνη εκμετάλλευση των τυχαίων ανακαλύψεων, που οδήγησαν στη μνημειώδη για την εποχή του πυρηνική θεωρία του ατόμου του Rutherford περιγράφονται από τον ίδιο στο δοκίμιό του “Εξέλιξη της θεωρίας της ατομικής δομής”.



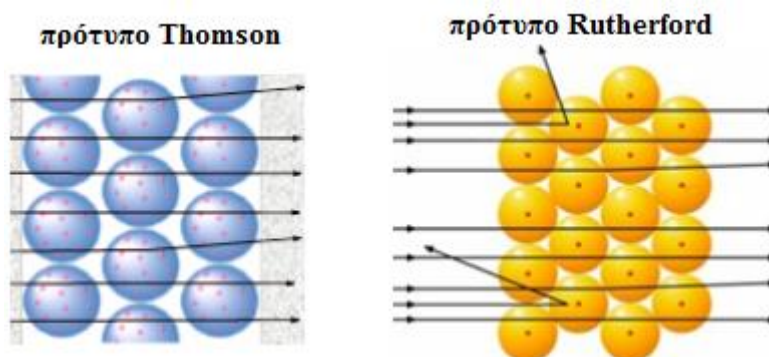
Εικόνα 3: Απλοποιημένη αναπαράσταση του πειράματος του Rutherford

Τα κύρια κύρια στοιχεία της συσκευής του Rutherford φαίνονται στο παραπάνω σχήμα. Σωματίδια α τα οποία εκπέμπονταν, από ραδιενεργό πηγή προσκρούαν σε φύλλο χρυσού, πάχους μερικών χιλιάδων ατομικών στρωμάτων. Τα περισσότερα από τα σωματίδια α διέρχονταν κατευθείαν δια μέσου του φύλλου σχεδόν ανεπηρέαστα, σαν να κινούνται σε κενό χώρο. Αρκετά σκεδάζονταν κατά μία γωνία ϕ και πολύ λίγα ήταν αυτά που απόκλιναν κατά γωνία 180° . Ο Rutherford υπέθεσε ότι η σκέδαση σε μεγάλες γωνίες οφείλεται σε μία μόνο κρούση και η απωστική δύναμη μεταξύ του σωματιδίου α και του πυρήνα δίνεται από το νόμο του Coulomb.

$$F = k \frac{(2e)(Ze)}{r^2}$$

όπου $+2e$ είναι το φορτίο του σωματιδίου α , $+Ze$ είναι το φορτίο του πυρήνα και k η σταθερά του Coulomb.

Αν το άτομο είχε τη δομή που πίστευε ο Thomson θα έπρεπε όλα τα σωματίδια α να το διαπερνούν χωρίς σημαντική εκτροπή. Η σκέδαση των σωματιδίων α για τα πρότυπα του Thomson και του Rutherford φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.



Εικόνα 4: Σκεδασμός των σωματιδίων α .

Η συνέπεια της δημιουργίας ενός πυρηνικού ατομικού μοντέλου έδωσε υπόσταση σε νέα ερωτήματα από τα οποία βασικότερα ήταν:

- ❖ Αν υπάρχουν μόνο Z θετικά φορτία στον πυρήνα, από τι απαρτίζεται το άλλο μισό του ατομικού βάρους;
- ❖ Πώς εξασφαλίζεται η συνεκτική δύναμη που συγκρατεί πολλά πρωτόνια περιορισμένα σε μια απίστευτα μικρή περιοχή 10^{-14} m;
- ❖ Πώς κινούνται τα ηλεκτρόνια γύρω από τον πυρήνα και πώς αυτή η κίνησή τους εξηγεί τις παρατηρούμενες φασματικές γραμμές;

Ο Rutherford δεν είχε ακριβή απάντηση για το πρώτο ερώτημα και έκανε την υπόθεση ότι η διαφορά μεταξύ του Z και του ατομικού βάρους μπορούσε να οφείλεται σε ομάδες σωματιδίων α και σε ουδέτερα σωματίδια, καθένα από τα οποία αποτελούνταν από ένα ζεύγος ηλεκτρονίου – πρωτονίου, δέσμιων μεταξύ τους. Επίσης συμπέρανε την ύπαρξη ενδοπυρηνικών ηλεκτρονίων, τα οποία ήταν γνωστά από την παρουσία τους στην εκπομπή ακτίνων βήτα.

Απαντώντας στο δεύτερο ερώτημα, ο Rutherford υποστήριξε επιφυλακτικά ότι η συνεκτικότητα του πυρήνα οφείλεται σε ηλεκτρικές δυνάμεις. Ωστόσο, μερικά έτη αργότερα, και συγκεκριμένα το 1921, διαπιστώθηκε ότι αυτό που διατηρεί τον πυρήνα ενωμένο δεν είναι η δύναμη Coulomb και ότι ένα εντελώς καινούργιο είδος πολύ ισχυρής δύναμης συγκρατεί τα πρωτόνια μεταξύ τους.

Η απάντηση στο τρίτο ερώτημα δεν ήταν γραφτό να δοθεί από τον Rutherford. Αυτό το θέμα αποτέλεσε το κορυφαίο έργο του Niels Bohr.

2.2.3 Το ατομικό μοντέλο Bohr

Το 1913 ο Bohr μπήκε στο επιστημονικό στίβο συνδυάζοντας την κβαντική θεωρία του Planck και του Einstein στο πυρηνικό άτομο του Rutherford, αναπτύσσοντας το πλανητικό μοντέλο του ατόμου. Κατέληξε στα εξής συμπεράσματα:

- ❖ Το ηλεκτρόνιο κινείται σε κυκλικές τροχιές γύρω από το πρωτόνιο υπό την επίδραση της ελκτικής δύναμης Coulomb.
- ❖ Μόνο ορισμένες τροχιές είναι σταθερές. Οι σταθερές τροχιές είναι εκείνες στις οποίες το ηλεκτρόνιο δεν φωτοβολεί.
- ❖ Ακτινοβολία εκπέμπεται από το άτομο όταν το ηλεκτρόνιο μεταβαίνει από μία αρχική στάσιμη κατάσταση υψηλότερης ενέργειας σε μία στάσιμη κατάσταση χαμηλότερης ενέργειας. Ειδικότερα, η συχνότητα f του φωτονίου που εκπέμπεται κατά την μετάβαση είναι ανεξάρτητη από τη συχνότητα της τροχιακής κίνησης του ηλεκτρονίου. Η συχνότητα του εκπεμπόμενου φωτός σχετίζεται με την μεταβολή της ενέργειας του ατόμου και δίνεται από τον τύπο των Planck – Einstein.

$$E_i - E_f = h f$$

όπου E_i είναι η ενέργεια της αρχικής κατάστασης, E_f είναι η ενέργεια της τελικής κατάστασης $E_i > E_f$.

- ❖ Το μέγεθος των επιτρεπόμενων ηλεκτρονικών τροχιών καθορίζεται από μία επί πλέον κβαντική συνθήκη που επιβάλλεται στην τροχιακή στροφορμή του ηλεκτρονίου. Δηλαδή οι επιτρεπόμενες είναι εκείνες για τις οποίες η τροχιακή στροφορμή του ηλεκτρονίου είναι ακέραιο πολλαπλάσιο της ποσότητας $\hbar = \frac{h}{2\pi}$,

$$m u r = n \hbar$$

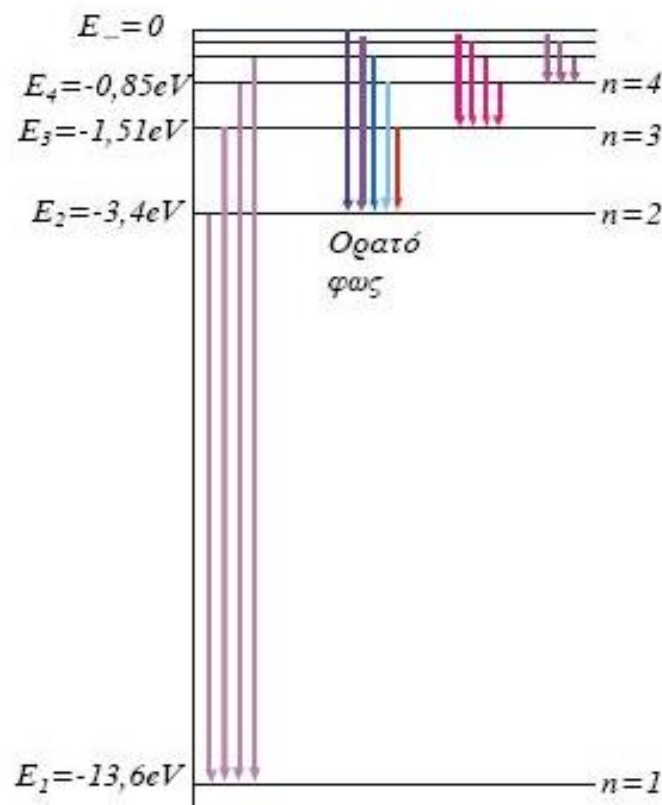
Χρησιμοποιώντας αυτές τις τέσσερις υποθέσεις, μπορούμε να υπολογίσουμε τις επιτρεπόμενες ενεργειακές στάθμες και τα μήκη κύματος εκπομπής του ατόμου του υδρογόνου.

Μήκος κύματος εκπομπής του ατόμου του υδρογόνου

$$\frac{1}{\lambda} = \frac{f}{c} = \frac{ke^2}{2a_0hc} \left(\frac{1}{n_f^2} - \frac{1}{n_i^2} \right)$$

Επιτρεπόμενες ενεργειακές στάθμες

$$E_n = -\frac{ke^2}{2a_0} \left(\frac{1}{n^2} \right), \quad n = 1, 2, 3 \dots$$

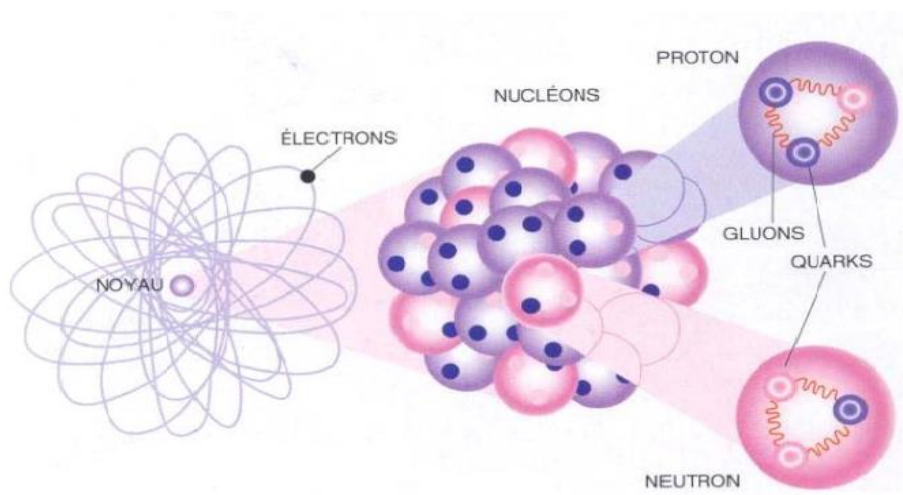


Εικόνα 5: Διάγραμμα ενεργειακών σταθμών για το υδρογόνο.

Λίγα χρόνια αργότερα το 1932, ανακαλύφθηκε από τον Chadwick το νετρόνιο, που είναι ηλεκτρικά ουδέτερο σωματίδιο με μάζα περίπου ίση με του πρωτονίου. Τώρα πια ο πυρήνας αποτελείται από ακόμα ένα σωματίδιο, το νετρόνιο και οι φυσικοί αρχίζουν να «νιώθουν» την συνθετότητα της ατομικής φυσικής.

2.3 Η σύσταση του πυρήνα

Μετά τα μέσα του 20^{ου} αιώνα ανακαλύφθηκε ότι το πρωτόνιο και το νετρόνιο που ανήκουν στα αδρόνια (σωματίδια που εκδηλώνουν ισχυρές αλληλεπιδράσεις) αποτελούνται από άλλα πιο στοιχειώδη σωματίδια, quarks. Τα quarks δεν έχουν εσωτερική δομή, δηλαδή δεν διαιρούνται σε άλλα απλούστερα σωματίδια και παρουσιάζονται σε έξι διαφορετικούς τύπους: το άνω (up) και το κάτω (down) quarks, το παράδοξο (strange) και το γοητευτικό (charm) quarks, το χαμηλό (bottom) και το υψηλό (top) quarks (κατ' άλλους κορυφή και πυθμένας). Τα quarks είναι ηλεκτρικά φορτισμένα: τα up, strange, top quarks έχουν φορτίο $+\frac{2}{3}e$ (σε μονάδες του φορτίου του ηλεκτρονίου που θεωρούμε ότι έχει φορτίο -1) ενώ τα down, charm, bottom quarks έχουν φορτίο $-\frac{1}{3}e$. Τα quarks δεν εμφανίζονται ποτέ ελεύθερα αλλά σε ομάδες με άλλα quarks.



Εικόνα 6: Μικρογραφία του ατόμου και του πυρήνα του όπως απεικονίζεται σε σύγχρονα διδακτικά βιβλία.

Τα up και down quarks είναι σωματίδια $1^{\text{ης}}$ γενιάς και με βάση αυτά το πρωτόνιο αποτελείται από 2 up και 1 down quarks, ενώ το νετρόνιο από 2 down και 1 up quarks. Στη 2η γενιά τα charm και strange quarks. Οι ομοιότητες των σωματιδίων $1^{\text{ης}}$ και $2^{\text{ης}}$ γενιάς είναι πολλές εκτός από τη μάζα όπου η $2^{\text{ης}}$ γενιάς quarks είναι πιο βαριά από την $1^{\text{ης}}$. Στη 3η γενιά εμφανίζονται τα top και το bottom quarks. Και πάλι η $3^{\text{η}}$ γενιά εμφανίζεται ακόμα πιο βαριά από τις 2 προηγούμενες. Είναι γεγονός ότι η ύπαρξη των 3 γενιών, με πανομοιότυπα χαρακτηριστικά, αποτελεί ένα από τα αναπάντητα ακόμα ερωτήματα της φυσικής των στοιχειωδών σωματιδίων. Πάντως τα πειράματα συνηγορούν στην ύπαρξη 3 και όχι περισσότερων γενιών.

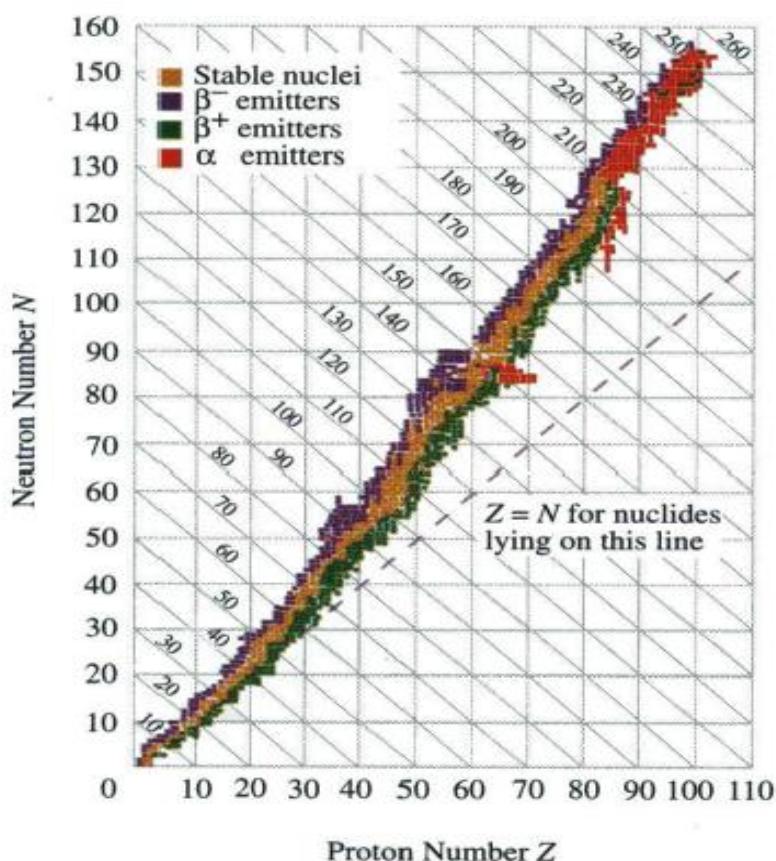
Παρ' όλα αυτά η φυσική των στοιχειωδών σωματιδίων, χρειάζεται μόνο 4 βασικούς δομικούς λίθους για να χτίσει τον σημερινό κόσμο. Τα up και down quarks, το ηλεκτρόνιο και επιπλέον ένα πολύ παράξενο σωματίδιο, το νεutrίνο. Αυτό το τελευταίο είχε προβλεφθεί από τον Pauli το 1930, αλλά μόνο το 1956 αποδείχθηκε και πειραματικά η ύπαρξή του από τους Reins και Cowan. Είναι ένα ουδέτερο ηλεκτρικά σωματίδιο με εκπληκτικά μικρή μάζα (στη πραγματικότητα η μάζα του είναι μικρότερη από το σφάλμα που κάνουν οι πειραματικές συσκευές και θεωρητικά το αντιμετωπίζουμε σαν να μην έχει μάζα).

2.4 Ευστάθεια και αστάθεια του ατόμου

Τα νουκλεόνια συγκρατούνται μεταξύ τους λόγω της ισχυρής πυρηνικής δύναμης (ελκτική δύναμη) η οποία έχει μικρή εμβέλεια, αλλά πολύ μεγάλη ισχύ και έτσι υπερνικά τις απωστικές ηλεκτροστατικές δυνάμεις που αναπτύσσονται μεταξύ των θετικά φορτισμένων πρωτονίων και έχουν άπειρη εμβέλεια και κατά αυτόν το τρόπο επιτρέπεται η ύπαρξη του πυρήνα. Λόγω ακριβώς της μικρής, όμως, εμβέλειας που έχει η ισχυρή πυρηνική δύναμη δεν μπορεί να καταστήσει ευσταθή έναν πυρήνα που είναι πολύ μεγάλος. Ο μεγαλύτερος πυρήνας που έχει ποτέ παρατηρηθεί και ήταν απολύτως ευσταθής είναι ο μόλυβδος 208 (^{208}Pb).

Ένα χαρακτηριστικό διάγραμμα που δείχνει την ευστάθεια των πυρήνων είναι το λεγόμενο διάγραμμα Segre ή αλλιώς χάρτης νουκλιδίων. Αυτό είναι ένα διάγραμμα στου οποίου τον οριζόντιο άξονα τοποθετείται ο ατομικός αριθμός (Z) και στον

κατακόρυφο ο αριθμός των νετρονίων (N) και όπου απεικονίζονται όλοι οι ανακαλυφθέντες πυρήνες. Σε αυτό το διάγραμμα παρατηρούμε ότι για σταθερούς πυρήνες μικρής μάζας ισχύει $N = Z$, ενώ για βαρύτερους πυρήνες υπάρχει πλεόνασμα νετρονίων καθώς οι απωστικές δυνάμεις Coulomb, λόγω των πολλών πρωτονίων πρέπει να εξισορροπηθούν από επιπρόσθετες ελκτικές δυνάμεις.



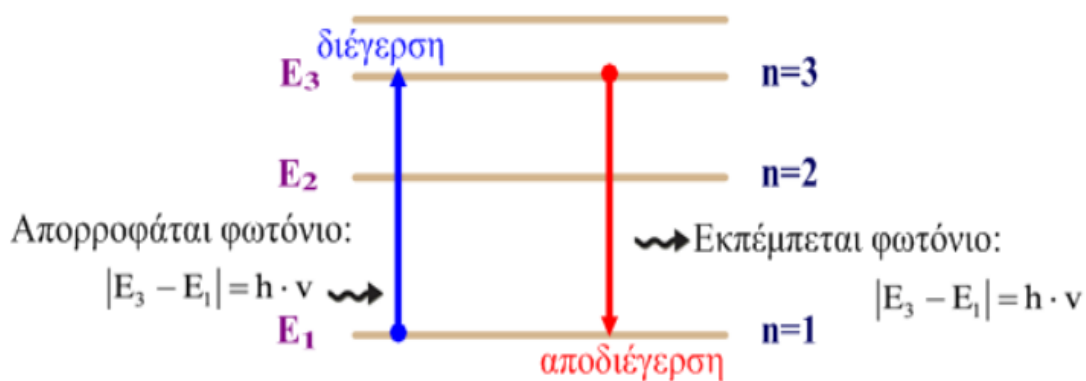
Εικόνα 7: Διάγραμμα αριθμού νετρονίων N , ως προς τον ατομικό αριθμό Z για τους σταθερούς πυρήνες.

Στα υπόλοιπα μέρη του διαγράμματος Segre οι πυρήνες δεν είναι ευσταθείς για αυτό και δεν απεικονίζονται. Κάτω από τη γραμμή των σταθερών πυρήνων, οι πυρήνες διασπώνται με διάσπαση β^+ λόγω αυξημένου αριθμού πρωτονίων, πάνω από τη γραμμή των σταθερών διασπώνται με διάσπαση β^- λόγω αυξημένου αριθμού νετρονίων, ενώ για $Z > 82$ διασπώνται με διάσπαση α λόγω μεγάλου μεγέθους (και μικρής εμβέλειας της ισχυρής πυρηνικής αλληλεπίδρασης).

