



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ
ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΑΓΩΓΗΣ
ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΟ ΤΜΗΜΑ ΝΗΠΙΑΓΩΓΩΝ**

**Μελέτη της φύσης των Φυσικών Επιστημών:
Αποτίμηση της κατάστασης στην Ελλάδα και
διδασκαλία της στη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση**

ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

ANNA KOYMAPA

ΙΩΑΝΝΙΝΑ 2021

Τριμελής Συμβουλευτική Επιτροπή

1. **Αικατερίνη Πλακίτση**, Καθηγήτρια ΠΤΝ Πανεπιστημίου Ιωαννίνων, επιβλέπουσα
2. **Μιχαήλ Σκουμιός**, Αναπληρωτής Καθηγητής ΠΤΔΕ Πανεπιστημίου Αιγαίου
3. **Κωνσταντίνος Ραβάνης**, Καθηγητής ΤΕΕΑΠΗ Πανεπιστημίου Πατρών

Μέλη Επταμελούς Εξεταστικής Επιτροπής

1. **Αικατερίνη Πλακίτση**, Καθηγήτρια ΠΤΝ Πανεπιστημίου Ιωαννίνων, επιβλέπουσα
2. **Μιχαήλ Σκουμιός**, Αναπληρωτής Καθηγητής ΠΤΔΕ Πανεπιστημίου Αιγαίου
3. **Κωνσταντίνος Ραβάνης**, Καθηγητής ΤΕΕΑΠΗ Πανεπιστημίου Πατρών
4. **Κωνσταντίνος Κώτσης**, Καθηγητής ΠΤΔΕ Πανεπιστημίου Ιωαννίνων
5. **Χαρίτων Πολάτογλου**, Καθηγητής Τμήματος Φυσικής ΑΠΘ
6. **Δημήτριος Κολιόπουλος**, Καθηγητής ΤΕΕΑΠΗ Πανεπιστημίου Πατρών
7. **Βασιλεία Χρηστίδου**, Αναπληρώτρια Καθηγήτρια ΤΕΠΑΕ ΑΠΘ

Copyright © Άννα Κουμαρά, 2021.

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας διατριβής, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα.

Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της διατριβής για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τον συγγραφέα.

Η έγκριση διδακτορικής διατριβής από το Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων δε δηλώνει αποδοχή των απόψεων του συγγραφέα.

Αφιερώνεται στους γονείς μου,

Παναγιώτη και Βασιλική

Ευχαριστίες

Η διαδικασία εκπόνησης μιας διδακτορικής διατριβής είναι μια μαραθώνια διαδρομή αναζητήσεων, τόσο στην κατανόηση των βιβλιογραφικών αναφορών, στο σχεδιασμό της καινοτομίας, στην εύρεση της ερευνητικής ταυτότητας, όσο και στις εσωτερικές αντοχές που απαιτούνται τις μικρές ώρες της νύχτας, όταν η προθεσμία υποβολής μιας εργασίας πλησιάζει απειλητικά ή όταν τίποτα δεν πηγαίνει σύμφωνα με το πρόγραμμα. Τελικά, το αποτέλεσμα δικαιώνει την προσπάθεια και η χαρά είναι μεγαλύτερη όταν έχεις ανθρώπους να τη μοιράζεσαι. Και είμαι τυχερή που σε όλη τη διάρκεια της διατριβής είχα δίπλα μου πολλούς ανθρώπους, τους οποίους θα ήθελα να ευχαριστήσω από τα βάθη της καρδιάς μου.

Καταρχάς, ευχαριστώ θερμά την επιβλέπουσά μου, κ. Κατερίνα Πλακίτση, καθηγήτρια του Τμήματος Νηπιαγωγών, που πίστεψε σε εμένα και στις ικανότητές μου, μου έδινε συνεχώς βιβλιογραφία για θέματα παιδαγωγικής που δεν γνώριζα και με ωθούσε να προχωρήσω διαρκώς ένα βήμα παραπέρα. Την ευχαριστώ που μέσα στο βαρύ πρόγραμμα από τις δύο προεδρίες (του τμήματος και της κοινότητας του ISCAR), πάντα είχε χρόνο να διαβάζει διεξοδικά τα κείμενά μου και να κάνει εύστοχες επιστημάνσεις. Έμαθα πολλά δίπλα της που δεν θα ξεχάσω!

Ευχαριστώ επίσης τον κ. Μιχάλη Σκουμιό, Αναπληρωτή Καθηγητή του Παιδαγωγικού Τμήματος του Πανεπιστημίου Αιγαίου, για την ενθάρρυνση και την άψογη συνεργασία που είχαμε σε όλη τη διάρκεια της εκπόνησης της διατριβής.

Ευχαριστώ τον κ. Κώστα Ραβάνη, Καθηγητή στο ΤΕΕΑΠΗ του Πανεπιστημίου Πατρών, για την άμεση ανταπόκριση στην αντικατάσταση του Norman Lederman και την αμέριστη βοήθειά του στην ολοκλήρωση της διατριβής.

Ευχαριστώ τον Norman Lederman(†), Distinguished Professor στο Illinois Institute of Technology, για το χρόνο που αφιέρωνε ανά τακτά χρονικά διαστήματα για συζήτηση και καθοδήγηση. Είναι τιμή μου που με θεώρησε μαθήτριά του και χαίρομαι που πρόλαβα να συνεργαστώ μαζί του. Η ξαφνική απώλειά του βύθισε στη θλίψη τη διεθνή κοινότητα της Διδακτικής των Φ.Ε., το μεγάλο του έργο όμως θα παραμείνει για να διδάξει τις επόμενες γενιές.

Ευχαριστώ τα μέλη του @fise group του Τμήματος Νηπιαγωγών του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων, Δρ. Ελένη Κολοκούρη, Δρ. Αθηνά Κορνελάκη, Δρ. Ευτυχία Νάννη, Δρ. Χαρίκλεια Θεοδωράκη και Δρ. Ανθούλα Μαΐδου για την υποδοχή και αποδοχή που εισέπραξα από την πρώτη στιγμή που ήρθα στην ομάδα μέχρι σήμερα. Η συνεργασία μαζί τους ήταν άψογη σε όλα τα επίπεδα.

Το πρόγραμμα επιμόρφωσης δεν θα μπορούσε να έχει υλοποιηθεί με τόσο μεγάλη επιτυχία χωρίς τη συμβολή των τεσσάρων υπεύθυνων ΕΚΦΕ του Νομού Θεσσαλονίκης. Ευχαριστώ πολύ το Δρ. Θεόδωρο Πιερράτο, την κ. Μαρία Τσακίρη, την κ. Αναστασία Γκιγκούδη και τον Δρ. Αθανάσιο Καρούτη. Η συνεισφορά τους ήταν ανεκτίμητη.

Ευχαριστώ τους εκπαιδευτικούς που συμμετείχαν στο πρόγραμμα επιμόρφωσης και ιδιαίτερα τους 10 που μου έδωσαν συνεντεύξεις και τους 9 που με δέχτηκαν στην τάξη

τους, προσφέροντάς μου πολύτιμα δεδομένα για την έρευνα. Λυπάμαι που για λόγους προσωπικών δεδομένων δεν μπορώ να τους ευχαριστήσω ονομαστικά.

Κατά τη διάρκεια της εκπόνησης της διατριβής είχα τη χαρά να παρακολουθήσω τρία σχολεία υποψηφίων διδακτόρων σε πανεπιστήμια του εξωτερικού. Ευχαριστώ πολύ τους καθηγητές που ασχολήθηκαν ως τρίτοι παρατηρητές με την έρευνά μου και πρότειναν χρήσιμες λύσεις. Πιο συγκεκριμένα, ευχαριστώ την Prof. Ellen Karoline Henriksen και την Prof. Renee Schwartz που συνάντησα στο ESERA Summer School 2018, την Ass. Prof. Henriette Tolstrup Holmegaard από το University of Copenhagen και τον Αναπλ. Καθηγητή Μανόλη Δαφέρμο που συνάντησα στο ISCAR Summer University 2019.

Τέλος, ευχαριστώ την οικογένειά μου: τους γονείς μου, την αδερφή μου και το σύζυγό μου, που ήταν πάντα παρόντες. Αυτό και μόνο ήταν παραπάνω από αρκετό!

Περιεχόμενα

Ευχαριστίες.....	vii
Περιεχόμενα.....	ix
Κατάλογος εικόνων.....	xxi
Κατάλογος Πινάκων.....	xxiv
Περίληψη.....	xxvii
Summary.....	xxix
Συνοπτική περιγραφή της έρευνας.....	xxxii
Κεφάλαιο 1ο: ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	1
1.1 Οριοθέτηση και αναγκαιότητα της διατριβής.....	3
1.2 Σκοπός και ερευνητικά ερωτήματα.....	4
1.3 Σημασία της διατριβής.....	5
1.4 Δομή διατριβής.....	6
1.5 Ανακεφαλαίωση.....	10
Κεφάλαιο 2ο: Τι είναι η φύση των Φυσικών Επιστημών.....	11
2.1 Εισαγωγή.....	13
2.2 Τι είναι η φύση των Φυσικών Επιστημών και ποια τα χαρακτηριστικά της.....	13
2.2.1 Ορισμός της φύσης των Φυσικών Επιστημών.....	13
2.2.2 Προτεινόμενα χαρακτηριστικά της φύσης των Φ.Ε.....	15
2.2.2.1. Συναινετική άποψη (“Consensus View”).....	15
2.2.2.1α’ Η πρόταση της ομάδας Lederman.....	15
2.2.2.1β’ Η πρόταση του McComas.....	17
2.2.2.1γ’ Η πρόταση του Niaz.....	18
2.2.2.1δ’ Η πρόταση του Clough.....	18
2.2.2.1ε’ Η πρόταση των Osborne, Collins, Ratcliffe, Millar, & Duschl.....	19
2.2.2.1στ’ Ομοιότητες και διαφορές μεταξύ των διαφόρων προτάσεων της συναινετικής άποψης.....	20
2.2.2.2. Κριτική στη «συναινετική άποψη».....	22
2.2.2.3 Η προσέγγιση της οικογενειακής ομοιότητας (Family Resemblance Approach)	25
2.2.2.4 Κριτική στην προσέγγιση της οικογενειακής ομοιότητας.....	28
2.2.2.5 Απάντηση στις κριτικές - Συμβιβαστικές προτάσεις.....	28
2.3 Τι υιοθετείται στην παρούσα διατριβή και γιατί.....	31
2.4 Ανακεφαλαίωση.....	31
Κεφάλαιο 3ο: Πολιτισμική Ιστορική Θεωρία της Δραστηριότητας.....	33

3.1 Εισαγωγή	35
3.2 Λόγοι για την επιλογή της Πολιτισμικής Ιστορικής Θεωρίας της Δραστηριότητας	35
3.3 Θεωρία της Δραστηριότητας και η εξέλιξή της.....	37
3.3.1 Η πρώτη γενιά της θεωρίας της Δραστηριότητας: Η διαμεσολαβούμενη δράση.	37
3.3.2 Η δεύτερη γενιά της θεωρίας της Δραστηριότητας: Από την ατομική στη συλλογική δραστηριότητα.	37
3.3.3 Η τρίτη γενιά της θεωρίας της Δραστηριότητας: Πολλαπλά αλληλεπιδρώντα συστήματα δραστηριότητας.....	40
3.4 Οι αντιφάσεις (contradictions) στην θεωρία της Δραστηριότητας.....	42
3.5 Επεκτατική μάθηση	46
3.5.1 Ακολουθία δράσεων σε έναν ιδανικό - τυπικό κύκλο επεκτατικής μάθησης	47
3.6 Επεκτατική μάθηση και εκπαίδευση ενηλίκων	51
3.7 Τι χρησιμοποιείται στην παρούσα διατριβή και γιατί.	53
3.8 Ανακεφαλαίωση.....	53
Κεφάλαιο 4ο: Διδασκαλία της φύσης των Φυσικών Επιστημών, Βιβλιογραφική ανασκόπηση.....	55
4.1. Εισαγωγή	58
4.2 Η διδασκαλία της φύσης των Φυσικών Επιστημών	58
4.2.1 Γιατί είναι σημαντικό να διδάσκεται η φύση των Φυσικών Επιστημών	58
4.2.2 Ποια είναι η κατάσταση παγκόσμια σε σχέση με την ενσωμάτωση της διδασκαλίας της φύσης των Φ.Ε. στα προγράμματα σπουδών.....	60
4.2.3 Προτάσεις για χαρακτηριστικά της διδασκαλίας της φύσης των Φ.Ε.....	63
4.2.3.1 Σαφής – Μη σαφής τρόπος διδασκαλίας (Explicit vs Implicit approach).....	63
4.2.3.2 Διδασκαλία εντός ή εκτός γνωστικού πλαισίου (contextualized vs decontextualized).....	64
4.2.3.3 Συχνότητα διδασκαλίας.....	65
4.2.4 Προβλήματα για την επιτυχή διδασκαλία και μάθηση.	66
4.2.4.1 Αναγκαιότητα για εκπαίδευση εκπαιδευτικών	66
4.2.4.1α' Οι εκπαιδευτικοί έχουν ανεπαρκή γνώση όχι μόνο για τον τρόπο διδασκαλίας αλλά και για το ποια είναι τα χαρακτηριστικά της φύσης των Φ.Ε....	66
4.2.4.1β' Προγράμματα επιμόρφωσης εκπαιδευτικών.....	67
4.2.4.2 Αναγκαιότητα της αξιολόγησης της γνώσης για τη φύση των Φ.Ε. – Εργαλεία Αξιολόγησης.....	69
4.3 Διδακτικές προσεγγίσεις για τη διδασκαλία της φύσης των Φ.Ε., πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της κάθε μιας	71

4.3.1 Διδασκαλία της φύσης των Φυσικών Επιστημών μέσω της Ιστορίας των Φυσικών Επιστημών	71
4.3.2 Επιστημονική Διερεύνηση	74
4.3.2.1 Τι είναι η επιστημονική διερεύνηση.....	74
4.3.2.2 Η φύση της επιστημονικής διερεύνησης.....	75
4.3.2.3 Αυθεντικά Περιβάλλοντα Μάθησης	76
4.3.2.4 Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα στη διδασκαλία της φύσης των Φ.Ε. με την Επιστημονική Διερεύνηση.....	77
4.3.2.5 Συνδυαστική προσέγγιση με χρήση Ιστορίας των Φ.Ε. και Επιστημονικής Διερεύνησης	78
4.3.3 Κοινωνικο-επιστημονικά Ζητήματα.....	79
4.3.4 Σύγκριση των τριών διδακτικών προσεγγίσεων μεταξύ τους.....	82
4.4 Η έρευνα για τη φύση των Φυσικών Επιστημών στην Ελλάδα.....	85
4.5 Τι υιοθετείται στην παρούσα διατριβή και γιατί.....	87
4.6 Ανακεφαλαίωση.....	87
Κεφάλαιο 5ο: Μεθοδολογία διατριβής.....	89
5.1 Εισαγωγή	91
5.2. Είδος έρευνας.....	91
5.3 Εργαλεία έρευνας.....	91
5.4 Διαδικασία συλλογής και ανάλυσης των δεδομένων	93
5.5 Ανακεφαλαίωση.....	97
Κεφάλαιο 6ο: Η κατάσταση στην Ελληνική Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση ως προς τη διδασκαλία της φύσης της γνώσης των Φυσικών Επιστημών – Τα πολιτισμικά χαρακτηριστικά των εκπαιδευτικών	99
6.1 Εισαγωγή	101
6.2. Η Έρευνά μας στο σύστημα Δραστηριότητας της Εκπαίδευσης.....	101
6.3 Συμπερίληψη χαρακτηριστικών της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. στα προγράμματα Σπουδών ΔΕΠΠΣ-ΑΠΣ και στα σχολικά βιβλία του Γυμνασίου... 105	
6.3.1 Προγράμματα Σπουδών Φ.Ε.....	105
6.3.1.1 Προγράμματα Σπουδών Φ.Ε. Γυμνασίου.....	105
6.3.1.1α' Δ.Ε.Π.Π.Σ. Φυσικών Επιστημών Γυμνασίου.....	106
6.3.1.1β' Βιολογία Γυμνασίου.....	106
Δ.Ε.Π.Π.Σ. Βιολογίας.....	106
Α.Π.Σ. Βιολογίας.....	107
Α.Π.Σ. Βιολογίας Α' Γυμνασίου	107
Α.Π.Σ. Βιολογίας Γ' Γυμνασίου.....	107
6.3.1.1γ' Φυσική – Χημεία Γυμνασίου	108

Δ.Ε.Π.Π.Σ. Φυσικής – Χημείας Γυμνασίου	108
6.3.1.1δ' Φυσική.....	108
Α.Π.Σ. Φυσικής Α' Γυμνασίου	108
Α.Π.Σ. Φυσικής Β' και Γ' Γυμνασίου	108
Α.Π.Σ. Φυσικής Β' Γυμνασίου.....	108
Α.Π.Σ. Φυσικής Γ' Γυμνασίου	109
6.3.1.1ε' Χημεία	109
Α.Π.Σ. Χημείας	109
Α.Π.Σ. Χημείας Β' Γυμνασίου	109
Α.Π.Σ. Χημείας Γ' Γυμνασίου	110
6.3.1.1στ' Γενικά συμπεράσματα για τα Προγράμματα Σπουδών Γυμνασίου	110
6.3.1.2 Προγράμματα Σπουδών Α' και Β' τάξεων Λυκείου.	110
6.3.1.2α' Βιολογία.....	110
Βιολογία Α' Λυκείου.....	110
6.3.1.2β' Φυσική	111
Α.Π.Σ. Φυσικής Α' Λυκείου	111
Α.Π.Σ. Φυσικής Β' Λυκείου.....	111
6.3.1.2γ' Χημεία.....	112
Α.Π.Σ. Χημείας Α' Λυκείου.....	112
Α.Π.Σ. Χημείας Β' Λυκείου.....	112
6.3.1.2δ' Γενικά Συμπεράσματα για τα Προγράμματα Σπουδών Λυκείου	113
6.3.2 Σχολικά βιβλία	113
6.3.2.1 Βιβλία Γυμνασίου.....	116
6.3.2.1α' Βιβλία Βιολογίας.....	116
Βιβλίο Α' Γυμνασίου.....	116
Βιβλίο Γ' Γυμνασίου	116
6.3.2.1β' Βιβλία Φυσικής.....	117
Βιβλίο Α' Γυμνασίου.....	117
Βιβλίο Β' Γυμνασίου.....	118
Βιβλίο Γ' Γυμνασίου	119
6.3.2.1γ' Βιβλία Χημείας.....	120
Βιβλίο Β' Γυμνασίου.....	120
Βιβλίο Γ' Γυμνασίου.	120
6.3.2.1δ' Γενικά συμπεράσματα για τα βιβλία του Γυμνασίου	121
6.3.2.2 Βιβλία Λυκείου.....	122
6.3.2.2α' Βιβλία Βιολογίας.....	122
Βιβλίο Α' Λυκείου	122

6.3.2.2β' Βιβλία Φυσικής.....	122
Βιβλίο Α' Λυκείου	122
Βιβλίο Β' Λυκείου.....	123
6.3.2.2γ' Βιβλία Χημείας.....	123
Βιβλίο Α' Λυκείου	123
Βιβλίο Β' Λυκείου.....	124
6.3.2.2δ' Γενικά συμπεράσματα για τα βιβλία του Λυκείου.....	125
6.3.2.3 Γενικά συμπεράσματα για όλα τα βιβλία	125
6.4 Τι γνωρίζουν οι εκπαιδευτικοί από τα χαρακτηριστικά της γνώσης των Φ.Ε., και ποια από αυτά διδάσκουν.....	126
6.4.1 Ανάλυση του ερωτηματολογίου VNOS εκπαιδευτικών.....	126
6.4.1.1 Παρουσίαση του ερωτηματολογίου	126
6.4.1.2 Δείγμα της έρευνας.....	127
6.4.1.3 Τρόπος βαθμολόγησης του ερωτηματολογίου	128
6.4.1.4 Οι απαντήσεις στο ερωτηματολόγιο.....	129
6.4.1.5 Συνολικά αποτελέσματα και συμπεράσματα	135
6.4.2 Συνεντεύξεις με 10 εκπαιδευτικούς ΠΕ.04 που παρακολούθησαν το πρόγραμμα και συμπλήρωσαν το ερωτηματολόγιο VNOS-D+.	138
6.4.2.1 Ταυτότητα του δείγματος.	138
6.4.2.2 Προηγούμενη γνώση για τα χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε.	139
6.4.2.3 Ποια χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. θεωρούν ότι διδάσκουν;	139
6.5 Αξιολόγηση της γνώσης των χαρακτηριστικών της φύσης της γνώσης των Φ.Ε.	140
6.5.1 Έργα των σχολικών βιβλίων προς αξιολόγηση των μαθητών σε προαγωγικές και απολυτήριες εξετάσεις.....	141
6.5.1.1. Βιβλία Γυμνασίου.....	141
Βιολογία Α' Γυμνασίου.....	141
Βιολογία Β-Γ' Γυμνασίου	141
Φυσική Α' Γυμνασίου	142
Φυσική Β' Γυμνασίου	142
Φυσική Γ' Γυμνασίου.....	142
Χημεία Β' Γυμνασίου.....	142
Χημεία Γ' Γυμνασίου	142
6.5.1.2 Βιβλία Α' και Β' τάξεων Λυκείου.....	143
Βιολογία Α' Λυκείου.....	143
Φυσική Α' Λυκείου	143

Φυσική Γενικής Παιδείας Β΄ Λυκείου	143
Χημεία Α΄ Λυκείου	143
Χημεία Β΄ Λυκείου.....	143
6.5.2 Ανάλυση των θεμάτων προαγωγικών και απολυτήριων εξετάσεων.	143
6.5.2.1 Θέματα προαγωγικών και απολυτήριων εξετάσεων Γυμνασίου	143
6.5.2.2 Θέματα προαγωγικών εξετάσεων Α΄ και Β΄ Λυκείου.....	144
Βιολογία Α΄ Λυκείου.....	144
Φυσική Α΄ Λυκείου	144
Φυσική Β΄ Λυκείου Γενικής Παιδείας	144
Χημεία Α΄ Λυκείου	144
Χημεία Β΄ Λυκείου Γενικής Παιδείας.....	145
6.6 Συνεντεύξεις με Σχολικούς Συμβούλους	145
6.6.1 Απόψεις των σχολικών συμβούλων για το αν τα σχολικά βιβλία περιέχουν, και αν οι εκπαιδευτικοί διδάσκουν, χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε.	145
6.6.2 Γενικότερες παρατηρήσεις από τους Σχολικούς Συμβούλους για την κατάσταση που επικρατεί στις σχολικές τάξεις.....	146
6.7 Τι γνωρίζουν οι απόφοιτοι Λυκείου από τα χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε.	147
6.7.1 Ανάλυση του ερωτηματολογίου VNOS-D+ αποφοίτων Λυκείου.....	147
6.7.1.1 Παρουσίαση του ερωτηματολογίου	147
6.7.1.2 Το Δείγμα της έρευνας.....	148
6.7.1.3 Οι απαντήσεις στο ερωτηματολόγιο.....	148
6.7.1.4 Συνολικά αποτελέσματα και συμπεράσματα από τις απαντήσεις των μαθητών.	155
6.7.2 Συνεντεύξεις με 30 απόφοιτους Λυκείου από αυτούς που συμπλήρωσαν το ερωτηματολόγιο VNOS-D+.	158
6.7.2.1 Στοιχεία για το δείγμα της έρευνας	158
6.7.2.2 Έχουν διδαχθεί στο σχολείο τους θέματα σχετικά με τη φύση της γνώσης των Φ.Ε.; Έχουν αξιολογηθεί σε αυτά;	158
6.7.2.3 Ποια είναι η μορφή της καθημερινής διδασκαλίας για κάθε επιμέρους μάθημα Φ.Ε.;.....	159
6.8 Γενικά Συμπεράσματα	162
6.8.1 Η κατάσταση στην Ελληνική Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση ως προς τη διδασκαλία της φύσης της γνώσης των Φυσικών Επιστημών.....	162
6.8.2 Η σημερινή κατάσταση στην εκπαίδευση στις Φ.Ε. - Τα πολιτισμικά χαρακτηριστικά των εκπαιδευτικών Φ.Ε.....	163
6.9 Η συμβολή της έρευνας στη διαμόρφωση του επιμορφωτικού προγράμματος	167

6.10 Ανακεφαλαίωση.....	167
Κεφάλαιο 7ο: Σχεδιασμός του προγράμματος επιμόρφωσης.....	169
7.1 Εισαγωγή	171
7.2 Γιατί επιλέχθηκε να χρησιμοποιηθεί η έννοια «φύση της γνώσης των Φυσικών Επιστημών» και τα χαρακτηριστικά που προτείνει για αυτήν η ομάδα του Lederman.	171
7.3 Τα χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. όπως προτείνονται από την ομάδα του Lederman	172
7.3.1 Η επιστημονική γνώση είναι εμπειρική (X1)	172
7.3.2 Διαφορά παρατήρησης – συμπεράσματος (X2)	172
7.3.3 Η επιστημονική γνώση περιλαμβάνει την ανθρώπινη φαντασία και δημιουργικότητα (X3).....	172
7.3.4 Η επιστημονική γνώση είναι υποκειμενική (X4)	173
7.3.5 Η επιστημονική γνώση δεν είναι ποτέ απόλυτη και σίγουρη (X5)	173
7.3.6 Οι Φ.Ε., ως ανθρώπινη δραστηριότητα, εφαρμόζονται στα πλαίσια μιας ευρύτερης κοινωνίας και όσοι δραστηριοποιούνται σε αυτές (οι επιστήμονες) είναι προϊόντα αυτής (X6)	174
7.3.7 Διαφορά νόμου – θεωρίας (X7).....	174
7.4 Περιεχόμενο του προγράμματος επιμόρφωσης	175
7.4.1 Διδασκαλία με σαφή και αναστοχαστικό τρόπο, εντός πλαισίου και με τις τρεις προσεγγίσεις διδασκαλίας που έχουν καταγραφεί βιβλιογραφικά	175
7.4.2 Η σειρά παρουσίασης των τριών προσεγγίσεων	175
7.5 Οργάνωση του επιμορφωτικού προγράμματος, ως κύκλος επεκτατικής μάθησης	177
7.5.1 Τα τέσσερα πρώτα στάδια του κύκλου επεκτατικής μάθησης	178
7.6 Ανακεφαλαίωση.....	180
Κεφάλαιο 8ο: Περιγραφή της υλοποίησης του προγράμματος επιμόρφωσης	181
8.1 Εισαγωγή	183
8.2 Πληροφοριακά στοιχεία για το επιμορφωτικό πρόγραμμα	183
8.3 Περιληπτική παρουσίαση του επιμορφωτικού προγράμματος στη μορφή που τελικά πραγματοποιήθηκε.	183
8.3.1. Αμφισβήτηση	184
8.3.2 Ανάλυση.....	184
8.3.3 Μοντελοποίηση της νέας λύσης	185
8.3.4 Εξέταση και δοκιμή της νέας λύσης	186
8.3.5 Εφαρμογή της νέας λύσης	187
8.3.6 Αναστοχασμός και αξιολόγηση της διαδικασίας.....	187

8.3.7	Εδραίωση και γενίκευση της νέας πρακτικής.....	188
8.4	Αναλυτική παρουσίαση κάθε συνάντησης.	188
8.4.1	Η 1 ^η συνάντηση.....	188
8.4.1.1	Εισαγωγή.....	188
8.4.1.2	Το υλικό που χρησιμοποιήθηκε: Η πίεση του αέρα. Ιστορική ανασκόπηση της εποχής 1638-1669.....	188
8.4.1.2α	΄ Πριν από το Γαλιλαίο και Γαλιλαίος	188
8.4.1.2β	΄ Torricelli.....	190
8.4.1.2γ	΄ Pascal.....	193
8.4.1.2δ	΄ Ευρωπαίοι πρόδρομοι του Boyle.	196
8.4.1.2ε	΄ Boyle	198
8.4.1.3	Ανάδραση από τους εκπαιδευτικούς: Αναγνώριση χαρακτηριστικών της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. που συναντήθηκαν στην αφήγηση.....	203
8.4.1.4	Προτεινόμενες εφαρμογές προσαρμοσμένες στη διδακτέα ύλη.....	205
8.4.2	Η 2 ^η συνάντηση.....	207
8.4.2.1	Εισαγωγή.....	207
8.4.2.2	Μαύρα κουτιά και φύση των Φ.Ε.....	207
8.4.2.2α	΄ Εισαγωγή.....	207
8.4.2.2β	΄ Παρουσίαση του μαθήματος.....	208
8.4.2.2γ	΄ Ένα μαγικό μαύρο κουτί.....	211
8.4.2.2δ	΄ Προσομοίωση μαύρου κουτιού σε υπολογιστή.....	212
8.4.2.3	Η «Μέθοδος» των Φυσικών Επιστημών τελικά δεν είναι μία.	214
8.4.2.4	Ταξινόμηση	216
8.4.2.4α	΄ 1 ^η πρόταση ταξινόμησης υλικών. Ποια υλικά τραβάει ένας μαγνήτης;.	217
8.4.2.4β	΄ 2 ^η πρόταση ταξινόμησης υλικών. Αγωγοί – μονωτές	217
8.4.2.4γ	΄ 3 ^η Πρόταση ταξινόμησης υλικών: Ποια σώματα βουλιάζουν και ποια επιπλέουν;.....	219
8.4.2.5	Η «Μέθοδος» των Φυσικών επιστημών: Διαστολή των υγρών.	220
8.4.2.6	Ένα μαθηματικό παράδειγμα	220
8.4.2.7	Πώς οι παρατηρήσεις μπορούν να στηρίξουν μια οι περισσότερες θεωρίες ή έστω πώς μπορούν να απορρίψουν κάποιες.	222
8.4.3	Η 3 ^η συνάντηση.....	223
8.4.3.1	Εισαγωγή.....	223
8.4.3.2	Κλιματική αλλαγή	223
8.4.3.2α	Μεταβολή της θερμοκρασίας της Γης τα τελευταία 140 χρόνια.	224
8.4.3.2β	Μελέτη της θερμοκρασίας της Γης για τα τελευταία 2000 χρόνια μέσω έμμεσων δεδομένων (proxy data).....	225
8.4.3.2γ	Μεταβολές της θερμοκρασίας της Γης για εκατοντάδες χιλιάδες χρόνια	228

8.4.3.2δ	Μεταβολή της θερμοκρασίας της Γης και κύκλοι του Milankovitch.....	229
8.4.3.2ε	Αύξηση της συγκέντρωσης του CO ₂ στην ατμόσφαιρα και αύξηση της θερμοκρασίας, ποιο είναι το αίτιο και ποιο το αποτέλεσμα;.....	230
8.4.3.2στ	Αύξηση της θερμοκρασίας και ηλιακή δραστηριότητα.	231
8.4.3.2ζ	Μια σύμπτωση.....	231
8.4.3.2η	Άλλα αέρια θερμοκηπίου	232
8.4.3.2θ	Επίλογος	232
8.4.3.3	Ενέργεια από πυρηνικά καύσιμα ή από γαιάνθρακα;.....	233
8.4.3.3α	Το πρόβλημα.....	234
8.4.3.3β	Υλικό που παρουσιάστηκε.....	234
8.4.3.3γ	Συζήτηση και αντίδραση των εκπαιδευτικών.....	241
8.4.4	Η 4 ^η συνάντηση.....	243
8.4.4.1	Εισαγωγή.....	243
8.4.4.2	Παρουσιάσεις των εκπαιδευτικών.....	244
8.4.4.2α	Παρουσίαση 1η: Παράγοντες που επιδρούν στη δραστηριότητα των ενζύμων – Βιολογία Β΄ Λυκείου	244
8.4.4.2β	Παρουσίαση 2 ^η : Γενετική Μηχανική και Βιοτεχνολογία – Βιολογία Γ΄ Γυμνασίου ή Ερευνητική Εργασία.	246
8.4.4.2γ	Παρουσίαση 3 ^η : Ο χημικός δεσμός ως Μαύρο Κουτί – Χημεία Α΄ Λυκείου.	246
8.4.4.2δ	Παρουσίαση 4 ^η : Ελεύθερη Πτώση – Φυσική Α΄ Λυκείου.	247
8.4.4.2ε	Παρουσίαση 5 ^η : Μοντέλα για το άτομο – Φυσική Β΄ Λυκείου.	248
8.4.4.2στ	Παρουσίαση 6 ^η : Θεωρία των τεκτονικών πλακών – Γεωγραφία Α΄ Γυμνασίου.	249
8.4.4.2ζ	Γενικές παρατηρήσεις	250
8.4.5	Η 5 ^η συνάντηση	251
8.4.5.1	Εισαγωγή.....	251
8.4.5.2	Η 1 ^η διδασκαλία: Θεωρίες για τη δημιουργία της Σελήνης.....	252
8.4.5.3	Η 2 ^η διδασκαλία: Διαστολή των υγρών.....	254
8.4.5.4	Σύγκριση των δύο μαθημάτων και συζήτηση	256
8.4.6	Η 6 ^η συνάντηση.....	257
8.4.6.1	Εισαγωγή.....	257
8.4.6.2	Το Μαύρο Κουτί	257
8.4.6.2.α	Περιγραφή του Μαύρου Κουτιού.....	257
8.4.6.2.β	Σχεδιαζόμενος τρόπος χρήσης.	258
8.4.6.2.γ	Αντίδραση των εκπαιδευτικών.....	265
8.4.6.2.δ	Το Μαύρο Κουτί μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για τις τρεις συνιστώσες της γνώσης.....	266
8.4.6.3	Παρουσιάσεις εκπαιδευτικών.....	267

8.5 Ανακεφαλαίωση.....	269
Κεφάλαιο 9ο: Αξιολόγηση του Προγράμματος Επιμόρφωσης	271
9.1 Εισαγωγή	273
9.2 Ερευνητικά ερωτήματα και εργαλεία συλλογής δεδομένων	273
9.3 Αξιολόγηση του προγράμματος ως προς το αν οι επιμορφούμενοι έμαθαν τα χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε.....	275
9.3.1. Παρουσίαση αποτελεσμάτων από το VNOS-D+ ερωτηματολόγιο μετά την επιμόρφωση και σύγκριση με τα αποτελέσματα πριν την επιμόρφωση.....	275
9.3.2 Συμπεράσματα	277
9.4. Αξιολόγηση της ικανότητας των επιμορφούμενων να σχεδιάσουν μάθημα που να περιλαμβάνει και τη διδασκαλία χαρακτηριστικών της φύσης της γνώσης των Φ.Ε.	278
9.4.1 Παρατηρήσεις και συμπεράσματα από τα σχέδια μαθήματος που παρέδωσαν οι εκπαιδευτικοί.	281
9.4.2 Αξιολόγηση των σχεδίων μαθήματος που παρέδωσαν οι εκπαιδευτικοί .	282
9.4.3 Συμπεράσματα	284
9.5 Αξιολόγηση της ικανότητας των επιμορφούμενων να πραγματοποιούν διδασκαλία μαθημάτων που να περιλαμβάνει και χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε.	284
9.5.1 Παρακολουθήσεις 9 εκπαιδευτικών, γενικές παρατηρήσεις και συμπεράσματα	284
9.5.1.1 Τάξεις διάρκεια και χώροι διεξαγωγής των μαθημάτων	288
9.5.1.2 Τρόπος διεξαγωγής του μαθήματος.....	288
9.5.1.3 Προσεγγίσεις διδασκαλίας της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. που επέλεξαν να χρησιμοποιήσουν οι εκπαιδευτικοί.....	288
9.5.1.4 Χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. που διδάσκουν οι εκπαιδευτικοί.....	289
9.5.1.5 Ανταπόκριση και εμπλοκή των μαθητών	290
9.5.1.6 Διαχείριση τάξης – βαθμός επιτυχίας της διδασκαλίας των χαρακτηριστικών της φύσης της γνώσης των Φ.Ε.	290
9.5.2 Παρακολούθηση τριών εκπαιδευτικών ως μελέτη περίπτωσης.	291
9.5.2.1 Παρακολούθηση του Εκπαιδευτικού #4	291
9.5.2.1α΄ Ταυτότητα του εκπαιδευτικού.....	291
9.5.2.1β΄ Προετοιμασία των μαθημάτων	291
9.5.2.1γ΄ Παρακολούθηση μαθημάτων	292
9.5.2.1δ΄ Τρόπος διδασκαλίας – γνώση και αποδοτική η μη διδασκαλία των	293
9.5.2.1ε΄ Ανταπόκριση των μαθητών	294
9.5.2.1στ΄ Παρατηρήσεις.....	296
9.5.2.1ζ΄ Επίδραση του προγράμματος επιμόρφωσης στον εκπαιδευτικό	297

9.5.2.1η' Τελικά συμπεράσματα	297
9.5.2.2 Παρακολούθηση του Εκπαιδευτικού #5	298
9.5.2.2α' Ταυτότητα του εκπαιδευτικού.....	298
9.5.2.2β' Προετοιμασία των μαθημάτων	298
9.5.2.2γ' Παρακολούθηση μαθημάτων	299
9.5.2.2δ' Τρόπος διδασκαλίας – γνώση και αποδοτική η μη διδασκαλία των χαρακτηριστικών της φύσης της γνώσης των Φ.Ε.	299
9.5.2.2ε' Ανταπόκριση των φοιτητών – μαθητών – εκπαιδευτικών.....	301
9.5.2.2στ' Παρατηρήσεις.....	302
9.5.2.2ζ' Επίδραση του προγράμματος επιμόρφωσης στον εκπαιδευτικό	302
9.5.2.2η' Τελικά συμπεράσματα	303
9.5.2.3 Παρακολούθηση του Εκπαιδευτικού #9	303
9.5.2.3α' Ταυτότητα του εκπαιδευτικού.....	303
9.5.2.3β' Προετοιμασία των μαθημάτων	304
9.5.2.3γ' Παρακολούθηση μαθημάτων	304
9.5.2.3δ' Τρόπος διδασκαλίας – γνώση και αποδοτική η μη διδασκαλία των χαρακτηριστικών της φύσης της γνώσης των Φ.Ε.	306
9.5.2.3ε' Ανταπόκριση μαθητών	307
9.5.2.3στ' Παρατηρήσεις.....	308
9.5.2.3ζ' Επίδραση του προγράμματος επιμόρφωσης στον εκπαιδευτικό	308
9.5.2.3η' Τελικά συμπεράσματα	309
9.5.2.4 Γενικά σχόλια για τις τρεις μελέτες περίπτωσης	309
9.5.3 Τελική συζήτηση με όλους τους επιμορφούμενους: τι έκαναν, τι δυσκολίες συνάντησαν, τι θα τους διευκόλυνε στη διδασκαλία της φύσης της γνώσης των Φ.Ε.	310
9.6 Αξιολόγηση του προγράμματος επιμόρφωσης ως προς το αν θεωρήθηκε ενδιαφέρον και χρήσιμο.....	313
9.6.1 Αποτελέσματα ανά ερώτηση	313
9.6.2 Συμπεράσματα	318
9.7 Η αξιολόγηση από τους εκπαιδευτικούς της συμπερίληψης στο επιμορφωτικό πρόγραμμα και των τριών προσεγγίσεων διδασκαλίας της φύσης της γνώσης των Φ.Ε.	319
9.7.1 Η άποψη των συμμετεχόντων για την συμπερίληψη στο επιμορφωτικό πρόγραμμα και των τριών προσεγγίσεων και για τη σειρά παρουσίασης αυτών.	319
9.7.2 Η χρήση των τριών προσεγγίσεων από τους εκπαιδευτικούς κατά τη διδασκαλία τους.....	322
9.7.3 Συμπεράσματα	325
9.8 Συμπεράσματα	325

9.9 Ανακεφαλαίωση.....	325
Κεφάλαιο 10ο: Συμπεράσματα.....	327
10.1 Εισαγωγή	329
10.2 Συζήτηση αποτελεσμάτων	329
10.2.1 Συζήτηση των αποτελεσμάτων που αφορούν στο πρώτο ερευνητικό ερώτημα	329
10.2.2 Συζήτηση των αποτελεσμάτων που αφορούν στο δεύτερο ερευνητικό ερώτημα	331
10.2.3 Συζήτηση των αποτελεσμάτων που αφορούν στο τρίτο ερευνητικό ερώτημα	334
10.2.4 Συζήτηση των αποτελεσμάτων που αφορούν στο τέταρτο ερευνητικό ερώτημα	336
10.2.5 Τελικά συμπεράσματα από τη διατριβή	337
10.3 Περιορισμοί της έρευνας	338
10.3.1 Περιορισμοί στους οποίους υπόκειται τα συμπεράσματα της έρευνας για την καταγραφή της κατάσταση που επικρατεί στην Ελλάδα	338
10.3.2 Περιορισμοί στους οποίους υπόκεινται τα συμπεράσματα για αποτελέσματα του επιμορφωτικού προγράμματος.....	339
10.3.3 Περιορισμοί στους οποίους υπόκεινται τα συμπεράσματα από τις παρακολουθήσεις στην τάξη.....	339
10.4. Προτάσεις για περαιτέρω έρευνα	340
10.4.1 Προτάσεις για περαιτέρω έρευνα	340
10.4.2 Προτεινόμενες βελτιώσεις για την περίπτωση επανάληψης του προγράμματος επιμόρφωσης	341
10.5 Ανακεφαλαίωση.....	342
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	343
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ	365

Κατάλογος εικόνων

Εικόνα 1.1: Η δομή της διατριβής	7
Εικόνα 2.1: Χαρακτηριστικά της Φύσης της Επιστήμης κατά McComas (2015).....	17
Εικόνα 2.2: Σχηματική αναπαράσταση της προσέγγισης οικογενειακής ομοιότητας (Erduran & Dagher 2014).....	28
Εικόνα 3.1: Το μοντέλο του Vygotsky για τη διαμεσολαβούμενη δράση	37
Εικόνα 3.2: Η σημερινή αναδιατύπωση του μοντέλου της διαμεσολαβούμενης δράσης.	37
Εικόνα 3.3: Το σύστημα της ανθρώπινης δραστηριότητας (Engeström, 1987).....	38
Εικόνα 3.4: Δύο αλληλεπιδρώντα συστήματα δραστηριότητας, ως το απλούστερο μοντέλο τρίτης γενιάς θεωρίας της Δραστηριότητας (Engeström, 2001, p.136).....	40
Εικόνα 3.5: Τα τέσσερα επίπεδα των αντιφάσεων σε ένα σύστημα δραστηριότητας (Engeström, 1987; Audhoe, Thompson and, Verduijn 2018)	45
Εικόνα 3.6: Διπλή διέγερση (Van Amstel, 2014)	47
Εικόνα 3.7: Ακολουθία δράσεων μάθησης στον κύκλο της επεκτατικής μάθησης	49
Εικόνα 3.8: Δράσεις μάθησης και αντίστοιχες αντιφάσεις στον κύκλο της επεκτατικής μάθησης.	50
Εικόνα 4.1: Συνιστώσες σύγχρονων Προγραμμάτων Σπουδών για τις Φυσικές Επιστήμες	58
Εικόνα 6.1: Σύστημα δραστηριότητας της εκπαίδευσης στις Φ.Ε. στη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση στην Ελλάδα	102
Εικόνα 6.2: Σύστημα δραστηριότητας του ερευνητή	102
Εικόνα 6.3: Η ερευνά μας στο σύστημα δραστηριότητας της Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης.	104
Εικόνα 6.4 Τα αποτελέσματα από τις απαντήσεις των εκπαιδευτικών στο ερωτηματολόγιο VNOS-D+	136
Εικόνα 6.5: Τα αποτελέσματα από τις απαντήσεις των μαθητών στο ερωτηματολόγιο VNOS-D+	155
Εικόνα 6.6: Βαθμολόγηση της διδασκαλίας Φ.Ε. από τους μαθητές	160
Εικόνα 6.7: Σκιαγράφιση του συστήματος δραστηριότητας μιας τυπικής τάξης Φ.Ε. στην ελληνική δευτεροβάθμια εκπαίδευση όπως προκύπτει από την ερευνά μας.....	166
Εικόνα 7.1: Διπλή διέγερση (Van Amstel, 2014)	178
Εικόνα 7.2: Τα 4 πρώτα στάδια του κύκλου της επεκτατικής μάθησης (Engeström & Sannino 2010, Engeström 2001).....	179
Εικόνα 8.1: Δράσεις και αντίστοιχες αντιφάσεις στο κύκλο της επεκτατικής μάθησης (Engeström & Sannino 2010, Engeström 2001).....	184
Εικόνα 8.2: Επίδειξη δημιουργίας κενού σε δρόμο της Ρώμης.....	190
Εικόνα 8.3: Σκίτσο του Torricelli για την περιγραφή του πειράματός του	191
Εικόνα 8.4: Μια αναλογία του Torricelli που θα χρησιμοποιηθεί από τους διαδόχους του.....	193

Εικόνα 8.5: Η χρήση των διασταλτικών δυνάμεων του αέρα για την ερμηνεία φαινομένων.....	197
Εικόνα 8.6: Βαρόμετρο τοποθετημένο κάτω από γυάλινο δοχείο.....	198
Εικόνα 8.7: Η πρώτη αντλία του Boyle με τον γυάλινο υποδοχέα στηριγμένη σε ξύλινη βάση	200
Εικόνα 8.8: Ο σωλήνας που χρησιμοποιήθηκε στο πείραμα για την απόριψη της ύπαρξης του funiculus	202
Εικόνα 8.9: Η ενασχόληση με τα πειράματα Μαύρου Κουτιού (Rode & Friege, 2017).....	207
Εικόνα 8.10: Η εξωτερική εμφάνιση του Μαύρου Κουτιού	209
Εικόνα 8.11: Μια τομή του Μαύρου Κουτιού.....	211
Εικόνα 8.12: Μαύρο κουτί που μετατρέπει το νερό σε κρασί.....	212
Εικόνα 8.13: Ανάκλαση δέσμης σωματιδίων από το εσωτερικό μαύρου κουτιού (α), Ανάκλαση διπλής δέσμης σωματιδίων από το εσωτερικό του μαύρου κουτιού (β).....	213
Εικόνα 8.14: Τρία Μαύρα Κουτιά	213
Εικόνα 8.15: προσομοίωση σκέδασης σωματιδίων α σε φύλλο χρυσού.....	214
Εικόνα 8.16: Είδη επιστημονικής διερεύνησης	215
Εικόνα 8.17: Ηλεκτρικό κύκλωμα με ενδιάμεσο κενό	218
Εικόνα 8.18: Οι συνιστώσες των σύγχρονων Προγραμμάτων Σπουδών για τις Φυσικές Επιστήμες	220
Εικόνα 8.19: Μεταβολή της θερμοκρασίας του πλανήτη από το 1860 μέχρι το 2000.....	224
Εικόνα 8.20: Μεταβολή της θερμοκρασίας του Βορείου ημισφαιρίου από το 1000 μέχρι το 2000 μ.Χ.....	226
Εικόνα 8.21: Μεταβολή της θερμοκρασίας του Βορείου ημισφαιρίου από το 1000 μέχρι το 2000, χωρίς να λαμβάνονται υπόψη τα δεδομένα από δακτυλίους δέντρων (Loehle and McCulloch 2008).	227
Εικόνα 8.22: Διακύμανση της μέσης θερμοκρασίας τα τελευταία 1200 χρόνια στην Ευρώπη (Μελάς, Ασωνίτης, Αμοιρίδης, 2000).....	228
Εικόνα 8.23: Μεταβολές θερμοκρασίας σε συσχετισμό με μεταβολές σε συγκεντρώσεις μεθανίου και διοξειδίου του άνθρακα για πάνω από 400.000 χρόνια (Haigh 2007).	229
Εικόνα 8.24: Κύκλοι του Milankovitch, ισχύς ηλιακής ακτινοβολίας που λαμβάνεται από τη Γη σε Βόρειο Γεωγραφικό πλάτος 45° την 1η Ιουνίου, και στάδια δημιουργίας/τήξης παγετώνων.	230
Εικόνα 8.25: Θερμοκρασία στο Βόρειο ημισφαίριο της Γης (αστέρια) και μήκος ηλιακού κύκλου.....	231
Εικόνα 8.26: Διοξείδιο του Θείου (SO ₂) στην ατμόσφαιρα κοντά στους λιγνιτικούς σταθμούς της Ελλάδας.....	235
Εικόνα 8.27: Ποσοστό συμμετοχής ενεργειακών πηγών στην ηλεκτροπαραγωγή της ΕΕ.....	237
Εικόνα 8.28: Κόστος παραγωγής ανά KWh.....	237
Εικόνα 8.29: Σύγκριση στατιστικής ατυχημάτων στην πρωτογενή παραγωγή ενέργειας.....	238
Εικόνα 8.30: Πειραματική διάταξη για τη διαστολή των υγρών.....	254

Εικόνα 8.31: Οι συνιστώσες των σύγχρονων Προγραμμάτων Σπουδών για τις Φυσικές Επιστήμες	256
Εικόνα 8.32: Η εξωτερική όψη του μαύρου κουτιού	258
Εικόνα 8.33: Η δομή του μαύρου κουτιού.....	258
Εικόνα 8.34: Ανοιχτό κύκλωμα για τον έλεγχο αγωγιμότητας μεταξύ δύο σημείων.....	259
Εικόνα 9.1: Τα αποτελέσματα από τις απαντήσεις των εκπαιδευτικών στο ερωτηματολόγιο VNOS-D+ μετά το πρόγραμμα επιμόρφωσης	275
Εικόνα 9.2: Σύγκριση ερωτηματολογίων VNOS-D+ πριν και μετά το πρόγραμμα επιμόρφωσης των εκπαιδευτικών	277
Εικόνα 9.3: Συχνότητα ανάδειξης κάθε χαρακτηριστικού της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. στα σχέδια μαθήματος.....	283
Εικόνα 9.4: Ανιχνευτής αγωγιμότητας	300
Εικόνα 9.5: Λόγοι συμμετοχής των εκπαιδευτικών στο πρόγραμμα επιμόρφωσης.....	313
Εικόνα 9.6: Απαντήσεις εκπαιδευτικών στο ερώτημα αν το πρόγραμμα κάλυψε τις προσδοκίες τους	314
Εικόνα 9.7: Απαντήσεις εκπαιδευτικών σχετικά με το πώς κρίνουν τις ώρες που διήρκεσε το πρόγραμμα	316
Εικόνα 9.8: Απαντήσεις εκπαιδευτικών σχετικά με το αν θα σύστηναν το πρόγραμμα επιμόρφωσης για παρακολούθηση σε συναδέλφους.....	317
Εικόνα 9.9: Απαντήσεις εκπαιδευτικών σχετικά με το αν σκοπεύουν να ενσωματώσουν χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. στη διδασκαλία τους	317
Εικόνα 9.10: Απαντήσεις εκπαιδευτικών σχετικά με το χρόνο που κρίνουν πως θα χρειαζόταν να αφιερωθεί σε κάθε προσέγγιση.....	319

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 2.1: Κοινά χαρακτηριστικά της φύσης των Φυσικών Επιστημών στη συναινετική άποψη.....	21
Πίνακας 3.1: Επίπεδα των αντιφάσεων και αντίστοιχες δράσης μάθησης.....	51
Πίνακας 4.1: Πόσο κατάλληλη είναι κάθε προσέγγιση για τη διδασκαλία των χαρακτηριστικών της φύσης της γνώσης των Φ.Ε.	85
Πίνακας 5.1: Η δομή της διατριβής, τα ερευνητικά ερωτήματα και τα αντίστοιχα εργαλεία συλλογής των δεδομένων.....	97
Πίνακας 6.1: Κριτήρια για τη βαθμολογία των βιβλίων.....	115
Πίνακας 6.2: Συγκεντρωτικός πίνακας βαθμολογίας βιβλίων για κάθε ένα χαρακτηριστικό της φύσης της γνώσης των Φ.Ε.	126
Πίνακας 6.3: Ερωτήσεις του ερωτηματολογίου VNOS-D+ με τις οποίες ανιχνεύονται τα διάφορα χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε.	127
Πίνακας 6.4: Τα αποτελέσματα από τις απαντήσεις των εκπαιδευτικών στο ερωτηματολόγιο VNOS-D+.....	136
Πίνακας 6.5: Αποτελέσματα από τις απαντήσεις των μαθητών στο ερωτηματολόγιο VNOS-D+.....	155
Πίνακας 6.6: Απαντήσεις ιδιαίτερα εμπειριστατωμένες (I+) και εμπειριστατωμένες (I) των μαθητών στο ερωτηματολόγιο VNOS-D+ και στατιστική τους ανάλυση.....	156
Πίνακας 6.7: Απλοϊκές απαντήσεις (N) των μαθητών στο ερωτηματολόγιο VNOS-D+ και στατιστική τους ανάλυση.....	157
Πίνακας 6.8: Πρωτόκολλο βαθμολόγησης της διδασκαλίας κάθε μαθήματος Φ.Ε. από τους μαθητές.....	160
Πίνακας 6.9: Βαθμολόγηση της διδασκαλίας κάθε μαθήματος Φ.Ε. από τους μαθητές.....	160
Πίνακας 8.1: Ενέργειες και παρατηρήσεις κατά τη διδασκαλία του Μαύρου Κουτιού.....	210
Πίνακας 8.2: Μελετώντας το μαύρο κουτί με όργανο τη λάμπα.....	261
Πίνακας 8.3: Μελετώντας το μαύρο κουτί με όργανο τον βομβητή.....	262
Πίνακας 8.4: Μελετώντας το μαύρο κουτί με όργανο το ωμόμετρο.....	264
Πίνακας 9.1: Τα αποτελέσματα από τις απαντήσεις των εκπαιδευτικών στο ερωτηματολόγιο VNOS-D+ μετά το πρόγραμμα επιμόρφωσης μετά από στατιστική επεξεργασία με διάστημα εμπιστοσύνης 95%.....	276
Πίνακας 9.2: Παρουσίαση των σχεδίων μαθήματος που παραδόθηκαν από τους εκπαιδευτικούς.....	280
Πίνακας 9.3: Συχνότητα χρήσης των τριών προσεγγίσεων από τους εκπαιδευτικούς, όπως προκύπτει από τη μελέτη των σχεδίων μαθήματος που παρέδωσαν.....	281
Πίνακας 9.4: Σύνοψη των παρακολουθήσεων εκπαιδευτικών στην τάξη από την ερευνήτρια.....	287
Πίνακας 9.5: Συχνότητα χρήσης των τριών προσεγγίσεων από τους 9 εκπαιδευτικούς που παρακολούθησε η ερευνήτρια.....	289

Πίνακας 9.6: Η συχνότητα διδασκαλίας κάθε χαρακτηριστικού στις υπό παρακολούθηση διδασκαλίες.....	289
Πίνακας 9.7a: Συχνότητα με την οποία δηλώνουν οι εκπαιδευτικοί ότι χρησιμοποίησαν τις τρεις προσεγγίσεις κατά τη διδασκαλία τους στη σχολική χρονιά 2018-19	323
Πίνακας 9.7b: Συχνότητα χρήσης των τριών προσεγγίσεων από τους εκπαιδευτικούς, όπως προκύπτει από τη μελέτη των σχεδίων μαθήματος που παρέδωσαν τον Μάιο του 2018.....	324
Πίνακας 9.7c: Συχνότητα χρήσης των τριών προσεγγίσεων από τους 9 εκπαιδευτικούς που παρακολούθησε η ερευνήτρια.....	324

Περίληψη

Η παρούσα διατριβή πραγματεύεται την ενσωμάτωση της διδασκαλίας της φύσης της γνώσης των Φυσικών Επιστημών (Φ.Ε.) στη διδασκαλία των Φ.Ε. στη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση στην Ελλάδα.

Στο πρώτο μέρος της διατριβής, θεωρητικό πλαίσιο, αρχικά παρουσιάζονται, ταξινομημένες σε δυο μεγάλες κατηγορίες, οι προτάσεις που έχουν κατατεθεί στη βιβλιογραφία για τον ορισμό της φύσης των Φυσικών Επιστημών (Φ.Ε.) και των προτεινόμενων χαρακτηριστικών της, οι «διενέξεις» μεταξύ των υποστηρικτών διαφορετικών απόψεων και μια συμβιβαστική πρόταση. Από τις υπάρχουσες προτάσεις στη διατριβή υιοθετείται η πρόταση της ομάδας του Lederman και αιτιολογείται η επιλογή της. Το πρώτο μέρος κλείνει με την παρουσίαση των τριών, σύμφωνα με τον Engeström, γενεών της Πολιτισμικής-Ιστορικής Θεωρίας της Δραστηριότητας με αναλυτικότερη παρουσίαση της 3^{ης} γενιάς και των πέντε αρχών στις οποίες αυτή μπορεί να συνοψιστεί. Από τις πέντε αυτές αρχές, παρουσιάζονται εκτενέστερα η 4^η Αρχή, που αναφέρεται στις αντιφάσεις και στο ρόλο τους, και η 5^η Αρχή, η οποία αναφέρεται στον κύκλο της επεκτατικής μάθησης. Αιτιολογείται η απόφαση να χρησιμοποιηθεί ως θεωρητικό μεθοδολογικό πλαίσιο για το σχεδιασμό και την υλοποίηση του προγράμματος επιμόρφωσης η Πολιτισμική-Ιστορική Θεωρία της Δραστηριότητας και πιο συγκεκριμένα ο κύκλος της επεκτατικής μάθησης.