2.4.1 Διέγερση και αποδιέγερση ατόμου

Η αποδιέγερση του ατόμου γίνεται όταν ένα ηλεκτρόνιο μεταπίπτει από μία στάθμη υψηλότερης ενέργειας σε μία άλλη χαμηλότερης ενέργειας, επιτρέποντας να εκπεμφθεί ακτινοβολία με ενέργεια ίση με τις διαφορές της αρχικής και της τελικής ενεργειακής στάθμης. $|E_f - E_i| = h \cdot \nu$

Η αντίστροφη διαδικασία, δηλαδή όταν ένα ηλεκτρόνιο μεταπίπτει από μία στάθμη χαμηλότερης σε μία υψηλότερης ενέργειας ονομάζεται διέγερση του ατόμου. Το διεγερμένο άτομο παραμένει σε κατάσταση διέγερσης για ελάχιστο χρονικό διάστημα και επανέρχεται στην θεμελιώδη κατάσταση είτε απευθείας είτε διαδοχικά.



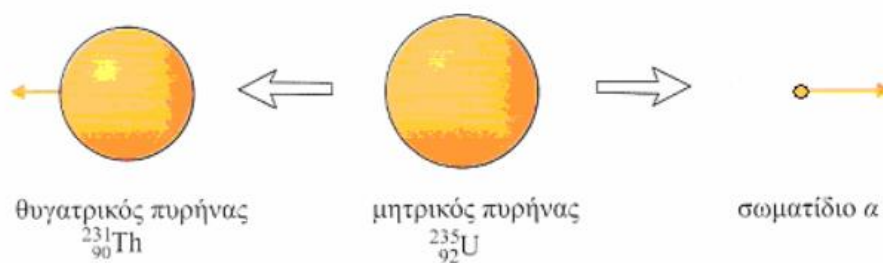
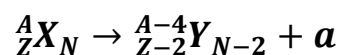
Εικόνα 8: Σχηματική αναπαράσταση της διέγερσης και της αποδιέγερσης.

2.5 Τρόποι αποδιέγερσης πυρήνα

Οι μη σταθεροί πυρήνες μετασχηματίζονται αυθόρμητα, με μετατροπές που γίνονται μέσα στον πυρήνα του ατόμου, με σκοπό να δημιουργηθούν πυρήνες περισσότερο σταθεροί, με τις αποδιεγέρσεις α , β , γ .

2.5.1 Αποδιέγερση α

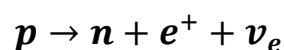
Κατά την αποδιέγερση α ένας πυρήνας μεταπίπτει σε μια πιο σταθερή πυρηνική κατάσταση μέσω της εκπομπής ενός σωματιδίου α –, δηλαδή ενός πυρήνα ${}^4\text{He}$. Ο πυρήνας που προκύπτει, ονομάζεται θυγατρικός, είναι ελαφρύτερος κατά 4 μονάδες μάζας και περιέχει 2 πρωτόνια και 2 νετρόνια λιγότερα από τον πατρικό πυρήνα. Η αποδιέγερση α είναι κύριος μηχανισμός αποδιέγερσης βαρέων πυρήνων, $Z > 82$.

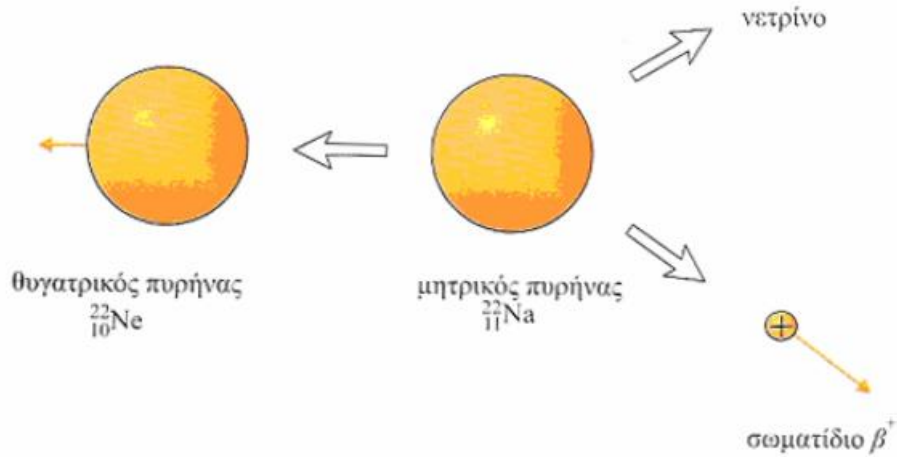


Εικόνα 9: Ο πυρήνας ${}_{92}^{235}\text{U}$ με την εκπομπή σωματιδίου α δίνει θυγατρικό πυρήνα ${}_{90}^{231}\text{Th}$.

2.5.2 Αποδιέγερση β

Κατά την αποδιέγερση β^+ ένα πρωτόνιο ενός πυρήνα μετατρέπεται σε νετρόνιο ή ένα νετρόνιο μετατρέπεται σ' ένα πρωτόνιο. Το ποια από τις δύο διαδικασίες συμβαίνει εξαρτάται από το ισότοπο στο οποίο αναφερόμαστε. Αν το εν λόγω ασταθές ισότοπο έχει περισσότερα πρωτόνια από το αντίστοιχο γειτονικό ισοβαρές σταθερό ισότοπο τότε το πρωτόνιο μετατρέπεται σε νετρόνιο οδηγώντας έτσι σε ένα σταθερότερο πυρηνικό σύστημα μέσω αποδιέγερσης β^+ :



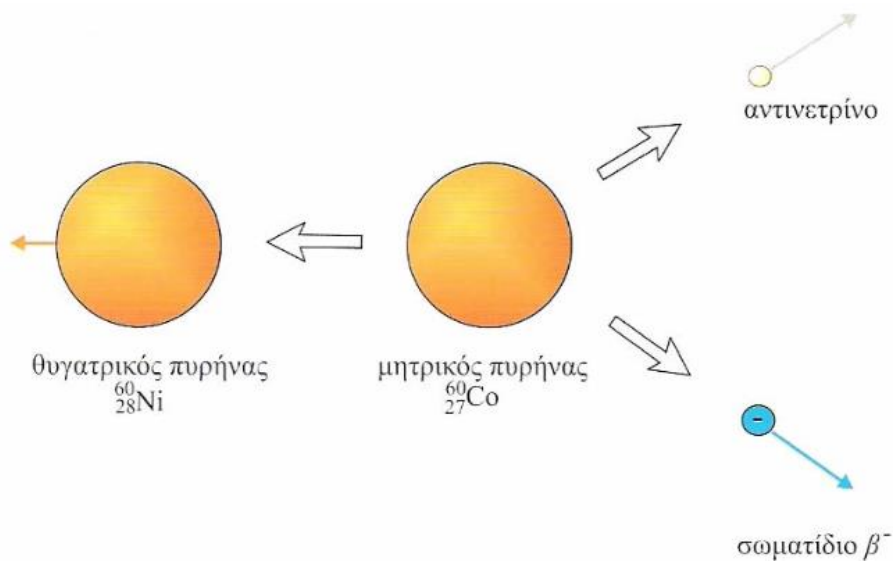


Εικόνα 10: Ο πυρήνας του ${}_{11}\text{Na}^{22}$ εκπέμποντας σωματίδιο β^+ δίνει θυγατρικό πυρήνα ${}_{10}\text{Ne}^{22}$.

Κατά τη διαδικασία αυτή, ένα πρωτόνιο μετατρέπεται σε νετρόνιο, ενώ ταυτόχρονα δημιουργείται ένα ποζιτρόνιο ή αντιηλεκτρόνιο (θετικό ηλεκτρόνιο) και ένα νεutrino (ν_e).

Το αντίθετο ισχύει στην περίπτωση που έχουμε ένα ισότοπο περισσότερο πλούσιο από ότι “πρέπει” σε νετρόνια. Τότε, ένα νετρόνιο του πυρήνα μετατρέπεται σε πρωτόνιο και έτσι πάλι οδηγούμαστε πιο κοντά στην κοιλάδα σταθερότητας μέσω της αποδιέγερσης β^- :

$$n \rightarrow p + e^- + \bar{\nu}_e$$

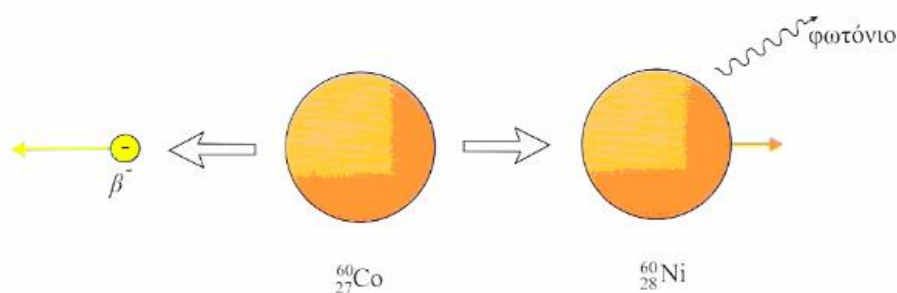
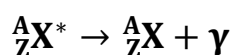


Εικόνα 11: Ο πυρήνας του ${}_{27}\text{Co}^{60}$ εκπέμποντας σωματίδιο β^- δίνει θυγατρικό πυρήνα ${}_{28}\text{Ni}^{60}$.

Κατά τη διαδικασία αυτή, ένα νετρόνιο μετατρέπεται σε πρωτόνιο, ενώ ταυτόχρονα δημιουργείται ένα ηλεκτρόνιο και ένα αντineutrino ($\bar{\nu}_e$).

2.5.3 Αποδιέγερση γ

Η αποδιέγερση γ είναι στην πραγματικότητα μια ηλεκτρομαγνητική διαδικασία όπου ο διεγερμένος πυρήνας αποδιεγείρεται μέσω της εκπομπής ενός ή περισσότερων φωτονίων. Με τον όρο επομένως ακτινοβολία γ εννοούμε απλώς φωτόνια εξαιρετικά υψηλής ενέργειας της τάξης των MeV- δηλαδή 6 τάξεις μεγέθους μεγαλύτερης ενέργειας από φωτόνια που σχετίζονται με ατομικά φαινόμενα ($\sim eV$). Η αποδιέγερση γ είναι ο κυρίαρχος μηχανισμός αποδιέγερσης πυρήνων σε διεγερμένες καταστάσεις.



Εικόνα 12: Ο πυρήνας ${}^{60}_{28}\text{Ni}$, προϊόν της διάσπασης β^- του ${}^{60}_{27}\text{Co}$, αποδιεγείρεται εκπέμποντας ακτινοβολία γ .

2.6 Ραδιενέργεια

Ο βαθμός σταθερότητας ενός πυρήνα αποδίδεται από την πιθανότητα να αποδιεγερθεί ο πυρήνας αυτός μέσα σε ένα χρονικό διάστημα Δt , με α ή λ αποδιέγερση. Σε ένα σύνολο από N όμοιους πυρήνες, το φαινόμενο της αποδιέγερσης πρέπει να μελετηθεί στατιστικά. Δεδομένου ότι ο κάθε πυρήνας έχει την ίδια πιθανότητα να αποδιεγερθεί στο χρονικό διάστημα Δt , ο ρυθμός αποδιέγερσης θα είναι ανάλογος του πληθυσμού, δηλαδή ο ρυθμός μείωσης των πυρήνων (αποδιεγέρσεις ανά μονάδα χρόνου) πρέπει να είναι ανάλογος του πληθυσμού:

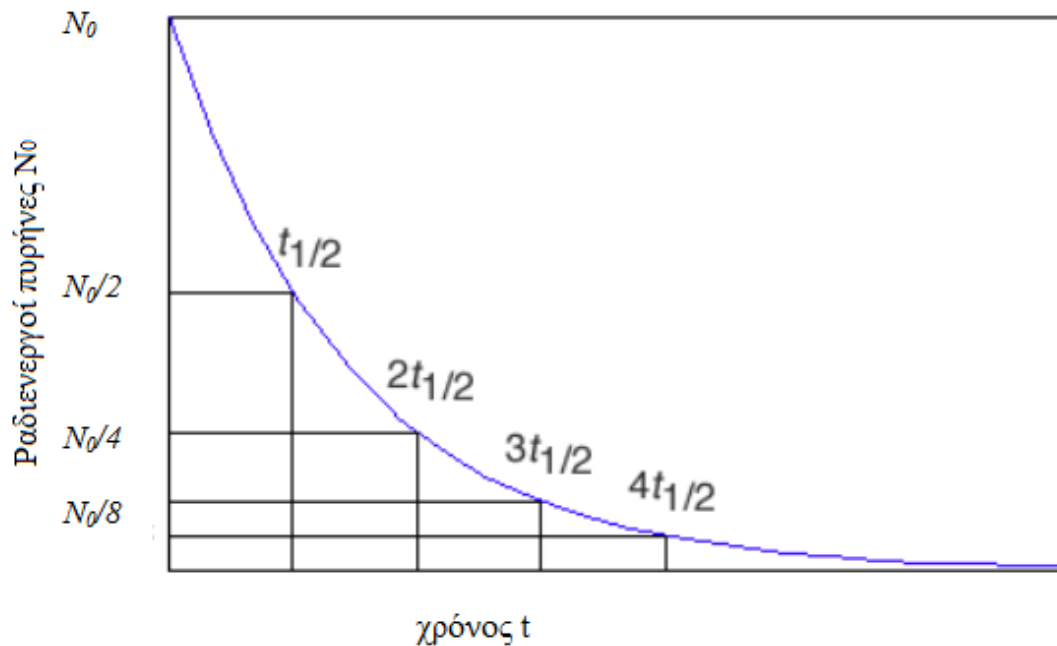
$$-\frac{dN}{dt} = \lambda N$$

όπου λ είναι μια σταθερά αναλογίας που ονομάζεται σταθερά αποδιέγερσης και το αρνητικό πρόσημο στην παράγωγο δείχνει ότι ο πληθυσμός μειώνεται. Το γινόμενο λN , που αποδίδει τον ρυθμό αποδιέγερσης, ονομάζεται ενεργότητα.

Αν αρχικά (σε χρόνο $t = 0$) είχαμε N_0 πυρήνες, μετά από χρόνο t θα έχουμε $N(t)$ πυρήνες και ο ρυθμός αποδιέγερσης είναι εκθετικός. Είναι σαφές ότι όσο μεγαλύτερο είναι το λ , τόσο ταχύτερη είναι η αποδιέγερση, δηλαδή η σταθερά λ αποδίδει την πιθανότητα να αποδιεγερθεί ένας πυρήνας το αμέσως επόμενο χρονικό διάστημα Δt . Από την ολοκλήρωση της παραπάνω εξίσωσης προκύπτει η μορφή:

$$N(t) = N_0 e^{-\lambda t} \quad (\text{Νόμος αποδιέγερσης})$$

και αποδίδεται γραφικά:



Εικόνα 13: Γραφική παράσταση του νόμου της ραδιενεργούς αποδιέγερσης. Με $t_{1/2}$ συμβολίζεται ο χρόνος υποδιπλασιασμού.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΡΙΤΟ

Πειραματική διδασκαλία

3.1 Εισαγωγή

Η διδασκαλία της Φυσικής παρουσιάζει πολύ μεγάλα προβλήματα διεθνώς. Τα προβλήματα εντοπίζονται στο ίδιο το μάθημα, στον τρόπο διδασκαλίας και στους μαθητές. Κατά τη διδασκαλία εισάγονται έννοιες της Ατομικής και Πυρηνικής Φυσικής μερικές των οποίων είναι δύσκολες ακόμη και για τους εκπαιδευτικούς που ασχολούνται με τη Φυσική επί σειρά ετών. Η παραδοσιακή διδακτική προσέγγιση που ακολουθείται τείνει να υιοθετηθεί από τους περισσότερους εκπαιδευτικούς στο μάθημα της Φυσικής. Αυτοί διδάσκουν τους μαθητές όπως οι ίδιοι το διδάχτηκαν. Αλλά και από μεριάς των μαθητών το μάθημα της Φυσικής απαιτεί ένα αρκετά καλό επίπεδο γλώσσας, αρκετή ευχέρεια στη χρήση των μαθηματικών και αφαιρετική ικανότητα.

Η εισαγωγή των μαθηματικών στη Φυσική ήταν σημαντική στην πορεία της εξέλιξής της και ήταν αυτό που της έδωσε την τεράστια ανάπτυξη. Κατάφερε να περιγράψει τα διάφορα φυσικά φαινόμενα με τη χρήση μαθηματικών τύπων. Δεν θα πρέπει όμως όσοι ασχολούμαστε με τη Φυσική, να μένουμε στη χρήση των μαθηματικών τύπων, διότι τότε δε θα ξέρουμε τι πραγματικά σημαίνουν αυτοί οι τύποι ή θα αδυνατούμε να εκφράσουμε με μαθηματικούς τύπους ένα φυσικό φαινόμενο. Αυτό που συνδέει το φυσικό φαινόμενο με τους τύπους των μαθηματικών είναι το πείραμα και η μοντελοποίησή του.

Κατά τον Carey (1985) τα βιβλία των φυσικών συχνά εισάγουν περισσότερες λέξεις ανά σελίδα από ότι τα εγχειρίδια των ξένων γλωσσών. Πάρα πολλοί μαθητές στερούνται των παραπάνω ικανοτήτων με αποτέλεσμα να μην μπορούν να κατανοήσουν τη Φυσική οπότε την κατατάσσουν στα δύσκολα μαθήματα και προσπαθούν να την αποφύγουν. Η θεραπεία των ανωτέρω δυσκολιών μπορεί να

επιτευχθεί με τον κατάλληλο εκπαιδευτικό και την κατάλληλη πειραματική διδασκαλία του μαθήματος.

Στο κεφάλαιο αυτό θα αναφερθούμε στην κρισιμότητα του πειράματος στην Ατομική και Πυρηνική Φυσική καθώς και στην επιρροή του στην κατανόηση των βασικών φυσικών εννοιών που διδάσκονται οι μαθητές στην Β΄ Λυκείου. Επιπλέον, περιλαμβάνει το θεωρητικό υπόβαθρο που θεωρείται αναγκαίο για το πείραμα που θα εκτελέσουμε.

3.2 Το πείραμα στη διδασκαλία

“Αρκετά παιδιά αποφοιτούν από το σχολείο δίχως να έχουν διεξαγάγει ποτέ ένα πείραμα και χωρίς να έχουν δει πως συμβαίνει κάτι τέτοιο – και στις περισσότερες των περιπτώσεων χωρίς να έχουν εισαχθεί στη λογική του ανάλογου τρόπου σκέψης. Δεν προκαλεί έκπληξη ότι πέφτουν θύματα αιρέσεων του παραλόγου. Η απάντηση σε αυτό είναι σίγουρα η καλύτερη εκπαίδευση, αν και η παράπλευρη εκπαιδευτική κουλτούρα των βαθμών δεν βοηθάει, αφού σπρώχνει στο περιθώριο τον ενθουσιασμό, την περιέργεια, τον θαυμασμό.”

Simon Blackburn

Κατά τον Αριστοτέλη το πείραμα αποτελεί την αφετηρία της επιστημονικής έρευνας και παίζει σημαντικό ρόλο στη διαλεκτική εξέταση των προτεινόμενων ερμηνειών. Οι πραγματικές αρχές μπορούν να αποδειχθούν αληθινές μόνο με βάση τα γεγονότα. Από ιστορική άποψη το πείραμα απέκτησε σημαντική θέση στην εξέλιξη της επιστήμης στην εποχή της επιστημονικής επανάστασης. Ο F. Bacon στο βιβλίο του *Novum Organum* (1620) υποστηρίζει ότι η φύση πρέπει να ερμηνευθεί μέσω των αισθήσεων βοηθούμενων με πειράματα. Ο ίδιος έλεγε ότι την κατάλληλη γνώση την αποκτάει κανείς όχι με την παθητική θέαση, αλλά με τον ενεργητικό πειραματισμό.

Το πείραμα περιλαμβάνει τη δημιουργία του περιβάλλοντος που είναι σχεδιασμένο να δώσει απάντηση σε μια ορισμένη ερώτηση γύρω από τις φυσικές διαδικασίες. Μπορεί να πραγματοποιηθεί στο φυσικό περιβάλλον, στο εργαστήριο ή

αντί του πραγματικού πειράματος να κάνουμε χρήση του ηλεκτρονικού υπολογιστή για την προσομοίωσή του (Κόκκοτας, 1998).

Το πείραμα κατέχει κεντρικό ρόλο στην εκπαίδευση της φυσικής και όλα σχεδόν τα βιβλία αναφέρονται στο γεγονός ότι η Φυσική είναι μια πειραματική επιστήμη και ότι η γνώση στη Φυσική βασίζεται στο πείραμα.

Ο τρόπος με τον οποίο εντάσσεται το πείραμα στις θεωρίες μάθησης που αναλύσαμε στο δεύτερο κεφάλαιο είναι:

Παραδοσιακή προσέγγιση (Θεωρία μάθησης: Μπιχεβιορισμός):

- ❖ πείραμα επίδειξης.
- ❖ επιβεβαίωση της θεωρίας, όπως αυτή παρουσιάζεται ή εξηγείται από το διδάσκοντα.