Στο δεύτερο μέρος της διατριβής παρουσιάζεται η έρευνά μας. Αρχικά παρουσιάζεται η ανασκόπηση της βιβλιογραφίας για τη διδασκαλία της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. Οι ερευνητές συμφωνούν: α) ότι η διδασκαλία της φύσης των Φ.Ε. είναι σημαντικό να ενσωματωθεί στη διδασκαλία των Φ.Ε., και τη συνδέουν με τον επιστημονικό γραμματισμό και την ενεργοποίηση των μαθητών, β) ότι η διδασκαλία της φύσης των Φ.Ε. είναι περισσότερο αποτελεσματική όταν γίνεται με σαφή, αναστοχαστικό τρόπο και εντός γνωστικού πλαισίου και γ) ότι είναι αναγκαία η επιμόρφωση των εκπαιδευτικών για να την διδάξουν. Η ανασκόπηση της βιβλιογραφίας συνεχίζεται με την καταγραφή των διδακτικών προσεγγίσεων που χρησιμοποιούνται για τη διδασκαλία της φύσης της γνώσης των Φ.Ε., και την παρουσίαση των πλεονεκτημάτων και μειονεκτημάτων καθενιάς από τις προσεγγίσεις αυτές. Έχουν καταγραφεί τρεις διδακτικές προσεγγίσεις: α) μέσω της Ιστορίας των Φ.Ε., β) μέσω της Επιστημονικής Διερεύνησης και γ) μέσω της ενασχόλησης με κοινωνικο-επιστημονικά ζητήματα, χωρίς να υπάρχει καταγεγραμμένη σύγχρονη εφαρμογή και των τριών. Αιτιολογείται η απόφαση να χρησιμοποιηθούν στο επιμορφωτικό πρόγραμμα που ακολουθεί και οι τρεις διδακτικές προσεγγίσεις.

Ακολουθεί η παρουσίαση της έρευνας για το βαθμό συμπερίληψης της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. στην Ελληνική Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση και ανάδειξης των πολιτισμικών χαρακτηριστικών των Ελλήνων εκπαιδευτικών. Από αυτήν προέκυψε ότι το πρόγραμμα σπουδών και τα σχολικά βιβλία δεν περιλαμβάνουν τα χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε., οι περισσότεροι εκπαιδευτικοί δεν γνωρίζουν οργανωμένα τα χαρακτηριστικά της, και αν ακόμη αναφέρουν εμπειρικά ορισμένα από αυτά, δεν αξιολογούν τους μαθητές στη γνώση τους. Οι εκπαιδευτικοί ενδιαφέρονται κυρίως για την προετοιμασία των μαθητών για τις εξετάσεις. Τελικά, η πλειοψηφία των μαθητών έχουν αλλοϊκές απόψεις για τα περισσότερα χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε..

Τα όσα εκτέθηκαν σε όλα τα προηγούμενα οδηγούν σε λήψη αποφάσεων για την οργάνωση επιμορφωτικού προγράμματος. Οι αποφάσεις αυτές παρουσιάζονται συνολικά, αιτιολογούνται και με την εφαρμογή τους οδηγούν στη διαμόρφωση του επιμορφωτικού προγράμματος. Αυτό πραγματοποιήθηκε στη Θεσσαλονίκη με τη συνεργασία των 4 Ε.Κ.Φ.Ε. του Νομού και τη συμμετοχή 49 εκπαιδευτικών, από τον Απρίλιο του 2018 ως το Μάιο του 2019 σε έξι τρίωρες συναντήσεις. Αρχικά είχαν οργανωθεί οι τέσσερις πρώτες (Απρίλιος – Μάιος 2019), μία για κάθε μία διδακτική προσέγγιση, με την Ιστορία των Φ.Ε. να παρουσιάζεται πρώτη, να ακολουθεί η Επιστημονική Διερεύνηση και τέλος η συζήτηση κοινωνικο-επιστημονικών ζητημάτων. Στην τέταρτη συνάντηση έγινε παρουσίαση σχεδίων μαθήματος από συμμετέχοντες εκπαιδευτικούς, και ακολούθησε συζήτηση αξιολόγησης του προγράμματος. Από τα προβλήματα που εμφανίστηκαν στην παρουσίαση και τη συζήτηση, αναδείχτηκε από τους εκπαιδευτικούς η ανάγκη μιας ακόμη συνάντησης, που έγινε το Δεκέμβριο του 2018, η οποία οδήγησε σε ακόμη μία, που έγινε το Μάιο του 2019.

Στο τρίτο μέρος της διατριβής παρουσιάζονται και συζητούνται τα αποτελέσματα της έρευνας. Αρχικά παρουσιάζεται η αξιολόγηση του προγράμματος επιμόρφωσης. Από την επεξεργασία των δεδομένων που συγκεντρώθηκαν προκύπτει: 1) Ως προς τα γνωστικά αποτελέσματα: α) οι επιμορφούμενοι έμαθαν τα χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε., β) είναι, στην πλειοψηφία τους, ικανοί να σχεδιάσουν ένα μάθημα που να περιλαμβάνει τα χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε., και γ) να τα εντάξουν στη διδασκαλία τους. 2) Ως προς τη δομή του προγράμματος: οι εκπαιδευτικοί θεωρούν: α) αναγκαία τη γνώση και των τριών προσεγγίσεων, β) συμφωνούν με τη σειρά παρουσιάσής τους γ) χρησιμοποιούν περισσότερο την προσέγγιση με την επιστημονική διερεύνηση, χωρίς όμως να απορρίπτουν καμία από τις τρεις και δ) γενικότερα βρήκαν το πρόγραμμα ενδιαφέρον και χρήσιμο. Η διατριβή τελειώνει με σχολιασμό των αποτελεσμάτων και ερμηνεία τους με βάση το θεωρητικό πλαίσιο και τη βιβλιογραφική ανασκόπηση. Αναφέρονται οι συνέπειες των ευρημάτων της διατριβής τόσο στο πεδίο της έρευνας όσο και στο πεδίο της διδασκαλίας, οι περιορισμοί της έρευνας και προτάσεις για περαιτέρω έρευνα.

Summary

The present dissertation is about the integration of nature of scientific knowledge (NOSK) into teaching in the Greek Secondary Education.

In the first part of the dissertation, the theoretical background, the suggestions for the definition of nature of science, and its characteristics are classified into two categories. Also, the critique for both suggestions and a proposed conciliation approach are presented. It was decided and explained why to follow the suggestion from the Lederman group. The first part closes with the presentation of the three, according to Engeström, generations of the Cultural-Historical Activity Theory. The third generation and the five principles in which it can be summarized are presented more analytically. Out of the five principles, the 4th and the 5th, which refer to contradictions and their role, and the cycle of expansive learning, respectively, are presented more extensively. The decision to use the Cultural-Historical Activity Theory, and more specifically the cycle of expansive learning, as the theoretical-methodological framework for the design and implementation of our PD-program are explained.

Our research is presented in the second part of the dissertation. A literature review on nature of scientific knowledge (NOSK) teaching is presented. Researchers agree that: a) nature of scientific knowledge is important to be integrated into teaching, and they connect it with scientific literacy and students' activation, b) NOSK instruction is more effective when performed in an explicit, reflective, and contextualized way, and c) teacher training is necessary for teachers to teach it. The literature review continues with the recording of the teaching approaches used in NOSK instruction and the presentation of the advantages and disadvantages of each approach. Three teaching approaches are recorded, through a) History of Science, b) Scientific Inquiry, and c) discussion of Socio-scientific issues. There is no recorded simultaneous recording of all three approaches. The decision to use all the approaches to the following PD-program is explained.

The presentation of the research on the integration level of NOSK aspects in Greek Secondary Education and the cultural characteristics of Greek science teachers follows. The research revealed that the curriculum and the school textbooks do not contain NOSK aspects, most teachers do not know NOSK aspects as an organized body of knowledge, even if they empirically refer to some of them, and they never assess students on them. Teachers are mostly interested to prepare students for the exams. Finally, most teachers have naïve views on most NOSK aspects.

All that was presented above lead to decisions to organize the PD-program. These decisions are presented in total, justified, and their implementation leads to the organization of the PD-program. It took place in Thessaloniki, in cooperation with the 4 Laboratory Centers for Physical Education (E.K.F.E.) of Thessaloniki. 49 teachers participated, from April 2018 to May 2019, in six 3-hour meetings. The first four meetings have been initially organized (April – May 2018), one for each teaching approach, starting with History of Science, the Scientific Inquiry followed, and the Socio-scientific issues were presented in the end. In the fourth meeting, participant teachers presented their lesson plans, and a discussion on the evaluation of the program followed. One of the problems that arise from the teachers during the presentations and the discussion was the need for one more meeting, that took place in December 2018, and one more, that took place in May 2019.

In the third part of the dissertation, the results of the research are discussed. It starts with the evaluation of the PD-program. Through the evaluation of the program, it comes out: 1) considering cognitive results: a) participant teachers learned NOSK aspects, b) most of them are able to design a lesson plan that integrates NOSK aspects, and c) to integrate them into teaching. 2) Considering the structure of the PD-program: teachers regard a) the knowledge of the three approaches to be necessary, b) they agree with the order of their presentation, c) they mostly use the Scientific Inquiry, but they do not reject any of the three, and d) they found the PD-program to be interesting and necessary. The dissertation ends with the discussion of the results and their interpretation based on the theoretical framework and the literature review. The consequence of the findings of the dissertation in the field of research and instruction, the limitations of research, and suggestions for further research follow.

Συνοπτική περιγραφή της έρευνας¹

Φάσεις διατριβής	Κεφ.	Ερωτήματα	Μέθοδοι – Τρόπος δράσης
Μέρος Α΄ <u>Θεωρητικό πλαίσιο</u> -Φύση των Φ.Ε. -Πολιτισμική -Ιστορική Θεωρία της Δραστηριότητας	Κεφ. 2 Κεφ. 3		
Μέρος Β΄ <u>Η έρευνα</u> # Προσδιορίζοντας την έρευνα: ✓ Βιβλιογραφική ανασκόπηση	Κεφ. 4	-Για ποιο λόγο η διδασκαλία της φύσης των Φ.Ε. θα πρέπει να περιλαμβάνεται στα Προγράμματα Σπουδών; -Ποιες διδακτικές προσεγγίσεις χρησιμοποιούνται παγκόσμια; -Ποια είναι η κατάσταση παγκόσμια σε σχέση με την ενσωμάτωση των χαρακτηριστικών της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. στη διδασκαλία;	Δευτερογενής Έρευνα
✓ Ανάλυση Αναγκών (Need analysis)	Κεφ. 6	-Ποια είναι η κατάσταση στις Φ.Ε. στη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση στην Ελλάδα (γενικά και σχετικά με τη διδασκαλία της φύσης της γνώσης των Φ.Ε.) (1 ^ο Ε.Ε.) -Εξασφάλιση Εγκυρότητας και Αξιοπιστίας στις μεθόδους που χρησιμοποιούνται (τριγωνοποίηση)	Μικτή έρευνα ✓ Μελέτη του Προγράμματος Σπουδών ✓ Μελέτη σχολικών συγγραμμάτων & χρήση ρουμπρίκας ✓ VNOS-D+ ερωματολογία (εκπαιδευτικοί & μαθητές) και στατιστική ανάλυσή τους

¹ Η συνοπτική περιγραφή της έρευνας δόθηκε για τη διευκόλυνση της πλοήγησης στη διατριβή. Πατώντας Ctrl + κλικ μεταβαίνετε στο αντίστοιχο κείμενο. Αν βρίσκεστε μέσα στο σώμα της διατριβής, από το μενού «Προβολή» ενεργοποιείτε την επιλογή «Παράθυρο Περιήγησης» ώστε στην αριστερή στήλη να βλέπετε τα περιεχόμενα. Επιστρέφете στη συνοπτική περιγραφή της έρευνας κάνοντας κλικ σε αυτή.

		-Ανάδειξη πολιτισμικών χαρακτηριστικών εκπαιδευτικών ΠΕ.04	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Ημι-δομημένες συνεντεύξεις (εκπαιδευτικοί, μαθητές & Σχολικοί Σύμβουλοι) ✓ Θέματα Τελικών Εξετάσεων & έργα σχολικών βιβλίων προς αξιολόγηση μαθητών (δευτερογενής έρευνα)
# Σχεδιασμός της παρέμβασης	Κεφ. 7	-Χρήση της CHAT ως μεθοδολογικού εργαλείου για την οργάνωση του κατάλληλου περιεχομένου, των κανόνων και της σειράς παρουσίασης των προσεγγίσεων και σύνδεση με την ανάλυση αναγκών (4 ^ο Ε.Ε.)	-Σχεδίαση και Εφαρμογή ενός προγράμματος επιμόρφωσης εν-ενεργεία εκπαιδευτικών ΠΕ.04, λαμβάνοντας υπόψη: <ol style="list-style-type: none"> 1) τη Βιβλιογραφία και 2) τα αποτελέσματα της έρευνας στην Ελλάδα
# Υλοποίηση της Παρέμβασης: το πρόγραμμα επιμόρφωσης εκπαιδευτικών ΠΕ.04	Κεφ. 8	-Υλοποίηση ως ένας κύκλος επεκτατικής μάθησης , (4 ^ο Ε.Ε.) -Χρήση στο πρόγραμμα επιμόρφωσης και των τριών προσεγγίσεων (HOS , SI , SSI). Πώς φαίνεται αυτό στους εκπαιδευτικούς και ποια η γνώμη τους για τη σειρά (3 ^ο Ε.Ε.)	-Σχεδίαση πρωτότυπων δράσεων και προσαρμογή έτοιμων
Μέρος Γ' # Αποτελέσματα	Κεφ. 9	-Αξιολόγηση του προγράμματος επιμόρφωσης (2 ^ο & 4 ^ο Ε.Ε.)	α) γνώση των εκπαιδευτικών : VNOS-D+ ερωματολογία (pre/post-test) και στατιστική ανάλυσή τους β) Ικανότητα των εκπαιδευτικών να σχεδιάσουν ένα μάθημα : σχέδια μαθήματος γ) Εφαρμογή στην τάξη : παρακολουθήσεις 9 εκπαιδευτικών (εθνογραφική μελέτη, 3 μελέτες περίπτωσης, σημειώσεις πεδίου,

		-Ποια προσέγγιση επιλέγουν οι εκπαιδευτικοί; (3^ο Ε.Ε.)	πρωτόκολλο παρακολούθησης), συνεντεύξεις, ερωτηματολόγια συναντήσεων (από την 5 ^η και 6 ^η συνάντηση)
# Τελική αξιολόγηση	<u>Κεφ. 10</u>	- <u>Συγκέντρωση και συζήτηση των αποτελεσμάτων των προηγούμενων φάσεων</u> - <u>Περιορισμοί της έρευνας</u> - <u>Προτάσεις για περαιτέρω έρευνα</u>	

Κεφάλαιο 1ο:
ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Οριοθέτηση και αναγκαιότητα της διατριβής

Η διατριβή εντάσσεται στο ευρύτερο πεδίο της διδασκαλίας Φυσικών Επιστημών (Φ.Ε.) στην Πρωτοβάθμια και Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση και ειδικότερα στη συμπερίληψη της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. στη διδασκαλία μαθημάτων Φ.Ε. στη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση. Σήμερα, η διδασκαλία της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. θεωρείται διεθνώς απαραίτητη συνιστώσα της διδασκαλίας των Φ.Ε. (Lederman et al, 2014; Allchin et al, 2014; Erduran & Dagher, 2014; Osborne et al, 2003; Clough, 2017; Matthews, 2015, Bell, 2006, σελ. 429; Driver, Leach, Millar & Scott, 1996) (μαζί με τη γνώση περιεχομένου και τις μεθόδους παραγωγής της γνώσης στις Φ.Ε.). Στη βιβλιογραφία καταγράφεται, μεταξύ άλλων, ότι η διδασκαλία της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. ενισχύει την κατανόηση του γνωστικού περιεχομένου, την ενεργοποίηση των μαθητών, την κατανόηση των ορίων της επιστήμης με την ψευδοεπιστήμη, τη σύνδεση της επιστήμης με την τέχνη και τον πολιτισμό (βλ. Κεφάλαιο 4). Γενικότερα συμβάλλει στην επίτευξη του επιστημονικού αλφαριθμητισμού (Lederman, Antink & Bartos 2014), κάτι που αποτελεί σήμερα αιχμή.

Διεθνώς υπάρχει μεγάλος αριθμός ερευνών που αφορά αφενός τα χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. που πρέπει να διδαχτούν στην εκπαίδευση (π.χ. Lederman & Lederman, 2014; McComas, 2015; Matthews, 2012; Erduran & Dagher, 2014; Kampourakis, 2016; vanDijk, 2011; Abd-El-Khalick, 2012), αφετέρου τα προβλήματα που έχουν οι εκπαιδευτικοί με τη διδασκαλία και την ανάγκη επιμόρφωσης σε χαρακτηριστικά που πρέπει να έχει μια τέτοια διδασκαλία (π.χ. Lederman, 2007; Akerson & Hanuscin, 2007; Khishfe, 2008; Schwartz, Lederman, & Crawford, 2004; Abd-El-Khalick & Lederman, 2020; McComas, 2020, p. 71-73). Διεθνώς έχουν καταγραφεί τρεις προσεγγίσεις που χρησιμοποιούνται για τη διδασκαλία της φύσης της γνώσης των Φ.Ε.: α) με περιστατικά από την Ιστορία των Φ.Ε., β) με δραστηριότητες Επιστημονικής Διερεύνησης και γ) με χρήση σύγχρονων Κοινωνικο-επιστημονικών Ζητημάτων. Υπάρχουν πολλές διατριβές που έχουν γίνει διεθνώς (π.χ. Abd-El-Khalick, 1998; De Hosson, 2007; Law, 2010; Reid-Smith, 2013; Leden, 2017;). Δεν υπάρχει όμως έρευνα που να έχει χρησιμοποιήσει και τις τρεις παραπάνω προσεγγίσεις.

Έρευνά μας στην ελληνική βιβλιογραφία, δεν μας οδήγησε στην εντόπιση καμιάς διδακτορικής διατριβής, αποκλειστικό θέμα της οποίας να είναι είτε η αποτίμηση της κατάστασης στην Ελληνική Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση σχετικά με τη συμπερίληψη των χαρακτηριστικών της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. στη διδακτέα ύλη, είτε η επιμόρφωση εκπαιδευτικών στο να διδάξουν τα χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε.. Στην Ελλάδα υπάρχει μεν ακαδημαϊκή έρευνα τα τελευταία χρόνια, ενώ βρήκαμε μόνο δύο διδακτορικές διατριβές που περιέχουν τον όρο στον τίτλο. Πρόερευνά μας στη χώρα μας έδειξε (επιβεβαιώνεται και από την παρούσα έρευνα, βλέπε Κεφάλαιο 6) ότι η διδασκαλία της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. δεν συμπεριλαμβάνεται στα προγράμματα σπουδών, στο περιεχόμενο των σχολικών βιβλίων και δεν διδάσκεται, τουλάχιστον οργανωμένα, αλλά μεμονωμένοι καθηγητές αναφέρονται σε κάποια χαρακτηριστικά της γνώσης των Φ.Ε., λαμβάνοντας αφορμή από ευκαιρίες που δίνουν τα βιβλία, χωρίς όμως να αναφέρουν ούτε και το όνομα «φύση της γνώσης των Φ.Ε.» ή κάτι παρόμοιο.

Τα παραπάνω μας οδήγησαν στο ότι είναι σημαντικό να εκπονηθεί μια διατριβή που να αφορά στην επιμόρφωση των εκπαιδευτικών σε τρόπους ενσωμάτωσης της

φύσης της γνώσης των Φ.Ε. στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση, και μάλιστα για ένα πρόγραμμα σπουδών που δεν την περιλαμβάνει άμεσα (βλ. Κεφάλαιο 6) αλλά απλά αφήνει ευκαιρίες για κάποιον που γνωρίζει και θέλει να την διδάξει. Η συνεισφορά σε παγκόσμιο επίπεδο είναι η απόφασή μας για ταυτόχρονη χρήση και των τριών προσεγγίσεων που αναφέρθηκαν πιο πάνω. Μια ακόμη συνεισφορά της διατριβής είναι, ότι επίσης παγκόσμια πρώτη φορά, από όσα γνωρίζουμε, υιοθετείται σε διατριβή που πραγματεύεται τη διδασκαλία της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. η Πολιτισμική και Ιστορική Θεωρία της Δραστηριότητας, και ειδικότερα ο κύκλος της επεκτατικής μάθησης, ως εργαλείο σχεδιασμού και υλοποίησης του επιμορφωτικού προγράμματος. Θεωρούμε ότι η διερεύνηση του αποτελέσματος αυτών των δυο αποφάσεών μας θα έχει διεθνές ενδιαφέρον.

1.2 Σκοπός και ερευνητικά ερωτήματα

Σκοπός της έρευνας μας είναι η αποτίμηση της κατάστασης στην Ελλάδα και η μελέτη της εισαγωγής της διδασκαλίας της φύσης της γνώσης των Φυσικών Επιστημών στη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση. Προς τούτο πραγματοποιήθηκε επιμορφωτικό πρόγραμμα σε εκπαιδευτικούς Φυσικών Επιστημών (8^ο Κεφάλαιο) για το σχεδιασμό του οποίου (7^ο Κεφάλαιο) λήφθηκαν υπόψη: α) η βιβλιογραφία σχετικά με τη φύση των Φ.Ε. (2^ο Κεφάλαιο) και προτάσεις για τη διδασκαλία της (4^ο Κεφάλαιο), β) η βιβλιογραφία σχετικά με την Πολιτισμική Ιστορική Θεωρία της Δραστηριότητας (3^ο Κεφάλαιο), η οποία χρησιμοποιήθηκε στην όλη οργάνωση της έρευνάς μας και γ) η κατάσταση που υπάρχει στην Ελλάδα σε σχέση με τη φύση των Φ.Ε. (6^ο Κεφάλαιο). Τα αποτελέσματα του επιμορφωτικού προγράμματος αξιολογήθηκαν (9^ο Κεφάλαιο) και συζητούνται (10^ο Κεφάλαιο). Η αξιολόγηση έγινε αφενός με χρήση ερωτηματολογίων και συνεντεύξεων, αφετέρου με την ανάλυση σχεδίων μαθήματος και την παρακολούθηση διδασκαλιών που πραγματοποίησαν επιμορφούμενοι στις τάξεις τους κατά τη διάρκεια της επόμενης σχολικής χρονιάς.

Τρεις είναι οι κύριοι στόχοι της Διατριβής:

1. Να αποτιμηθεί κατά πόσο στην ελληνική Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση περιλαμβάνεται η διδασκαλία της φύσης της γνώσης των Φ.Ε.
2. Να υλοποιηθεί επιμορφωτικό πρόγραμμα με αντικείμενο τη γνώση και τη διδασκαλία της φύσης της γνώσης των Φυσικών Επιστημών για εκπαιδευτικούς ΠΕ04 της Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης και να αποτιμηθούν τα αποτελέσματά του.
3. Να αξιοποιηθεί η Πολιτισμική και Ιστορική Θεωρία της Δραστηριότητας, και ειδικότερα ο κύκλος της επεκτατικής μάθησης, ως εργαλείο σχεδιασμού και υλοποίησης του επιμορφωτικού προγράμματος.

Αναλυτικότερα τα ερευνητικά ερωτήματα στα οποία η παρούσα Διατριβή επιχειρεί να απαντήσει παρουσιάζονται στη συνέχεια.

Ερευνητικό ερώτημα 1: Ποια είναι η κατάσταση που επικρατεί στην Ελλάδα σε σχέση με τη διδασκαλία της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. στη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση αφενός ως προς το εκπαιδευτικό υλικό, και πιο συγκεκριμένα αν περιλαμβάνεται στα προγράμματα σπουδών και στα σχολικά βιβλία και αφετέρου ως προς το έμπυχο δυναμικό, δηλαδή αν οι εκπαιδευτικοί τα γνωρίζουν, και αν ναι, αν τα διδάσκουν και αν οι απόφοιτοι της Δευτεροβάθμιας τα γνωρίζουν;

Ερευνητικό ερώτημα 2: Μπορούν οι Έλληνες εκπαιδευτικοί να εκπαιδευτούν, μέσα από ένα επιμορφωτικό πρόγραμμα το οποίο οργανώνεται λαμβάνοντας υπόψη τη διεθνή βιβλιογραφία και τα πολιτισμικά τους χαρακτηριστικά, ώστε να μάθουν τα χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε., να σχεδιάσουν ένα μάθημα που να περιλαμβάνει τα χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. στο υπάρχον πρόγραμμα σπουδών και με τα υπάρχοντα βιβλία, και να διδάξουν αποτελεσματικά τα χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. στο υπάρχον πρόγραμμα σπουδών;

Ερευνητικό ερώτημα 3: Στη βιβλιογραφία παρουσιάζονται τρεις προσεγγίσεις για τη διδασκαλία της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. εντός γνωστικού πλαισίου. Αυτές είναι περιστατικά από την Ιστορία των Φ.Ε., δραστηριότητες Επιστημονικής Διερεύνησης και σύγχρονα Κοινωνικο-επιστημονικά Ζητήματα. Είναι η πρώτη φορά παγκόσμια που παρουσιάζονται σε επιμορφωτικό πρόγραμμα και οι τρεις προσεγγίσεις, οπότε το ερώτημα διαμορφώνεται ως εξής: Ποιες είναι οι απόψεις των εκπαιδευτικών σχετικά με το αν θεωρούν αναγκαία τη γνώση και των τριών, η σειρά παρουσίασής τους είχε κάποια σημασία/επίδραση σε αυτούς, θεωρούν μία από τις τρεις ως καταλληλότερη για διδασκαλία και επομένως την χρησιμοποιούν περισσότερο και γενικότερα βρήκαν το πρόγραμμα ενδιαφέρον και χρήσιμο;

Ερευνητικό ερώτημα 4: Ποια είναι η συμβολή της χρήσης του κύκλου της επεκτατικής μάθησης στο σχεδιασμό και την υλοποίηση του επιμορφωτικού προγράμματος για τη διδασκαλία της φύσης των Φ.Ε.;

1.3 Σημασία της διατριβής

Η επιμόρφωση των εκπαιδευτικών που παρουσιάζεται στην παρούσα διατριβή, έχει οργανωθεί με τρόπο που να μπορεί να βοηθήσει τους εκπαιδευτικούς που επιθυμούν, και μέσα από τα υπάρχοντα προγράμματα σπουδών να διδάξουν χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε.. Επιπλέον, από την παρούσα διατριβή, λαμβάνοντας υπόψη τα αποτελέσματα από την υλοποίησή της και κάνοντας τις βελτιώσεις που θα αναδειχτεί ότι απαιτούνται: α) μπορεί να παραχθεί στη συνέχεια οδηγός για τους εκπαιδευτικούς με διδακτικό υλικό για τη διδασκαλία της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. και β) τα συμπεράσματα από την εφαρμογή και αξιολόγηση του επιμορφωτικού προγράμματος μπορούν να βοηθήσουν στην οργάνωση επιμορφωτικών προγραμμάτων ευρύτερης κλίμακας, είτε αν κάποια στιγμή στο μέλλον αποφασιστεί από τους αρμόδιους φορείς η συμπερίληψη των χαρακτηριστικών της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. στην ύλη της Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης, είτε ακόμη και χωρίς την απόφαση του υπουργείου.