Ανακαλυπτική προσέγγιση (Θεωρία μάθησης: Ανακαλυπτική μάθηση):

- ❖ πείραμα επίδειξης.
- ❖ ομαδικά κυρίως πειράματα.

Εποικοδομητική προσέγγιση (θεωρία μάθησης: Εποικοδομητισμός):

- ❖ ομαδικές πειραματικές δραστηριότητες
- ❖ ρόλος του πειράματος: πρόκληση γνωστικής σύγκρουσης
- ❖ αναδόμηση ιδεών, γνωστική σύγκρουση, συζήτηση, εφαρμογή – εμπέδωση

Στο διδακτικό μοντέλο της εποικοδόμησης της γνώσης τα πειράματα στοχεύουν στην πρόκληση γνωστικής σύγκρουσης στους μαθητές με στόχο να επιτευχθεί αναθεώρηση των απόψεών τους.

Ο μαθητής μέσα από τα πειράματα καλείται να παρατηρήσει, να διατυπώσει μια υπόθεση, να καταλήξει σε ένα συμπέρασμα, να ελέγξει την ισχύ του συμπεράσματος, να ερμηνεύσει, να γενικεύσει. Καλείται λοιπόν να δει, για παράδειγμα, ότι σ' ένα πείραμα για να καταλήξουμε σε συμπέρασμα, αν αυτό μπορεί να εξαρτάται από περισσότερους του ενός παράγοντες, μεταβάλουμε μόνο έναν κάθε φορά κρατώντας τους άλλους σταθερούς (μεταβλητές και σταθερές) και στη συνέχεια μπορεί να προχωρήσει και στο νέο σχεδιασμό αντίστοιχου πειράματος. Έτσι η διδασκαλία με την χρήση των πειραμάτων συμβάλει στην νοητική ανάπτυξη των μαθητών και στην εποικοδομητική εκμάθηση της «επιστημονικής μεθοδολογίας».

Επιπλέον η διδασκαλία με την χρήση των πειραμάτων συμβάλλει και στη διαμόρφωση θετικής στάσης των μαθητών προς τις φυσικές επιστήμες. Η χρησιμοποίηση ειδικών ή απλών υλικών στα πειράματα, είτε γίνονται σε οργανωμένα εργαστήρια είτε στη τάξη, θεωρούνται από τους μαθητές «επιβεβαιωτικά» και τους βοηθά να συνδέσουν την «ανοίκεια» θεωρία με την πράξη και να την κάνουν «οικεία». Επίσης μέσω των πειραμάτων συνδυάζεται η σχολική γνώση με την καθημερινή ζωή και τις εφαρμογές και συμβάλλει προς την κατεύθυνση αυτή.

Οι κύριοι λόγοι για τους οποίους αυτά δεν γίνονται στην Δευτεροβάθμια εκπαίδευση είναι η έλλειψη από τα σχολεία των ειδικών υλικών, οργάνων, συσκευών και των ειδικών χώρων που απαιτούνται, ο φόβος της αποτυχίας στην εκτέλεση του πειράματος, ο φόβος να συμβεί κάποιο ατύχημα και η έλλειψη χρόνου για οργάνωση και πραγματοποίηση των πειραμάτων (Κουμαράς, 2002: Κώτσης, 2005: Κώτσης & Μπασιάκος, 2009).

3.2.1 Εικονικά πειράματα

Μια εναλλακτική λύση για την διδασκαλία των ανωτέρω εννοιών αποτελεί η χρήση πειραμάτων προσομοίωσης (εικονικά πειράματα) με τη βοήθεια του ηλεκτρονικού υπολογιστή και τη χρήση συγκεκριμένων λογισμικών πακέτων όπως Interactive physics, Modellus κτλ. Μπορούμε να πειραματιστούμε σχεδιάζοντας μια διάταξη η οποία αποτελείται από "εικονικά" όργανα και συσκευές δίνοντας τη δυνατότητα στον διδάσκοντα να ρυθμίζει παραμέτρους, να επιβεβαιώνει τους σχετικούς νόμους που περιλαμβάνονται στην ενότητα και να αξιολογήσει το αποτέλεσμα που έχουν. Μελετάμε ένα νόμο της φύσης ο οποίος έχει εισαχθεί από τους σχεδιαστές του λογισμικού, στο ίδιο το λογισμικό.

Οι εμπειρίες των παιδιών με τα εικονικά πειράματα μπορεί να συμπληρώσουν αυτές που προσφέρει το εργαστήριο στο οποίο εξερευνούμε τη φύση. Δεν μπορεί να τις αντικαταστήσουν.

Για τις έννοιες του ατόμου και του πυρήνα που αναφέρθηκαν παραπάνω, συζητήθηκε η δυνατότητα χρήσης διάφορων λογισμικών όπως:

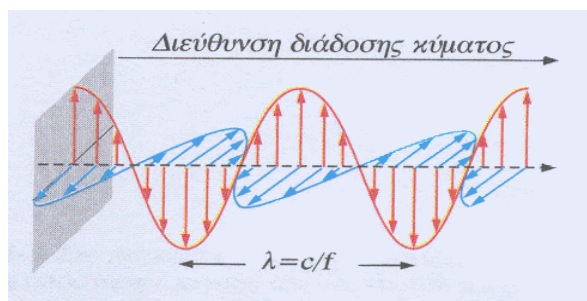
- ❖ Modellus
- ❖ Interactive physics

για την παρουσίαση εικονικών πειραμάτων στη σχολική τάξη. Παραδείγματος χάριν, τη γραφική παράσταση που παριστάνει τις αποδιεγέρσεις α , β μέσω του νόμου της αποδιέγερσης. Δίνοντας στο πρόγραμμα την εξίσωση που τον περιγράφει, $N(t) = N_0 e^{\lambda t}$, αυτό μας εμφανίζει την χαρακτηριστική καμπύλη. Είναι μία συνηθισμένη και εύκολη χρήση αυτών των λογισμικών πακέτων στη σχολική τάξη για νόμους που εκφράζονται από απλές μαθηματικές σχέσεις. Όσον αφορά πιο σύνθετα πειράματα, όπως το πείραμα του XRF, δεν υπάρχει η δυνατότητα εκτέλεσής τους με αυτά τα λογισμικά πακέτα.

Ένας δεύτερος τρόπος εκτέλεσης εικονικού πειράματος, τον οποίο επιλέξαμε στην παρούσα εργασία είναι η δημιουργία βίντεο στο οποίο παρουσιάζεται η πειραματική διάταξη, η εκτέλεση του πειράματος βήμα – βήμα καθώς και η ανάλυση των αποτελεσμάτων.

3.3 Ακτίνες-X

Η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία είναι εκπομπή στον χώρο ηλεκτρομαγνητικής ενέργειας υπό μορφή κυμάτων που ονομάζονται ηλεκτρομαγνητικά κύματα. Τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα είναι συγχρονισμένα ταλαντούμενα ηλεκτρικά και μαγνητικά πεδία τα οποία ταλαντώνονται σε κάθετα επίπεδα μεταξύ τους και κάθετα προς την διεύθυνση διάδοσης. Διαδίδονται στο κενό με ταχύτητα ίση με την ταχύτητα του φωτός αλλά και μέσα στην ύλη με ταχύτητα λίγο μικρότερη απ' την ταχύτητα του φωτός.



Εικόνα 14: Το ηλεκτρομαγνητικό κύμα

Η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία ανάλογα με την συχνότητα των κυμάτων της και αντίστοιχα την ενέργεια που μεταφέρει χωρίζεται σε περιοχές. Αυτές είναι τα

ραδιοκύματα, τα μικροκύματα, οι υπέρυθρες ακτίνες, το ορατό φως, οι υπεριώδεις ακτίνες, οι ακτίνες-X και οι ακτίνες γάμμα. Όλες αυτές οι παραπάνω μορφές ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας κινούνται «ταξιδεύουν» με την ταχύτητα φωτός και μπορούν ακόμη να διαπεράσουν και ορισμένα υλικά.

Τα κύρια χαρακτηριστικά των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων είναι: το μήκος κύματος (λ), δηλαδή η απόσταση που καλύπτεται από ένα κύκλο του κύματος, η συχνότητα (f), δηλαδή ο αριθμός των κύκλων του κύματος που διέρχονται από ένα συγκεκριμένο σημείο κατά τη διάρκεια ενός δευτερολέπτου και η ενέργεια (E) και συνδέονται με την σχέση:

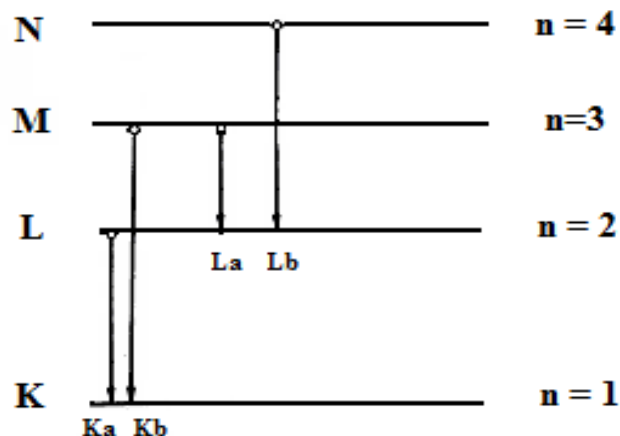
$$f = \frac{c}{\lambda} = \frac{E}{h} \Rightarrow E = \frac{h \cdot c}{\lambda}$$

όπου $c = 3 \cdot 10^8$ m/s και $h = 6,62 \cdot 10^{-34}$ J · s , η σταθερά του Planck.

Οι ακτίνες-X έχουν μεγάλο ενδιαφέρον γιατί χρησιμοποιούνται ευρέως στην ιατρική κυρίως στην ακτινοδιαγνωστική, στην αυτοματοποιημένη αξονική τομογραφία και λιγότερο στην ακτινοθεραπεία. Χρησιμοποιούνται επίσης, στα προϊόντα τροφίμων απεικονίζοντας φυσικούς μολυντές, όπως μέταλλο, γυαλί, λάστιχο, πέτρα και κάποια πλαστικά, που δεν βλάπτουν το τρόφιμο. Τέλος, χρησιμοποιούνται στη βιομηχανία (όπως τουρμπίνες αεροπλάνων) για να διαπιστωθεί η ύπαρξη κοιλοτήτων, ραγισμάτων ή άλλων ελαττωμάτων στο εσωτερικό των μεταλλικών αντικειμένων και στην ασφάλεια των αεροδρομίων, για να ελέγξουν τα πάντα μέσα στη βαλίτσα μας χωρίς να την ανοίξουν κτλ.

3.3.1 Χαρακτηρισμός ακτίνων-X

Στην εικόνα 15 φαίνονται οι πιθανότητες για την εκάστοτε μετάβαση των ηλεκτρονίων μέσα στο άτομο. Κάθε τροχιά χαρακτηρίζεται από ένα κβαντικό αριθμό n και ένα αντίστοιχο γράμμα. Έτσι για τη τροχιά με την μικρότερη ακτίνα έχουμε $n = 1$ και είναι γνωστή ως K, η αμέσως επόμενη είναι η τροχιά με $n = 2$, γνωστή ως L, η επόμενη με $n = 3$, γνωστή ως M κτλ.



Εικόνα 15: Διάγραμμα των K, L, M ... ενεργειακών επιπέδων η αναγνώριση των διάφορων ακτίνων-X

Οι μεταβάσεις των ηλεκτρονίων από τις $n = 1$, $n = 2$, κτλ τροχιές σε μια περιοχή που χαρακτηρίζει το συνεχές φάσμα, όπου τα ηλεκτρόνια δεν είναι πλέον δέσμια του ατόμου. Τέτοιες μεταβάσεις έχουν ως αποτέλεσμα την δημιουργία κενής θέσης (οπής) στη δομή των ηλεκτρονιακών τροχιών. Αυτή η θέση καλύπτεται από μια μετάπτωση ενός ηλεκτρονίου από μια υψηλότερη τροχιά (με n μεγαλύτερο) σε μια χαμηλότερη, συνοδευόμενη και από την εκπομπή χαρακτηριστικής ακτίνας-X. Όλες οι μεταπτώσεις που καταλήγουν στην K στοιβάδα (τροχιά) έχουν χαρακτηριστικές ακτίνες-X γνωστές ως K γραμμές, όπου η μετάπτωση από την L στοιβάδα εκπέμπει την χαρακτηριστική Ka γραμμή. Παρόμοια μεταπτώσεις από την M στοιβάδα στην K συνοδεύονται από εκπομπή χαρακτηριστικών Kb γραμμών, κοκ., ενώ ανάλογες μεταπτώσεις που καταλήγουν στην L στοιβάδα χαρακτηρίζονται ως L γραμμές και μεταπτώσεις που καταλήγουν στην M στοιβάδα ως M γραμμές. Οι γραμμές K είναι εμφανώς πιο ενεργητικές από ότι οι L γραμμές και αυτές αντίστοιχα πιο ενεργητικές από ότι οι M γραμμές. Μέσα σε ένα συγκεκριμένο σετ από χαρακτηριστικές γραμμές, πχ στις K, η α γραμμή έχει χαμηλότερη ενέργεια από ότι η β, και η β έχει χαμηλότερη ενέργεια από ότι η γ γραμμή. Οι γραμμές K είναι εμφανώς πιο ενεργητικές από ότι οι L γραμμές και αυτές αντίστοιχα πιο ενεργητικές από ότι οι M γραμμές.

3.3.2 Τρόποι παραγωγής ακτίνων-X

Οι ακτίνες-X είναι φωτόνια με ενέργεια τάξεως περίπου από 1 KeV μέχρι 100 KeV και αντίστοιχα μήκη κύματος περίπου από 1 nm έως 0.01 nm. Μια ακτίνα-X είναι το αποτέλεσμα μετάπτωσης ενός ηλεκτρονίου ανάμεσα σε εσωτερικές στοιβάδες ενός ατόμου. Για να συμβεί μια τέτοια μετάπτωση, πρέπει να υπάρχει κενή θέση (οπή) σε μια από αυτές τις εσωτερικές στοιβάδες, όπου το ηλεκτρόνιο μπορεί να μεταφερθεί. Πώς όμως δημιουργείται μία οπή σε μια στοιβάδα;

Υπάρχουν τρεις διαφορετικοί τρόποι:

- ❖ Με βομβαρδισμό του στόχου με ηλεκτρόνια μεγάλης ταχύτητας
- ❖ Με ακτινοβόληση του στόχου με ενεργητικά φωτόνια
- ❖ Με ραδιενεργό διάσπαση.

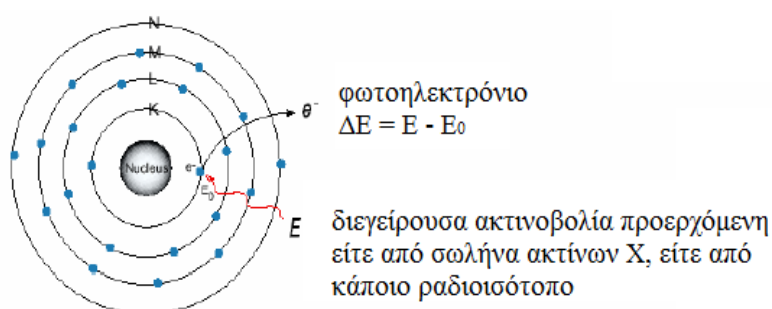
Στις δυο πρώτες περιπτώσεις το σωματίδιο το οποίο χτυπά τον στόχο πρέπει να έχει κατάλληλη ενέργεια, ώστε να υπερνικήσει την ενέργεια δεσμού του εκτινασσόμενου ηλεκτρονίου.

- ❖ Με βομβαρδισμό του στόχου με ηλεκτρόνια, κατάλληλης ενέργειας τα ηλεκτρόνια που χτυπούν το στόχο μπορούν να εκβάλλουν ένα ηλεκτρόνιο από μια εσωτερική στοιβάδα του ατόμου του στόχου, δημιουργώντας το ηλεκτρονικό κενό σε αυτήν την στοιβάδα. Με αυτόν τον τρόπο παράγονται ακτίνες-X σε ιατρικά και οδοντιατρικά μηχανήματα.
- ❖ Στην δεύτερη περίπτωση, όπου έχουμε με ακτινοβόληση του στόχου με ενεργητικά φωτόνια, παρόμοια έχουμε εκβολή ενός ηλεκτρονίου από εσωτερική στοιβάδα.
- ❖ Στην τρίτη περίπτωση, με ραδιενεργό διάσπαση, ένας μητρικός πυρήνας αλλάζει από Z σε $Z - 1$ με την σύλληψη ενός ηλεκτρονίου από την πρώτη ενεργειακή στοιβάδα K, αφήνοντας ένα ηλεκτρονιακό κενό στην δομή της στοιβάδας στο θυγατρικό άτομο.

3.3.3 Θεωρία φθορισμού ακτίνων-X

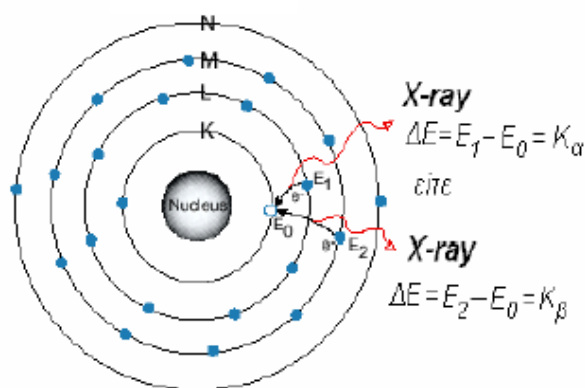
Κατά την ακτινοβόληση ενός ατόμου με φωτόνια κατάλληλης ενέργειας μπορούμε να εκβάλουμε ένα ηλεκτρόνιο από την ατομική του τροχιά. Η ενέργεια των φωτονίων πρέπει να είναι μεγαλύτερη από την ενέργεια δεσμού του ηλεκτρονίου με τον πυρήνα. Όταν ένα εσωτερικό ηλεκτρόνιο εκβάλλεται από το άτομο, το άτομο ιονίζεται. Έτσι ένα άλλο ηλεκτρόνιο από ανώτερη στοιβάδα, υψηλότερης ενέργειας μεταφέρεται στην στοιβάδα του εκβαλλόμενου ηλεκτρονίου και καλύπτει την οπή. Κατά την μετάβαση αυτή είναι πιθανή η εκπομπή ενός φωτονίου από το άτομο. Αυτό το φθορίζον φως καλούμε χαρακτηριστική ακτίνα-X του στοιχείου. Η ενέργεια του εκπεμπόμενου φωτονίου είναι ίση με την διαφορά ενεργειών μεταξύ των δυο στοιβάδων, όπου έγινε η μετάβαση. Επειδή αυτή η ενεργειακή διαφορά σε ένα δεδομένο στοιχείο, είναι πάντα ίδια (χαρακτηριστική του στοιχείου) το εκπεμπόμενο φωτόνιο θα έχει την ίδια ενέργεια. Γι αυτό με καθορισμό της ενέργειας της εκπεμπόμενης ακτίνας-X από ένα άγνωστο στοιχείο, μπορούμε να βρούμε την ταυτότητα του.

Στην φασματοσκοπία φθορισμού ακτίνων-X υψηλής ενέργειας φωτόνια εκπέμπονται από μια πηγή (X-ray tube) και «χτυπάνε» τον στόχο – δείγμα υπό εξέταση. Μια τυπική διάταξη φασματοσκοπίας φθορισμού ακτίνων-X περιλαμβάνει μια πηγή πρωτογενούς ακτινοβολίας (ραδιοϊσότοπο ή λυχνία ακτίνων-X) και ένα σύστημα ανίχνευσης της δευτερεύουσας ακτινοβολίας του δείγματος. Τα πρωτόνια από την πηγή ακτίνων-X (X-ray tube) έχουν αρκετή ενέργεια ώστε να καταφέρουν να εκβάλουν ηλεκτρόνια από την εσωτερικές στοιβάδες K ή L εκτός ατόμου του στόχου – δείγματος. Όταν αυτό συμβεί τα άτομα του στόχου – δείγματος γίνονται ιόντα, τα οποία είναι ασταθή. Αυτό το φαινόμενο καλείται φωτοηλεκτρική απορρόφηση.



Εικόνα 16: Ακτινοβολία προερχόμενη από διεγείρουσα άτομο – φωτοηλεκτρική απορρόφηση

Ένα ηλεκτρόνιο από μια εξωτερική στοιβάδα L ή M μετακινούμενο στην οπή που έχει δημιουργηθεί στις εσωτερικές στοιβάδες K ή L θα καταφέρει να επαναφέρει τη σταθερότητα στο άτομο. Κατά τη διαδικασία αποδιέγερσης το άτομο εκπέμπει την διαφορά ενέργειας μέσω δύο κυρίως ανταγωνιστικών μηχανισμών: την εκπομπή ηλεκτρονίου Auger και την εκπομπή χαρακτηριστικής ακτίνας-X. Οι ενέργειες των ηλεκτρονίων Auger ή των χαρακτηριστικών ακτίνων-X εξαρτώνται από τις στοιβάδες μεταξύ των οποίων παρατηρείται η ηλεκτρονιακή μετάπτωση. Το φαινόμενο των ηλεκτρονίων Auger είναι ανταγωνιστική διαδικασία σε σχέση με το φθορισμό ακτίνων-X. Αυτό συμβαίνει αφού κατά την διαδικασία της αποδιέγερσης, η προσλαμβανόμενη ενέργεια μεταφέρεται σε ένα από τα εξωτερικά ηλεκτρόνια του ατόμου του στόχου – δείγματος, προκαλώντας την εκτίναξη του από το άτομο (ηλεκτρόνιο Auger). Είναι πιο πιθανό να έχουμε ηλεκτρόνια Auger σε στοιχεία με χαμηλό Z.



Εικόνα 17: Εκπομπή χαρακτηριστικής ακτίνας-X

Καθώς λοιπόν γίνεται αυτή η μετάβαση έχουμε εκπομπή ενός φωτονίου, γνωστή ως δευτερεύουσα ακτίνα-X. Αυτό το φαινόμενο καλούμε φθορισμό. Η δευτερεύουσα ακτίνα-X που παράγεται είναι χαρακτηριστική του εκάστοτε του υπό εξέταση στοιχείου του στόχου-δείγματος. Η ενέργεια E της εκπεμπόμενης ακτίνας-X καθορίζεται από την ενεργειακή διαφορά μεταξύ των στοιβάδων που συμμετείχαν στην μετάβαση.

3.4 Πλεονεκτήματα τεχνική φθορισμού των Ακτίνων-X

Η τεχνική XRF ανήκει στις μη καταστροφικές μεθόδους ανάλυσης δειγμάτων, αφού το δείγμα δεν υφίσταται καμία αλλαγή στη χημική και ισοτοπική του σύσταση και δεν καθίσταται ραδιενεργό μετά το πέρας της ανάλυσης. Δεύτερο πλεονέκτημα της μεθόδου είναι ότι είναι πολυστοιχειακή, δηλαδή μπορεί να αναλύσει χημικά στοιχεία με ατομικό αριθμό $14 < Z < 92$. Επιπλέον, τα περισσότερα αντικείμενα μπορούν να εξεταστούν χωρίς καμία προετοιμασία της επιφάνειάς τους, σε αντίθεση με άλλες μεθόδους ανάλυσης που απαιτούν χρονοβόρες και υψηλού κόστους μεθόδους χημικής επεξεργασίας της επιφάνειας. Τέλος, σε λίγα δευτερόλεπτα η φασματοσκοπία φθορισμού ακτίνων-X επιτρέπει την χημική ανάλυση με μεγάλη ακρίβεια. Ανάλογα με τη διαθέσιμη τεχνολογία επιτυγχάνονται επίπεδα ανίχνευσης της τάξης μερικών ppm ή και ακόμα χαμηλότερα.

Τέλος, με την τεχνική XRF αναλύονται τόσο στερεά όσο και υγρά δείγματα.

3.4.1 Πηγές Ακτίνων -X που χρησιμοποιούνται κατά τη διάρκεια της μεθόδου XRF

Στην τεχνική XRF χρησιμοποιούνται συχνά και ραδιενεργές πηγές φωτονίων (γ ή X). Στις ραδιενεργές πηγές, το ραδιενεργό υλικό είναι σφραγισμένο σε μία ή περισσότερες κάψουλες. Το υλικό που χρησιμοποιείται για το σφράγισμα (επίστρωση) έχει τέτοια στεγανότητα και αντοχή ώστε να μην καθίσταται δυνατή η διαρροή ραδιενεργού υλικού, κατά τη χρήση αλλά και κατά την αποθήκευση της.

Οι κυριότερες πηγές που χρησιμοποιούνται στην ανάλυση XRF είναι γ - ραδιενεργά ισότοπα. Τα πλεονεκτήματα της χρήσης ραδιοϊσοτόπων ως πηγή ακτίνων-X κατά την εφαρμογή της XRF είναι:

- ❖ Η υψηλή σταθερότητα του ρυθμού ραδιενεργού διάσπασης
- ❖ Η ανεξαρτησία από εξωτερικούς παράγοντες π.χ. η θερμοκρασία
- ❖ Ο σχετικά χαμηλός ρυθμός εκπομπής φωτονίων
- ❖ Το σχετικά μικρό κόστος

Στην περίπτωση ραδιοϊσοτοπικών πηγών, η εκπεμπόμενη ακτινοβολία έχει συγκεκριμένη ενέργεια, με αποτέλεσμα κάθε ραδιενεργός πηγή να διεγείρει επιτυχώς ορισμένα μόνο στοιχεία (πίνακας 1). Κατά συνέπεια, στις περισσότερες διατάξεις XRF με ραδιενεργές πηγές χρησιμοποιούνται συνδυασμοί ραδιενεργών πηγών και των ενεργειών που παρέχουν, προκειμένου να αναλυθούν στοιχεία από ευρύ φάσμα του περιοδικού πίνακα.

Πίνακας 1: Συνήθη ραδιοϊσότοπα για φασματοσκοπία XRF.			
Fe - 55	Co - 57	Cd - 109	Am - 241
(5.9 KeV)	(122.06 KeV & 136 KeV)	(22.2 KeV & 24.9 KeV)	(59.6 KeV)

Τα κυριότερα χαρακτηριστικά μίας ραδιενεργού πηγής είναι:

- ❖ Ο τύπος της ραδιενεργού διάσπασης
- ❖ Η ραδιενέργεια της πηγής
- ❖ Ο χρόνος υποδιπλασιασμού της πηγής
- ❖ Η ενέργεια της εκπεμπόμενης ακτινοβολίας. Το φάσμα της ενέργειας των ακτίνων – γ ή ακτίνων–X που εκπέμπεται από ραδιενεργές πηγές μπορεί να είναι γραμμικό ή συνεχές.
- ❖ Οι ιδιότητες που σχετίζονται με κατασκευαστικά χαρακτηριστικά της πηγής, όπως ο τύπος της πηγής, οι διαστάσεις, το σχήμα κτλ. Ειδικότερα ο τύπος της επίστρωσης επηρεάζει τη μορφή του φάσματος, καθώς επιστρώσεις μεγάλου πάχους ή επιστρώσεις με υψηλού ατομικού αριθμού Z απορροφούν την ακτινοβολία χαμηλής ενέργειας που εκπέμπεται από την πηγή.

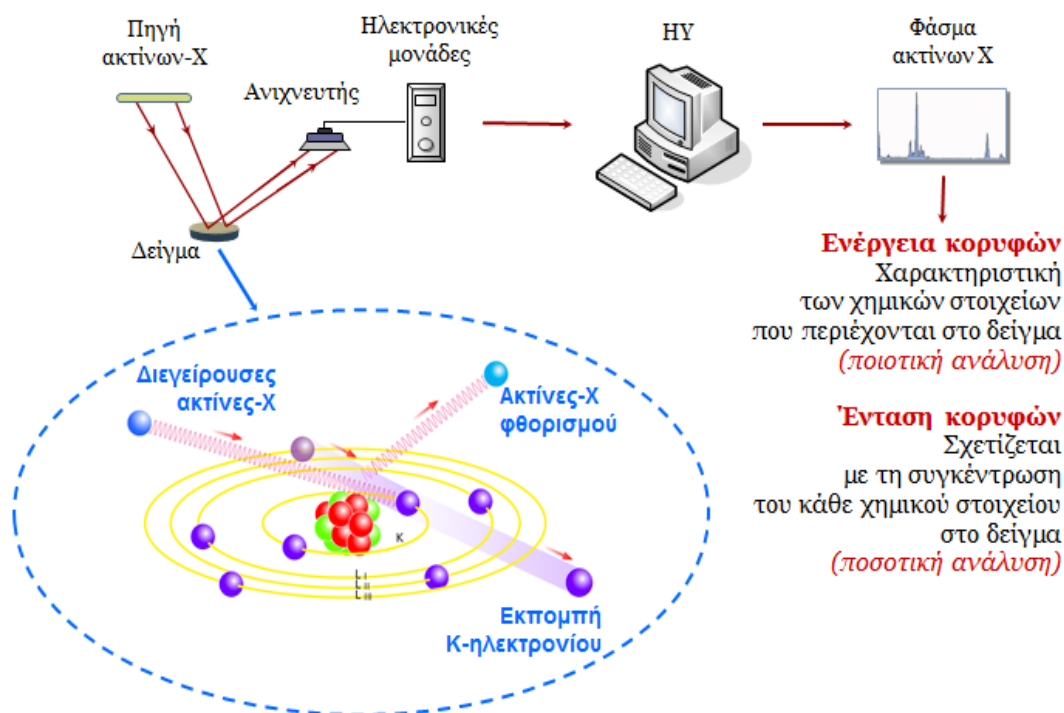
ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΕΤΑΡΤΟ

Πείραμα Τεχνικής Φθορισμού Ακτίνων-X

4.1 Πειραματική διάταξη της τεχνικής XRF

Η μέθοδος στηρίζεται στη διέγερση των ατόμων του δείγματος από ακτινοβολία κατάλληλου μήκους κύματος και στην ανίχνευση των ακτίνων-X που εκπέμπονται από το δείγμα κατά τη μετάπτωση των διεγερμένων ατόμων στη βασική τους κατάσταση (εικόνα 18). Στο φάσμα ακτίνων-X ενός δείγματος που υποβάλλεται στην ανωτέρω διαδικασία, εμφανίζεται μια σειρά χαρακτηριστικών ενεργειακών κορυφών.

Η ενεργειακή θέση των κορυφών οδηγεί στην ταυτοποίηση των χημικών στοιχείων που περιέχονται στο δείγμα (ποιοτική ανάλυση), ενώ από την έντασή τους προκύπτουν οι σχετικές ή απόλυτες συγκεντρώσεις του κάθε χημικού στοιχείου του δείγματος (ημι – ποσοτική ή ποσοτική ανάλυση).



Εικόνα 18: Η αρχή λειτουργίας της μεθόδου και η τυπική διάταξη φασματοσκοπίας XRF

Η τυπική διάταξη Φασματοσκοπίας Φθορισμού Ακτίνων-Χ αποτελείται από μια πηγή πρωτογενούς ακτινοβολίας (ραδιοϊσότοπο ή λυχνία ακτίνων-Χ) και ένα σύστημα ανίχνευσης της δευτερεύουσας ακτινοβολίας που εκπέμπεται από το δείγμα.

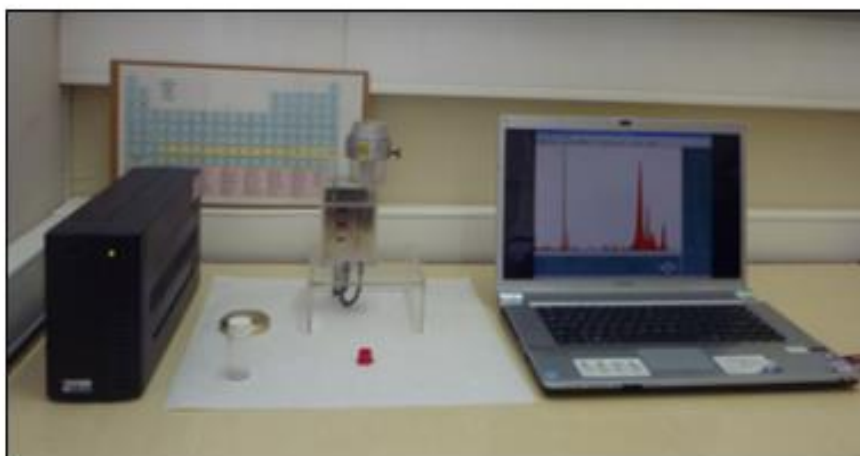
Η μονάδα φασματοσκοπίας XRF του Δικτύου (εικόνα 19) περιλαμβάνει:

- Δακτυλιοειδείς ραδιοϊσοτοπικές πηγές ^{109}Cd και ^{241}Am , με συνδυασμό των οποίων επιτυγχάνεται ανάλυση των στοιχείων στην περιοχή από το K έως το U.
- Ανιχνευτής Si(Li) (CANBERRA): πάχος κρυστάλλου 5 mm, ενεργός επιφάνεια 80 mm^2 , παράθυρο βηρυλλίου πάχους 25 μm , διακριτική ικανότητα 171 eV στα 5.9 keV, ψύξη υγρού αζώτου
- Ανιχνευτής Si-PIN (Amptek X-123): πάχος 300 μm , ενεργός επιφάνεια 6 mm^2 , παράθυρο Βηρυλλίου πάχους 12.5 μm , διακριτική ικανότητα 145 eV στα 5.9 keV, θερμοηλεκτρική ψύξη.
- Σύστημα αυτόματης συλλογής και αποθήκευσης δεδομένων και λογισμικό για τη φασματική ανάλυση.
- Ποικιλία πιστοποιημένων πρότυπων δειγμάτων για τη βαθμονόμηση του συστήματος.
- Εργαστηριακό εξοπλισμό για την προετοιμασία των δειγμάτων.



Εικόνα 19: Γενική άποψη των ανιχνευτικών διατάξεων της μονάδας XRF. (XRF uoi)

Εκτός όμως από την τυπική διάταξη του XRF υπάρχει και η φορητή συσκευή (Amptek) για την εκτέλεση του πειράματος.



Εικόνα 20: Η διάταξη της φορητής συσκευής XRF. (XRF uoi)

Στην παρούσα εργασία εκτελέσαμε σε ίδια δείγματα, πειράματα και με τις δύο διατάξεις, παρατηρώντας ότι το ενεργειακό φάσμα που προέκυψε ήταν ίδιο και στις δύο περιπτώσεις.

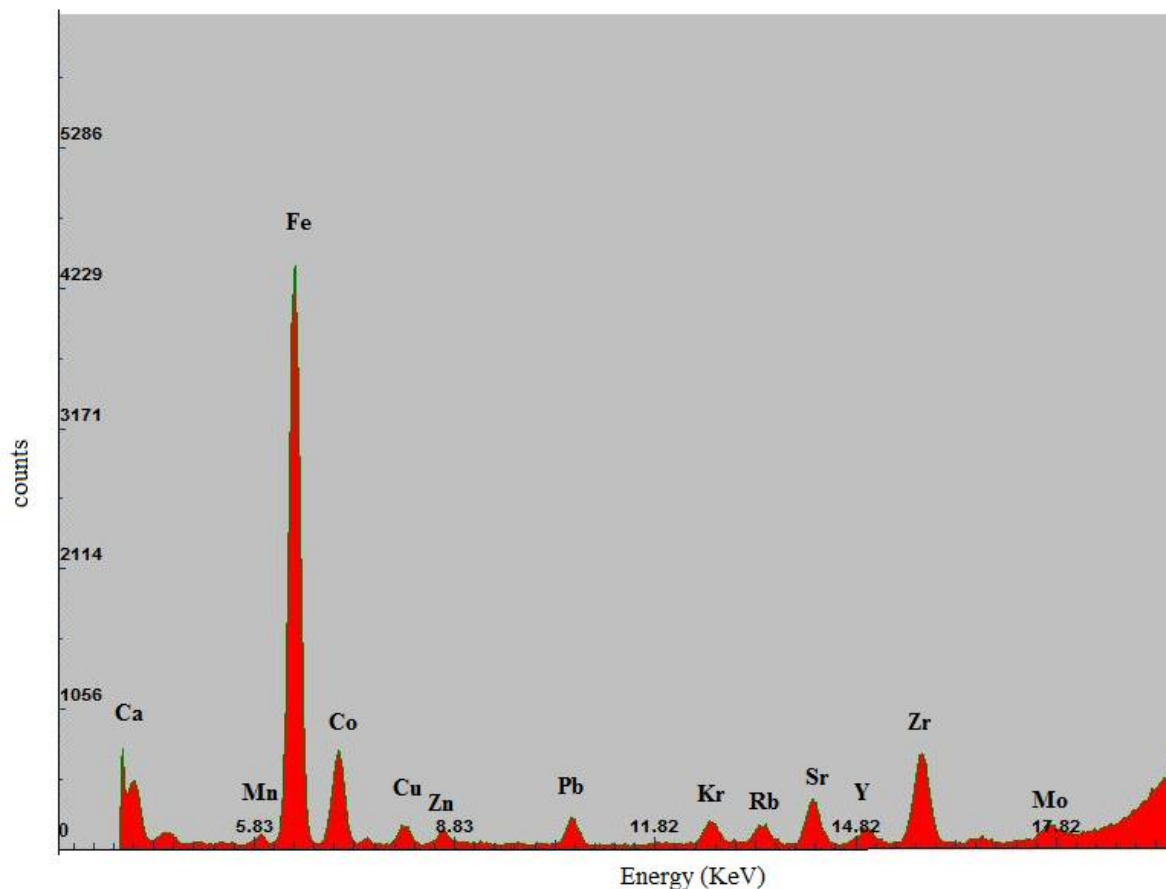
Εξαιτίας όμως της δυσκολίας απόκτησης της τυπικής διάταξης του XRF από τα σχολεία της Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης λόγω υψηλού κόστους, προτείνεται η φορητή συσκευή XRF η οποία είναι οικονομικότερη και πιο εύχρηστη αφού μπορεί να μετακινηθεί (η τυπική διάταξη XRF δεν μετακινείται).

Τα ενεργειακά φάσματα που θα αναλύσουμε στην συνέχεια είναι με την φορητή συσκευή του XRF.

4.2 Φάσμα φθορισμού από ανάλυση δείγματος με XRF

Το ενεργειακό φάσμα το οποίο συλλέγεται κατά τη διαδικασία ανάλυσης δείγματος με την τεχνική XRF είναι αρκετά περίπλοκο και για αυτό απαιτείται η λεπτομερής ανάλυση του. Οι ακτίνες-X που φτάνουν στον ανιχνευτή είναι δυνατόν να αποθέσουν ολόκληρη ή μέρος της ενέργειάς τους σε αυτόν. Γενικά, ένα φάσμα XRF περιέχει φωτοκορυφές που αντιστοιχούν σε:

- ❖ Αιχμές που οφείλονται σε χαρακτηριστικές ακτίνες-Χ των στοιχείων του δείγματος που αναλύεται
- ❖ Αιχμές μη – ελαστικής σκέδασης των χαρακτηριστικών ακτίνων-Χ των στοιχείων του δείγματος.
- ❖ Αιχμές από τις χαρακτηριστικές ακτίνες-Χ του υλικού της μηχανής, οι οποίες σκεδάζονται ελαστικά ή και μη – ελαστικά στο δείγμα.
- ❖ Αιχμές διαφυγής.
- ❖ Αθροιστικές φωτοκορυφές των παραπάνω.



Εικόνα 21: Ενεργειακό φάσμα χρώματος. Στον οριζόντιο άξονα αποτυπώνεται η ενέργεια της ακτίνας-Χ που ανιχνεύτηκε και στον κατακόρυφο άξονα πόσες ακτίνες-Χ ανιχνεύτηκαν.

Επιπλέον πρέπει να αναφερθεί ότι στο φάσμα καταγράφονται και όλα εκείνα τα φωτόνια του συνεχούς φάσματος της μηχανής, τα οποία, έχοντας προηγουμένως υποστεί σκέδαση φτάνουν στον ανιχνευτή, συνεισφέροντας στην ένταση του συνεχούς υποστρώματος.