Στην καινοτομία της έρευνας μας συγκαταλέγονται:

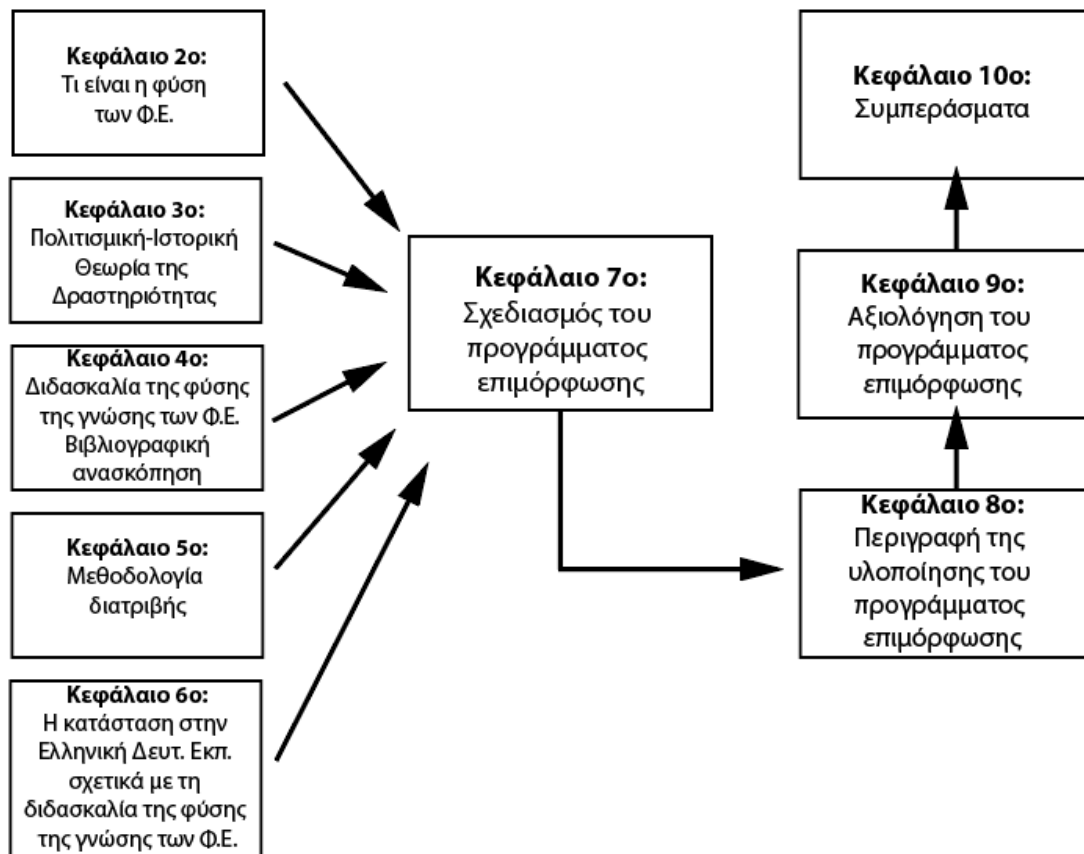
1. Η αποτίμηση της κατάστασης στην Ελληνική Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση σχετικά με τη συμπερίληψη των χαρακτηριστικών της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. στη διδακτέα ύλη.
2. Η οργάνωση και η αξιολόγηση του κατά πόσο μπορεί να συντελέσει ένα πρόγραμμα επιμόρφωσης εκπαιδευτικών Φ.Ε. στη διδασκαλία της φύσης της γνώσης των Φ.Ε., με το υπάρχον πρόγραμμα σπουδών και τα υπάρχοντα βιβλία.
3. Παγκόσμια δεν έχει καταγραφεί, από όσα τουλάχιστον γνωρίζουμε, μελέτη που να περιλαμβάνει και τις τρεις διδακτικές προσεγγίσεις σε ένα επιμορφωτικό πρόγραμμα εκπαιδευτικών. Έτσι, μέσα στα ερευνητικά ερωτήματα της διατριβής είναι και η σύγκριση μεταξύ των προσεγγίσεων, όπως π.χ. ποια προτιμούν οι

εκπαιδευτικοί και για ποιο λόγο, με ποια νιώθουν πιο οικεία ή με ποια θεωρούν ότι επιτυγχάνουν καλύτερα αποτελέσματα τόσο ως προς τη σαφή διδασκαλία των χαρακτηριστικών όσο και ως προς την κατανόησή τους από τους μαθητές.

4. Παρόλο που η Πολιτισμική-Ιστορική Θεωρία της Δραστηριότητας, και ειδικότερα ο κύκλος της επεκτατικής μάθησης, πάνω στον οποίο δομήθηκε το πρόγραμμα, έχει χρησιμοποιηθεί, τόσο στην Ελλάδα όσο και διεθνώς, σε πλήθος επιμορφωτικών προγραμμάτων εκπαιδευτικών, η οργάνωση και πραγματοποίηση επιμορφωτικού προγράμματος για τη διδασκαλία της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. δεν έχει χρησιμοποιηθεί, από όσο τουλάχιστον γνωρίζουμε, σε άλλη μελέτη. Οπότε είναι μια καινοτομία που φέρνει κοντά δυο διαφορετικές κοινότητες: αυτήν της Πολιτισμικής-Ιστορικής Θεωρίας της Δραστηριότητας και αυτήν των ερευνητών της φύσης της γνώσης των Φ.Ε..

1.4 Δομή διατριβής

Η Διατριβή αποτελείται από 10 κεφάλαια. Στα κεφάλαια 2 και 3 παρουσιάζεται το θεωρητικό πλαίσιο και ακολουθεί στο τέταρτο κεφάλαιο η ανασκόπηση της διεθνούς βιβλιογραφίας για θέματα διδασκαλίας της φύσης της γνώσης των Φ.Ε.. Στη συνέχεια παρουσιάζεται η μεθοδολογία (5^ο κεφάλαιο) που ακολουθήθηκε στην έρευνά μας και τα αποτελέσματα δικής μας έρευνας στην Ελλάδα (6^ο Κεφάλαιο) που αφορά την αναγνώριση της κατάστασης που υπάρχει στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση σε σχέση με τη διδασκαλία της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. Τα στοιχεία που προέκυψαν από τα παραπάνω κεφάλαια οδήγησαν σε αποφάσεις που αφορούν στο σχεδιασμό του προγράμματος επιμόρφωσης και παρουσιάζονται στο έβδομο κεφάλαιο. Στο όγδοο και στο ένατο κεφάλαιο παρουσιάζεται αντίστοιχα η υλοποίηση και αξιολόγηση του επιμορφωτικού προγράμματος και τέλος στο δέκατο τα συμπεράσματα που προέκυψαν από την έρευνά μας, τους περιορισμούς της έρευνας και προτάσεις για περαιτέρω έρευνα. Η δομή αυτή της διατριβής σχηματικά παρουσιάζεται στην Εικόνα 1.1.



Εικόνα 1.1: Η δομή της διατριβής

Στη συνέχεια παρουσιάζεται αναλυτικότερα το περιεχόμενο κάθε Κεφαλαίου.

Το 2^ο Κεφάλαιο ξεκινά με το θεωρητικό πλαίσιο για τον ορισμό της φύσης των Φυσικών Επιστημών (Φ.Ε.) και των προτεινόμενων χαρακτηριστικών της από διαφορετικούς ερευνητές. Παρουσιάζονται οι προτάσεις που έχουν κατατεθεί στη βιβλιογραφία, ταξινομημένες σε δυο μεγάλες κατηγορίες, οι «διενέξεις» μεταξύ των υποστηρικτών διαφορετικών απόψεων και μια συμβιβαστική πρόταση που έχει κατατεθεί. Το κεφάλαιο τελειώνει με τις αποφάσεις που έχουν υιοθετηθεί στην παρούσα διατριβή. Επειδή μια από τις αποφάσεις είναι η υιοθέτηση της πρότασης της ομάδας του Lederman να χρησιμοποιείται η ονομασία «φύση της γνώσης των Φ.Ε.», χρησιμοποιούμε τον όρο αυτό στην σκιαγράφηση των επόμενων κεφαλαίων.

Στο 3^ο κεφάλαιο παρουσιάζεται η Πολιτισμική Ιστορική Θεωρία της Δραστηριότητας (θεωρία της Δραστηριότητας), η οποία υιοθετήθηκε στην παρούσα Διατριβή ως καθοδηγητικό πλαίσιο, κυρίως, για το σχεδιασμό και την υλοποίηση του επιμορφωτικού μας προγράμματος. Στην αρχή του κεφαλαίου αιτιολογείται η επιλογή της θεωρίας της Δραστηριότητας και παρουσιάζονται τα απαιτούμενα για τις ανάγκες της διατριβής στοιχεία της. Στη συνέχεια του κεφαλαίου παρουσιάζονται οι τρεις, σύμφωνα με τον Engeström, γενιές της θεωρίας της Δραστηριότητας με αναλυτικότερη παρουσίαση της 3^{ης} γενιάς και των πέντε αρχών στις οποίες αυτή μπορεί να συνοψιστεί. Από τις πέντε αυτές αρχές, στην εργασία μας χρησιμοποιούνται εκτενέστερα η 4^η Αρχή, που αναφέρεται στις αντιφάσεις και στο ρόλο τους στο πλαίσιο της Θεωρίας της Δραστηριότητας, και η 5^η Αρχή, η οποία αναφέρεται στην επεκτατική μάθηση. Για το

λόγο αυτό θα εστιάσουμε στην παρουσίαση αυτών των δυο Αρχών. Δίνεται ο ορισμός της επεκτατικής μάθησης και περιγράφονται τα έξι στάδια δράσεων, μέσω των οποίων αλλάζει μια αρχικά παγιωμένη κατάσταση σε μια άλλη που αποτελεί ουσιαστικά το 7^ο στάδιο ενός τυπικού κύκλου επεκτατικής μάθησης. Μέσα στα στάδια του κύκλου αυτού έχουν τις θέσεις τους και τα διάφορα επίπεδα αντιφάσεων, που προκύπτουν όταν νέοι τρόποι σκέψης ή πράξης έρχονται σε σύγκρουση με τους μέχρι εκείνη τη στιγμή αποδεκτούς, τα οποία αποτελούν και κινητήρια δύναμη της αλλαγής και της βελτίωσης της δραστηριότητας. Το κεφάλαιο ολοκληρώνεται με την καταγραφή της σχέσης της επεκτατικής μάθησης με την εκπαίδευση ενηλίκων και την αναφορά του τι χρησιμοποιείται στην παρούσα διατριβή από την Πολιτισμική-Ιστορική Θεωρία της Δραστηριότητας και γιατί.

Στο 4^ο Κεφάλαιο γίνεται ανασκόπηση της βιβλιογραφίας. Αρχικά καταγράφονται οι απαντήσεις που έχουν δοθεί στο ερώτημα «για ποιο λόγο είναι σημαντικό να διδάσκονται τα χαρακτηριστικά της φύσης των Φ.Ε. στην υποχρεωτική εκπαίδευση και ποια είναι τα προτεινόμενα χαρακτηριστικά διδασκαλίας ώστε αυτή να είναι αποτελεσματική». Η επισκόπηση της βιβλιογραφίας συνεχίζεται με την καταγραφή των διδακτικών προσεγγίσεων που χρησιμοποιούνται για τη διδασκαλία της φύσης των Φ.Ε., και την παρουσίαση των πλεονεκτημάτων και μειονεκτημάτων καθεμιάς από τις προσεγγίσεις αυτές. Έχουν καταγραφεί τρεις τέτοιες διδακτικές προσεγγίσεις: μέσω της Ιστορίας των Φ.Ε., μέσω της Επιστημονικής Διερεύνησης και μέσω της ενασχόλησης με κοινωνικο-επιστημονικά ζητήματα, χωρίς να υπάρχει καταγεγραμμένη σύγχρονη εφαρμογή και των τριών. Στη συνέχεια παρουσιάζονται τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα καθεμιάς από τις τρεις προσεγγίσεις. Η επισκόπηση κλείνει με την παρουσίαση της σχετικής έρευνας για τη φύση των Φ.Ε. που έχει γίνει στον Ελληνικό χώρο.

Στο 5^ο Κεφάλαιο αναλύεται η μεθοδολογία και τα εργαλεία που χρησιμοποιούνται σε κάθε στάδιο, καθώς και ο τρόπος που έγινε η ανάλυση των δεδομένων που συλλέχθηκαν. Τα εργαλεία της έρευνας περιλαμβάνουν τόσο διεθνή εγκυροποιημένα και αξιολογημένα ερωτηματολόγια όσο και δικά μας, ημιδομημένες συνεντεύξεις, ρουμπρίκα για βαθμολόγηση βιβλίων, παρακολούθηση μαθημάτων με χρήση πρωτόκολλου, ανάλυση σχεδίων μαθήματος. Χρησιμοποιείται εθνογραφική ανάλυση, παρατήρηση, ανάλυση ερωτηματολογίων και συνεντεύξεων και για όλα τα ερευνητικά ερωτήματα γίνεται τριγωνοποίηση δεδομένων. Κεντρικό μεθοδολογικό ρόλο στην οργάνωση και υλοποίηση του προγράμματος επιμόρφωσης είχε η Πολιτισμική-Ιστορική Θεωρία της Δραστηριότητας και πιο συγκεκριμένα ο κύκλος της επεκτατικής μάθησης. Τα εργαλεία και η ανάλυση παρουσιάζονται ξανά στο 7^ο και το 9^ο κεφάλαιο, μαζί με τα προκύπτοντα αποτελέσματα για τη διευκόλυνση του αναγνώστη, λόγω του πλήθους τους

Στο 6^ο Κεφάλαιο παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της έρευνάς μας για την κατάσταση που επικρατεί στη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση στην Ελλάδα σε σχέση με τη διδασκαλία της φύσης της γνώσης των Φ.Ε.. Στην ερευνά μας αυτή: α) Μελετήθηκαν τα προγράμματα σπουδών Γυμνασίου και Λυκείου καθώς και τα σχολικά εγχειρίδια των Φ.Ε. με στόχο να καταγραφεί αν συμπεριλαμβάνονται σε αυτά τα χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε.. β) Έγινε έλεγχος του κατά πόσο εκπαιδευτικοί, που

στη συνέχεια μετείχαν στο επιμορφωτικό μας πρόγραμμα, γνωρίζουν τα χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε.. Ο έλεγχος αυτός έγινε με την επεξεργασία των απαντήσεών τους στο ερωτηματολόγιο VNOS-D+, και συνεντεύξεις με τους εκπαιδευτικούς. γ) Πραγματοποιήθηκαν συνεντεύξεις με Σχολικούς Συμβούλους σχετικά με την κατάσταση που επικρατεί στις σχολικές τάξεις, όσον αφορά στη διδασκαλία της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. και γενικότερα θέματα της σχολικής ζωής και δ) Το τελευταίο κομμάτι της έρευνας αφορά στην τελική γνώση των αποφοίτων του ελληνικού σχολείου πάνω στα χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε.. Ο έλεγχος έγινε με τη συμπλήρωση του ίδιου ερωτηματολογίου και συνεντεύξεις από πρωτοετείς φοιτητές. Το κεφάλαιο κλείνει με την αναφορά α) των συμπερασμάτων από την έρευνά μας στα τέσσερα παραπάνω θέματα, β) των πολιτισμικών χαρακτηριστικών των εκπαιδευτικών, τα οποία αναδείχθηκαν από τις επαφές μας με τους εκπαιδευτικούς και τους Σχολικούς Συμβούλους τόσο στη διάρκεια της παρούσας έρευνας όσο και της προέρευνας καθώς και ερευνάς μας σε μαθητές της Γ' Λυκείου για τη γνώση των χαρακτηριστικών της Επιστημονικής Διερεύνησης. Τα παραπάνω αποτελούν απάντηση στο 1^ο ερευνητικό ερώτημα.

Στο 7^ο κεφάλαιο παρουσιάζονται, και αιτιολογούνται, οι αποφάσεις, σε σχέση με το περιεχόμενο και γενικότερα το σχεδιασμό του επιμορφωτικού προγράμματος, στις οποίες οδηγηθήκαμε από όσα παρουσιάστηκαν στα κεφάλαια που προηγήθηκαν. Ουσιαστικά, παρουσιάζεται το πρόβλημα (6^ο Κεφάλαιο) και παράγοντες που λαμβάνονται υπόψη για την προτεινόμενη λύση του (Κεφάλαια 2 έως 5). Ουσιαστικά το 7^ο Κεφάλαιο αποτελεί τη μετάβαση από την καταγραφή στην παρέμβαση. Στο 8^ο κεφάλαιο που ακολουθεί παρουσιάζεται η προτεινόμενη λύση, και η υλοποίησή της, στο 9^ο η αξιολόγηση της πρότασης και στο 10^ο τα συμπεράσματα που προκύπτουν από την παρέμβαση και οι περιορισμοί της έρευνας.

Στο 8^ο Κεφάλαιο αρχικά παρουσιάζεται συνοπτικά το επιμορφωτικό πρόγραμμα, στη μορφή που πραγματοποιήθηκε, ως ένας κύκλος επεκτατικής μάθησης σε κάθε ένα από τα έξι στάδια του οποίου εντάσσονται είτε τμήμα μιας συνάντησης είτε περισσότερες από τις συνολικά έξι που τελικά έγιναν με τους εκπαιδευτικούς. Στη συνέχεια του κεφαλαίου παρουσιάζεται αναλυτικά το τι συνέβη σε κάθε μια από τις έξι συναντήσεις με τους εκπαιδευτικούς κατά τη διάρκεια του επιμορφωτικού προγράμματος, τι παρουσιάστηκε σε κάθε μια και οι αντιδράσεις των εκπαιδευτικών. Η πρώτη συνάντηση περιλαμβάνει την εισαγωγή στα χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. και τη διδασκαλία τους μέσω της Ιστορίας των Φ.Ε.. Η δεύτερη συνάντηση περιλαμβάνει τη διδασκαλία μέσω της Επιστημονικής Διερεύνησης και η τρίτη μέσω κοινωνικο-επιστημονικών ζητημάτων. Στην τέταρτη συνάντηση έγινε παρουσίαση σχεδίων μαθήματος από συμμετέχοντες εκπαιδευτικούς, και ακολούθησε συζήτηση αξιολόγησης του προγράμματος. Κατά τη συζήτηση οι εκπαιδευτικοί πρότειναν να ακολουθηθεί και πέμπτη συνάντηση, στην οποία έγινε προβολή βιντεοσκοπημένων διδασκαλιών πάνω στη φύση της γνώσης των Φ.Ε. και ακολούθησε συζήτηση. Ζητήθηκε και 6^η συνάντηση κατά την οποία έγινε μια δραστηριότητα Μαύρου Κουτιού και στο τέλος οι εκπαιδευτικοί συζήτησαν για την εμπειρία τους από τις διδασκαλίες της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. που έκαναν στις τάξεις τους. Οι 4 πρώτες συναντήσεις έγιναν την Άνοιξη του 2018 και οι δυο τελευταίες το Δεκέμβριο και τον Μάιο της επόμενης σχολικής χρονιάς αντίστοιχα.

Στο 9^ο κεφάλαιο παρουσιάζεται η αξιολόγηση του προγράμματος επιμόρφωσης. Σε αυτό παρουσιάζονται τα συγκεκριμένα εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν, τα δεδομένα που συγκεντρώθηκαν και η ανάλυσή τους για να δοθούν απαντήσεις στα υποερωτήματα:

1. του δεύτερου ερευνητικού ερωτήματος: α) αν οι επιμορφούμενοι έμαθαν τα χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε., β) αν είναι ικανοί να σχεδιάσουν ένα μάθημα που να περιλαμβάνει τα χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε., και γ) αν εντάσσουν στη διδασκαλία τους χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε., και
2. του τρίτου ερευνητικού ερωτήματος: αν οι εκπαιδευτικοί θεωρούν: α) αναγκαία τη γνώση και των τριών διδακτικών προσεγγίσεων, β) αν η σειρά παρουσίασής τους είχε κάποια σημασία/επίδραση σε αυτούς, γ) μία από τις τρεις ως καταλληλότερη για διδασκαλία και επομένως την χρησιμοποιούν περισσότερο και δ) γενικότερα αν οι επιμορφούμενοι βρήκαν το πρόγραμμα ενδιαφέρον και χρήσιμο.

Η ανάλυση των δεδομένων που έχει γίνει για την απάντηση των παραπάνω υποερωτημάτων χρησιμοποιείται και για την αξιολόγηση του κύκλου της επεκτατικής μάθησης (4^ο ερευνητικό ερώτημα).

Στο 10^ο κεφάλαιο γίνεται σχολιασμός των αποτελεσμάτων και ερμηνεία τους με βάση το θεωρητικό πλαίσιο και τη βιβλιογραφική ανασκόπηση. Αναφέρονται οι συνέπειες των ευρημάτων της διατριβής τόσο στο πεδίο της έρευνας όσο και στο πεδίο της διδασκαλίας. Το κεφάλαιο κλείνει με αναφορά στους περιορισμούς της έρευνας και προτάσεις για περαιτέρω έρευνα.

1.5 Ανακεφαλαίωση

Στο κεφάλαιο της εισαγωγής αναφέρεται η αναγκαιότητα και η σημασία της διατριβής για τον ελληνικό και το διεθνή χώρο, παρουσιάζεται ο σκοπός και τα ερευνητικά ερωτήματα. Το κεφάλαιο κλείνει με μια σύντομη παρουσίαση της δομής της διατριβής και περιληπτική παρουσίαση των περιεχομένων των κεφαλαίων της διατριβής.

Κεφάλαιο 2ο:
Τι είναι η φύση των Φυσικών Επιστημών

2.1 Εισαγωγή

Το κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται: α) ο ορισμός για τη φύση των Φ.Ε., που δίνεται από διάφορους ερευνητές, και τα προτεινόμενα από αυτούς χαρακτηριστικά της, β) οι κριτικές που έχουν γίνει για τις παραπάνω προτάσεις και οι απαντήσεις σε αυτές, και γ) η απόφασή μας για το τι θα υιοθετήσουμε στη συνέχεια της έρευνας.

2.2 Τι είναι η φύση των Φυσικών Επιστημών και ποια τα χαρακτηριστικά της.

2.2.1 Ορισμός της φύσης των Φυσικών Επιστημών

Ο όρος «φύση της Επιστήμης» ή «φύση των Φυσικών Επιστημών»², στη βιβλιογραφία μπορεί να βρεθεί ως “Ideas-about-Science”, “Nature of Sciences”, “Nature of Scientific Knowledge”, “Views on the Nature of Science”, “Nature of Science Studies”, και άλλα παρόμοια με επικρατέστερο πάντως τον όρο “Nature of Science” (NOS), απασχολεί εδώ και πάνω από 70 χρόνια ερευνητές της διδακτικής των Φυσικών Επιστημών (Φ.Ε.), Φιλόσοφους, Ιστορικούς, Κοινωνιολόγους των Φ.Ε. αλλά και εκπαιδευτικούς-υπεύθυνους εκπαιδευτικής πολιτικής. Μία σύντομη ιστορική ανασκόπηση της εισαγωγής της φύσης των Φ.Ε. στην εκπαίδευση στις Φ.Ε., αρχίζοντας από τις αρχές της δεκαετίας του 1960 με τους Conant και Klopfer δίνεται από τον Lederman (1992, 2007), τους Lederman & Lederman (2014) και τις Erduran & Dagher (2014, p.3), ενώ μια αναζήτηση των ριζών της γίνεται από τον Matthews (2012).

Παρόλο που υπάρχει παγκόσμια συναίνεση τόσο στη βιβλιογραφία της εκπαίδευσης των Φ.Ε. όσο και στα προγράμματα σπουδών ότι οι μαθητές απαιτείται να διδαχθούν όχι μόνο το περιεχόμενο των Φ.Ε. αλλά και τη φύση της, υπάρχει μικρή συμφωνία για το τι είναι αυτή. Από τους Irzik & Nola (2011) σημειώνεται ότι οι Φ.Ε. περικλείουν τόσο πλούσια δυναμική και οι κλάδοι τους είναι τόσο ποικίλοι που δεν φαίνεται να υπάρχει ένα σύνολο χαρακτηριστικών που να είναι κοινό σε όλους. Χαρακτηρίζουν «δονκιχωτισμό» την αναζήτηση των απαραίτητων και επαρκών συνθηκών για να είναι κάτι επιστημονικό με τρόπο που να δικαιώνει αυτόν τον πλούτο και την πολυπλοκότητα.

Αρχικά, σημειώνεται ότι ο όρος «φύση των Φ.Ε.» δέχεται δυο ερμηνείες από τις ομάδες ερευνητών και τα προγράμματα σπουδών. Αυτές είναι οι εξής: Με τον όρο «φύση των Φ.Ε. εννοούνται 1) μόνο πτυχές της φύσης της επιστημονικής γνώσης. Με αυτό το νόημα έχει χρησιμοποιηθεί εκτεταμένα από την ομάδα του Lederman, η οποία έχει επηρεάσει ιδιαίτερα την παγκόσμια βιβλιογραφία και τα προγράμματα σπουδών, 2) συγχρόνως πτυχές της φύσης της επιστημονικής γνώσης και μεθόδους και διαδικασίες διερεύνησης με τις οποίες παράγεται αυτή η γνώση (δηλ. η επιστημονική έρευνα).

Κατά τον Lederman (1992; 2007) η φύση των Φ.Ε. «τυπικά αναφέρεται στην επιστημολογία των Φ.Ε., τις Φ.Ε. ως έναν τρόπο του γνωρίζειν ή τις αξίες και τα πιστεύω που είναι έμφυτα με την ανάπτυξη της επιστημονικής γνώσης». Πρόσφατα (Lederman,

² Αποδίδουμε τον όρο “Science” ως Φυσικές Επιστήμες, αντί για επιστήμη, διότι στην Ελλάδα, ο όρος «Επιστήμη» αναφέρεται σε κάθε οργανωμένο σώμα γνώσεων, οπότε υπάρχουν οι Κοινωνικές Επιστήμες, οι Ανθρωπιστικές Επιστήμες, οι Νομικές Επιστήμες, κ.λ.π.. Τον όρο “scientific” τον αποδίδουμε κατά περίπτωση άλλοτε ως «επιστημονικό» και άλλοτε ως «των Φυσικών Επιστημών».

2019) επέλεξε να χρησιμοποιεί τη φράση «φύση της γνώσης των Φ.Ε.» (Nature of Scientific Knowledge – NOSK), αντίθετα με τον ως τώρα δημοφιλή «φύση των Φ.Ε.». Θεωρεί ότι είναι πιο συνεπής με το αρχικό νόημα του όρου, που είχε χρησιμοποιηθεί στα πρώτα κείμενα των δεκαετιών 1950-60 για να περιγράψει τα χαρακτηριστικά της επιστημονικής γνώσης, τα οποία προκύπτουν απαραίτητα από διαδικασίες επιστημονικής διερεύνησης, μέσα από τις οποίες αναπτύσσεται η επιστημονική γνώση (Lederman, 2007). Συχνά σε κείμενά του ο Lederman (Lederman, 2006; Lederman & Lederman, 2014; Lederman et al, 2014), θεωρεί ότι το ακρωνύμιο του όρου NOS έχει οδηγήσει σε παρερμηνείες με τα χαρακτηριστικά της επιστημονικής διερεύνησης, για τα οποία χρησιμοποιεί τον όρο NOSI (Nature of Scientific Inquiry), εισάγοντας έτσι δυο ξεχωριστές έννοιες που χρειάζεται να γνωρίζουν οι μαθητές (Schwartz et al, 2008).

Από ερευνητές, που στον όρο NOS συμπεριλαμβάνουν πέρα από τα χαρακτηριστικά της επιστημονικής διερεύνησης και άλλα ευρύτερα, δίνονται ορισμοί όπως:

«Η φύση των Φ.Ε. είναι ένα εύφορο υβριδικό πεδίο που αναμειγνύει πτυχές διαφόρων κοινωνικών μελετών των Φ.Ε., όπως η ιστορία, η κοινωνιολογία και η φιλοσοφία των Φ.Ε., συνδυασμένη με την έρευνα των γνωστικών επιστημών, όπως η ψυχολογία, μέσα σε μια πλούσια περιγραφή του τι είναι οι Φ.Ε., πώς δουλεύουν, πώς λειτουργούν οι επιστήμονες ως κοινωνική ομάδα και πώς η ίδια η κοινωνία διευθύνει και αντιδρά στο οικοδόμημα των Φ.Ε.. Η τομή των ποικίλων κοινωνικών σπουδών των Φ.Ε. είναι το πιο πλούσιο σημείο που αποκαλύπτεται για αυτούς που έχουν τη μοναδική ευκαιρία (στην περίπτωση του σχολικού περιβάλλοντος) να εισέλθουν στο σκιηνικό».