Προφανώς οι αιχμές που έχουν το μεγαλύτερο ενδιαφέρον είναι οι αιχμές που οφείλονται σε ακτίνες-Χ χαρακτηριστικές του υλικού δείγματος. Οι υπόλοιπες αιχμές

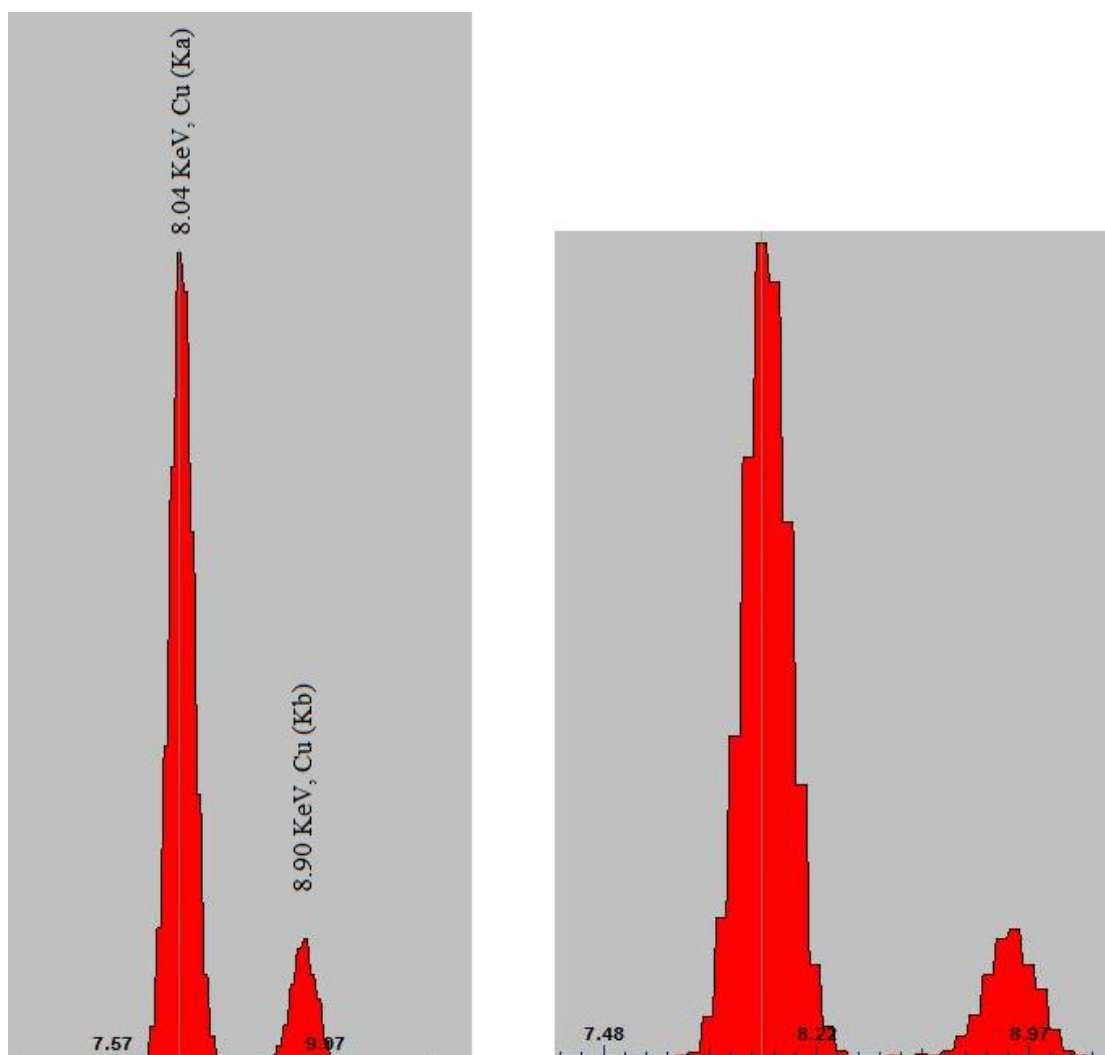
απλώς συσχεραίνουν την ανάλυση του φάσματος. Στην συνέχεια αναλύονται περισσότερο ορισμένες από τις αιχμές του φάσματος, οι οποίες παρουσιάζουν ενδιαφέρον κατά την ανάλυσή του.

- ❖ Αιχμές ελαστικής και μη – ελαστικής σκέδασης: πρόκειται για φωτοκορυφές που οφείλονται σε ελαστικές και μη – ελαστικές των εκπεμπόμενων από την πηγή ακτίνων-X. Στην περίπτωση της ελαστικής σκέδασης τα φωτόνια ελληλεπιδρούν με τα εξωτερικά ηλεκτρόνια ενός ατόμου και αλλάζει μόνο η διεύθυνση τους, ενώ στην περίπτωση της ανελαστικής σκέδασης τα φωτόνια ελληλεπιδρούν με τα ηλεκτρόνια ενός ατόμου αλλάζοντας διεύθυνση που συνοδεύεται και από απώλεια ενέργειας. Για κάθε μία αιχμή ελαστικής σκέδασης που ανιχνεύεται στο φάσμα, ανιχνεύεται και η αντίστοιχη αιχμή μη-ελαστικής σκέδασης, προς την πλευρά των χαμηλότερων ενεργειών. Η σχετική ένταση αλλά και η σχετική θέση των αιχμών αυτών αξαρτάται σημαντικά από τις γωνίες πηγής-δείγματος-ανιχνευτή της διάταξης XRF. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζουν οι αιχμές ελαστικής και μη – ελαστικής σκέδασης των χαρακτηριστικών ακτίνων-X της μηχανής ακτίνων-X.
- ❖ Αιχμές διαφυγής: οι αιχμές διαφυγής παρουσιάζονται όταν κατά την αλληλεπίδραση ενός φωτονίου ενέργειας E_1 με τον ανιχνευτή, παράγεται χαρακτηριστική ακτίνα-X του υλικού του ανιχνευτή ενέργειας E_2 , η οποία διαφεύγει από τον ανιχνευτή και δεν ανιχνεύεται. Το φαινόμενο αυτό έχει ως συνέπεια την εμφάνιση μίας αιχμής στο φάσμα με ενέργεια $E_1 - E_2$. Επομένως για κάθε φωτοκορυφή που ανιχνεύεται στο φάσμα, ενδέχεται να ανιχνεύεται και η αντίστοιχη αιχμή διαφυγής. Για την περίπτωση των ανιχνευτών με βάση το πυρίτιο, η χαρακτηριστική ακτίνα-X του Si έχει ενέργεια 171 eV (K α). Τις περισσότερες φορές η αιχμή διαφυγής δεν είναι διακριτή στο παραγόμενο φάσμα, καθώς, λόγω μικρής έντασης «χάνεται» στο συνεχές υπόστρωμα.
- ❖ Αθροιστικές φωτοκορυφές: οι αθροιστικές φωτοκορυφές προκύπτουν όταν προσβάλουν τον ανιχνευτή δύο ακτίνες-X συγχρόνως, έτσι ώστε ο ανιχνευτής δεν έχει τη δυνατότητα να τις διακρίνει ως δύο ξεχωριστά γεγονότα. Στη περίπτωση αυτή καταγράφεται μια ακτίνα-X με ενέργεια ίση με το άθροισμα των ενεργειών των δύο φωτονίων. Το φαινόμενο αυτό έχει ιδιαίτερη σημασία για υψηλούς ρυθμούς εκπομπής φωτονίων.

- ❖ Αλληλοεπικάλυψη φωτοκορυφών: πρόκειται για φωτοκορυφές οι οποίες αλληλεπικαλύπτονται (περισσότερα από ένα στοιχεία εκπέμπουν χαρακτηριστικές ακτίνες- X σε παραπλήσιες ή και τις ίδιες ενέργειες).
- ❖ Επίδραση από το υλικό του δείγματος: εδώ υπάρχουν δύο πιθανές επιδράσεις στο φάσμα:
 - Αυτοαπορρόφηση: το υλικό του δείγματος απορροφά ή σκεδάζει (ελαστικά ή μη) τις ακτίνες- X του στοιχείου που ενδιαφέρει. Το φαινόμενο της αυτοαπορρόφησης εξαρτάται σημαντικά από την ενέργεια των ακτίνων- X , τη σύσταση και την πυκνότητα του υλικού
 - Επαύξηση: χαρακτηριστικές ακτίνες- X που παράγονται από ένα στοιχείο του δείγματος μπορεί να έχουν κατάλληλη ενέργεια ώστε να ευνοήσουν φθορισμό και εκπομπή επιπλέον ακτίνων- X του στοιχείου που ενδιαφέρει. Συνέπεια του φαινομένου αυτού είναι ότι το πλήθος των χαρακτηριστικών ακτίνων- X του στοιχείου που ενδιαφέρει εξαρτάται σημαντικά από τη συγκέντρωση των υπολοίπων στοιχείων στο δείγμα.

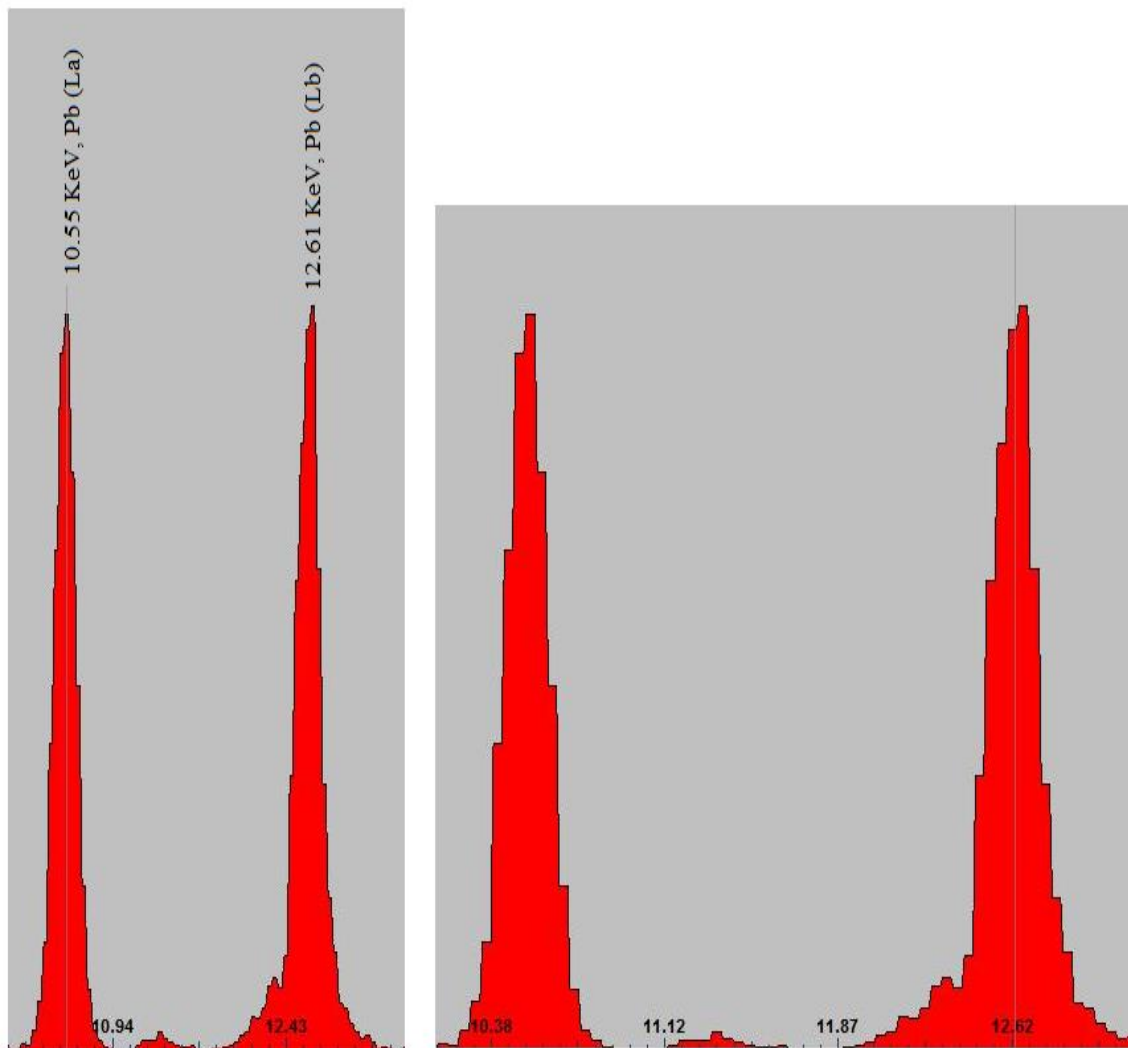
4.3 Φάσματα φθορισμού από την ανάλυση διαφόρων δειγμάτων

4.3.1 Δείγμα: Χαλκός



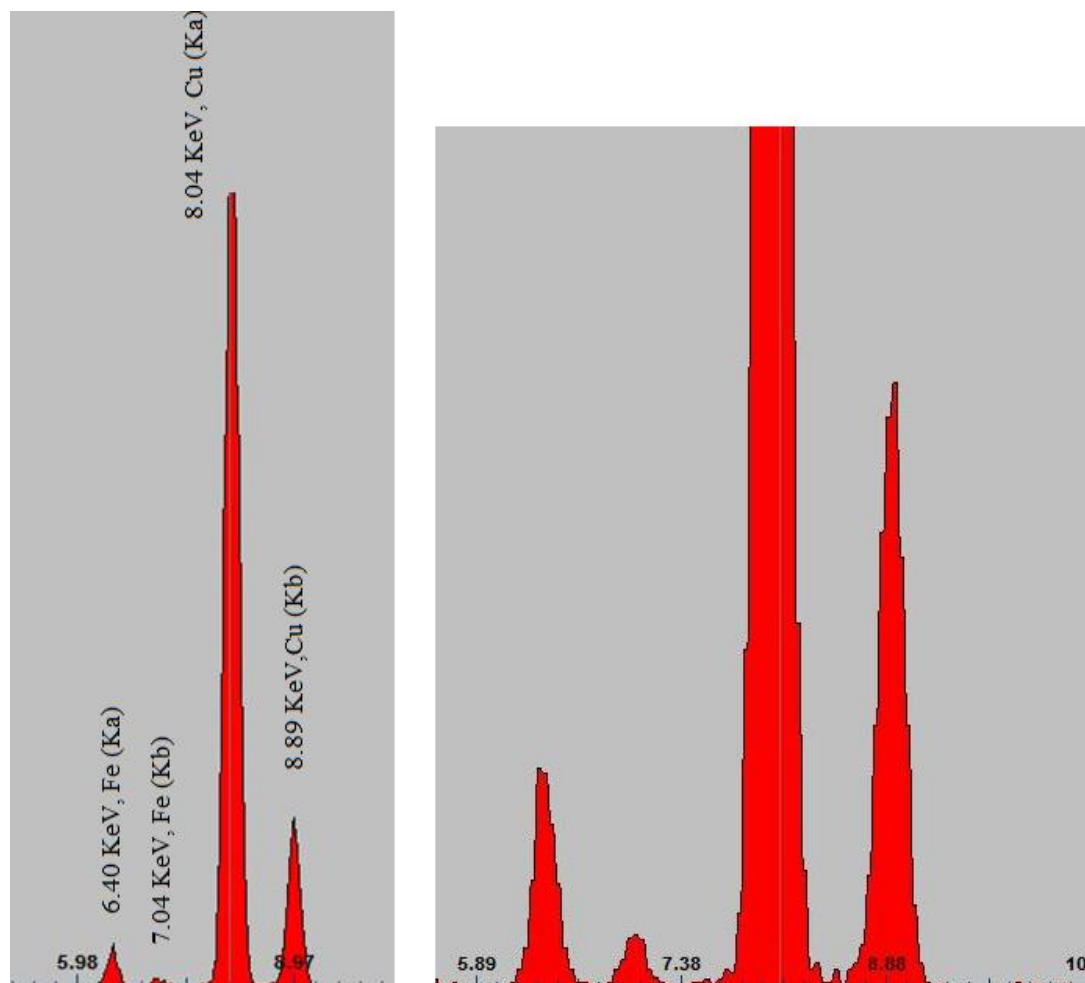
Διάγραμμα 1: Το ενεργειακό φάσμα του χαλκού αριστερά με το χημικό στοιχείο και τις ενέργειες του και σε μεγέθυνση το ίδιο φάσμα δεξιά.

4.3.2 Δείγμα: Μόλυβδος



Διάγραμμα 2: Το ενεργειακό φάσμα του μολύβδου αριστερά με το χημικό στοιχείο και τις ενέργειες του και σε μεγέθυνση το ίδιο φάσμα δεξιά.

4.3.3 Δείγμα: 0.05 cents

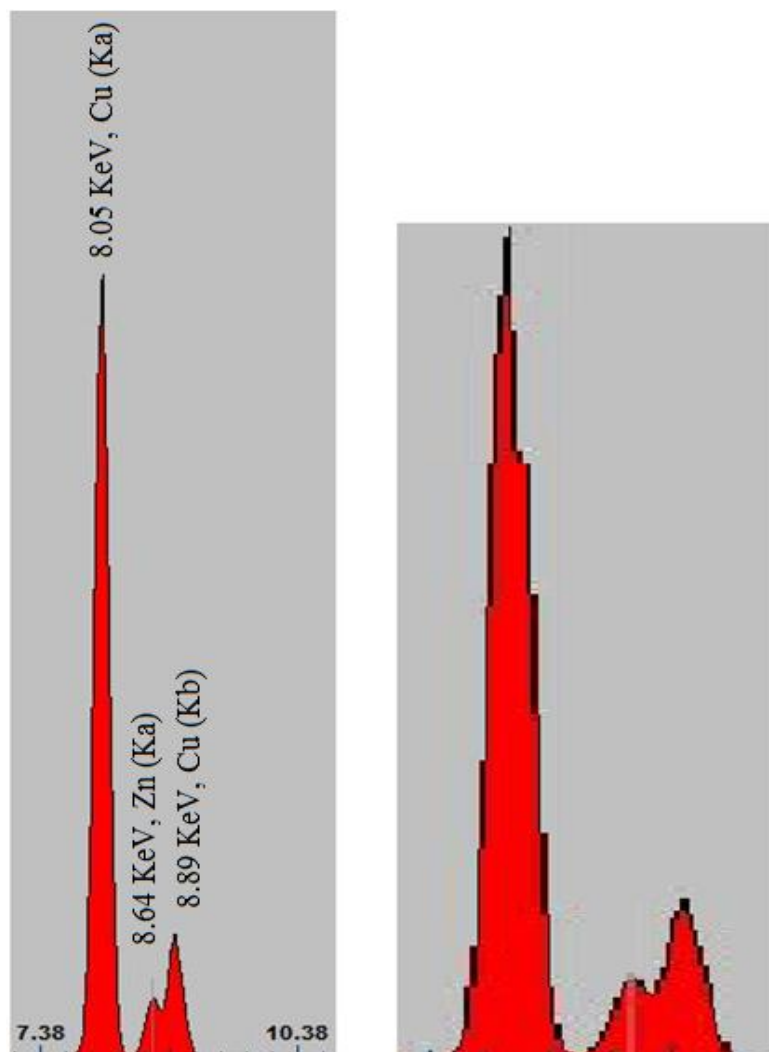


Διάγραμμα 3: Το ενεργειακό φάσμα του πεντάλεπτου αριστερά με τα χημικά στοιχεία και τις ενέργειες τους και σε μεγέθυνση το ίδιο φάσμα δεξιά.

Με δικές μας παρεμβάσεις στο φάσμα (που έχουμε εκτελέσει το πείραμα με πηγή καδμίου) έχουμε την εξής ανάλυση (πίνακας 2):

Πίνακας 2				
Z	Ενέργεια (KeV)	Στοιχείο/ Αναγνώριση	Net area	Περιεκτικότητες
26	6.40	Fe (Ka)	4441 ± 80	2.6%
---	7.04	Fe (Kb)	----	---
29	8.04	Cu (Ka)	149073 ± 388	97.4%
---	8.89	Cu (Kb)		---

4.3.4 Δείγμα: 0.50 cents

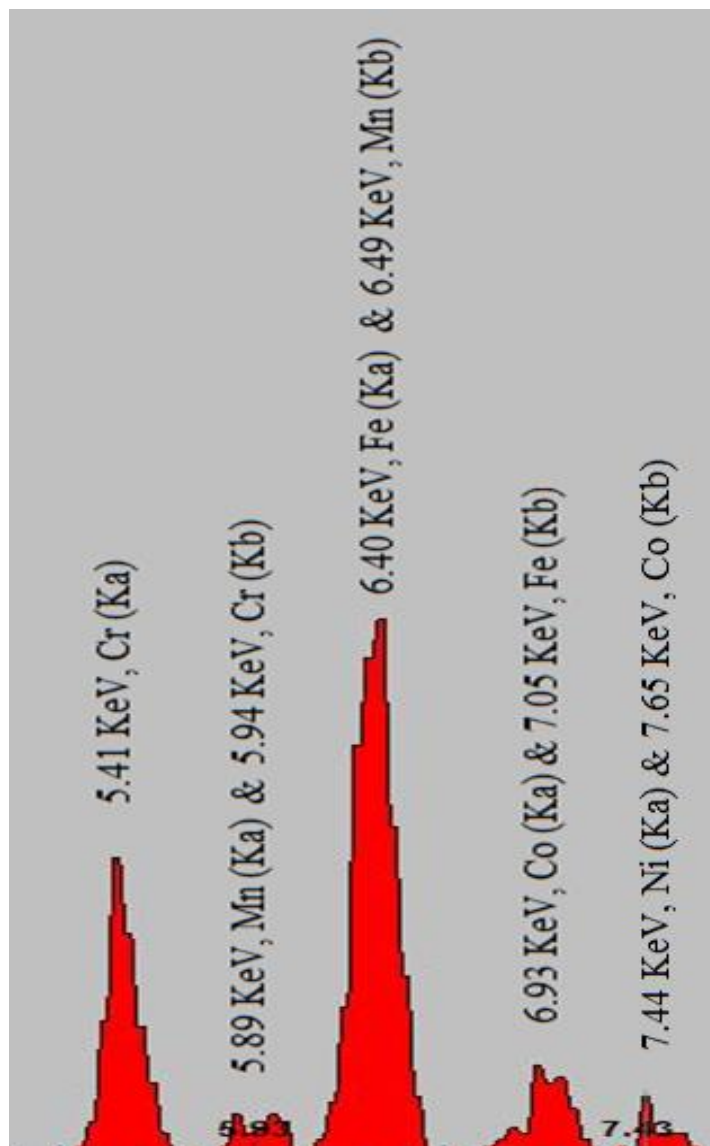


Διάγραμμα 4: Το ενεργειακό φάσμα του πενήντάλεπτου αριστερά με τα χημικά στοιχεία και τις ενέργειες τους και σε μεγένθυση το ίδιο φάσμα δεξιά.

Με δικές μας παρεμβάσεις στο φάσμα (που έχουμε εκτελέσει το πείραμα με πηγή καδμίου) έχουμε την εξής ανάλυση (πίνακας 3):

Πίνακας 3				
Z	Ενέργεια (KeV)	Στοιχείο/ Αναγνώριση	Net area	Περιεκτικότητες
29	8.05	Cu (Ka)	156986 ± 398	93.75%
30	8.64	Zn (Ka)	13826 ± 125	6.25%
---	8.89	Cu (Kb)	-----	---

4.3.5 Δείγμα: Χάλυβας



Διάγραμμα 5: Το ενεργειακό φάσμα του κουταλιού με τα χημικά στοιχεία και τις ενέργειες τους.

Παρατηρούμε ότι στις χαμηλές ενέργειες οι χαρακτηριστικές Kb «πέφτουν» πάνω στις χαρακτηριστικές Ka του επόμενου στοιχείου. Ισχύει ότι το Kb είναι το 20% του Ka.

Με δικές μας παρεμβάσεις στο φάσμα (που έχουμε εκτελέσει το πείραμα με πηγή καδμίου) έχουμε την εξής ανάλυση (πίνακας 4):

Πίνακας 4			
Z	Ενέργεια (KeV)	Στοιχείο/Αναγνώριση	Net area
24	5.44	Cr (Ka)	10152 ± 130
25	5.89	Mn (Ka)	2528 ± 81
---	5.94	Cr (Kb)	----
26	6.40	Fe (Ka)	32709 ± 200
---	6.49	Mn (Kb)	----
27	6.93	Co (Ka)	5582 ± 100
---	7.05	Fe (Kb)	----
28	7.44	Ni (Ka)	3662 ± 88
---	7.65	Co (Kb)	----

Συγκρίνοντας τις περιεκτικότητες που υπολογίσαμε για το κάθε στοιχείο, με αυτές του κατασκευαστή έχουμε (πίνακας 5):

Πίνακας 5		
Στοιχείο	Περιεκτικότητες	Κατασκευαστής
Cr	18.49%	19.17%
Mn	1.65%	1.85%
Fe	68.50%	68.3%
Co	0.76%	0.62%
Ni	10.61%	10.03%

4.3.6 Δείγμα: Χώμα (soil 7)

Τα βήματα που ακολουθήσαμε είναι τα εξής:

❖ Φτιάχνουμε την παστίλια (pellet).

Για την κατασκευή της παίρνουμε 0.3 gr χώμα (το οποίο πρώτα το έχουμε κοσκινίσει καλά, χωρίς πετραδάκια, φύλλα κ.α.), και 0.15 gr κυταρρίνη.

Σύνολο 0,45 gr. Αφού πρώτα τα ζυγίσουμε στην ζυγαριά ακριβείας, ύστερα τα αναμιγνύουμε πάρα πολύ καλά έτσι ώστε να σιγουρευτούμε ότι το μείγμα είναι ομοιογενές.

- ❖ Τοποθετούμε το μείγμα στην «πρέσα» και πιέζοντας το με 5 τόνους βάρος τότε αυτό θα πάρει τη μορφή παστίλιας. Τώρα είμαστε έτοιμοι να τοποθετήσουμε το δείγμα στην πηγή της διάταξης XRF και να ξεκινήσει η διαδικασία.



Εικόνα 22: Απεικόνιση χώματος στις διάφορες φάσεις

- ❖ Ανοίγουμε το πρόγραμμα ----- και πατάμε Start. Σιγά σιγά θα αρχίσουν να σχηματίζονται κορυφές (peaks) και το αφήνουμε να δουλεύει έως ότου εμείς κρίνουμε ότι το εμβαδό (net area) είναι αρκετό ώστε να πάρουμε τις πληροφορίες που θέλουμε. Για το τερματισμό της λειτουργίας πατάμε Stop.
- ❖ Έτσι έχουμε τα εξής στοιχεία

Livetime: 19.039 s (χρόνος από παλμούς που μέτρησε ο ADC – τον υπόλοιπο χρόνο από τους παλμούς που δεν μέτρησε, ήταν κλειστός).

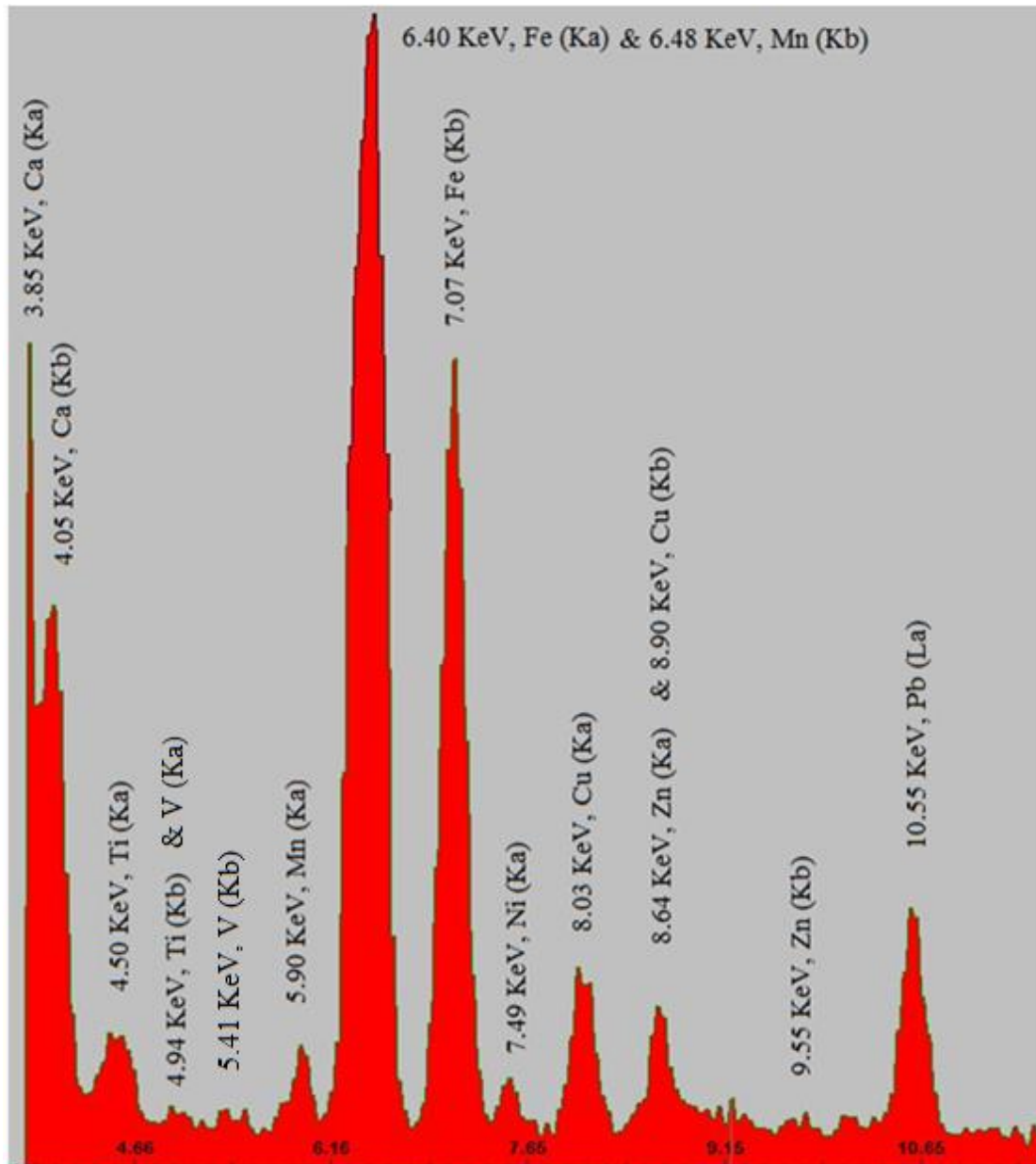
Realtime: 15.000 s (χρόνος που διήρκεσε η μέτρηση).

- ❖ Αποθηκεύουμε το αρχείο σε μορφή .Chn

Με την βοήθεια του προγράμματος MCONV μετατρέπουμε το αρχείο από .Chn σε .SPE και τώρα το SPECTR είναι σε θέση να το αναγνωρίσει.

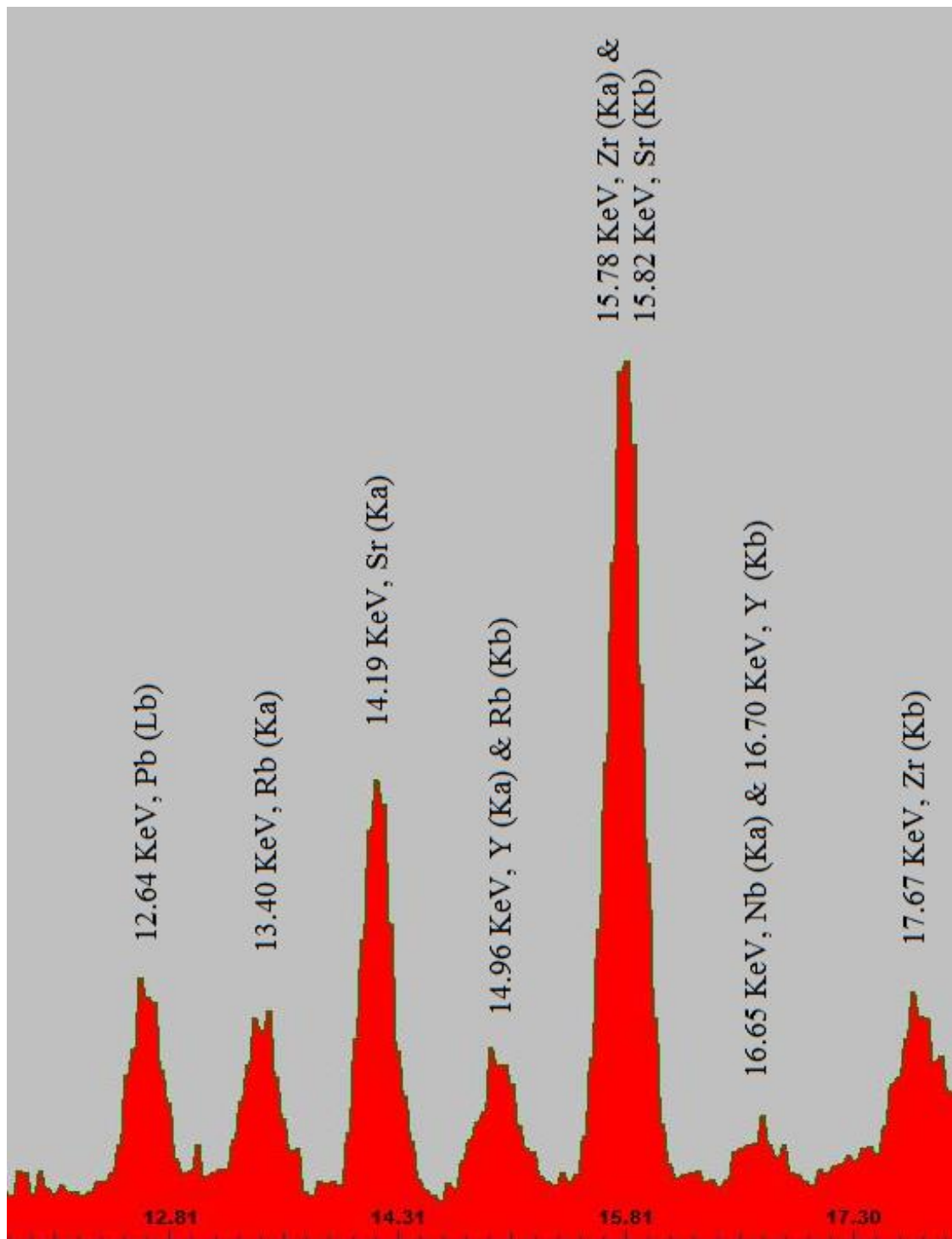
Με πηγή Καδμίου (^{109}Cd)

Από (4 – 12) KeV

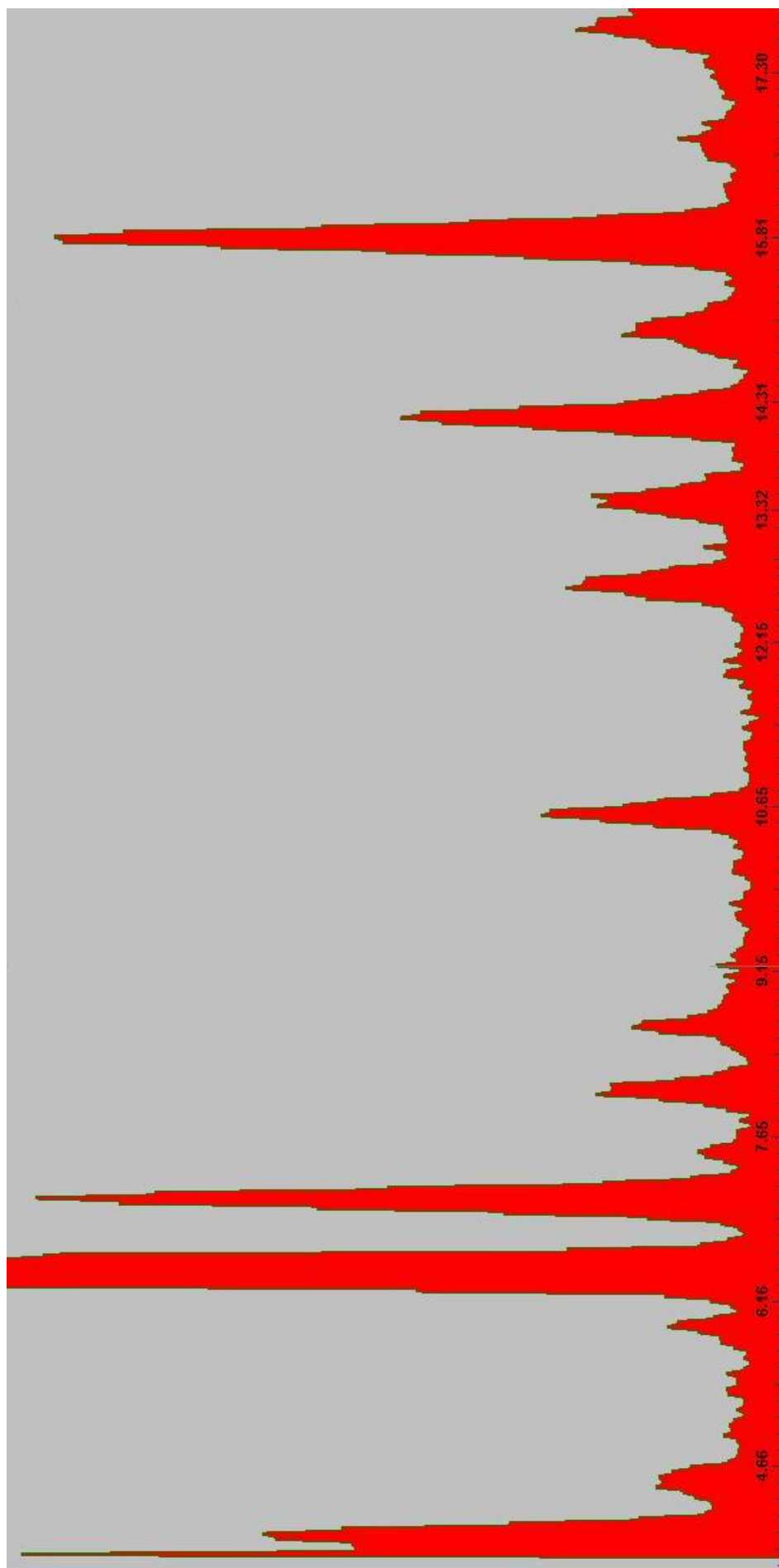


Διάγραμμα 6: Το ενεργειακό φάσμα του χώματος (soil 7) με τα χημικά στοιχεία και τις ενέργειες τους.

Από (12 – 18 KeV)



Διάγραμμα 7: Το ενεργειακό φάσμα του χώματος (soil 7) με τα χημικά στοιχεία και τις ενέργειες τους.



Διάγραμμα 8: Το συνολικό ενεργειακό φάσμα του soil 7.

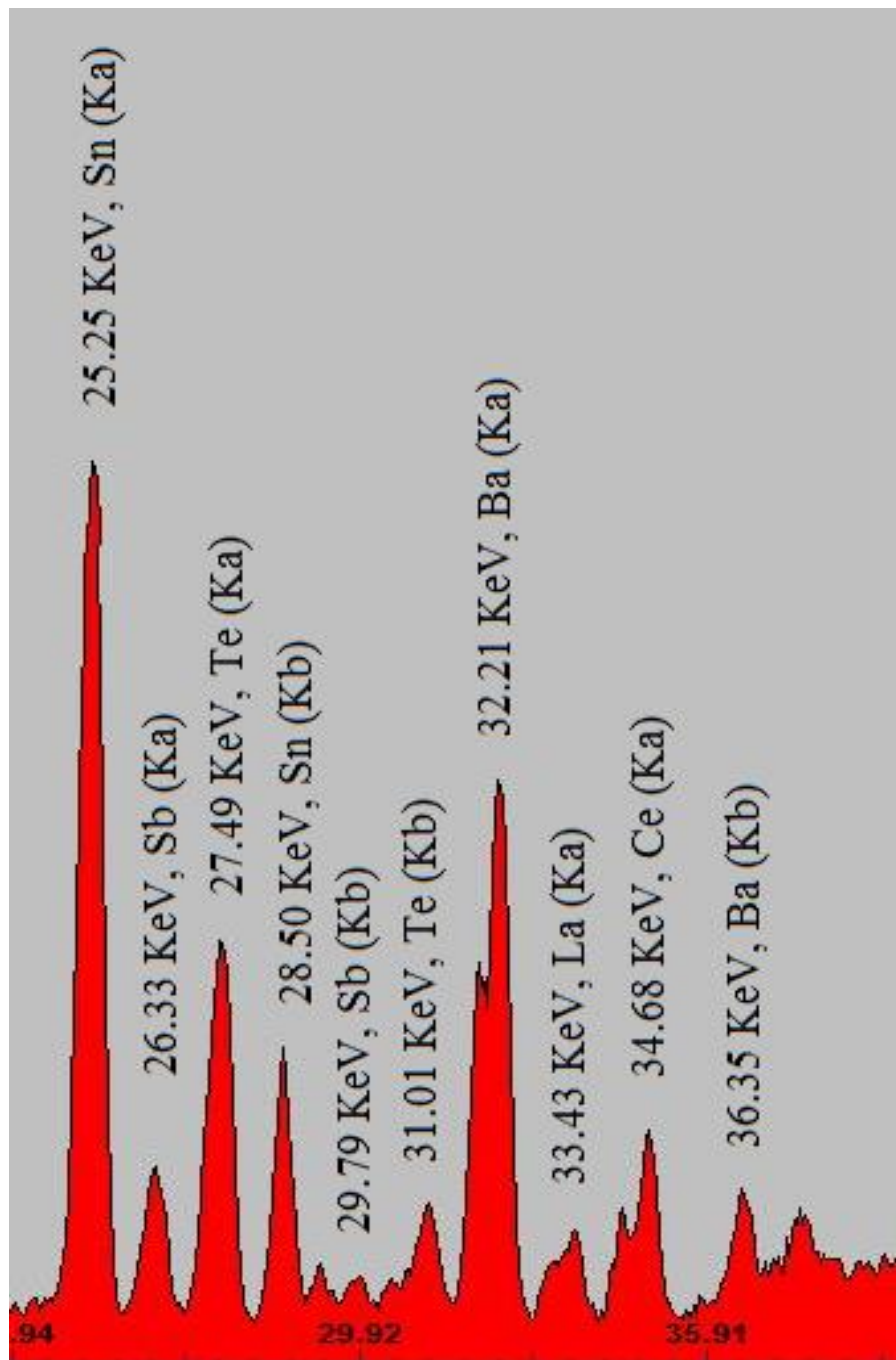
Με δικές μας παρεμβάσεις στο φάσμα έχουμε την εξής ανάλυση (πίνακας 6):

Πίνακας 6			
Z	Ενέργεια (KeV)	Στοιχείο/Αναγνώριση	Net area
20	3.85	Ca (Ka)	153474 ± 1023
---	4.05	Ca (Kb)	----
22	4.50	Ti (Ka)	879 ± 21
23	4.94	V (Ka)	5675 ± 156
---	4.94	Ti (Kb)	----
---	5.41	V (Kb)	----
25	5.90	Mn (Ka)	53091 ± 543
26	6.40	Fe (Ka)	74143 ± 814
---	6.48	Mn (Kb)	----
---	7.07	Fe (Kb)	----
28	7.49	Ni (Ka)	7542 ± 96
29	8.03	Cu (Ka)	5976 ± 87
30	8.64	Zn (Ka)	28551 ± 201
---	8.90	Cu (Kb)	----
---	9.55	Zn (Kb)	----
82	10.55	Pb (La)	10963 ± 147
---	12.64	Pb (Lb)	----
37	13.40	Rb (Ka)	11764 ± 214
38	14.19	Sr (Ka)	18990 ± 157
39	14.96	Y (Ka)	6856 ± 177
---	14.96	Rb (Kb)	----
40	15.78	Zr (Ka)	37421 ± 289
---	15.82	Sr (Kb)	----
41	16.65	Nb (Ka)	4580 ± 148
---	16.70	Y (Kb)	----
---	17.67	Zr (Kb)	----