McComas, Clough & Almazroa (1998, σελ. 4)

«Σε συμφωνία με τους ορισμούς που έχουν υιοθετηθεί από τους Osborne et al. (2003) και Clough (2006), ο όρος NOS, περιλαμβάνει τα χαρακτηριστικά της επιστημονικής διερεύνησης, το ρόλο και το κύρος της παραγόμενης επιστημονικής γνώσης, πώς οι επιστήμονες δουλεύουν ως κοινωνική ομάδα και πώς οι Φ.Ε. επιδρούν και δέχονται την επίδραση από το κοινωνικό πλαίσιο στο οποίο αναπτύσσονται» (Wong & Hodson, 2009). Επίσης:

«... η φύση των Φ.Ε. με την ευρύτερη της έννοια περιλαμβάνει ένα φάσμα πρακτικών, μεθοδολογιών, στόχων και αξιών και κοινωνικών κανόνων που θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κατά τη διδασκαλία των Φ.Ε. Ο περιορισμός της φύσης των Φ.Ε. στο πλαίσιο της σχολικής επιστήμης με ένα περιορισμένο σύνολο ιδεών σχετικά με τη φύση της επιστημονικής γνώσης οδηγεί αδικαιολόγητα στην περιορισμένη προσοχή σε άλλους βασικούς παράγοντες που επηρεάζουν το σχηματισμό και την επικύρωση των επιστημονικών ισχυρισμών. Για παράδειγμα, η μη κατανόηση του τρόπου με τον οποίο συγκροτούνται ορισμένες κουλτούρες των Φ.Ε. και ο τρόπος με τον οποίο συμβάλλουν στην ανάπτυξη της επιστημονικής γνώσης θα οδηγήσει σε μια μάλλον στενή κατανόηση των Φ.Ε. ως ανθρώπινης προσπάθειας» (Erduran & Dagher 2014, p.19-20).

Οι διαφορίες στον ορισμό της φύσης των Φ.Ε. είναι αποτέλεσμα της διαφορετικής οπτικής με την οποία αντικρίζουν τις Φ.Ε. οι διάφοροι ερευνητές, που προέρχονται από διαφορετικά υπόβαθρα σπουδών και επαγγελματικής σταδιοδρομίας. Σημειώνεται ότι όπως ένα χαρακτηριστικό της φύσης των Φ.Ε. είναι η αβεβαιότητα (με την έννοια της αναθεώρησης υπό το φως νέων στοιχείων ή νέων ιδεών) και η κατανόησή μας σχετικά με τη φύση των Φ.Ε. μεταβάλλεται, ίσως και ταχύτερα.

Παρά τις διαφωνίες, στο επίκεντρο της προσοχής και του σχεδιασμού των εκπαιδευτικών προγραμμάτων οφείλει να είναι το κοινό στο οποίο απευθυνόμαστε και τα αποτελέσματα που θέλουμε να εξάγουμε. Στην προκειμένη περίπτωση αυτό είναι το τι θέλουμε να μάθουν οι μαθητές (Lederman & Lederman, 2014). Κατά τους Abd-El-Khalick et al (1998), «... όλοι οι χαρακτηρισμοί, παρόλα αυτά, παραμένουν σχετικά γενικοί, και οι φιλόσοφοι, οι ιστορικοί των Φ.Ε. και οι θεωρητικοί της εκπαίδευσης, βιάζονται να διαφωνήσουν μεταξύ τους πάνω σε έναν συγκεκριμένο ορισμό για τη φύση των Φ.Ε.. Κατά τη γνώμη μας, εν' τούτοις, οι περισσότερες διαφωνίες για τον ορισμό ενός τόσο υψηλά εκτιμώμενου εκπαιδευτικού αποτελέσματος είναι άσχετες με την εκπαίδευση Κ-12... καθώς οι διαφωνίες είναι πολύ αόριστες για τους μαθητές».

2.2.2 Προτεινόμενα χαρακτηριστικά της φύσης των Φ.Ε.

Συνέπεια της διαφωνίας στον ορισμό της φύσης των Φ.Ε. είναι και η διαφωνία για το ποια είναι τα χαρακτηριστικά της. Οι υπάρχουσες προτάσεις έχουν ταξινομηθεί από πλήθος ερευνητών (π.χ. Lederman & Lederman, 2014; McComas, 2015; Matthews, 2012; Erduran & Dagher, 2014; Kampourakis, 2016; vanDijk, 2011; Abd-El-Khalick, 2012) σε δύο κατηγορίες: α) στην «συναινετική άποψη» (“Consensus View”) και β) στην «Προσέγγιση της Οικογενειακής ομοιότητας» (“Family Resemblance Approach”). Στη συνέχεια παρουσιάζονται οι απόψεις αυτές και η κριτική που τους γίνεται.

2.2.2.1. Συναινετική άποψη (“Consensus View”)

Το όνομά της προκύπτει από το γεγονός ότι οι προτάσεις που περιλαμβάνονται σε αυτή έχουν, σύμφωνα με τους δημιουργούς αλλά και τους επικριτές, κοινά σημεία. Έχει χρησιμοποιηθεί ευρέως στην έρευνα (Lederman, Abd-El-Khalick, Bell, & Schwartz, 2002; McComas, 1998; Niaz, 2009; Osborne, Collins, Ratcliffe, Millar, & Duschl, 2003; Clough 2007) και την πρακτική της εκπαίδευσης στις Φ.Ε. (π.χ. NGSS, 2013; Πρόγραμμα Σπουδών Νέας Ζηλανδίας, 2014). Σύμφωνα με αυτήν, υπάρχουν ορισμένες γενικές πτυχές της NOS, οι οποίες μπορούν να διδαχθούν αποτελεσματικά στο πλαίσιο των μαθημάτων Φ.Ε. και περιλαμβάνουν πτυχές της φύσης των επιστημονικών γνώσεων και μεθόδους και διαδικασίες διερεύνησης με τις οποίες παράγεται αυτή η γνώση (επιστημονική έρευνα). Οι κυριότερες από τις προτάσεις της προσέγγισης είναι:

2.2.2.1α' Η πρόταση της ομάδας Lederman

Ο Lederman με την ερευνητική του ομάδα (Abd-El-Khalick et al, 1998; Lederman et al, 2002; Lederman, Antink & Bartos, 2014) πρότειναν τα παρακάτω χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε.:

- (X1)** Η επιστημονική γνώση είναι εμπειρική, καθώς στηρίζεται σε, ή προέρχεται από, εμπειρικά δεδομένα.
- (X2)** Διαφορά ανάμεσα στις παρατηρήσεις και τα συμπεράσματα: Οι παρατηρήσεις είναι περιγραφικές προτάσεις για τα φυσικά φαινόμενα που είναι άμεσα προσβάσιμα στις αισθήσεις (ή τις επεκτάσεις αυτών). Αντίθετα, τα συμπεράσματα είναι δηλώσεις για τα φαινόμενα, οι οποίες δεν είναι άμεσα προσβάσιμες στις αισθήσεις.

- (X3) Απαιτείται η δημιουργική σκέψη και η φαντασία του επιστήμονα: Οι Φ.Ε. εμπεριέχουν την επινόηση των ερμηνειών και αυτό απαιτεί τη δημιουργική σκέψη των επιστημόνων.
- (X4) Υποκειμενικότητα: Οι θεωρητικές δεσμεύσεις των επιστημόνων, οι πεποιθήσεις, η προηγούμενη γνώση, η εκπαίδευση, οι εμπειρίες και οι προσδοκίες τους επηρεάζουν τη δουλειά τους. Οι επιστημονικές παρατηρήσεις και έρευνες πάντα υποκινούνται, καθοδηγούνται και αποκτούν νόημα σε σχέση με τις ερωτήσεις ή τα προβλήματα. Αυτές οι ερωτήσεις ή τα προβλήματα, με τη σειρά τους, προέρχονται καθοδηγούμενα από την οπτική μιας θεωρίας. Τελικά η συζήτηση (ανακοινώσεις σε συνέδρια, δημοσιεύσεις σε περιοδικά κτλ) μεταξύ των επιστημόνων οδηγεί στην αντικειμενικότητα της γνώσης.
- (X5) Αβέβαιη: Η επιστημονική γνώση δεν είναι ποτέ απόλυτη ή σίγουρη, αλλά αβέβαιη και υποκείμενη σε αλλαγές, υπό το φως νέων δεδομένων, μέσω της προόδου της τεχνολογίας ή επανερμηνείας των παλιών.
- (X6) Κοινωνική και πολιτισμική ενσωμάτωση: Οι Φ.Ε. ως ανθρώπινο οικοδόμημα εφαρμόζονται στο πλαίσιο ενός ευρύτερου πολιτισμού και οι επιστήμονες είναι προϊόντα αυτού του πολιτισμού. Οι Φ.Ε., κατά συνέπεια, επηρεάζουν και επηρεάζονται από τα διάφορα στοιχεία και τις διανοητικές σφαίρες (π.χ. κοινωνικές δομές, πολιτικές, οικονομικές συνθήκες, φιλοσοφία, θρησκεία) του πολιτισμού στον οποίο ενσωματώνονται.
- (X7) Διαφορά ανάμεσα στους νόμους και τις θεωρίες: οι νόμοι είναι περιγραφές σχέσεων ανάμεσα σε παρατηρήσιμα φαινόμενα, ενώ οι θεωρίες είναι συμπερασματικές ερμηνείες των παρατηρήσιμων φαινομένων.

Πρόκειται για μία γνωστή λίστα χαρακτηριστικών που έχει χρησιμοποιηθεί σε πολλές έρευνες παγκόσμια, και έχει αποκαλεστεί “The Lederman-7”. Μέλη της ομάδας, σε δικές τους έρευνες έχουν τροποποιήσει ελαφρώς τη λίστα με τα χαρακτηριστικά αυξάνοντάς τα (π.χ. οι Abd-El-Khalick et al, 2008 & 2017), ή περιοριζόμενοι μόνο σε ορισμένα από αυτά (π.χ. Abd-El-Khalick & Akerson, 2004; Akerson & Hanuscin, 2007).

Επειδή ο Lederman και η ομάδα του με τον όρο NOS (πρόσφατα τον αντικατέστησαν με τον όρο NOSK για ακριβέστερη επικοινωνία) εννοούν μόνο χαρακτηριστικά της φύσης της επιστημονικής γνώσης και όχι, όπως στην υπόλοιπη βιβλιογραφία, και πτυχές της επιστημονικής διερεύνησης (βλέπε και παράγραφο 2.2.1) στη συνέχεια παρουσιάζονται και τα χαρακτηριστικά που αποδίδουν στην επιστημονική διερεύνηση, ώστε να έχουμε πλήρη εικόνα και συγκρίσιμη με τις προτάσεις των άλλων ερευνητών. Η κριτική στις απόψεις της ομάδας Lederman (και γενικότερα στη συναινετική άποψη) και η απάντησή τους παρουσιάζεται στην παράγραφο 2.2.2.2.

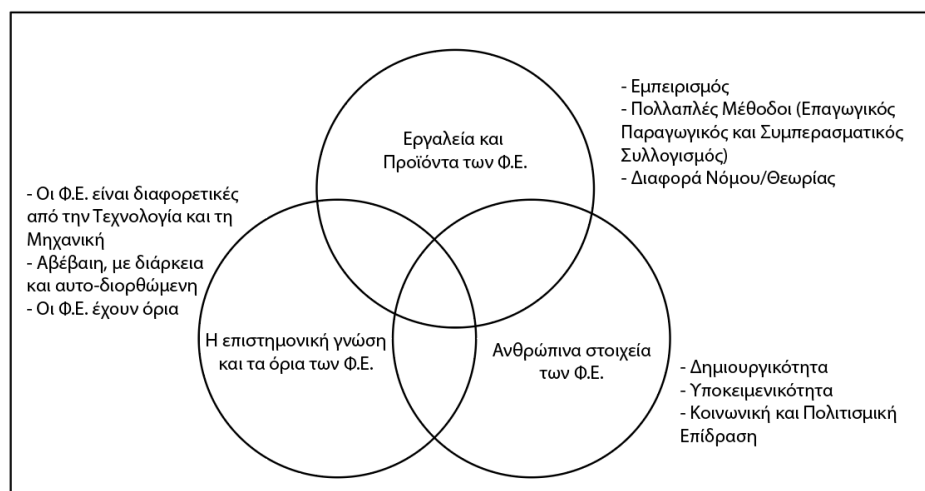
Τα χαρακτηριστικά της επιστημονικής διερεύνησης είναι: α) κάθε έρευνα ξεκινά με μια ερώτηση, η οποία δεν βασίζεται απαραίτητα σε κάποια υπόθεση, β) υπάρχουν πολλές μέθοδοι που χρησιμοποιούνται για τις επιστημονικές έρευνες, γ) οι διερευνήσεις καθορίζονται από το ερευνητικό ερώτημα, δ) όλοι οι επιστήμονες που επαναλαμβάνουν τις ίδιες διαδικασίες ενδέχεται να μην καταλήξουν στα ίδια αποτελέσματα, ε) η διαδικασία που ακολουθείται ενδέχεται να επηρεάσει τα αποτελέσματα, στ) οι ερμηνείες πρέπει να είναι συνεπείς με τα δεδομένα, ζ) υπάρχει διαφορά ανάμεσα στα δεδομένα και τις ενδείξεις και η) οι επιστημονικές ερμηνείες

βασίζονται στα δεδομένα που συλλέχθηκαν και όσα είναι ήδη γνωστά (Lederman et al, 2014b, Schwartz et al, 2008).

2.1.2.1β' Η πρόταση του McComas

Ο McComas (2015), πρότεινε τα παρακάτω χαρακτηριστικά της φύσης των Φ.Ε., ταξινομημένα σε τρεις επιμέρους κατηγορίες (βλέπε Εικόνα 2.1):

- i) Τα εργαλεία και τα προϊόντα των Φυσικών Επιστημών, όπου περιλαμβάνεται ότι α) οι Φυσικές Επιστήμες υποστηρίζονται και βασίζονται στα εμπειρικά δεδομένα, β) υπάρχουν οι πολλαπλές επιστημονικές μέθοδοι (πειράματα, επαγωγικός συλλογισμός, απαγωγικός συλλογισμός, παρατηρήσεις) και γ) διαφοροποιείται ο Νόμος από τη Θεωρία.
- ii) Η επιστημονική γνώση και τα όρια των Φυσικών Επιστημών, όπου περιλαμβάνεται ότι α) οι Φυσικές Επιστήμες είναι διαφορετικές από την Τεχνολογία και τη Μηχανική, β) η επιστημονική γνώση είναι αβέβαιη, έχει διάρκεια και διαρκώς αυτο-διορθώνεται και γ) οι Φυσικές Επιστήμες δεν έχουν απαντήσεις σε όλα τα ερωτήματα.
- iii) Η ανθρώπινη διάσταση των Φυσικών Επιστημών, όπου περιλαμβάνεται ότι α) οι Φυσικές Επιστήμες έχουν μια δημιουργική διάσταση, β) οι παρατηρήσεις, οι ιδέες και τα συμπεράσματα στις Φυσικές Επιστήμες δεν είναι 100% αντικειμενικά, καθώς υπάρχει η υποκειμενικότητα (οι απόψεις καθοδηγούνται από την οπτική μιας θεωρίας), που δημιουργεί διάφορα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα και γ) υπάρχει η κοινωνική και πολιτισμική επίδραση που καθοδηγεί την πρακτική και την κατεύθυνση των Φυσικών Επιστημών.



Εικόνα 2.1: Χαρακτηριστικά της Φύσης της Επιστήμης κατά McComas (2015)

Η παραπάνω πρόταση αποτελεί εξέλιξη αντίστοιχης πρότασης του 1998, που αφορούσε τους μύθους της φύσης των Φ.Ε.. Παρατηρούμε ότι τα προτεινόμενα χαρακτηριστικά είναι παρόμοια με του Lederman, εισάγει επιπλέον την ύπαρξη

πολλαπλών επιστημονικών μεθόδων, θέτει τα όρια των απαντήσεων που δίνουν οι Φ.Ε. και διαφοροποιεί τις Φ.Ε. από την Τεχνολογία και τη Μηχανική³.

2.2.2.1γ' Η πρόταση του Niaz

Ο Niaz (2009, σελ. 33) προτείνει τα εξής χαρακτηριστικά:

1. Η επιστημονική γνώση βασίζεται ισχυρά, αλλά όχι απόλυτα, σε παρατηρήσεις, πειραματικές ενδείξεις, λογικά επιχειρήματα και σκεπτικισμό
2. Οι παρατηρήσεις επηρεάζονται από τη θεωρία (είναι theory-laden)
3. Οι Φ.Ε. είναι αβέβαιες/επιρρεπείς στο λάθος
4. Δεν υπάρχει ένας τρόπος για να «κάνεις Φυσικές Επιστήμες» και συνεπώς δεν υπάρχει καμία παγκόσμια, γραμμένη σαν συνταγή, βήμα προς βήμα επιστημονική μέθοδος
5. Οι νόμοι και οι θεωρίες έχουν διαφορετικούς ρόλους στις Φ.Ε. και συνεπώς οι θεωρίες δεν μετατρέπονται σε νόμους, ακόμα και αν βρεθούν επιπλέον στοιχεία
6. Η επιστημονική πρόοδος χαρακτηρίζεται από τον ανταγωνισμό ανάμεσα σε αντίπαλες θεωρίες
7. Διαφορετικοί επιστήμονες μπορεί να ερμηνεύσουν την ίδια πειραματική ιδέα με περισσότερους του ενός τρόπους
8. Η ανάπτυξη επιστημονικών θεωριών κάποιες φορές βασίζεται σε αντιφατικά θεμέλια.
9. Οι επιστήμονες απαιτείται να κρατάνε αυστηρό αρχείο δεδομένων, να δέχονται αξιολόγηση από συναδέλφους και τα ευρήματα να εμφανίζουν επαναληψιμότητα
10. Οι επιστήμονες είναι δημιουργικοί και συνήθως καταφεύγουν στη φαντασία και τις εικασίες
11. Οι επιστημονικές ιδέες επηρεάζονται από τις κοινωνικές και ιστορικές συνθήκες.

Παρατηρούμε ότι επίσης τα χαρακτηριστικά που προτείνει δεν διαφέρουν ιδιαίτερα από του Lederman και ακόμα λιγότερο από του McComas. Σύμφωνα με την πρόταση του Lederman (Lederman, Antink & Bartos, 2014), τα χαρακτηριστικά 6, 7, 8, και 9 αγγίζουν περισσότερο την επιστημονική διερεύνηση.

2.2.2.1δ' Η πρόταση του Clough

Ο Clough (2007) δεν διαφωνεί με τη λίστα των χαρακτηριστικών, θεωρεί δε ότι θα προωθούσε την απομνημόνευση των χαρακτηριστικών από τους μαθητές, παρά θα συνέβαλε στην κατανόηση της φύσης των Φ.Ε.. Κατά συνέπεια, προτείνει η λίστα με τα χαρακτηριστικά να μετατραπεί σε ερωτήσεις, οι οποίες προκαλούν περισσότερο το ενδιαφέρον για μία σαφή και ουσιαστική κατανόηση της φύσης των Φ. Ε.. Ενδεικτικά αναφέρει τις εξής ερωτήσεις:

1. Με ποια έννοια είναι αβέβαιη η επιστημονική γνώση; Με ποια έννοια αυτή έχει διάρκεια;

³ Το τελευταίο είναι πολύ ενδιαφέρον τα τελευταία χρόνια, με την ανάπτυξη της εκπαίδευσης STEM και τον καινούριο κλάδο “Nature of STEM” που επιχειρείται να αναπτυχθεί θεωρητικά.

2. Σε ποια έκταση η επιστημονική γνώση βασίζεται σε εμπειρικά δεδομένα (βασίζεται ή προκύπτει από παρατηρήσεις του φυσικού κόσμου); Με ποια έννοια είναι πάντα βασισμένη στα εμπειρικά δεδομένα;
3. Σε ποια έκταση είναι οι επιστήμονες ή/και η επιστημονική γνώση υποκειμενικοί/ή; Σε ποια έκταση μπορεί να είναι αντικειμενικοί/ή;
4. Με ποια έννοια είναι η επιστημονική γνώση το προϊόν ανθρώπινων συμπερασμάτων, φαντασίας και δημιουργικότητας; Με ποια έννοια αυτό δεν ισχύει;
5. Σε ποια έκταση είναι η επιστημονική γνώση κοινωνικά και πολιτισμικά ενσωματωμένη; Με ποια έννοια υπερβαίνει την κοινωνία και τον πολιτισμό;
6. Με ποια έννοια εφευρίσκεται η επιστημονική γνώση; Με ποια έννοια ανακαλύπτεται;
7. Πώς η ιδέα της μίας επιστημονικής μεθόδου αλλοιώνει το πώς πραγματικά λειτουργούν οι Φυσικές Επιστήμες; Πώς περιγράφεται με ακρίβεια μια προοπτική του πώς λειτουργούν οι Φυσικές Επιστήμες;
8. Με ποια έννοια οι επιστημονικοί νόμοι και οι θεωρίες είναι διαφορετικό είδος γνώσης; Με ποια έννοια σχετίζονται;
9. Πώς είναι ίδιες οι παρατηρήσεις και τα συμπεράσματα; Με ποια έννοια αυτά διαφοροποιούνται;
10. Πώς η ιδιωτική πτυχή των Φυσικών Επιστημών διαφέρει από τη δημόσια πτυχή τους;

Παρατηρούμε ότι τα χαρακτηριστικά που αναδεικνύονται από τις ερωτήσεις είναι παρόμοια με των προηγούμενων. Αυτό που βλέπουμε πρώτη φορά έχει να κάνει με την «ανακάλυψη» και την «εφεύρεση» της επιστημονικής γνώσης, το οποίο υπάρχει και μέσα στα χαρακτηριστικά των προηγούμενων, αλλά δεν δηλώνεται ρητά. Η «ανακάλυψη» και η «εφεύρεση» της επιστημονικής γνώσης θα μπορούσαν να συνδεθούν με την εμπειρία και τη δημιουργικότητα αντίστοιχα.

Με την παρουσίαση των χαρακτηριστικών της φύσης των Φ.Ε. με τη μορφή ερωτήσεων, δημιουργούνται ευκαιρίες για «μεγαλύτερη ανάδειξη του πλαισίου, της εννοιολογικής κατανόησης, τις διάφορες φιλοσοφικές θέσεις και της πολυπλοκότητας που χαρακτηρίζουν τις Φυσικές Επιστήμες» (Clough, 2017). Παράλληλα, θεωρώντας απαραίτητη την αξιολόγηση στα χαρακτηριστικά των Φ.Ε. (όπως και οι υπόλοιποι) προτείνει την προσαρμογή των αρχικών ερωτήσεων για την αξιολόγηση της γνώσης της φύσης των Φ.Ε..

2.2.2.1ε' Η πρόταση των Osborne, Collins, Ratcliffe, Millar, & Duschl

Προσπαθώντας να απαντήσουν στην ερώτηση για το ποια είναι τα χαρακτηριστικά της φύσης των Φ.Ε. που αξίζει να μάθουν οι μαθητές, οι Osborne et al (2003), διεξήγαγαν μία έρευνα, στην οποία συμμετείχαν 23 εμπειρογνώμονες από διαφορετικά πεδία όπως ιστορικοί, φιλόσοφοι και κοινωνιολόγοι των Φ.Ε., ειδικοί της διδακτικής των Φ.Ε., εξιδεικευμένοι εκπαιδευτικοί των Φ.Ε., και ειδικοί που ασχολούνται με τη βελτίωση της κατανόησης των Φ.Ε. από το κοινό. Οι 9 θεματικές ενότητες που οι ερωτώμενοι επέλεξαν ως σημαντικές για συμπερίληψη στη βασική εκπαίδευση στις Φ.Ε. αφορούν:

1. οι Φ.Ε. και η βεβαιότητα
2. η ανάλυση και η ερμηνεία των δεδομένων
3. η επιστημονική μέθοδος και ο κριτικός έλεγχος

4. υποθέσεις και προβλέψεις
5. δημιουργικότητα & τα ερωτήματα των Φ.Ε.
6. συμμετοχή και συνεργασία στην ανάπτυξη της επιστημονικής γνώσης
7. Φ.Ε. και τεχνολογία
8. ιστορική ανάπτυξη της επιστημονικής γνώσης
9. ποικιλομορφία στην επιστημονική σκέψη

Από τις θεματικές ενότητες οι τέσσερις (2, 3, 4 και 9) ανήκουν στην «ομπρέλα» των μεθόδων των Φ.Ε., οι δύο (1 και 5) στη φύση της γνώσης των Φ.Ε. και μια (6) βρίσκεται στις κοινωνικές πρακτικές των Φ.Ε..

2.2.2.1στ' Ομοιότητες και διαφορές μεταξύ των διαφόρων προτάσεων της συναινετικής άποψης

i) Ομοιότητες

Οι ίδιοι οι ερευνητές συμφωνούν ότι οι προτάσεις τους μοιάζουν σε πολλά σημεία. Από αυτό εξάλλου προήλθε η ονομασία «συναινετική άποψη» (“Consensus View”). Στον Πίνακα 2.1 παρουσιάζονται τα κοινά χαρακτηριστικά των προτάσεων που συμπεριλάβαμε (Kampourakis, 2016; Erduran and Dagher 2014, p. 3-9). Η κριτική στην συναινετική άποψη και οι απαντήσεις σε αυτήν παρουσιάζονται στην παράγραφο 2.2.2.2.

ii) Διαφορές

Η κυριότερη διαφορά μεταξύ των προτάσεων της συναινετικής άποψης είναι ότι μόνο ο Lederman και η ομάδα του δεν περιλαμβάνουν στην πρότασή τους το χαρακτηριστικό ότι «δεν υπάρχει μία επιστημονική μέθοδος» το οποίο, με διαφορετικές γλωσσικές εκφράσεις, περιλαμβάνουν οι υπόλοιπες τέσσερις. Όμως, τόσο αυτό, όπως και άλλα χαρακτηριστικά που περιλαμβάνουν οι υπόλοιπες προτάσεις της συναινετικής άποψης (π.χ. οι θεματικές ενότητες 2, 3, 4 και 9 των Osborne et al (2003) αποτελεί για τον Lederman χαρακτηριστικό της επιστημονικής διερεύνησης.

1. Lederman, 2014	2. McComas, 2015	3. Niaz, 2009	4. Clough, 2007 (θεματικές ερωτήσεων)	5. Osborne et al, 2003 (θεματικές)
(X1) Η γνώση βασίζεται στην εμπειρία	Οι Φ.Ε. βασίζονται στα εμπειρικά δεδομένα	Η επιστημονική γνώση βασίζεται ισχυρά, αλλά όχι απόλυτα, σε παρατηρήσεις, πειραματικές ενδείξεις, λογικά επιχειρήματα και σκεπτικισμό	Σε ποια έκταση η επιστημονική γνώση βασίζεται ή προκύπτει από παρατηρήσεις του φυσικού κόσμου; Με ποια έννοια είναι πάντα βασισμένη στα εμπειρικά δεδομένα;	
(X2) Τα συμπεράσματα, διαφέρουν από τις παρατηρήσεις			Πώς είναι ίδιες οι παρατηρήσεις και τα συμπεράσματα; Με ποια έννοια αυτά διαφοροποιούνται;	
(X3) Οι επιστήμονες χρησιμοποιούν φαντασία και δημιουργικότητα σε όλα τα στάδια της έρευνας	Οι Φ.Ε. έχουν μια δημιουργική διάσταση	Οι επιστήμονες είναι δημιουργικοί και συνήθως καταφεύγουν στη φαντασία και τις εικασίες	Με ποια έννοια είναι η επιστημονική γνώση το προϊόν ανθρώπινων συμπερασμάτων, φαντασίας / δημιουργικότητας; Με ποια έννοια αυτό δεν ισχύει;	Δημιουργικότητα
(X4) Παρόλο που στόχος είναι η αντικειμενικότητα, η υποκειμενικότητα είναι αναπόφευκτη	Οι παρατηρήσεις, ιδέες και συμπεράσματα δεν είναι 100% αντικειμενικά, γιατί επηρεάζονται από τη θεωρία	Οι παρατηρήσεις επηρεάζονται από τη θεωρία	Σε ποια έκταση είναι οι επιστήμονες ή η επιστημονική γνώση υποκειμενικοί/ή; Σε ποια έκταση μπορεί να είναι αντικειμενικοί/ή;	
(X5) Η επιστημονική γνώση μπορεί να αλλάξει υπό το φως νέων δεδομένων	Η επιστημονική γνώση είναι αβέβαιη, έχει διάρκεια και διαρκώς αυτοδιορθώνεται	Οι Φ.Ε. είναι αβέβαιες / υποκείμενες σε λάθη	Με ποια έννοια είναι αβέβαιη η επιστημονική γνώση; Με ποια έννοια αυτή έχει διάρκεια;	Φ.Ε. και βεβαιότητα
(X6) Η επιστημονική γνώση επηρεάζει και επηρεάζεται από τις κοινωνικές συνθήκες	Κοινωνική και πολιτισμική επίδραση που καθοδηγεί την πρακτική και κατεύθυνση των Φ.Ε.	Οι επιστημονικές ιδέες επηρεάζονται από τις κοινωνικές και ιστορικές συνθήκες	Σε ποια έκταση η επιστημονική γνώση είναι/δεν είναι κοινωνικά και πολιτισμικά ενσωματωμένη;	
(X7) Οι θεωρίες και οι νόμοι είναι διαφορετικό είδος γνώσης	Διαφοροποίηση Θεωρίας – Νόμου	Οι νόμοι και οι θεωρίες έχουν διαφορετικούς ρόλους στις Φ.Ε. και συνεπώς οι θεωρίες δεν μετατρέπονται σε νόμους	Με ποια έννοια οι επιστημονικοί νόμοι και οι θεωρίες είναι διαφορετικό είδος γνώσης; Με ποια έννοια σχετίζονται.	