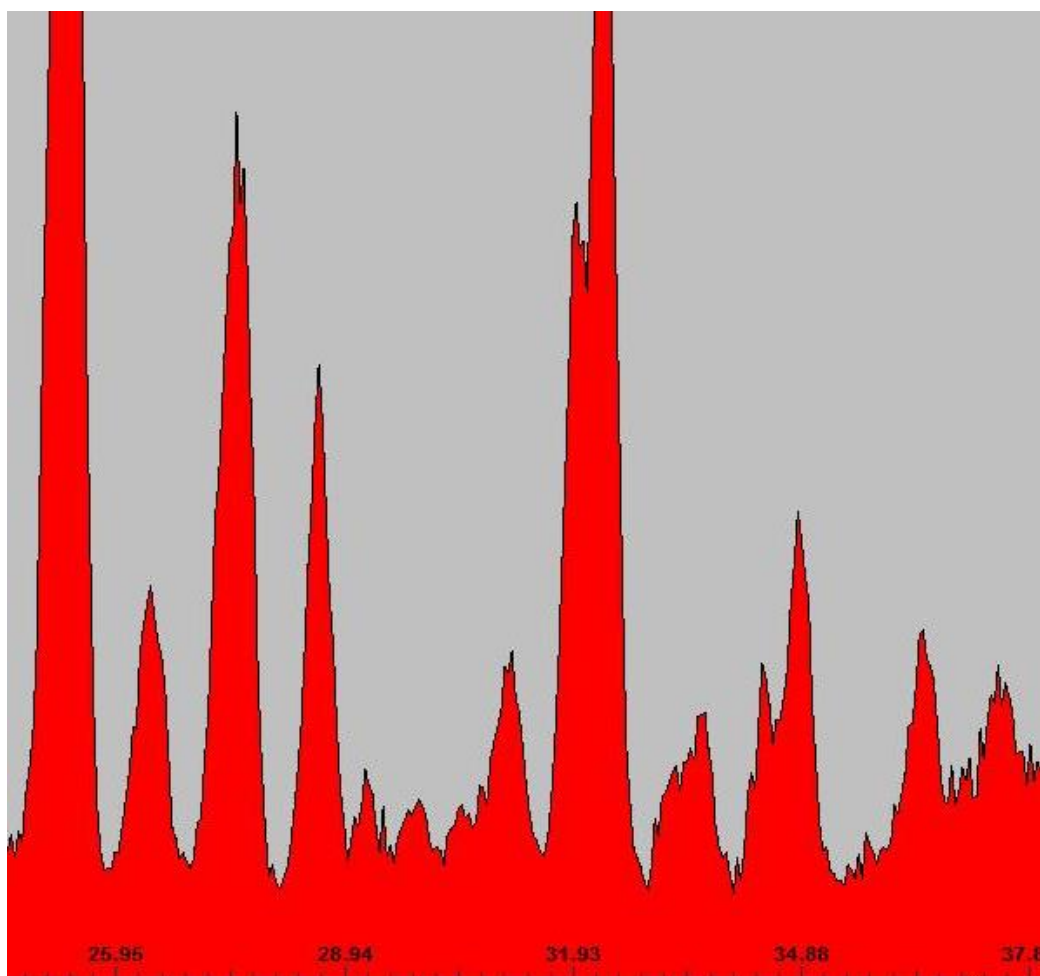
Συγκρίνοντας τις περιεκτικότητες που υπολογίσαμε για το κάθε στοιχείο, με αυτές του κατασκευαστή (πίνακας 7) έχουμε:

Πίνακας 7		
Στοιχείο	Περιεκτικότητες	Κατασκευαστής
Ca	19.39%	22.7%
Ti	0.65%	0.56%
V	83 ppm	63 ppm
Mn	937 ppm	653 ppm
Fe	3.24%	3.47%
Ni	26 ppm	20 ppm
Cu	11 ppm	9.5 ppm
Zn	102 ppm	93 ppm
Pb	37 ppm	58 ppm
Rb	39.4 ppm	46 ppm
Sr	89 ppm	106 ppm
Y	25.7 ppm	22 ppm
Zr	151.1 ppm	189 ppm
Nb	4.7 ppm	9 ppm

Με πηγή Αμερικίου (^{241}Am)



Διάγραμμα 9: Το ενεργειακό φάσμα του χώματος (soil 7) με τα χημικά στοιχεία και τις ενέργειες τους.



Διάγραμμα 10: Το ενεργειακό φάσμα του χώματος (soil 7) σε μεγένθυση.

Με δικές μας παρεμβάσεις στο φάσμα έχουμε την εξής ανάλυση (πίνακας 8):

Πίνακας 8			
Z	Ενέργεια (KeV)	Στοιχείο/ Αναγνώριση	Net area
50	25.25	Sn (Ka)	4583 ± 145
51	26.33	Sb (Ka)	2990 ± 112
52	27.49	Te (Ka)	3657 ± 129
---	28.50	Sn (Kb)	----
---	31.01	Sb (Kb)	----
---	29.79	Te (Kb)	----
56	32.21	Ba (Ka)	42708 ± 292
57	33.43	La (Ka)	7321 ± 193
58	34.68	Ce (Ka)	14316 ± 243
—	36.35	Ba (Kb)	----

Συγκρίνοντας τις περιεκτικότητες που υπολογίσαμε για το κάθε στοιχείο, με αυτές του κατασκευαστή (πίνακας 9) έχουμε:

Πίνακας 9		
Στοιχείο	Περιεκτικότητες	Κατασκευαστής
Sn	4.21 ppm	4.4 ppm
Sb	1.16 ppm	1.5 ppm
Te	---	----
Ba	158.7 ppm	157 ppm
La	25 ppm	29 ppm
Ce	54.9 ppm	54 ppm

4.4 Συμπεράσματα πειράματος

Εκτελώντας το πείραμα του XRF αρχικά χρησιμοποιήσαμε μονοστοιχειακά δείγματα (χαλκό, μόλυβδο) για να επιβεβαιώσουμε ότι η διάταξη XRF είναι μεγάλης ακρίβειας, όπως υποστηρίζεται από πολλούς συγγραφείς. Συνεχίσαμε με κράματα, κέρματα όπως το πεντάλεπτο και το πενήντάλεπτο, τα οποία αποτελούνται από δύο στοιχεία το καθένα. Παρατηρήσαμε τα διάφορα ενεργειακά φάσματα στα οποία εμφανίζονται χαρακτηριστικές κορυφές οι οποίες σχηματίστηκαν από τις μεταπτώσεις των ηλεκτρονίων (από υψηλότερη σε χαμηλότερη τροχιά). Η μετάπτωση από την στοιβάδα L εκπέμπει χαρακτηριστική $K\alpha$ γραμμή (ενέργεια $K\alpha$) και από την στοιβάδα M χαρακτηριστική $K\beta$ γραμμή (ενέργεια $K\beta$). Υπολογίσαμε την επί της εκατό ποσοστιαία σύσταση του κάθε κράματος, ώστε να γνωρίζουμε από πιο στοιχείο αποτελείται σε μεγαλύτερη αναλογία το κάθε δείγμα.

Τέλος, χρησιμοποιήσαμε πιο σύνθετα δείγματα, του χάλυβα και του κοινού χώματος. Ενδιαφέρον σημείο σε αυτά είναι ότι αποτελούνταν από πολλά στοιχεία με αποτέλεσμα να εμφανίζονται πολλές κορυφές στο ενεργειακό φάσμα. Παρατηρήσαμε ότι στις χαμηλές ενέργειες οι χαρακτηριστικές $K\beta$ του ενός στοιχείου εμφανίζονταν πάνω στις χαρακτηριστικές $K\alpha$ του επόμενου στοιχείου. Υπολογίσαμε την επί της εκατό ποσοστιαία σύσταση του κάθε δείγματος, ώστε να μπορούμε να τις συγκρίνουμε με αυτές του κατασκευαστή. Τα αποτελέσματα μας ήταν αρκετά κοντά

στα αντίστοιχα του κατασκευαστή (με μικρές αποκλίσεις), οι οποίες καταδείκνυαν για ακόμα μία φορά ότι η μέθοδος του XRF είναι μέθοδος μεγάλης ακρίβειας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΕΜΠΤΟ

Διδακτική Παρέμβαση – Πρόταση στη Διδασκαλία Λυκείου

Η παρούσα εργασία απευθύνεται σε καθηγητές της Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης προκειμένου να χρησιμοποιήσουν τα συμπεράσματά της στη διδασκαλία της Ατομικής και Πυρηνικής φυσικής. Κάθε μαθητής έχει δημιουργήσει το δικό του νοητικό μοντέλο, τις δικές του εναλλακτικές ιδέες, για τα διάφορα φυσικά φαινόμενα, τα οποία περιγράφονται με έννοιες της φυσικής. Σκοπός λοιπόν του καθηγητή της Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης είναι να αποκτήσει ο μαθητής σωστή γνώση, αντικαταστήνοντας τις λανθασμένες εναλλακτικές ιδέες, μέσα από τη διδασκαλία. Η επιτυχία στο επιχείρημα αυτό εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό ίδιο τον διδάσκοντα, από τη μέθοδο διδασκαλίας που ακολουθεί και από το αν τηρεί κάποιους ψυχοπαιδαγωγικούς κανόνες.

Το αποτέλεσμα της μάθησης συνδέεται με την συγκέντρωση του μαθητή και την προσπάθειά του να αντικαταστήσει τις εναλλακτικές ιδέες με σωστές έννοιες της φυσικής. Ο παραδοσιακός τρόπος διδασκαλίας δεν μπορεί να είναι πολύ επιτυχής όταν εξακολουθούν να υπάρχουν λανθασμένες εναλλακτικές ιδέες, ιδιαίτερα όταν γίνεται χωρίς πραγματικό ή εικονικό πείραμα. Το πείραμα λοιπόν, είναι αυτό που διευκολύνει το μαθητή να τροποποιήσει ή να οικοδομήσει εκ νέου τις εναλλακτικές (ή προϋπάρχουσες) ιδέες του για έννοιες της φυσικής προς μια επιστημονική αντίληψη των εννοιών αυτών.

Απευθυνόμαστε λοιπόν σε καθηγητές της Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης για τη διδασκαλία εννοιών όπως:

- α. Η δομή του ατόμου
- β. Η δομή του ατομικού πυρήνα
- γ. Φαινόμενα εξέλιξης του ατόμου και του πυρήνα όπως:

- i. Ιονισμός
- ii. Διέγερση
- iii. Αποδιέγερση
- iv. Εκπομπή των ακτίνων-X.

Μπορεί να γίνει με την βοήθεια εκτέλεσης πειραμάτων, επίδειξης κυρίως, (σχετικά με τις ανωτέρω έννοιες) τα οποία θα υλοποιηθούν ως εξής:

1. Στα κατά τόπους σχολεία (στη μαθητική τάξη ή στο σχολικό εργαστήριο).
2. Στα κατά τόπους εκπαιδευτικά ιδρύματα (ΑΕΙ, ΤΕΙ) και ερευνητικά κέντρα (Δημόκριτος, ΕΙΕ, ΙΤΕ κ.τ.λ.) και εκ περιτροπής παρακολούθηση.
3. Στα κατά τόπους εργαστηριακά κέντρα φυσικών επιστημών (ΕΚΦΕ) και εκ περιτροπής παρακολούθηση.

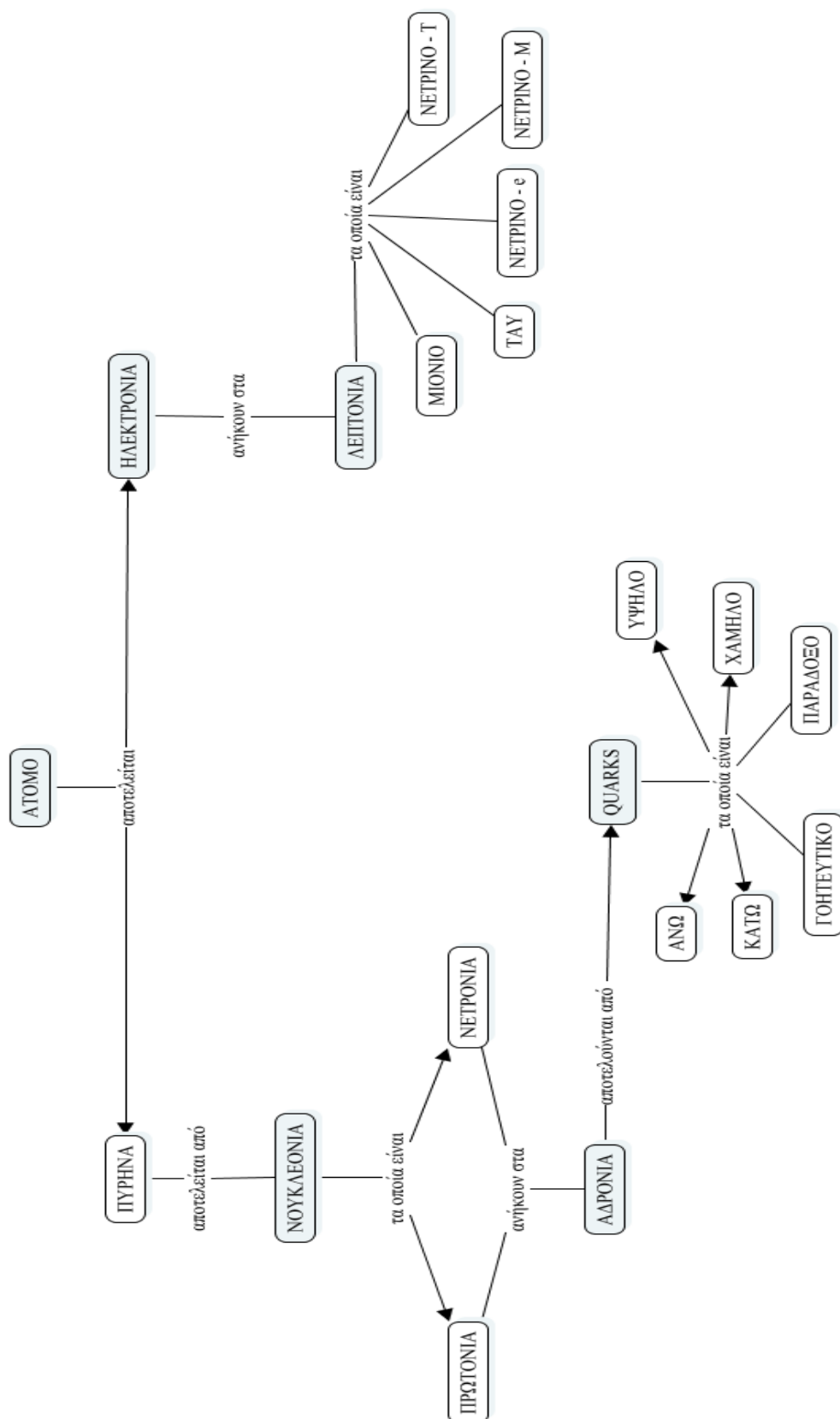
Η παρακολούθηση από τους μαθητές μπορεί στα μεν σχολεία να γίνει με ευθύνη του διδάσκοντα ο οποίος θα πρέπει να έχει τις προαπαιτούμενες γνώσεις, εμπειρία και το κατάλληλο υλικοτεχνικό εξοπλισμό. Στις άλλες δύο περιπτώσεις θα γίνεται με επισκέψεις, στα πλαίσια εκπαιδευτικών εκδρομών, με την συνοδεία του διδάσκοντα.

Παράδειγμα προς μίμηση αποτελεί η διδασκαλία της Χημείας στο Λύκειο, καθώς γίνονται περισσότερα πειράματα στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση. Μάλιστα μπορούν να συνδιαστούν οι διδασκαλίες των δύο μαθημάτων επειδή μεγάλο μέρος των εννοιών σχετίζονται με το άτομο το οποίο διαδραματίζει πρωτεύοντα ρόλο εκτός από το μάθημα της Φυσικής και στα χημικά φαινόμενα (αντιδράσεις, σύνθεσης, αποσύνθεσης, κ.τ.λ.).

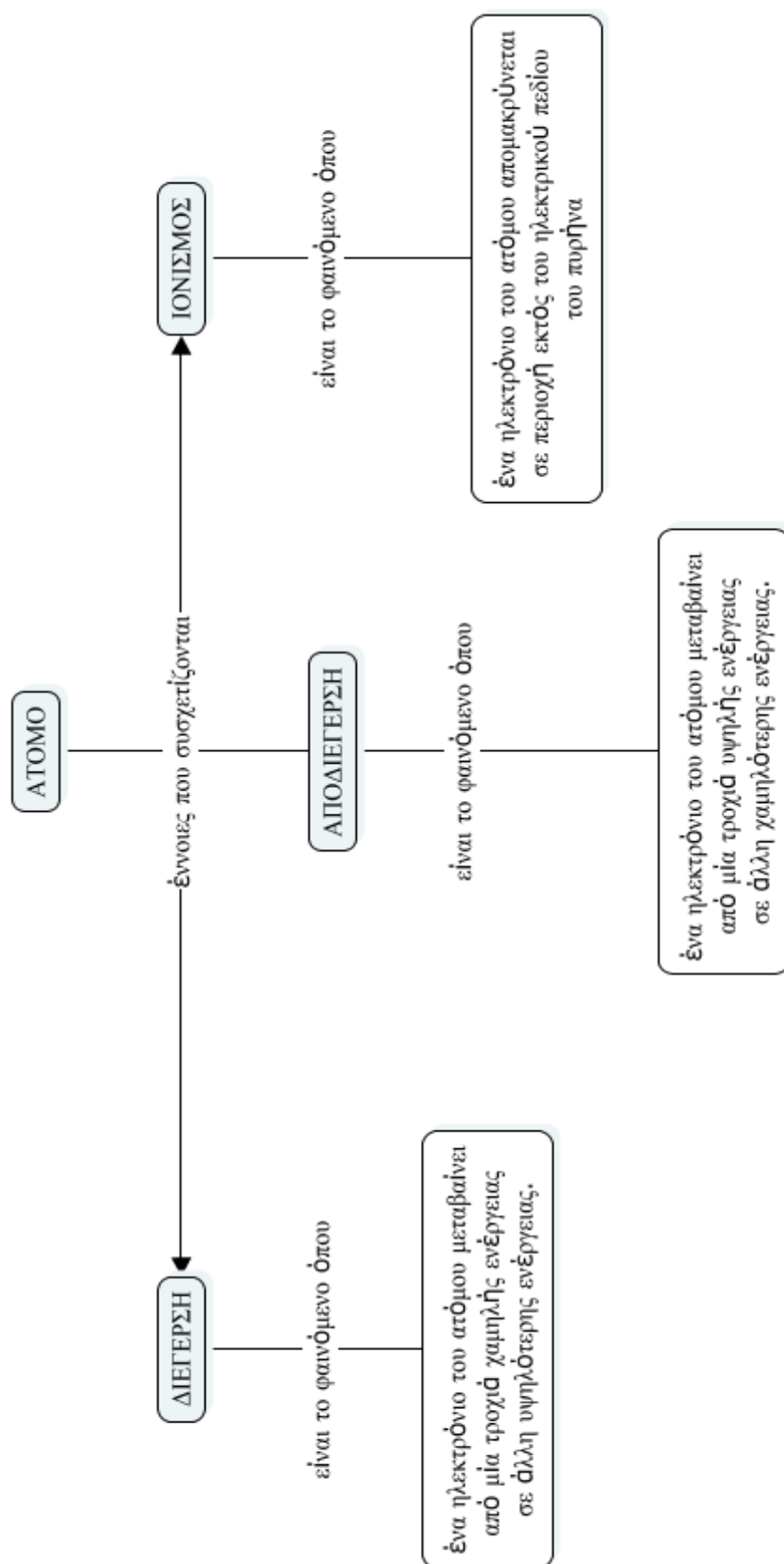
Μια ακόμα πρόταση είναι η υλοποίηση ενός διδακτικού Project απευθυνόμενο σε μαθητές Λυκείου το οποίο θα περιλαμβάνει τις ανωτέρω έννοιες και την χρήση τους στην καθημερινότητά μας, όπως στην ακτινοδιαγνωστική, στη βιομηχανία τροφίμων κτλ.

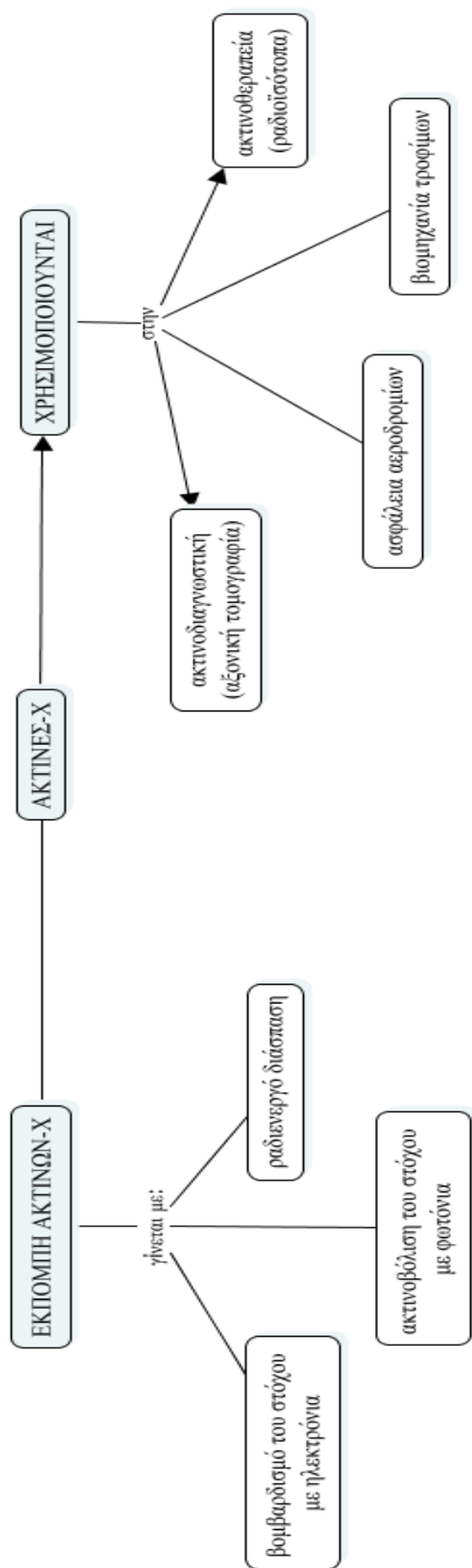
Τέλος μπορεί ο διδάσκοντας να εντάξει εννοιολογικούς χάρτες στη διδασκαλία του ως ένα βοηθητικό διδακτικό εργαλείο με το οποίο καλείται να συνδέσει έννοιες που ανήκουν στην ίδια διδακτική ενότητα, οργανώνοντας και παρουσιάζοντας το μάθημα μέσα στη σχολική τάξη. Σκοπός είναι ο μαθητής να οδηγηθεί στο στάδιο της εμπέδωσης των νέων αυτών εννοιών, καθώς και να δημιουργήσει ο ίδιος στη συνέχεια τους δικούς του εννοιολογικούς χάρτες.

Παρακάτω παρατίθεται μία σειρά εννοιολογικών χαρτών που προτείνονται στη διδασκαλία των ανωτέρω εννοιών της Ατομικής και Πυρηνικής φυσικής σύμφωνα με την ύλη της Β΄ Λυκείου.



Εννοιολογικό χάρτης 1: Σύσταση του ατόμου





Ενωσιολογικός χάρτης 3: Ακτίνες-X

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΚΤΟ

Σύνοψη – Συμπεράσματα – Προοπτικές

6.1 Σύνοψη

Στην παρούσα Διπλωματική Εργασία αφού έγινε μία εκτενής βιβλιογραφική έρευνα εκτελέστηκε το πείραμα της τεχνικής φθορισμού των ακτίνων-X (XRF), λαμβάνοντας μετρήσεις σε διάφορα στερεά δείγματα. Στόχος του εν λόγω πειράματος αλλά και οποιουδήποτε πειράματος (πραγματικού ή εικονικού) είναι η απόκτηση άμεσης εμπειρίας από τον μέλλοντα διδάσκοντα για το πως κατακτιέται η νέα γνώση μέσα στα ανά τον κόσμο Πανεπιστήμια και τα Ερευνητικά κέντρα. Να μυηθεί στον τρόπο επεξεργασίας, ανάλυσης, συζήτησης των νέων αποτελεσμάτων και εξαγωγής συμπερασμάτων. Κάτι τέτοιο κάνει το διδάσκοντα να αισθάνεται δυνατός κατά την μεταφορά της γνώσης και της εμπειρίας του μέσα στη σχολική τάξη.

Το δεύτερο θετικό που αποκομίζει ένας μέλλον διδάσκων είναι η εμπειρία του στο πώς να οργανώνει την εκτέλεση του πειράματος στην αίθουσα επίδειξης ή εφόσον είναι δυνατόν, στο σχολικό εργαστήριο, με σκοπό να διδαχθεί ένας αριθμός εννοιών που συνδέονται μεταξύ τους, δηλαδή ανήκουν στην ίδια διδακτική ενότητα.

Έτσι λοιπόν, για να αποδείξουμε ότι όλα αυτά, έγιναν πειράματα επίδειξης, στο Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων, χρησιμοποιώντας τη φορητή συσκευή XRF, σε μαθητές Λυκείου. Η όλη διαδικασία ήταν αρκετά επικοδομητική για τους μαθητές αφού παρατήρησαν τα πειράματα εκφράζοντας απορίες και αλλάζοντας κάποιες από τις αρχικές τους ιδέες, αλλά και για εμένα που εκτέλεσα η ίδια το πείραμα, αποδείχτηκε μια υπέροχη εμπειρία κάνοντας με να νιώθω πιο σίγουρη για την γνώση και την εμπειρία μου.

6.2 Συμπεράσματα – Προοπτικές

Ο κυρίαρχος στόχος της εργασίας είναι η βελτίωση της ποιότητας της διδασκαλίας του μαθήματος της φυσικής σε όλες τις βαθμίδες εκπαίδευσης, εντάσσοντας το πείραμα σε αυτήν. Το πείραμα είναι ένας σημαντικός παράγοντας που μπορεί να προωθήσει τη γνώση και τη μάθηση, στα πλαίσια του μαθήματος της φυσικής, αφού η παραδοσιακή διδασκαλία δεν λειτουργεί αποτελεσματικά για το μεγαλύτερο ποσοστό των μαθητών.

Μεταφέροντας όλα αυτά στην παρούσα εργασία, καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι οι μαθητές πρέπει να τροποποιήσουν τις εναλλακτικές (ή προϋπάρχουσες) ιδέες για έννοιες, διαδικασίες και φαινόμενα της Ατομική και Πυρηνική φυσική. Αυτό επιτυγχάνεται μέσω του πειράματος που πρέπει να εντάξει ο ίδιος ο διδάσκων κατά την διδασκαλία αυτών των εννοιών. Το πείραμα λοιπόν συντελεί ώστε να καταστεί ο μαθητής ικανός να διατυπώσει μια υπόθεση, να καταλήξει σε ένα συμπέρασμα και να ελέγξει την ισχύ του συμπεράσματος.

Έτσι, στο μέλλον ανοίγονται προοπτικές για να μελετήσει κανείς, στα πλαίσια διδασκαλιών των εννοιών της Ατομικής και Πυρηνικής φυσικής, το ρόλο εισαγωγής άλλων παρόμοιων πειραμάτων. Όμως, θα πρέπει να τονιστεί η δυσκολία τέτοιων πειραμάτων λόγω της πιθανής εκπομπής ακτινοβολίας καθώς και της σχετικής άδειας που πρέπει να προβεί το σχολείο και ο μέλλοντας διδάσκοντας ώστε να ληφθούν τα κατάλληλα μέτρα προστασίας.

Παράρτημα

X-Ray Emission Lines

K-level and L-level emission lines in KeV

No.	Element	Ka1	Ka2	Kb1	La1	La2	Lb1	Lb2	Lg1
3	Li	0.0543							
4	Be	0.1085							
5	B	0.1833							
6	C	0.277							
7	N	0.3924							
8	O	0.5249							
9	F	0.6768							
10	Ne	0.8486	0.8486						
11	Na	1.04098	1.04098	1.0711					
12	Mg	1.25360	1.25360	1.3022					
13	Al	1.48670	1.48627	1.55745					
14	Si	1.73998	1.73938	1.83594					
15	P	2.0137	2.0127	2.1391					
16	S	2.30784	2.30664	2.46404					
17	Cl	2.62239	2.62078	2.8156					
18	Ar	2.95770	2.95563	3.1905					
19	K	3.3138	3.3111	3.5896					
20	Ca	3.69168	3.68809	4.0127	0.3413	0.3413	0.3449		
21	Sc	4.0906	4.0861	4.4605	0.3954	0.3954	0.3996		
22	Ti	4.51084	4.50486	4.93181	0.4522	0.4522	0.4584		
23	V	4.95220	4.94464	5.42729	0.5113	0.5113	0.5192		
24	Cr	5.41472	5.405509	5.94671	0.5728	0.5728	0.5828		
25	Mn	5.89875	5.88765	6.49045	0.6374	0.6374	0.6488		
26	Fe	6.40384	6.39084	7.05798	0.7050	0.7050	0.7185		
27	Co	6.93032	6.91530	7.64943	0.7762	0.7762	0.7914		
28	Ni	7.47815	7.46089	8.26466	0.8515	0.8515	0.8688		
29	Cu	8.04778	8.02783	8.90529	0.9297	0.9297	0.9498		
30	Zn	8.63886	8.61578	9.5720	1.0117	1.0117	1.0347		
31	Ga	9.25174	9.22482	10.2642	1.09792	1.09792	1.1248		
32	Ge	9.88642	9.85532	10.9821	1.18800	1.18800	1.2185		
33	As	10.54372	10.50799	11.7262	1.2820	1.2820	1.3170		
34	Se	11.2224	11.1814	12.4959	1.37910	1.37910	1.41923		
35	Br	11.9242	11.8776	13.2914	1.48043	1.48043	1.52590		
36	Kr	12.649	12.598	14.112	1.5860	1.5860	1.6366		
37	Rb	13.3953	13.3358	14.9613	1.69413	1.69256	1.75217		
38	Sr	14.1650	14.0979	15.8357	1.80656	1.80474	1.87172		
39	Y	14.9584	14.8829	16.7378	1.92256	1.92047	1.99584		
40	Zr	15.7751	15.6909	17.6678	2.04236	2.0399	2.1244	2.2194	2.3027
41	Nb	16.6151	16.5210	18.6225	2.16589	2.1630	2.2574	2.3670	2.4618
42	Mo	17.47934	17.3743	19.6083	2.29316	2.28985	2.39481	2.5183	2.6235
43	Tc	18.3671	18.2508	20.619	2.4240	-	2.5368	-	-
44	Ru	19.2792	19.1504	21.6568	2.55855	2.55431	2.68323	2.8360	2.9645
45	Rh	20.2161	20.0737	22.7236	2.69674	2.69205	2.83441	3.0013	3.1438
46	Pd	21.1771	21.0201	23.8187	2.83861	2.83325	2.99022	3.17179	3.3287
47	Ag	22.16292	21.9903	24.9424	2.98431	2.97821	3.15094	3.34781	3.51959
48	Cd	23.1736	22.9841	26.0955	3.13373	3.12691	3.31657	3.52812	3.71686
49	In	24.2097	24.0020	27.2759	3.28694	3.27929	3.48721	3.71381	3.92081
50	Sn	25.2713	25.0440	28.4860	3.44398	3.43542	3.66280	3.90486	4.13112
51	Sb	26.3591	26.1108	29.7256	3.60472	3.59532	3.84357	4.10078	4.34779
52	Te	27.4723	27.2017	30.9957	3.76933	3.7588	4.02958	4.3017	4.5709
53	I	28.6120	28.3172	32.2947	3.93765	3.92604	4.22072	4.5075	4.8009
54	Xe	29.779	29.458	33.624	4.1099	-	-	-	-

55	Cs	30.9728	30.6251	34.9869	4.2865	4.2722	4.6198	4.9359	5.2804
56	Ba	32.1936	31.8171	36.3782	4.46626	4.45090	4.82753	5.1565	5.5311
57	La	33.4418	33.0341	37.8010	4.65097	4.63423	5.0421	5.3835	5.7885
58	Ce	34.7197	34.2789	39.2573	4.8402	4.8230	5.2622	5.6134	6.052
59	Pr	36.0263	35.5502	40.7482	5.0337	5.0135	5.4889	5.850	6.3221
60	Nd	37.3610	36.8474	42.2713	5.2304	5.2077	5.7216	6.0894	6.6021
61	Pm	38.7247	38.1712	43.826	5.4325	5.4078	5.961	6.339	6.892
62	Sm	40.1181	39.5224	45.413	5.6361	5.6090	6.2051	6.586	7.178
63	Eu	41.5422	40.9019	47.0379	5.8457	5.8166	6.4564	6.8432	7.4803
64	Gd	42.9962	42.3089	48.697	6.0572	6.0250	6.7132	7.1028	7.7858
65	Tb	44.4816	43.7441	50.382	6.2728	6.2380	6.978	7.3667	8.102
66	Dy	45.9984	45.2078	52.119	6.4952	6.4577	7.2477	7.6357	8.4188
67	Ho	47.5467	46.6997	53.877	6.7198	6.6795	7.5253	7.911	8.747
68	Er	49.1277	48.2211	55.681	6.9487	6.9050	7.8109	8.1890	9.089
69	Tm	50.7416	49.7726	57.517	7.1799	7.1331	8.101	8.468	9.426
70	Yb	52.3889	51.3540	59.37	7.4156	7.3673	8.4018	8.7588	9.7801
71	Lu	54.0698	52.9650	61.283	7.6555	7.6049	8.7090	9.0489	10.1434
72	Hf	55.7902	54.6114	63.234	7.8990	7.8446	9.0227	9.3473	10.5158
73	Ta	57.532	56.277	65.223	8.1461	8.0879	9.3431	9.6518	10.8952
74	W	59.31824	57.9817	67.2443	8.3976	8.3352	9.67235	9.9615	11.2859
75	Re	61.1403	59.7179	69.310	8.6525	8.5862	10.0100	10.2752	11.6854
76	Os	63.0005	61.4867	71.413	8.9117	8.8410	10.3553	10.5985	12.0953
77	Ir	64.8956	63.2867	73.5608	9.1751	9.0995	10.7083	10.9203	12.5126
78	Pt	66.832	65.112	75.748	9.4423	9.3618	11.0707	11.2505	12.9420
79	Au	68.8037	66.9895	77.984	9.7133	9.6280	11.4423	11.5847	13.3817
80	Hg	70.819	68.895	80.253	9.9888	9.8976	11.8226	11.9241	13.8301
81	Tl	72.8715	70.8319	82.576	10.2685	10.1728	12.2133	12.2715	14.2915
82	Pb	74.9694	72.8042	84.936	10.5515	10.4495	12.6137	12.6226	14.7644
83	Bi	77.1079	74.8148	87.343	10.8388	10.73091	13.0235	12.9799	15.2477
84	Po	79.290	76.862	89.80	11.1308	11.0158	13.447	13.3404	15.744
85	At	81.52	78.95	92.30	11.4268	11.3048	13.876	-	16.251
86	Rn	83.78	81.07	94.87	11.7270	11.5979	14.316	-	16.770
87	Fr	86.10	83.23	97.47	12.0313	11.8950	14.770	14.45	17.303
88	Ra	88.47	85.43	100.13	12.3397	12.1962	15.2358	14.8414	17.849
89	Ac	90.884	87.67	102.85	12.6520	12.5008	15.713	-	18.408
90	Th	93.350	89.953	105.609	12.9687	12.8096	16.2022	15.6237	18.9825
91	Pa	95.868	92.287	108.427	13.2907	13.1222	16.702	16.024	19.568
92	U	98.439	94.665	111.300	13.6147	13.4388	17.2200	16.4283	20.1671
93	Np	-	-	-	13.9441	13.7597	17.7502	16.8400	20.7848
94	Pu	-	-	-	14.2786	14.0842	18.2937	17.2553	21.4173
95	Am	-	-	-	14.6172	14.4119	18.8520	17.6765	22.0652

Βιβλιογραφία

- Ausubel, D.P., (1968). Educational Psychology: A Cognitive View. New York: Holt, Rinehart & Winston.
- Bernhard, J., (2000). Improving engineering physics teaching – learning from physics education research, Invited talk to be presented at PTEE2000 “Physics Teaching in Engineering Education”, Budapest 13 – 17 June 2000.
- Bertin E. P.: Press P., (1978). Introduction to X-Ray Spectrometric Analysis
- Bigge M., (1990). Θεωρίες μάθησης Εκδ. Πατάκης.
- Burge, E. J., (1967). Misconceptions in nuclear physics, Physics Education, 2 (4).
- Dekkers, P. J. M., & Thijs, G. D., (1998). Making Productive Use of Students’ Initial Conceptions in Developing the Concept of Force, Science & Education, 18 (9).
- 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.
- Driver, R. (1983). The pupil as a scientist, Open University Press : Milton Keynes.
- Gagne, R. (1985). The Conditions of Learning (4th Ed.). New York: Holt, Rinehart & Winston
- Griffiths K. A. and Preston R. K., (1992). Grade-12 students’ misconceptions relating to fundamental characteristics of atoms and molecules, Journal of Research in Science Teaching, 29.
- Haken H. & Wolf H., (1996). The Physics of Atoms and Quanta, Springer, New York.
- Halliday – Resnick (1976). Φυσική μέρος Α’, μετάφραση Ε. Πνευματικός, Εκδόσεις Πνευματικού, Αθήνα.
- Harrison A.G. & Treagust D.F., (1996). Secondary students’ mental models of atoms and molecules: implications for teaching chemistry, Science Education, 80.
- Helm, H., (1980). Misconceptions in physics amongst South African students, Physics Education, 15.
- Hewitt, P., (1992). Οι έννοιες της φυσικής, Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης.
- Jenkins R., W. Gould R., & Gedcke D., (1995). Quantitative X-ray Spectrometry.

- Jens Als-Nielsen, Des McMorrow, John Wiley & Sons, (2001). Elements of Modern X-ray Physics.
- Keig F. P. & Rubba A. P., (1993). Translation of representations of the structure of matter and its relationship to reasoning, gender, spatial reasoning, and specific prior knowledge, *Journal of Research in Science Teaching*, 30.
- Knight, D.R., (2006). Πέντε εύκολα μαθήματα, μετάφραση Τζαμαλής Γ. Π., Εκδόσεις Δίαυλος,
- Kimble G. A., (1980). Principles of General Psychology Hardcover.
- Novak, J. D., (1977). A Theory of Education, Cornell University Press, Ithaca, NY.
- Osborne, R. & Freyberg P., (1985). Learning in science: the implications of children's science, Auckland: Heineman. (in Griffiths and Preston, 1992).
- Piaget, J., (1960). The child's conception of the world, Littlefield, Adams & CO., Paterson, New Jersey.
- Piaget, J., (1969). The child's conception of physical causality, (M. Gabian Trans.) Totowa, New Jersey, Littlefield Adams.
- Piaget, J., (1970). The child's conception of movement and speed, (G.E.T. Holloway & M. J. Mclenzie, Trans.) London, Routledge and Keagan Paul.
- Redish, E. F., (1994). Implications of cognitive studies for teaching physics, *American Journal of Physics*, 62 (6).
- Rowlands, S., Graham, T. & Berry, J., (1999). Can we Speak of Alternative Frameworks and Conceptual Change in Mechanics. *Science and Education*, 8 (3).
- Saunders, P. (1990). Learning Theory and Instructional Objectives. In.
- Saunders, P. & Walstad, W. (eds) The Principles of Economics.
- Courses: A Handbook for Instructors, New York: Mcgraw-Hill.
- Serway, R. A., (1990). Physics for Scientists & Engineers with Modern Physics, τόμος I, μετάφραση Α. Ρεσβάνης.
- Songer, N. B., & Linn, M. C., (1991). How do students' views of science influence knowledge integration. *Journal of Research in Science Teaching*, 28 (9).
- Thomsen B.E., Schatzlein D., X-Ray Fluorescence Spectroscopy

Vygotsky, L.V., (1978). Mind in society: The development of higher psychological processes. Harvard University Press.

Vygotsky, L. S., (1960). Mind in Society, Harvard University Press, Cambridge.

Williams-Thorpe O., Potts P. J., Webb P. C., (1999). Study in British Stone Axe Provenancing, Journal of Archaeological Science 26.

Young, H. D., (1994). Πανεπιστημιακή Φυσική, τόμος Α', Εκδόσεις Παπαζήση, Αθήνα.

Κόκκοτας, Π., (1989). Διδακτική των φυσικών επιστημών, Εκδόσεις Γρηγόρης, Αθήνα.

Κόκκοτας, Π., (2000). Διδακτικές προσεγγίσεις στις Φυσικές Επιστήμες, Εκδόσεις Τυπωθήτω, Αθήνα.

Κόκκοτας, Π. και Βλάχος, Ι., (2000). Ο ρόλος του πειράματος στην επιστήμη και τη διδασκαλία, Διδακτικές προσεγγίσεις στις Φυσικές Επιστήμες – Σύγχρονοι Προβληματισμοί, Εκδόσεις Τυπωθήτω, Αθήνα.

Κώτσης, Θ. Κ., (2001α). Η χρήση πειραμάτων στη διδασκαλία της Φυσικής στο Ελληνικό Δημοτικό Σχολείο, Επιστημονική Επετηρίδα Παιδαγωγικού Τμήματος Δημοτικής Εκπαίδευσης, 14.

Τριλιανός Θ, (2003). Μεθοδολογία της σύγχρονης διδασκαλίας Ι.

Διαδικτυακοί Τόποι

www.amptek.com

www.innov-xsys.com

www.learnXRF.com