Πίνακας 2.1: Κοινά χαρακτηριστικά της φύσης των Φυσικών Επιστημών στη συναινετική άποψη

2.2.2.2. Κριτική στη «συναινετική άποψη»

Οι κριτικές που έχουν γίνει στη «συναινετική άποψη» (αφορούν κυρίως την πρόταση της ομάδας Lederman – ίσως γιατί έχει τη μεγαλύτερη επιρροή στον τομέα με παγκόσμια επίδραση τόσο σε ερευνητές του χώρου όσο και προγράμματα σπουδών) μπορούν να ταξινομηθούν στις εξής κατηγορίες:

α) Οι διάφοροι κλάδοι των Φ.Ε. έχουν τα δικά τους ιδιαίτερα χαρακτηριστικά

Η πιο διαδεδομένη κριτική στη «συναινετική άποψη» σχετίζεται με το ότι οι διάφοροι κλάδοι των Φ.Ε. έχουν ιδιαίτερα χαρακτηριστικά (π.χ. Wong & Hodson, 2009 & 2010; Schizas et al, 2016; van Dijk, 2011; Irzik & Nola, 2011 & 2014; Erduran & Dagher, 2014; Allchin, 2011; Duschl & Grandy, 2013) και άρα δεν καλύπτονται από το σύντομο κατάλογο των χαρακτηριστικών που αναφέρονται στη «συναινετική άποψη». Οι παραπάνω ερευνητές θεωρούν ότι οι διαφορές ανάμεσα στους κλάδους των Φ.Ε., σε σχέση με τα εν γένει αποδεκτά χαρακτηριστικά της φύσης των Φ.Ε., θα έπρεπε να ενσωματώνονται στο μάθημα, ώστε να κατανοήσουν καλύτερα οι μαθητές πώς λειτουργεί η σύγχρονη επιστήμη. Για παράδειγμα, οι Θεωρητικοί Φυσικοί χρησιμοποιούν μόνο υπολογιστικά μοντέλα, οι Παρατηρησιακοί Αστρονόμοι δεν μπορούν να κάνουν πειράματα. Για τις Φυσικές Επιστήμες που διδάσκονται στο σχολείο αναφέρεται το παράδειγμα της διαφορετικής φύσης (διαφορετικός τρόπος ανάπτυξης) της Νευτώνειας Φυσικής και της Δαρβίνειας Εξέλιξης (Schizas et al, 2016).

β) Ο κατάλογος με τα χαρακτηριστικά είναι λανθασμένος, περιορισμένος, ή μπορεί να οδηγήσει σε παρανοήσεις

Ο κατάλογος είναι λανθασμένος ή περιορισμένος:

Πέρα από τις αντιρρήσεις για περιορισμό του καταλόγου λόγω του ότι περιλαμβάνει γενικές πτυχές της φύσης των Φ.Ε. και όχι ιδιαίτερα χαρακτηριστικά κάθε κλάδου των Φ.Ε. (βλέπε α' της ίδιας παραγράφου) υπάρχουν κριτικές που αφορούν το «περιορισμένος». Οι Irzik & Nola (2011) θεωρούν ότι ο κατάλογος των χαρακτηριστικών «*απεικονίζει μια πολύ στενή εικόνα της επιστήμης. Για παράδειγμα, δεν γίνεται αναφορά στους σκοπούς της επιστήμης ή στους μεθοδολογικούς κανόνες της*». Προτείνουν την προσέγγιση της οικογενειακής ομοιότητας (βλέπε παράγραφο 2.2.2.3) η οποία περιλαμβάνει πολύ περισσότερα χαρακτηριστικά.

Ο Matthews (2012; 2015, σελ. 138) θεωρεί ότι η ύπαρξη ενός καταλόγου είναι «*άμεσα αντιθετική στους ίδιους τους στόχους της στοχαστικής και της κριτικής σκέψης που οι περισσότεροι λαμβάνουν υπόψη ως τον λόγο για την ύπαρξη του NOS στο πρόγραμμα σπουδών*». Για τον Matthews, εκπαιδευτικοί και μαθητές θα έπρεπε να διαβάζουν, να αναλύουν και να φτάνουν στις δικές τους απόψεις για θέματα της φύσης των Φ.Ε., κάτι στο οποίο ο κατάλογος τους περιορίζει. Ως λύση, προτείνει μια αλλαγή στην ορολογία και την εστίαση της έρευνας από τον επιστημολογικά εστιασμένο όρο «*φύση των Φυσικών Επιστημών*» σε έναν πιο χαλαρό, συναφή και ετερογενή όρο «*χαρακτηριστικά γνωρίσματα των Φυσικών Επιστημών*» (features of Science)⁴,

⁴ Ο Lederman χρησιμοποιεί τον όρο aspects of nature of science, ο οποίος επακριβώς μεταφράζεται ως «*πτυχές της φύσης των Φ.Ε.*». Μεταφράζουμε τον όρο ως «*χαρακτηριστικά της φύσης των Φ.Ε.*», ακολουθώντας προηγούμενη δουλειά πάνω στη φύση των Φ.Ε. που έχει μεταφραστεί στα ελληνικά (π.χ. Φύση των Επιστημών – Διδακτικές Προσεγγίσεις, Child Services, 2008).

προκειμένου να αποφευχθούν επιστημολογικές και εκπαιδευτικές παγίδες. Σε αυτή την περίπτωση τα 7 προτεινόμενα από τον Lederman χαρακτηριστικά θα μπορούσαν να παραμείνουν, και επιπλέον ο Matthews προτείνει να προστεθούν τα: 8) πειραματισμός, 9) εξιδανίκευση, 10) μοντελοποίηση, 11) αξίες και κοινωνικο-επιστημονικά ζητήματα, 12) μαθηματοποίηση, 13) τεχνολογία, 14) ερμηνεία, 15) κοσμοθεωρία και θρησκεία, 16) επιλογή θεωρίας και ορθολογισμός, 17) φεμινισμός, 18) ρεαλισμός και εποικοδομισμός. Υποστηρίζει ότι δεν είναι δυνατόν να διδάσκεται η φύση των Φ.Ε. χωρίς παράλληλα τη διδασκαλία της ιστορίας (σε πρώτο πλάνο) και της φιλοσοφίας των Φ.Ε. Θέτει όμως όριο ότι δεν υπάρχει λόγος να κατακλύζονται οι μαθητές με αιχμηρές φιλοσοφικές ερωτήσεις (2012; 2015, σελ. 138).

Ο Allchin (2011) θεωρεί ότι η έννοια της φύσης των Φ.Ε., δεν μπορεί να εκφραστεί ακριβώς με μια λίστα χαρακτηριστικών. Έτσι, ορίζει ένα νέο πλαίσιο, που το ονομάζει «ολότητα των Φ.Ε.» (Whole Science), το οποίο περιλαμβάνει όλες τις διαστάσεις της αξιοπιστίας της επιστημονικής πρακτικής. Οι διαστάσεις σκιαγραφούν το πώς λειτουργεί η επιστήμη (how science works) - ή ορισμένες φορές δεν λειτουργεί, και για ποιο λόγο. Η έννοια των διαστάσεων βοηθά στην ενοποίηση περίπλοκων αντιφάσεων στις διαδεδομένες απόψεις για τη φύση των Φ.Ε.. Έτσι, έχει εισάγει 10 διαστάσεις, κάθε μία από τις οποίες έχει υποκατηγορίες. Οι 10 διαστάσεις είναι: 1) οι παρατηρήσεις και οι συλλογισμοί, 2) οι μέθοδοι έρευνας, 3) η ιστορία και η δημιουργικότητα, 4) το ανθρώπινο πλαίσιο, 5) η κουλτούρα, 6) οι κοινωνικές αλληλεπιδράσεις ανάμεσα στους επιστήμονες, 7) οι γνωστικές διαδικασίες, 8) τα οικονομικά και η χρηματοδότηση, 9) οι πειραματικές πρακτικές και η χρήση οργάνων και 10) η επικοινωνία και η διάδοση της γνώσης. Τα παραπάνω τα συνδέει με τη διδασκαλία σύγχρονων κοινωνικο-επιστημονικών θεμάτων (π.χ. κλιματική αλλαγή, αυτισμός και εμβόλια, μαστογραφία) σε αυθεντικά περιβάλλοντα μάθησης. Μέσα στις διαστάσεις που προτείνει υπάρχουν χαρακτηριστικά της επιστημονικής διερεύνησης (π.χ. μέθοδοι έρευνας) αλλά και οι διαδικασίες διερεύνησης (π.χ. πειραματικές πρακτικές).

Από την van Dijk (2011) και τον Hodson (2014) σημειώνεται ότι πολλά από τα χαρακτηριστικά της φύσης των Φ.Ε. δεν είναι πραγματικά χαρακτηριστικά των Φ.Ε, καθώς μπορεί επίσης να χαρακτηρίζουν άλλες ανθρώπινες προσπάθειες μιας και όλες οι ανθρώπινες γνώσεις είναι προσωρινές και όλες οι μορφές παραγωγής γνώσης είναι δημιουργικές. Επομένως, αυτά τα χαρακτηριστικά ισχύουν για την επιστήμη, αλλά δεν την διαφοροποιούν από πολλές άλλες ανθρώπινες δραστηριότητες.

Ο κατάλογος μπορεί να οδηγήσει σε παρανοήσεις:

Ο Matthews (2012; 2015) θεωρεί ότι τα επτά χαρακτηριστικά του καταλόγου του Lederman άπτονται επτά θεμάτων σημαντικής φιλοσοφικής λεπτότητας, πίσω από τα οποία υπάρχουν μακρές παραδόσεις συζήτησης, και απαιτείται σαφώς να βελτιωθούν και να αναπτυχθούν φιλοσοφικά και ιστορικά, ώστε να αρθεί η αμφισημία που εκτιμά ότι υπάρχει σε κρίσιμα σημεία και μετριάξει τη χρησιμότητα του καταλόγου ως στόχο διδακτέας ύλης, κριτήριο αξιολόγησης και ως στόχο μαθημάτων εκπαίδευσης εκπαιδευτικών Φ.Ε.. Έτσι, θεωρώντας ότι «ο διάβολος βρίσκεται στη λεπτομέρεια» π.χ. για το εμπειρικό (X1) χαρακτηριστικό, θεωρεί ότι η σοβαρή φιλοσοφική συζήτηση δεν είναι η πραγματικότητα του κόσμου, αλλά η πραγματικότητα των επεξηγηματικών οντοτήτων που προτείνονται στις επιστημονικές θεωρίες. Για παράδειγμα, ιστορικά οι κρυσταλλικές σφαίρες ήταν ένας πραγματικός υφιστάμενος μηχανισμός που κρατούσε

τους πλανήτες στις κανονικές κυκλικές τροχιές τους, ο ηλιοκεντρισμός προτάθηκε από τους ιεροεξεταστές στον Γαλιλαίο ως κάτι απλά χρήσιμο για αστρονομικούς υπολογισμούς, αλλά δεν ήταν στην πραγματικότητα το πώς ήταν διευθετημένο το ηλιακό σύστημα κ.ά. Αυτή η συζήτηση για την πραγματικότητα ή όχι οντοτήτων που εισάγονται στις επιστημονικές θεωρίες θα μπορούσε να βελτιώσει τη συζήτηση για το εμπειρικό (X1) χαρακτηριστικό.

Ο Galili (2019) υποστηρίζει μεν ότι η λίστα του Lederman είναι σωστή, αλλά πιστεύει ότι πρέπει να ενισχυθεί, γιατί κινδυνεύουν να γίνουν πολλές παρανοήσεις κατά την ερμηνεία της. Στα επιχειρήματά του αναφέρει παραδείγματα από την Ιστορία της Φυσικής. Για παράδειγμα: για το υποκειμενικό χαρακτηριστικό τονίζει ότι οι Φ.Ε είναι τελικά αντικειμενικές ως σύνολο γνώσεων: μπορεί τα αποτελέσματα που προκύπτουν από μία έρευνα να ερμηνεύονται διαφορετικά από τους ερευνητές, αλλά ο στόχος της αντικειμενικότητας και της επικύρωσης της γνώσης είναι ο λόγος της επαναληψιμότητας των πειραμάτων. Η δημιουργικότητα αναπτύσσεται κυρίως κατά τη δημιουργία καινούριας γνώσης, η κοινωνική ενσωμάτωση δεν αλλάζει το περιεχόμενο των νόμων και θεωριών (π.χ. η εξίσωση $E=mc^2$ θα ήταν η ίδια, όποτε και αν αναπτυσσόταν), ενώ για την αβέβαιη φύση της επιστημονικής γνώσης, παρόλη την διαψευσιμότητα που προτείνει ο Popper, η πειραματική απόδειξη των επιστημονικών ισχυρισμών στοχεύει στην επικύρωσή τους υπό καθορισμένες συνθήκες. Εξάλλου, κανένα βραβείο Nobel δεν ακυρώθηκε διότι η γνώση διαψεύστηκε. Απεναντίας, υπάρχουν θεωρίες που άργησαν πολλά χρόνια να βραβευτούν, μέχρι να αποδειχθεί πειραματικά η ισχύς τους.

γ) Ο κατάλογος με τα χαρακτηριστικά μπορεί να οδηγήσει σε απομνημόνευση:

Ο Matthews (2012) υποστηρίζει ότι ο κατάλογος με τα 7 χαρακτηριστικά, παρόλη την καλή πρόθεση των δημιουργών της, λειτουργεί ως «ένα μάντρα⁵, έναν κατηχισμό, ως κάτι για να απομνημονευθεί», εν ολίγοις ότι δίνει απλά μια δηλωτική γνώση. Ο Allchin (2011) θεωρεί τον κατάλογο ελλιπή, αν ο άμεσος στόχος είναι ο επιστημονικός αλφαριθμητισμός και όχι η απομνημόνευση ενός καταλόγου. Αυτή η δυνατότητα να μη γίνει ουσιαστική εκπαίδευση αλλά απλά οι μαθητές να απομνημονεύσουν έναν κατάλογο χαρακτηριστικών εντοπίζεται και από άλλους ερευνητές (Irzik & Nola, 2011; Clough, 2007; van Dijk, 2011)

δ) απουσιάζουν ή δίνονται υποβαθμισμένα τα χαρακτηριστικά της επιστημονικής διερεύνησης

Ο Hodson (2014) σημειώνει ότι η προσέγγιση της συναινετικής άποψης φαίνεται να δίνει έμφαση στις επιστημολογικές πτυχές και στη φύση της επιστημονικής γνώσης και μάλλον να αγνοεί την επιστημονική διερεύνηση. Από τους Irzik & Nola (2011) σημειώνεται ότι τα περισσότερα από τα στοιχεία της λίστας αναφέρονται σε επιστημονικές γνώσεις, και η επιστημονική έρευνα, με την οποία παράγεται η επιστημονική γνώση, παραλείπεται και απλά αναφέρεται «ότι δεν υπάρχει μία μέθοδος για την επιστήμη». Τον αποκλεισμό της επιστημονικής έρευνας από τη φύση των Φ.Ε. τον θεωρούν σημαντικό. Στην ίδια κατηγορία κριτικών εντάσσουμε και τους

⁵ μια ιερή έκφραση, ένας μυστηριακός ήχος, μια συλλαβή, λέξη, ή ομάδα λέξεων στα σανσκριτικά που θεωρείται από τους πιστούς πως έχει ψυχολογικές ή/και πνευματικές δυνάμεις.

ισχυρισμούς των Duschl & Grandy (2013), ότι δεν είναι χρήσιμο, ή ακόμη και ότι είναι ανακριβές, να γίνεται διάκριση μεταξύ της φύσης των Φ.Ε. και της επιστημονικής διερεύνησης.

2.2.2.3 Η προσέγγιση της οικογενειακής ομοιότητας (Family Resemblance Approach)

Οι Irzik και Nola (2011) θεωρούν ότι η προσέγγιση της συναινετικής άποψης, που περιλαμβάνει μόνο γενικές πτυχές της φύσης των Φ.Ε. έχει αδυναμίες επειδή απεικονίζει μια στενή εικόνα της επιστήμης και είναι τυφλή για τις διαφορές μεταξύ επιστημονικών περιοχών. Από την άλλη όμως μεριά, οι Φ.Ε. είναι τόσο πλούσιες και οι επιστημονικοί κλάδοι τόσο ποικίλοι που δεν φαίνεται να υπάρχει ένα σύνολο χαρακτηριστικών κοινό σε όλους. Θεωρούν, όμως, ότι μπορεί να υπάρξει μια πρόταση που να εξηγεί την ενότητα των Φ.Ε. παρά την ποικιλομορφία τους και να χρησιμοποιηθεί για τη διδασκαλία της φύσης των Φ.Ε.

Η προοπτική αυτή για τη διδασκαλία της φύσης των Φ.Ε. εμπνέεται από την έννοια της οικογενειακής ομοιότητας του Wittgenstein. Η βασική ιδέα ενός ορισμού οικογενειακής ομοιότητας έγκειται στο γεγονός ότι τα μέλη μιας οικογένειας μπορούν να μοιάζουν το ένα με το άλλο σε ορισμένες απόψεις αλλά όχι σε άλλες.

«Εξετάστε ένα σύνολο τεσσάρων χαρακτηριστικών $\{A, B, C, D\}$. Τότε θα μπορούσαμε να φανταστούμε τέσσερα μεμονωμένα αντικείμενα που μοιράζονται τρία από αυτά τα χαρακτηριστικά, όπως $(A \& B \& C)$ ή $(B \& C \& D)$ ή $(A \& B \& D)$ ή $(A \& C \& D)$. Δηλαδή, οι διάφορες οικογενειακές ομοιότητες αντιπροσωπεύονται ως τέσσερις ποικιλίες των συνδέσεων τριών ιδιοτήτων που επιλέγονται από το αρχικό σύνολο χαρακτηριστικών. Αυτό το παράδειγμα του μοντέλου οικογενειακής ομοιότητας μπορεί να γενικευθεί ως εξής. Σκεφτείτε οποιοδήποτε σύνολο χαρακτηριστικών S . Τότε οποιοδήποτε άτομο είναι μέλος της οικογένειας εάν και μόνο εάν έχει όλα τα n χαρακτηριστικά του S ή οποιαδήποτε $(n - 1)$ σύνδεση των χαρακτηριστικών του S ή οποιαδήποτε $(n - 2)$ σύνδεση των χαρακτηριστικών του S , ή οποιαδήποτε $(n - 3)$ σύνδεση των χαρακτηριστικών του S , και ούτω καθεξής. Πόσο μεγάλο μπορεί να είναι και πόσο μικρό $(n - x)$ μπορεί να είναι κάτι που μπορεί να μείνει ανοιχτό, όπως είναι η ιδέα μιας οικογενειακής ομοιότητας που δεν θέλει να επιβάλει αυθαίρετα όρια και το αφήνει σε μια "κατά περίπτωση έρευνα"» (Irzik and Nola 2011).

Στη λογική της «οικογενειακής ομοιότητας», οι Irzik & Nola (2011) έδειξαν ότι υπάρχει μια σειρά από ομοιότητες και διαφορές μεταξύ επιστημονικών κλάδων που μπορούν να ταξινομηθούν με συστηματικό τρόπο ως προς τις ακόλουθες κατηγορίες, οι οποίες δίνουν μια δομική περιγραφή της φύσης των Φ.Ε.: 1) δραστηριότητες (activities), 2) σκοπούς και αξίες (aims and values), 3) μεθοδολογίες και κανόνες μεθοδολογίας (methodologies and methodological rules) και 4) προϊόντα (products).

Στις δραστηριότητες εντάσσονται: η παρατήρηση με τις ειδικές δεξιότητες που απαιτούνται, η συλλογή και ταξινόμηση στοιχείων, η βαθμονόμηση οργάνων, ο σχεδιασμός και η διεξαγωγή πειραμάτων, η διατύπωση ερωτήσεων και προβλημάτων και η προσπάθεια επίλυσης αυτών, ο σχηματισμός νέων εννοιών, η διατύπωση υποθέσεων, θεωριών ή μοντέλων για την επίλυση προβλημάτων, η χρήση μαθηματικών πρακτικών. Στους σκοπούς (που διευκρινίζεται ότι είναι γνωστικοί) και τις αξίες

περιλαμβάνονται: οι προβλέψεις, η παροχή ερμηνειών, η συνοχή, η απλότητα, η παραγωγικότητα, η βιωσιμότητα, η συμφωνία, οι δοκιμές, η εμπειρική αρτιότητα. Παραδείγματα μεθοδολογιών είναι ο παραγωγικός, ο επαγωγικός και ο απαγωγικός συλλογισμός, οι επαγωγικές-στατιστικές μέθοδοι και η υποθετικο-παραγωγική μέθοδος, που οδηγεί σε προβλέψεις. Παραδείγματα από μεθοδολογικούς κανόνες αποτελούν: η επινόηση υποθέσεων/θεωριών/μοντέλων που είναι ισχυρά ελέγξιμη, η αποφυγή ad-hoc αναθεωρήσεων σε θεωρίες, η αποδοχή μιας θεωρίας μόνο αν δύναται να ερμηνεύσει όλα όσα μπορούσαν οι προηγούμενες, η χρήση ελεγχόμενων πειραμάτων για τη δοκιμή υποθέσεων, κα. (Irzik & Nola, 2011, σελ 599). Ως «προϊόντα» ορίζονται τα αποτελέσματα που προκύπτουν από επιστημονικές δραστηριότητες που επιτυγχάνουν τους σκοπούς τους, χρησιμοποιώντας τις προηγούμενες μεθόδους και μεθοδολογικούς κανόνες. Αυτά περιλαμβάνουν υποθέσεις, νόμους, θεωρίες και μοντέλα, καθώς και μια συλλογή παρατηρησιακών αναφορών ή πειραματικών δεδομένων.

Πέρα από τις παρατηρήσεις και τα συμπεράσματα που είναι κοινά σε όλους τους κλάδους των Φ.Ε., τα υπόλοιπα χαρακτηριστικά διαφοροποιούνται ανάμεσα σε αυτούς. Σε επόμενο άρθρο τους, οι Irzik & Nola (2014) προσθέτουν άλλες 4 κατηγορίες, που σχετίζονται με τις Φυσικές Επιστήμες στον κοινωνικό και θεσμικό τους ρόλο. Αυτές είναι 5) οι επαγγελματικές δραστηριότητες, 6) το επιστημονικό ήθος, 7) η επικύρωση και διάδοση της επιστημονικής γνώσης στην κοινωνία και 8) οι κοινωνικές αξίες των Φ.Ε.. Στις επαγγελματικές δραστηριότητες εντάσσεται η συμμετοχή σε ακαδημαϊκές συναντήσεις, η παρουσίαση και δημοσίευση των ευρημάτων των επιστημόνων, η διόρθωση χειρογράφων και προτάσεων επιχορήγησης, η συγγραφή ερευνητικών εργασιών (projects) και η αναζήτηση χρηματοδότησης, η βοηθητική εργασία τόσο στο δημόσιο όσο και στον ιδιωτικό τομέα, η ενημέρωση του κοινού για ζητήματα κοινού ενδιαφέροντος. Με τον όρο «επιστημονικό ήθος» ή «ήθος των Φ.Ε.», όρο που εισήχθη από τον Merton, αναφέρονται συγκεκριμένες στάσεις που αναμένεται να υιοθετήσουν οι επιστήμονες στην αλληλεπίδραση με τους συναδέλφους τους και κατά τη διάρκεια διεξαγωγής των επιστημονικών τους δραστηριοτήτων. Αυτές θα μπορούσαν να περιλαμβάνουν: την πνευματική ακεραιότητα, το σεβασμό προς τα αντικείμενα της έρευνας (π.χ. ζώα), το σεβασμό στο περιβάλλον, την ελευθερία του επιστήμονα στη διεξαγωγή της έρευνάς του και η ανοιχτή στάση προς την κριτική και το διαμοίρασμα των δεδομένων. Στην επικύρωση της επιστημονικής έρευνας και τη διάδοσή της εντάσσεται η επισκόπηση των άρθρων από συναδέλφους, η δημοσίευσή τους αλλά και ο εξονυχιστικός έλεγχος αυτών. Τέλος, στις κοινωνικές αξίες των Φ.Ε. εντάσσονται η ελευθερία της έρευνας, με ταυτόχρονο σεβασμό προς το περιβάλλον, η χρηστικότητα των Φ.Ε. και η «υπόσχεση» για τη βελτίωση της ζωής της ανθρωπότητας.

Στο πλήρες μοντέλο τους: Οι Φ.Ε. ως γνωστικό-επιστημολογικό σύστημα περιλαμβάνουν διαδικασίες διερεύνησης, στόχους και αξίες, μεθόδους και μεθοδολογικούς κανόνες και επιστημονικές γνώσεις, ενώ ως κοινωνικό-θεσμικό σύστημα περιλαμβάνει επαγγελματικές δραστηριότητες, επιστημονικό ήθος, κοινωνική πιστοποίηση και διάδοση επιστημονικών γνώσεων και κοινωνικές αξίες.

Σύμφωνα με τις Erduran & Dagher (2014), που επέκτειναν την προσέγγιση της οικογενειακής ομοιότητας των Irzik & Nola, ένα από τα πιο ενδιαφέροντα χαρακτηριστικά της είναι η ικανότητά της να συνδέει τις επιστημολογικές, γνωστικές

και κοινωνικές πτυχές των Φ.Ε. με έναν συνολικό, ευέλικτο, περιγραφικό και μη-συνταγογραφημένο τρόπο. Στην Εικόνα 2.2 παρουσιάζεται μια σχηματική αναπαράσταση της προσέγγισης οικογενειακής ομοιότητας των Irzik & Nola (2011, 2014), όπως την επέκτειναν οι Erduran & Dagher (2014). Οι Φυσικές Επιστήμες ως γνωστικό-επιστημολογικό σύστημα καταλαμβάνει ένα χώρο χωρισμένο σε τέσσερα τεταρτημόρια. Τα τεταρτημόρια περιέχουν τις τέσσερις αρχικές κατηγορίες των Irzik & Nola (2011), όπου όμως οι όροι «δραστηριότητες» (η «επιστημονικές διαδικασίες» όπως τις μετανόμασαν το 2014) και «προϊόντα» που χρησιμοποιούσαν οι Irzik & Nola αντικαταστάθηκαν από τους όρους «πρακτικές» και «γνώση», θεωρούμενοι ως καταλληλότεροι για το σχολικό πλαίσιο. Αυτός ο κύκλος περικλείεται από ένα μεγαλύτερο ομόκεντρο κύκλο, που επίσης χωρίζεται σε τέσσερα τεταρτημόρια, περιλαμβάνοντας την επέκταση των Irzik & Nola (2014), που αφορούν τα τέσσερα συστατικά των Φ.Ε., ως κοινωνικό - θεσμικό σύστημα. Τα όρια ανάμεσα στους δύο κύκλους είναι «πορώδη», επιτρέποντας τις ρευστές κινήσεις ανάμεσά τους. Στην πραγματικότητα, δεν είναι καν χωρισμένα, αλλά τα χαρακτηριστικά ρέουν φυσικά προς όλες τις κατευθύνσεις. Η αναπαράσταση εξυπηρετεί με το να παρέχει ένα οπτικό εργαλείο που δείχνει με μία ματιά πώς όλα τα συστατικά των γνωστικο-επιστημολογικών και κοινωνικο-θεσμικών συστημάτων αλληλεπιδρούν μεταξύ τους, ενισχύοντας ή επηρεάζοντας την επιστημονική δραστηριότητα (Erduran & Dagher, σελ. 29). Στο σχήμα έχει προστεθεί ένας ακόμα εξωτερικός κύκλος, ο οποίος αποτελεί την προσθήκη των Erduran & Dagher στην προσέγγιση οικογενειακής ομοιότητας, για να συμπεριλάβει τρεις επιπλέον κατηγορίες, τις «κοινωνικές οργανώσεις και αλληλεπιδράσεις», τις «πολιτικές δομές εξουσίας» και τα «χρηματοοικονομικά συστήματα». Έτσι, γίνεται μια συνεκτικότερη παρουσίαση των διαφορετικών πτυχών που χαρακτηρίζουν το επιστημονικό οικοδόμημα (Erduran & Dagher, σελ. 29).

Σχετικά με την πρότασή τους, σημειώνουν ότι «δεν είναι μια αντικατάσταση της συναινετικής άποψης, που πρακτικά περιλαμβάνει μόνο 7 στοιχεία, με τα δικά μας 11». Η πρόταση για την εφαρμογή της προσέγγισης οικογενειακής ομοιότητας διαφοροποιείται με τον εξής τρόπο: α) η προσαρμογή της γίνεται με αναφορά στα θεωρητικά επιχειρήματα των Φ.Ε., βασιζόμενη στη σύγχρονη έρευνα της φιλοσοφίας των Φ.Ε., β) ο μετασχηματισμός των αρχών της προσέγγισης της οικογενειακής ομοιότητας στην πρακτική της εκπαίδευσης στις Φ.Ε. βασίζεται στην κατανόηση των γνώσεων των Φ.Ε. και στην έρευνα πάνω στην εκπαίδευση σε αυτές, οι οποίες παρέχουν μια σταθερή βάση δεδομένων για το τι γνωρίζουν οι δάσκαλοι και οι μαθητές και τι είναι ικανοί να κάνουν, γ) αντί να υπάρχει μια λίστα με τους μαθησιακούς στόχους που επικεντρώνεται σε περιορισμένες ιδέες, τονίζονται οι κυρίαρχες αρχές από τις οποίες μπορούν να προκύψουν στόχοι που να συνδέονται και να προσαρμόζονται σε πολλά επίπεδα και μαθήματα. Οι κυρίαρχες αρχές προσκαλούν τους εκπαιδευτικούς να είναι δημιουργικοί και να αδράξουν την ευκαιρία για διάλογο πάνω στη φύση των Φ.Ε., εντός πλαισίου, έχοντας ένα ευρύ φάσμα επιλογών γύρω από τις 11 κατηγορίες (Erduran & Dagher, σελ. 38).

Η Erduran (2014), προχωρά ακόμα παρακάτω, και προτείνει τη χρήση δι-επιστημονικών προσεγγίσεων (π.χ. ενσωμάτωση της φιλοσοφίας των Φ.Ε. ή μελέτη οικονομικών παραγόντων που επηρεάζουν μια κατάσταση) στην εκπαίδευση των Φ.Ε. κατά τη διδασκαλία της φύσης των Φ.Ε..



Εικόνα 2.2: Σχηματική αναπαράσταση της προσέγγισης οικογενειακής ομοιότητας (Erduran & Dagher 2014)

Οι Duschl & Grandy (2013) υποστηρίζουν ότι η προσέγγιση της οικογενειακής ομοιότητας είναι ψυχολογικά, φιλοσοφικά και παιδαγωγικά καταλληλότερη για τους μαθητές, καθώς τη θεωρούν άμεση και συμμετοχική. Ισχυρίζονται ότι χρειάζεται να αντιληφθούμε τις Φ.Ε. ως 1) αιτιολόγηση με χρήση αποδεικτικών στοιχείων, 2) αλλαγή μοντέλου και θεωρίας και 3) συμμετοχή στην κουλτούρα των επιστημονικών πρακτικών. Τα σημαντικά δυναμικά στοιχεία του τι σημαίνει να «κάνεις Φ.Ε.» περιλαμβάνουν το σχηματισμό θεωριών και μοντέλων, τη συλλογή και ανάλυση δεδομένων από παρατηρήσεις ή πειράματα, τη συγκρότηση επιχειρημάτων και τη χρήση εξειδικευμένων τρόπων ομιλίας, γραφής και παρουσίασης των φαινομένων.

Την προτίμησή τους έχουν εκφράσει και άλλοι ερευνητές όπως ο Matthews (2014), η van Dijk (2011), ο Allchin (2011) και ο Hodson (2014).

2.2.2.4 Κριτική στην προσέγγιση της οικογενειακής ομοιότητας

Η κριτική που έχει δεχτεί η προσέγγιση της οικογενειακής ομοιότητας στηρίζεται στο επιχείρημα ότι πρόκειται για μια σύνθετη θεωρία, την οποία αρχικά δεν θα μπορούσαν να μάθουν ικανοποιητικά οι εκπαιδευτικοί ώστε να τη διδάξουν και στη συνέχεια να κατανοήσουν οι μαθητές. Εξάλλου, δεν είναι σίγουρο ότι η πλειοψηφία των εκπαιδευτικών έχει παρακολουθήσει μαθήματα φιλοσοφίας κατά τη διάρκεια των σπουδών τους. Κατά συνέπεια, δεν ενθαρρύνει τους εκπαιδευτικούς να διδάξουν τη φύση των Φ.Ε., ιδίως αν αυτό δεν περιλαμβάνεται στο πρόγραμμα σπουδών και δεν είναι υποχρεωμένοι να το κάνουν. Μια σύνθετη προσέγγιση, λοιπόν, κινδυνεύει να αποθαρρύνει τους εκπαιδευτικούς, παρά να οδηγήσει στην ουσιαστικότερη κατανόηση της φύσης των Φ.Ε., που είναι ο στόχος των δημιουργών και υποστηρικτών της προσέγγισης (Lederman, 2019; Kampourakis, 2016).

2.2.2.5 Απάντηση στις κριτικές - Συμβιβαστικές προτάσεις

α) Σχετικά με το ότι «Οι διάφοροι κλάδοι των Φ.Ε. έχουν τα δικά τους ιδιαίτερα χαρακτηριστικά».

Ο Abd-El-Khalick (2012) απαντά ότι η προσπάθεια διαφοροποίησης των κλάδων των Φ.Ε. κινδυνεύει να δημιουργήσει αποπροσανατολισμό στους εκπαιδευτικούς και τους

μαθητές. Ιδίως μάλιστα αν σκεφτούμε ότι μέσα στους κλάδους υπάρχουν υποκλάδοι με τελείως διαφορετικά χαρακτηριστικά (π.χ. ανατομία – εξελικτική βιολογία). Απεναντίας, τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά κάθε κλάδου θα μπορούσαν μέσα στη διδασκαλία να ενσωματωθούν ως μελέτες περίπτωσης και εξερεύνησης των επιστημονικών πρακτικών, σε ένα σαφές-αναστοχαστικό πλαίσιο όπου θα υπάρχει συνοχή στην παρουσίαση των χαρακτηριστικών της φύσης των Φ.Ε. (Abd-El-Khalick et al, 1998).

Ο Lederman (2019) θεωρεί ότι είναι σημαντικό πρώτα οι μαθητές να μάθουν τι είναι αυτό που ενώνει τους κλάδους των Φ.Ε. και στη συνέχεια τι είναι αυτό που τους χωρίζει. Δεν απορρίπτει την προσέγγιση της οικογενειακής ομοιότητας, αλλά τη θεωρεί κατάλληλη για διδασκαλία σε ένα δεύτερο επίπεδο, αφού οι μαθητές έχουν πρώτα αντιληφθεί τα βασικότερα χαρακτηριστικά των Φ.Ε. (Lederman & Lederman, 2014). Αυτό το επιχείρημα αποκτά μεγαλύτερη βάση, αν λάβουμε υπόψη μας ότι στις περισσότερες έρευνες που έχουν γίνει για την κατανόηση των χαρακτηριστικών από μαθητές αλλά και από εκπαιδευτικούς (μαθητευόμενους ή εν-ενεργεία) προκύπτει ότι έχουν απλοϊκές απόψεις για τη φύση των Φ.Ε., βλέπε και παράγραφο 4.2.4.1α'. Κατά συνέπεια, ιδανικό θα ήταν ένας εκπαιδευτικός να αρχίσει με τη σύλληψη των γενικών χαρακτηριστικών, και όσο του δίνεται η δυνατότητα και μαθαίνει ο ίδιος καλύτερα (Lederman, 2007) να προχωρήσει με τις διαφοροποιήσεις ανάμεσα στους κλάδους των Φ.Ε. και τελικά να καταλήξει με την ετερογένεια που χαρακτηρίζει τις Φ.Ε.. Ταυτόχρονα, θα μπορούσε να διδάξει τα χαρακτηριστικά της επιστημονικής διερεύνησης (Lederman et al, 2014a) και στη συνέχεια να περάσει στις υπόλοιπες κατηγορίες της προσέγγισης οικογενειακής ομοιότητας – η οποία περιέχει, μεταξύ άλλων, τα χαρακτηριστικά της φύσης των Φ.Ε. και της επιστημονικής διερεύνησης (Kampourakis, 2016; Lederman, 2019). Έτσι η προσέγγιση της «συναινετικής άποψης» και της «οικογενειακής ομοιότητας» μπορούν να θεωρηθούν συμπληρωματικές.

β) Σχετικά με το ότι «Ο κατάλογος με τα χαρακτηριστικά είναι λανθασμένος, περιορισμένος, ή μπορεί να οδηγήσει σε παρανοήσεις»

Ο McComas (2015) αναφέρει ότι στόχος της διδασκαλίας της φύσης των Φ.Ε. δεν είναι να προκύψουν οι νέοι φιλόσοφοι των Φ.Ε. Παρόμοια, οι Lederman, Antink & Bartos (2014) σημειώνουν ότι οι γενικεύσεις που παρουσιάζονται στις πτυχές της φύσης των Φ.Ε. θα πρέπει να ερμηνεύονται στο πλαίσιο της εκπαίδευσης μαθητών, και όχι στο πλαίσιο της εκπαίδευσης των μεταπτυχιακών φοιτητών στη φιλοσοφία ή στην ιστορία των Φ.Ε..

Οι Lederman (2006; 2019) και Abd-El-Khalick (2014) τονίζουν ότι για τα χαρακτηριστικά της φύσης των Φ.Ε. που θα διδαχθούν, τα κριτήρια θα είναι: α) η γνώση για το χαρακτηριστικό της φύσης των Φ.Ε. να είναι προσβάσιμο στους μαθητές, δηλαδή να μπορούν να το μάθουν και να το καταλαβαίνουν, προσαρμοσμένο στην ηλικία και τις προηγούμενες γνώσεις τους, β) να παρουσιάζεται με σαφήνεια και να είναι συνδεδεμένο με τις επιστημονικές έννοιες που διδάσκονται και τις πρακτικές (εργαστήρια) που κάνουν στα πλαίσια του Προγράμματος Σπουδών, γ) να υπάρχει γενική αποδοχή ότι αυτό πράγματι είναι ένα χαρακτηριστικό της φύσης των Φ.Ε., δ) να είναι κοντά στις γνώσεις των εκπαιδευτικών, ε) θα μπορούσαν να υπάρχουν πτυχές από φιλοσοφικούς ισχυρισμούς και στ) είναι χρήσιμο για όλους τους μαθητές/πολίτες να γνωρίζουν αυτή την πτυχή της φύσης των Φ.Ε.. Βασική προϋπόθεση είναι επίσης

τα παραπάνω να ισχύουν για όλους τους μαθητές. Εξάλλου, στόχος της εκπαίδευσης στη φύση των Φ.Ε. είναι ο επιστημονικός αλφαριθμητισμός, για το οποίο συμφωνούν όλοι οι ερευνητές.

Ο Kampourakis (2016) σημειώνει ότι κανένας από τους υποστηρικτές της «συναινετικής άποψης» δεν ισχυρίστηκε ότι τα χαρακτηριστικά που περιλαμβάνονται στον κατάλογο είναι αποκλειστικά χαρακτηριστικά της επιστήμης ή ότι μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως κριτήρια για την οριοθέτηση της επιστήμης από τη μη επιστήμη. Απλά στοχεύουν να κατανοήσουν οι μαθητές ορισμένα χαρακτηριστικά της γνώσης των Φ.Ε. π.χ. ότι οι Φ.Ε. είναι περισσότερο υποκειμενικές και αβέβαιες από ότι γενικά θεωρείται.

γ) Σχετικά με το ότι «Ο κατάλογος με τα χαρακτηριστικά μπορεί να οδηγήσει σε απομνημόνευση»

Ο Lederman και μέλη της ομάδας του έχουν απαντήσει πολλές φορές στα επιχειρήματα των συναδέλφων τους, αναφέροντας ότι σκοπός τους δεν είναι τα χαρακτηριστικά να διδάσκονται ως μια λίστα, ούτε να απομνημονεύονται (Lederman et al, 2014b; Lederman, 2006; Lederman, 2019; Schwartz et al. 2012). Μάλιστα, όπως συζητείται στα επόμενα κεφάλαια, προτείνονται πολλές διδακτικές πρακτικές και προσεγγίσεις για την αποτελεσματική διδασκαλία της φύσης των Φ.Ε. (πχ Abd-El-Khalick et al, 1998; Abd-El-Khalick & Lederman, 2000b; Lederman & Abd-El-Khalick, 1998; Lederman et al, 2012). Επιπλέον, στη σειρά ερωτηματολογίων αξιολόγησης της φύσης των Φ.Ε. (Lederman et al, 2002) που έχουν αναπτύξει, δεν εξετάζουν απομνημόνευση λίστας, αλλά ουσιαστική κατανόηση των χαρακτηριστικών. Ενδεικτική είναι η απάντηση (Lederman & Lederman, 2014) ότι ο αναγνώστης θα μπορούσε να αντιμετωπίσει τις λίστες ως μια περίληψη ή ως τα περιεχόμενα ενός βιβλίου: το ουσιαστικό νόημα βρίσκεται στις σελίδες του βιβλίου και όχι στο βοηθητικό πίνακα περιεχομένων. Εξάλλου, ολοκληρώνουν, και η προσέγγιση της οικογενειακής ομοιότητας τελικά παρουσιάζεται συνοπτικά ως ένας πίνακας, άρα δεν υπάρχει διαφορά.

δ) Σχετικά με το ότι «απουσιάζουν ή δίνονται υποβαθμισμένα τα χαρακτηριστικά της επιστημονικής διερεύνησης»

Ο Lederman θεωρεί την έννοια Nature of Science, NOS (φύση των Φ.Ε.) συνώνυμη με την έννοια Nature of Scientific Knowledge, NOSK. Για αυτόν NOSK και NOS ήταν πάντοτε συνώνυμα και αναφέρονται στα χαρακτηριστικά της επιστημονικής γνώσης, τα οποία σχετίζονται στενά, αλλά διακρίνονται από το πώς αναπτύσσεται η γνώση, δηλαδή την επιστημονική διερεύνηση (SI) (Lederman 2019), η οποία δεν είναι υποσύνολο της φύσης των Φ.Ε. Θεωρεί ότι η σύγχυση μεταξύ NOS/NOSK και SI δημιουργήθηκε όταν η αρχική φράση «φύση της επιστημονικής γνώσης» συντομεύτηκε στη φράση «φύση των Φ.Ε.» στις αρχές της δεκαετίας του 1980. Σχολιάζοντας ότι οι επιστημονικές μέθοδοι δεν είναι μία πτυχή της φύσης της γνώσης των Φ.Ε., γράφει ότι «η παρατήρηση και τα συμπεράσματα είναι επιστημονικές διαδικασίες. Από την άλλη, η φύση των Φ.Ε. αναφέρεται στα επιστημολογικά θεμέλια των δραστηριοτήτων των Φ.Ε.. Ως τέτοια, συνειδητοποιώντας ότι οι παρατηρήσεις είναι επηρεασμένες από τη θεωρία και περιορίζονται από την αντιληπτική μας ικανότητα, ανήκουν στη σφαίρα της φύσης των Φ.Ε.. Όμως, οι πολλαπλοί τρόποι προσέγγισης της

απάντησης σε μια επιστημονική ερώτηση που μπορούν να γίνουν αποδεκτοί, είναι σχετικοί με την επιστημονική διερεύνηση. Αντίστοιχα, η συνειδητοποίηση ότι τα συμπεράσματα που προκύπτουν από τις έρευνες, υπόκεινται σε αλλαγές, ανήκει στη φύση των Φ.Ε.» (Lederman, 2006).

Ο Kampourakis (2016), από άλλη οπτική γωνία, θεωρεί ότι η διάκριση μεταξύ των πτυχών του NOSK και των πτυχών του SI φαίνεται χρήσιμη επειδή έχει βρεθεί ότι οι απόψεις των μαθητών για το SI μπορούν να αλλάξουν χωρίς παρόμοιες αλλαγές στις απόψεις τους για το NOSK.

2.3 Τι υιοθετείται στην παρούσα διατριβή και γιατί.

Στην παράγραφο αυτή παρουσιάζεται επιγραμματικά τι υιοθετήθηκε από την ανασκόπηση της βιβλιογραφίας στην παρούσα διατριβή. Αναλυτικότερη παρουσίαση, και αιτιολόγηση των αποφάσεών μας, συνδυαζόμενη και από αυτά που παρουσιάζονται και στα κεφάλαια 3 και 4, γίνεται στο κεφάλαιο 7. Ο λόγος που αναφέρονται, εν συντομία, εδώ είναι ότι στο 6^ο Κεφάλαιο, στο οποίο παρουσιάζονται τα αποτελέσματα ερευνάς μας για το βαθμό συμπερίληψης της διδασκαλίας της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. στην Ελληνική Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση, ήδη χρησιμοποιούνται.

Έτσι, από όσα παρουσιάζονται στο Κεφάλαιο αυτό αποφασίσαμε:

Να χρησιμοποιηθεί η έννοια «φύση της γνώσης των Φυσικών Επιστημών» και τα χαρακτηριστικά που προτείνει για αυτήν η ομάδα του Lederman. Για λόγους συντομίας τα επτά χαρακτηριστικά που αναφέρονται στην παράγραφο 2.2.2.1α' στο κείμενο γράφονται σύντομα ως (X1): Εμπειρικό, (X2): Συμπερασματικό ή διαφορά παρατήρησης – συμπεράσματος, (X3): Δημιουργικό, (X4): Υποκειμενικό ή Υποκειμενικό/Αντικειμενικό, (X5): Αβέβαιο, (X6): Πολιτισμικό ή Πολιτισμικής ενσωμάτωσης ή πολιτισμικής αλληλεπίδρασης και (X7): Διαφορά Νόμου – Θεωρίας. Εξαιρέση αποτελεί το 4^ο Κεφάλαιο, όπου γίνεται ανασκόπηση της βιβλιογραφίας και παρουσιάζεται το έργο ερευνητών που δεν έχουν υιοθετήσει τον όρο. Εκεί χρησιμοποιείται ο όρος «φύση των Φ.Ε.».

2.4 Ανακεφαλαίωση

Στο Κεφάλαιο αυτό παρουσιάστηκαν, ταξινομημένες σε δυο κατηγορίες οι προτάσεις ερευνητών από τους χώρους της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών, της Ιστορίας και της Φιλοσοφίας των Φυσικών Επιστημών για το τι είναι η φύση των Φυσικών Επιστημών (χρησιμοποιούνται για αυτό πολλά ονόματα όπως “Ideas-about-Science”, “Nature of Sciences”, “Nature of Scientific Knowledge”, “Views on the Nature of Science”, “Nature of Science Studies”) ταξινομημένες σε δυο κατηγορίες: α) στην «συναινετική άποψη» (“Consensus View”) και β) στην «Προσέγγιση της Οικογενειακής Ομοιότητας» (“Family Resemblance Approach”). Σύμφωνα με τη συναινετική άποψη, υπάρχουν ορισμένες γενικές πτυχές της φύσης των Φ.Ε. οι οποίες μπορούν να διδαχθούν αποτελεσματικά στο πλαίσιο των μαθημάτων Φ.Ε.. Η κύρια διαφορά μεταξύ των υποστηρικτών αυτής της άποψης είναι το αν οι μέθοδοι της επιστημονικής διερεύνησης περιλαμβάνονται ή όχι στα χαρακτηριστικά της επιστημονικής γνώσης. Γίνεται κριτική όπως ότι: α) Οι διάφοροι κλάδοι των Φ.Ε. έχουν τα δικά τους ιδιαίτερα χαρακτηριστικά, β) ο κατάλογος με τα χαρακτηριστικά είναι λανθασμένος, περιορισμένος, μπορεί να οδηγήσει σε παρανοήσεις ή απλά σε απομνημόνευση. Η απάντηση που δίνεται στις κριτικές είναι, μεταξύ άλλων, ότι τα

χαρακτηριστικά που περιλαμβάνονται είναι προσβάσιμα στους μαθητές, είναι γενικά αποδεκτά ως χαρακτηριστικά της φύσης των Φ.Ε., είναι κοντά στις γνώσεις των εκπαιδευτικών, και τέλος είναι χρήσιμα για όλους τους μαθητές ως μελλοντικούς πολίτες. Οι ερευνητές της «Προσέγγισης της Οικογενειακής ομοιότητας» θεωρούν ότι η προσέγγιση της συναινετικής άποψης έχει αδυναμίες, γιατί δίνει μια στενή εικόνα της επιστήμης και είναι τυφλή για τις διαφορές μεταξύ επιστημονικών κλάδων. Προτείνουν μια πληρέστερη εικόνα, η οποία όμως έχει ιδιαίτερες απαιτήσεις και από τους εκπαιδευτικούς, και από τους μαθητές. Αυτές οι ιδιαίτερες δυσκολίες διδασκαλίας και μάθησης από μαθητές της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης προβάλλονται ως μειονεκτήματα αυτής της προσέγγισης, και προτείνεται να διδαχτεί σε δεύτερο επίπεδο.

Κεφάλαιο 3ο:
Πολιτισμική Ιστορική Θεωρία της Δραστηριότητας

3.1 Εισαγωγή

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται: α) οι λόγοι για την επιλογή της Πολιτισμικής Ιστορικής Θεωρίας της Δραστηριότητας ως καθοδηγητικό πλαίσιο στην παρούσα διατριβή για το σχεδιασμό, την εφαρμογή και την αξιολόγηση του επιμορφωτικού μας προγράμματος (παράγραφος 3.2), β) μια σύντομη ιστορική της εξέλιξη από τον Vygotsky μέχρι τη σημερινή τρίτη γενιά της θεωρίας, σύμφωνα με τον Engeström (παράγραφος 3.3) γ) οι αντιφάσεις ως βασικό κίνητρο για την ανάπτυξη των ανθρώπινων δράσεων (παράγραφος 3.4), δ) Η επεκτατική μάθηση και η ακολουθία δράσεων σε έναν ιδανικό - τυπικό κύκλο επεκτατικής μάθησης (παράγραφος 3.5), ε) η Επεκτατική μάθηση και η σχέση της με την εκπαίδευση ενηλίκων (παράγραφος 3.6) και τελειώνει στ) με το τι υιοθετήσαμε στην έρευνά μας (παράγραφος 3.7).

3.2 Λόγοι για την επιλογή της Πολιτισμικής Ιστορικής Θεωρίας της Δραστηριότητας

Στο Κεφάλαιο αυτό παρουσιάζουμε την Πολιτισμική Ιστορική Θεωρία της Δραστηριότητας (Cultural Historical Activity Theory) (Engeström 2001, Engeström and Sannino 2010), στη συνέχεια θεωρία της Δραστηριότητας για λόγους οικονομίας στην έκταση του λόγου, την οποία υιοθετήσαμε στην παρούσα Διατριβή ως καθοδηγητικό πλαίσιο για το σχεδιασμό, την εφαρμογή και την αξιολόγηση του επιμορφωτικού μας προγράμματος. Η επιλογή της θεωρίας της Δραστηριότητας έγινε για να είμαστε ικανοί να αντιμετωπίσουμε την πολυπλοκότητα του συστήματος δραστηριότητας της εκπαίδευσης. Η ανάλυση π.χ. μόνο της αλληλεπίδρασης εκπαιδευτή-εκπαιδευομένων με τη χρήση εργαλείων (εκπαιδευτικών μέσων) για τη μάθηση ενός αντικείμενου (μια συνήθως εξεταζόμενη τριαδική σχέση στην εκπαίδευση) δεν αποτελεί ανάλυση του συστήματος δραστηριότητας της εκπαίδευσης μια και δεν λαμβάνει υπόψη του και άλλους δομικούς παράγοντες που δρουν σε αυτό. Το πλαίσιο της θεωρίας της Δραστηριότητας προτείνει την υπέρβαση των άμεσα εμφανών δυαδικών και τριαδικών σχέσεων μεταξύ των δομικών στοιχείων του συστήματος, ώστε να προσδιοριστεί ο τρόπος με τον οποίο τα υπόλοιπα δομικά στοιχεία του συστήματος είναι παρόντα και επηρεάζουν την εξεταζόμενη κατάσταση (Κορνελάκη, 2018, σελ. 20). Σύμφωνα με τους Roth and Lee (2007) η υιοθέτηση της θεωρίας της Δραστηριότητας ως καθοδηγητικού πλαισίου επιτρέπει, μέσω του κύκλου της επεκτατικής μάθησης (βλ. παράγραφο 3.5.1) την αμφισβήτηση κεντρικών παραδοχών των σημερινών εκπαιδευτικών πρακτικών. Τα δομικά στοιχεία του συστήματος δραστηριότητας της εκπαίδευσης και τα απαιτούμενα στοιχεία από την θεωρία της Δραστηριότητας για τις ανάγκες της διατριβής παρουσιάζονται στη συνέχεια του κεφαλαίου.

Η εκπαίδευση πέρα από το ότι είναι από μόνη της ένα πολύπλοκο πολυ-παραμετρικό σύστημα δραστηριότητας, επιπλέον αλληλεπιδρά και με άλλα συστήματα δραστηριότητας, με τα οποία έχει μερικώς κοινό αντικείμενο, όπως π.χ. με χώρους εργασίας (Engeström, 2001· Engeström and Sannino, 2010). Και η αλληλεπίδραση αυτή μπορεί επίσης να μελετηθεί με την θεωρία της Δραστηριότητας.

Η θεωρία της Δραστηριότητας ως καθοδηγητικό πλαίσιο έχει ήδη υιοθετηθεί από πολλούς ερευνητές στην περιοχή οργάνωσης διδακτικών σειρών για μαθητές και για επιμόρφωση εκπαιδευτικών στο χώρο των Φυσικών Επιστημών. Στη χώρα μας έχει

ακολουθηθεί από μέλη της ομάδας μας σε μαθητές Δημοτικού (Σταμούλης, 2014), σε παιδιά ηλικίας 5-9 ετών (Κολοκούρη, 2015; Θεοδωράκη, 2015), σε μη τυπικά περιβάλλοντα μάθησης (Κορνελάκη, 2018) και για επιμόρφωση εκπαιδευτικών Πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης (Koloikouri et al, 2012; Νάννη, 2017). Διεθνώς έχει υιοθετηθεί από πολλούς ερευνητές στην περιοχή προγραμμάτων σπουδών και επιμόρφωσης εκπαιδευτικών στο χώρο των Φυσικών Επιστημών (Koloikouri et al, 2012; Κορνελάκη 2018, σελ. 20; Rodrigues et al 2011; Jóhannsdóttir 2014, DeWitt & Osbourne, 2007). Αυτό δεν περιορίζεται προφανώς στο χώρο των Φυσικών Επιστημών, έτσι π.χ. χρησιμοποιείται στη διδασκαλία των Μαθηματικών, όπου από την Batiibwe (2019) γίνεται ανασκόπηση της βιβλιογραφίας σχετικά με την θεωρία της Δραστηριότητας και του τρόπου με τον οποίο χρησιμοποιήθηκε για να γίνει κατανοητή η διαμεσολάβηση των Τεχνολογιών Πληροφορίας και Επικοινωνιών στη διδασκαλία των Μαθηματικών.

Από την Κορνελάκη (2018, σελ. 2) καταγράφεται ποικιλία τομέων στους οποίους χρησιμοποιείται η θεωρία της Δραστηριότητας, όπως πέραν της ανάπτυξης προγραμμάτων σπουδών και διδασκαλίας σε όλα τα εκπαιδευτικά επίπεδα, στην παροχή φροντίδας και ψυχικής υγείας, στη στρατηγική και διαχείριση οργανωτικών διαδικασιών, στο σχεδιασμό ψηφιακών τεχνολογιών, την ανίχνευση της μηχανογράφησης, του αρχιτεκτονικού σχεδιασμού, την ανάπτυξη της δημόσιας πολιτικής, στην αστική ανάπτυξη, σε ψηφιακές βιβλιοθήκες, όπως επίσης και κατά τη διάρκεια διαχειριστικών αλλαγών σε γραφεία (Suratmethakul & Hasan, 2004), στην εκπαίδευση στο σχεδιασμό γραφικών (Appiah & Cronje, 2013), στην οργάνωση προγραμμάτων σε σχολικές βιβλιοθήκες (Meyers, 2007), ομαδικές ερευνητικές εργασίες φοιτητών μηχανικής (Jones, 2014), σχεδιασμό ηλεκτρονικών παιχνιδιών (Carvalho et al, 2015) ή στην αλληλεπίδραση ανθρώπου – υπολογιστή (Kartelinin, Nardi, 2012).

Πρόσφατα (Απρίλιος – Ιούνιος 2020) το περιοδικό *Frontiers in Education* είχε αφιέρωμα 6 άρθρων στο θέμα «*Expansive Learning in Teacher Education*». Στην προκήρυξη του ερευνητικού αυτού θέματος οι υπεύθυνοι του περιοδικού εκφράζουν την πεποίθησή τους ότι «Συνολικά, αυτό το ερευνητικό θέμα θα συμβάλει στη συλλογική προσπάθεια εφοδιασμού των εκπαιδευτών εκπαιδευτικών, των εκπαιδευτικών και των μαθητών με την εκπαίδευση που χρειάζονται». Τα 5 άρθρα που βρήκαμε είναι αφιερωμένα στη μελέτη των εξής: α) Πώς συμβάλλει η συνεργασία των εκπαιδευτών εκπαιδευτικών με τα σχολεία στην επεκτατική μάθηση στα δικά τους ιδρύματα και ποιοι παράγοντες μπορούν να εμποδίσουν ή να υποστηρίξουν τις ενέργειες και τη μάθηση των εκπαιδευτών εκπαιδευτικών (Postholm, M.B., 2020), β) Κοινό θέμα πραγμάτευσης των υπολοίπων αποτελεί η ενασχόληση των εκπαιδευτικών με αντικείμενα πέρα από το αυστηρό αντικείμενο εργασίας τους, όπως: η αντιμετώπιση νέων καταστάσεων εκτός του περιβάλλοντος εργασίας τους (Murray, Kidd, McMahon & Viswaragan, 2020), η διεξαγωγή έρευνας μέσα στα σχολεία από τους ίδιους τους εκπαιδευτικούς (Smith, 2020), με συνεργασία ανάμεσα στα πανεπιστήμια και τα σχολεία (Imants, Meiger & Blankesteyjn, 2020), ιδιαίτερα για την περίπτωση σχολείων που επικρατούν ιδιαίτερες συνθήκες, όπως π.χ. η ακραία φτώχεια των μαθητών (Rust, 2020).

3.3 Θεωρία της Δραστηριότητας και η εξέλιξή της.

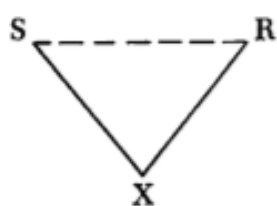
Στις 3 υποπαραγράφους που ακολουθούν παρουσιάζονται σύντομα οι τρεις γενιές της θεωρίας της Δραστηριότητας (Engeström, 2001; Iqira and Gregory, 2009 p.435-440; Πλακίτση κ.ά., 2018, σελ. 50-55).

3.3.1 Η πρώτη γενιά της θεωρίας της Δραστηριότητας: Η διαμεσολαβούμενη δράση.

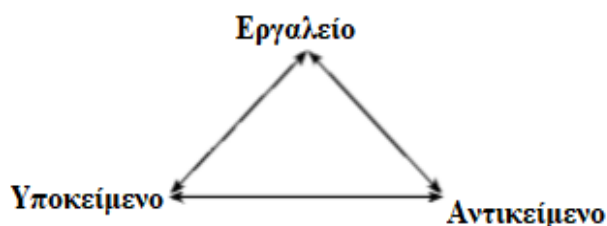
Η θεωρία της Δραστηριότητας εισήχθη από τον Vygotsky τη δεκαετία του 1920 και στις αρχές της δεκαετίας του 1930, ως αντίδραση/απάντηση στην θεωρία της άμεσης σύνδεσης μεταξύ του ερεθίσματος (S) και της ανταπόκρισης (R). Γράφει ο Vygotsky:

«Αυτή η μεθοδολογία [μελέτη των αντιδραστικών αποκρίσεων με βάση τον τύπο S-R], που καθιερώνει εύκολα τις κινήσεις απόκρισης του υποκειμένου, γίνεται εντελώς ανυπόφορη ... όταν το βασικό πρόβλημα είναι η μελέτη των μέσων και των συσκευών που ο οργανισμός χρησιμοποίησε για να οργανώσει τη συμπεριφορά του σε συγκεκριμένες μορφές που είναι οι πλέον κατάλληλες για κάθε δεδομένη εργασία» (Engeström, 2011a).

Προτείνει την αντικατάσταση της απλής διαδικασίας ερεθίσματος-απόκρισης με μια πολύπλοκη, διαμεσολαβούμενη πράξη, όπως φαίνεται στην εικόνα 3.1 (Vygotsky, 1978, σ. 40).



Εικόνα 3.1: Το μοντέλο του Vygotsky για τη διαμεσολαβούμενη δράση



Εικόνα 3.2: Η σημερινή αναδιατύπωση του μοντέλου της διαμεσολαβούμενης δράσης.

Σήμερα η ιδέα αυτή του Vygotsky για πολιτισμική διαμεσολάβηση εκφράζεται συνήθως ως η τριάδα του Υποκειμένου (συνήθως τα άτομα, τελευταία και οι οργανισμοί, που κινούνται προς την επίτευξη των επιθυμητών στόχων), του Αντικειμένου (ο στόχος ή οι στόχοι της δραστηριότητας προς τους οποίους κινούνται τα υποκείμενα) και της διαμεσολάβησης μέσω των Εργαλείων (πολιτισμικά παραγόμενων μέσων τα οποία χρησιμοποιούν τα υποκείμενα για να εκτελέσουν την εργασία τους), βλ. εικόνα 3.2. Ο Engeström (2001) θεωρεί ότι η σχετική δουλειά του Vygotsky αποτελεί την πρώτη γενιά της θεωρίας της Δραστηριότητας. Ο περιορισμός της πρώτης γενιάς ήταν ότι παρέμεινε εστιασμένη στο άτομο.

3.3.2 Η δεύτερη γενιά της θεωρίας της Δραστηριότητας: Από την ατομική στη συλλογική δραστηριότητα.

Ο παραπάνω περιορισμός της πρώτης γενιάς ξεπεράστηκε από τον Leontyev, μαθητή του Vygotsky, και τις αντιλήψεις του για σύστημα της ανθρώπινης δραστηριότητας εστιασμένο όχι πια στο άτομο αλλά στο σύνολο. Ο Leontyev στο παράδειγμά του για το «συλλογικό κυνήγι των πρωτόγονων» (Πλακίτση κ.ά., 2018, σελ. 50-52) κάνει τη διάκριση μεταξύ της ατομικής και της συλλογικής δράσης και δείχνει τις σύνθετες

αλληλεπιδράσεις που εμφανίζονται μεταξύ των μελών της κοινότητας. Οι άνθρωποι συμμετέχουν στη δραστηριότητα, το «συλλογικό κυνήγι», γιατί θέλουν να «θρέψουν την οικογένειά τους». Έχουμε έτσι μια κοινότητα δρώντων ατόμων (υποκείμενα) που ανήκουν στο ίδιο σύστημα δραστηριότητας, ασχολούνται με το ίδιο αντικείμενο και επιδιώκουν τον ίδιο στόχο. Γίνεται διάκριση μεταξύ της έννοιας της δραστηριότητας (το κυνήγι ως σύνολο) και εκείνης των επιμέρους δράσεων (π.χ. δουλειά κάποιων είναι να τρομάζουν το ζώο και να το κατευθύνουν εκεί που κάποιοι άλλοι περιμένουν να το σκοτώσουν) που σχετίζονται με τη διεξαγωγή αυτής της δραστηριότητας. Έχουμε έτσι καταμερισμό εργασίας καθώς και κανόνες που επιδρούν στην πορεία της εξέλιξης του κυνηγιού, π.χ. τι κάνουμε σε διαφορετικές εποχές, σε περιοχές με διαφορετικά χαρακτηριστικά κτλ. Τέλος είναι προφανές ότι οι κυνηγοί χρησιμοποιούν κάποια μέσα, εργαλεία, για την επίτευξη των στόχων τους. Απαιτείται μια σειρά επί μέρους δράσεων για την επιτυχή διεύθυνση της δραστηριότητας, αλλά η ίδια η δραστηριότητα είναι αυτή που προκαλεί, προσανατολίζει και δίνει νόημα σε αυτές τις επιμέρους δράσεις (Barma, 2011· Πλακίτση κ.ά., 2018, σελ. 50-52).

Ο Leontyev όμως δεν προχώρησε στο να επεκτείνει γραφικά το τρίγωνο του Vygotsky σε ένα μοντέλο συστήματος συλλογικής δραστηριότητας. Αυτό έγινε από τον Engeström (1987) ο οποίος με το εκτεταμένο τρίγωνο του συστήματος της ανθρώπινης δραστηριότητας, βλ. Εικόνα 3.3, έδωσε τη σχηματική απεικόνιση της δεύτερης γενιάς, κατά αυτόν, της θεωρίας της Δραστηριότητας.



Εικόνα 3.3: Το σύστημα της ανθρώπινης δραστηριότητας (Engeström, 1987)

Εδώ οι σχέσεις μεταξύ του Υποκειμένου και του Αντικειμένου διαμεσολαβούνται από τα Εργαλεία, τους Κανόνες, την Κοινότητα και τον Καταμερισμό εργασίας. Το πάνω μικρό τρίγωνο στο σύστημα δραστηριότητας (βλ. Εικόνα 3.3) αντιστοιχεί στο θεμελιώδες τρίγωνο του Vygotsky, αλλά περιστραμένο ανάποδα, με τον κόμβο των διαμεσολαβούμενων αντικειμένων στην κορυφή.

Αναλυτικότερα για τον κάθε ένα από τα στοιχεία/κόμβους της εικόνας 3.3 (Πλακίτση κ.ά., 2018, σελ. 53; Iqira and Gregory, 2009 p. 438; Engeström and Sannino, 2010):

- **Υποκείμενο:** Μπορεί να είναι ένα ή περισσότερα άτομα ή ένα συλλογικό υποκείμενο, όπως μια ομάδα ή υπηρεσία, η οποία κινείται με κίνητρο την επίλυση ενός προβλήματος και επίτευξη των επιθυμητών στόχων.
- **Αντικείμενο:** Αναφέρεται στην «πρώτη ύλη» ή στον «προβληματικό χώρο» προς τον οποίο κατευθύνεται η δραστηριότητα του υποκειμένου. Το αντικείμενο α) αποτελεί το στόχο προς τον οποίο κινούνται τα υποκείμενα της δραστηριότητας χρησιμοποιώντας διάφορα μέσα – εργαλεία για την επίτευξη αποτελέσματος, β)

αντιστοιχεί στο κίνητρο που οδηγεί το σύστημα και την αλληλεπίδραση των κόμβων του (Meyers, 2007) και γ) οδηγεί σε ένα επιθυμητό αποτέλεσμα. Ουσιαστικά το χαρακτηριστικό που διακρίνει ένα σύστημα δραστηριότητας από ένα άλλο είναι το αντικείμενο (Κορνελάκη, 2018, σελ. 22). Ο κύκλος γύρω από το αντικείμενο στην εικόνα 3.3 δείχνει ταυτόχρονα τον εστιακό χώρο αλλά και την εγγενή ασάφεια του αντικειμένου δραστηριότητας. Το αντικείμενο είναι συνεχώς σε μεταβατικό στάδιο και υπό κατασκευή, περιλαμβάνει την απόδοση προσωπικού νοήματος σε μια δεδομένη στιγμή, το οποίο κατά τη διάρκεια της αλληλεπίδρασης υφίσταται κοινωνική μεταμόρφωση. Η επεκτατική μάθηση, βλ. 3.5, οδηγεί στο σχηματισμό ενός νέου, εκτεταμένου αντικειμένου (Engeström and Sannino, 2010).

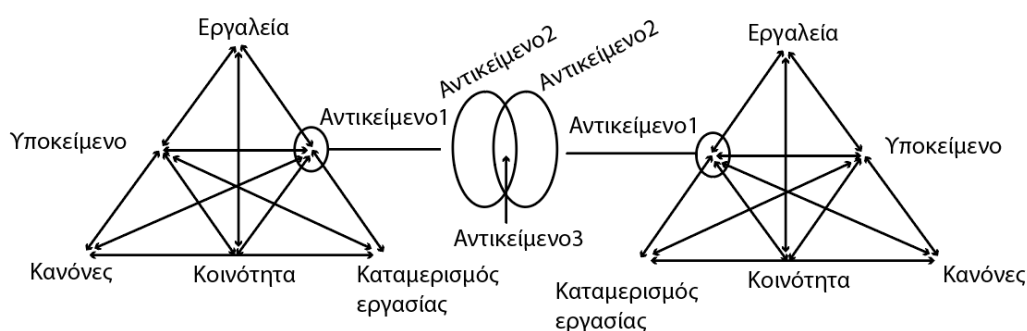
- **Εργαλείο:** Τα εργαλεία/τεχνουργήματα αναφέρονται σε πολιτισμικά παραγόμενα μέσα τα οποία έχουν στη διάθεσή τους τα υποκείμενα για να εκτελέσουν τη δραστηριότητα. Είναι αυτά που χρησιμοποιούνται στη διαδικασία της διαμεσολάβησης. Μπορεί να είναι υλικά μέσα, π.χ. ένας μαγνήτης, ένα τηλεσκόπιο, σύμβολα όπως π.χ. η γλώσσα ή και διαδικασίες. Στην κατηγορία αυτή συμπεριλαμβάνονται μια σειρά μαθημάτων, μια στρατηγική διδασκαλίας κτλ. Τα ίδια τα εργαλεία είναι προϊόντα μια άλλης δραστηριότητας, η ανάπτυξη τους διαμορφώνεται από τις ανάγκες, τις αξίες και τους κανόνες της κοινωνίας στην οποία δημιουργούνται και χρησιμοποιούνται. Δημιουργούνται σε μια συγκεκριμένη χρονική στιγμή αλλά συνεχώς προσαρμόζονται στις απαιτήσεις που δημιουργούνται με την πάροδο του χρόνου (Blunden, A., 2013; Foot, 2014).
- **Κοινότητα:** Η κοινότητα, αναφέρεται στους συμμετέχοντες που ασχολούνται με κοινό αντικείμενο, διαμορφώνει και δίνει κατεύθυνση στις μεμονωμένες ενέργειες και στην κοινή δραστηριότητα που εκτελείται, αλλά δεν συμμετέχουν σε αυτή τη συγκεκριμένη δράση. Έτσι, καθ' όλη τη διάρκεια μιας δραστηριότητας, τα πρόσωπα που αποτελούν το αντικείμενο και τα μέλη της κοινότητας μπορούν να ανταλλάσσουν συχνά τους «ρόλους» τους (Foot, 2014)
- **Κανόνες:** Σε κάθε κοινότητα που ασχολείται με συλλογική δραστηριότητα, διαμορφώνονται από τα υποκείμενα τυπικοί (εμφανείς) ή και άτυποι (υπονοούμενοι) κανόνες που επιδρούν στην πορεία εξέλιξης της δραστηριότητας και ανάπτυξης του συστήματος. Η διαμόρφωσή τους εξαρτάται από το κοινωνικο-πολιτισμικό πλαίσιο της κοινότητας.
- **Καταμερισμός της εργασίας:** αναφέρεται στον τρόπο με το οποίο τα υποκείμενα – μέλη της κοινότητας έχουν καταναίμει τις αρμοδιότητες κατά την εκτέλεση της δραστηριότητας. Ο καταμερισμός της εργασίας αναφέρεται τόσο στις οριζόντιες δράσεις και στις αλληλεπιδράσεις μεταξύ των μελών της κοινότητας όσο και στην κάθετη κατανομή της εξουσίας, των πόρων και τη σχετική κοινωνική/επαγγελματική θέση.

Τα στοιχεία ενός συστήματος δραστηριότητας δεν είναι στατικά, απομονωμένα μεταξύ τους. Είναι δυναμικά και οι συνεχείς αλληλεπιδράσεις τους συνιστούν το σύστημα δραστηριότητας ως όλον (Hasan and Kazlauskas, 2014). Από μεθοδολογική άποψη, ο Engeström επισημαίνει ότι το μοντέλο του προσφέρει ένα δυναμικό πλέγμα ανάγνωσης για την ανάλυση του μετασχηματισμού των κοινωνικών πρακτικών. Έτσι η μονάδα ανάλυσης είναι το ίδιο το σύστημα δραστηριότητας ως ενιαία/ολόκληρη μονάδα, και όχι σχέσεις μεταξύ δύο ή τριών πόλων του συστήματος, το οποίο ενσωματώνει τη δυναμική αλληλεπίδραση των κοινωνικών, πολιτισμικών και

ιστορικών πτυχών της ανάπτυξης της δραστηριότητας (Kornelaki and Plakitsi, 2018). Ο Cole (1988) ήταν από τους πρώτους που επισήμανε τη μη-ευαισθησία της δεύτερης γενιάς της θεωρίας της Δραστηριότητας προς την πολιτισμική ποικιλία.

3.3.3 Η τρίτη γενιά της θεωρίας της Δραστηριότητας: Πολλαπλά αλληλεπιδρώντα συστήματα δραστηριότητας.

Τη μη-ευαισθησία της δεύτερης γενιάς της θεωρίας της Δραστηριότητας προς την πολιτισμική ποικιλία ήρθε να αντιμετωπίσει η τρίτη γενιά της θεωρίας της Δραστηριότητας (Engeström, 2001). Η τρίτη γενιά πηγαίνει πέρα από τα όρια του ενός συστήματος δραστηριότητας, λαμβάνει ως μονάδα ανάλυσης δύο τουλάχιστον συστήματα δραστηριότητας που αλληλεπιδρούν μεταξύ τους, προωθώντας πολλαπλές προοπτικές, διαλόγους, δίκτυα συνεργασίας.



Εικόνα 3.4: Δύο αλληλεπιδρώντα συστήματα δραστηριότητας, ως το απλούστερο μοντέλο τρίτης γενιάς θεωρίας της Δραστηριότητας (Engeström, 2001, p.136)

Για διευκρίνιση των παραπάνω, παρουσιάζεται στη συνέχεια το πρόβλημα «της προστασίας ηλικιωμένων με ιατρικά προβλήματα στο σπίτι» του δήμου του Ελσίνκι (Engeström and Sannino, 2010).

Στο παράδειγμα έχουμε δύο συστήματα δραστηριότητας: Το σύστημα δραστηριότητας των εργαζόμενων στο σπίτι και το σύστημα δραστηριότητας των ηλικιωμένων. Οι εργαζόμενοι στην οικιακή φροντίδα (το πρώτο σύστημα) έχουν ως αντικείμενο να επισκέπτονται τους πελάτες τους να τους δίνουν τα φάρμακά τους και να διεξάγουν διάφορες συνήθειες εργασίες όπως το ντους των ηλικιωμένων και την προετοιμασία των γευμάτων. Οι ηλικιωμένοι όμως (το δεύτερο σύστημα) ενδιαφέρονται (το δικό τους αντικείμενο) για τη διατήρηση μιας ουσιαστικής και αξιοπρεπούς ζωής στο σπίτι, ενώ έρχονται αντιμέτωποι με απειλές όπως η μοναξιά, η απώλεια της φυσικής κινητικότητας και της ικανότητας να ενεργούν ανεξάρτητα, καθώς και προβλήματα μνήμης κοινώς γνωστά ως άνοια.

Τα δύο συστήματα δραστηριότητας αλληλοσυνδέονται στο ότι πρέπει να ενεργούν από κοινού για να παράγουν τις υπηρεσίες της οικιακής φροντίδας, αλλά τα αντικείμενά τους είναι πολύ διαφορετικά και υπάρχει αυξανόμενη ένταση μεταξύ τους. Η πρόκληση περιπλέκεται από το γεγονός ότι ο πληθυσμός της Φινλανδίας γηράσκει πολύ γρήγορα και είναι όλο και πιο δύσκολο να προσληφθούν και να διατηρηθούν οι αρμόδιοι εργαζόμενοι στο σπίτι. Πώς μπορούν οι διευθυντές των υπηρεσιών, οι εργαζόμενοι και οι πελάτες να μάθουν να εργάζονται με τέτοιο τρόπο ώστε να ικανοποιούνται οι νέες ανάγκες και η κοινωνία να μπορεί να προσφέρει την υπηρεσία;

Αυτή η επιδείνωση της κατάστασης μπορεί να αλλάξει και, μέσω μιας επεκτατικής μαθησιακής διαδικασίας, το αρχικό αντικείμενο (Αντικείμενο 1) του κάθε συστήματος να διευρυνθεί (Αντικείμενο 2, βλέπε εικόνα 3.4) και τα δύο μέρη μαζί να δημιουργήσουν ένα νέο κοινό αντικείμενο (Αντικείμενο 3) για την κοινή τους δραστηριότητα. Το Αντικείμενο 3, για παράδειγμα, είναι η ενεργοποίηση των ηλικιωμένων αφενός να κάνουν μαζί με τον εργαζόμενο στο σπίτι όσες από τις δουλειές μπορούν και αφετέρου οι εργαζόμενοι να συζητούν με τους ηλικιωμένους.

Οι αντιφάσεις (contradictions) που ενδεχομένως θα εμφανιστούν κατά την αλληλεπίδραση των συστημάτων δραστηριότητας διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο, θεωρούνται βασικό κίνητρο για την ανάπτυξη των ανθρώπινων δράσεων, μετασχηματίζοντας τη δραστηριότητα αλλά και τα αποτελέσματα (Πλακίτση κ.ά., 2018, σελ. 55; Behrend, 2014).

Η 3^η γενιά της θεωρίας της Δραστηριότητας μπορεί να συνοψιστεί με τη βοήθεια των παρακάτω πέντε αρχών:

1) Το σύστημα δραστηριότητας ως μονάδα ανάλυσης:

Το σύστημα δραστηριότητας αποτελεί την πρωταρχική μονάδα ανάλυσης και συνδέεται σε δικτυακές σχέσεις με τουλάχιστον ένα άλλο σύστημα. Ατομικές και ομαδικές δράσεις που προσδιορίζονται/κατευθύνονται από το στόχο, είναι σχετικά ανεξάρτητες αλλά κατώτερες μονάδες ανάλυσης, γίνονται κατανοητές μόνο όταν ερμηνεύονται στο πλαίσιο ολόκληρων συστημάτων δραστηριότητας. Ο στόχος της δραστηριότητας εξελίσσεται συνεχώς και δεν μπορεί να περιοριστεί σε βραχυπρόθεσμους στόχους. Οι νέες αναπαραστάσεις πρέπει να έχουν νόημα για όλους (Engeström 2001, p.136; Barma, 2011, p.8)

2) Η πολυφωνία της δραστηριότητας (Engeström 2001):

Ένα σύστημα δραστηριότητας είναι «πολυφωνικό», δηλαδή αντανακλά μια κοινότητα πολλών απόψεων, παραδόσεων και ενδιαφερόντων. Η πολυφωνία προέρχεται α) από τον καταμερισμό εργασίας που δημιουργεί διαφορετικές θέσεις για καθέναν από τους συμμετέχοντες, καθώς ο καθένας από αυτούς έχει τη δική του ιστορία και β) από το ίδιο το σύστημα δραστηριότητας το οποίο φέρει πολλαπλά στρώματα και πτυχές της Ιστορίας του ενσωματωμένα στα εργαλεία και τους κανόνες του. Η πολυφωνία πολλαπλασιάζεται στα δίκτυα αλληλεπιδρώντων συστημάτων δραστηριότητας. Αυτή η πολυφωνία απαιτεί σημαντικές προσπάθειες μετάφρασης και διαπραγμάτευσης εκ μέρους όλων των συμμετεχόντων. Οι προσπάθειες αυτές είναι μια πηγή προβλημάτων αλλά ταυτόχρονα και μια πηγή καινοτομιών. (Engeström 2001, p.136; Barma, 2011, p.9)

3) Ιστορικότητα των συστημάτων της δραστηριότητας:

Η ιστορικότητα των συστημάτων δραστηριότητας αντανακλάται στον τρόπο με τον οποίο διαμορφώνονται και μετασχηματίζονται μέσα σε μεγάλες χρονικές περιόδους. Τα προβλήματά τους και οι δυναμικές τους μπορούν να γίνουν κατανοητές μόνο μέσα στη δική τους ιστορία, έτσι η ιστορία τους χρειάζεται να μελετηθεί ως τοπική ιστορία της δραστηριότητας και των αντικειμένων της, αλλά και ως ιστορία των θεωρητικών ιδεών και εργαλείων που έχουν δώσει τη μέχρι τώρα μορφή στη δραστηριότητα (Engeström 2001, p.136)

4) Οι αντιφάσεις ως κινητήρια δύναμη της αλλαγής και της βελτίωσης της δραστηριότητας (βλέπε και παράγραφο 3.4):

Οι αντιφάσεις (contradictions), που ορίζονται ως οι ιστορικά συσσωρευμένες δομικές εντάσεις μέσα σε ένα σύστημα δραστηριότητας, αλλά και ανάμεσα στα συστήματα δραστηριότητας, παίζουν κεντρικό ρόλο ως πηγές αλλαγής και ανάπτυξης του συστήματος. Οι αντιφάσεις (contradictions) δεν είναι το ίδιο με τα προβλήματα και τις εντάσεις. Οι αντιφάσεις γεννούν εντάσεις αλλά και καινοτόμες προσπάθειες για αλλαγή της δραστηριότητας (Engeström 2001, p.137), είναι η κινητήρια δύναμη του μετασχηματισμού (Engeström 2011b, p. 77)

5) Επεκτατικοί κύκλοι ως πιθανή μορφή μετασχηματισμού της δραστηριότητας (βλέπε και παράγραφο 3.5.1):

Τα συστήματα δραστηριότητας προχωρούν μέσα από σχετικά μεγάλους κύκλους ποιοτικών μετασχηματισμών. Καθώς οι αντιφάσεις σε ένα σύστημα δραστηριότητας επιδεινώνονται, κάποιοι μεμονωμένοι συμμετέχοντες αρχίζουν να αναρωτιούνται για καθιερωμένες πρακτικές, κανόνες και πρότυπα, να τα αμφισβητούν και να αποκλίνουν από αυτά. Σε κάποιες περιπτώσεις, αυτό οδηγεί σε ένα συμμετοχικό όραμα και μια συνειδητή συλλογική προσπάθεια αλλαγής. Σε ένα σύστημα δραστηριότητας, επιτυγχάνεται μια καινοτομία (ή «εκτεταμένος μετασχηματισμός») κάθε φορά που το αντικείμενο και το κίνητρο της δραστηριότητας επαναπροσδιορίζονται για να αγκαλιάσουν ένα ριζικά ευρύτερο ορίζοντα δυνατοτήτων σε σχέση με τον προηγούμενο τρόπο δραστηριότητας.

Ένας πλήρης κύκλος επεκτατικού μετασχηματισμού μπορεί να γίνει κατανοητός ως ένα συλλογικό ταξίδι μέσα στη ζώνη της επικείμενης ανάπτυξης της δραστηριότητας (Engeström 2001, p.137; Barma, 2011). Η ζώνη της επικείμενης ανάπτυξης ορίζεται από τον Engeström (1987), που στην πραγματικότητα αναμόρφωσε την αντίληψη του Vygotsky για τη ζώνη της επικείμενης ανάπτυξης για να καλύψει συλλογικές δραστηριότητες, ως «η απόσταση μεταξύ των σημερινών καθημερινών ενεργειών των ατόμων και της ιστορικά νέας μορφής της δραστηριότητας που μπορεί να δημιουργηθεί συλλογικά ως λύση για το διπλό δεσμό και που μπορεί να ενσωματωθεί στις καθημερινές ενέργειες» (Engeström, 1987), ουσιαστικά δηλ. εκεί που μπορούν να φτάσουν συλλογικά τα υποκείμενα.

3.4 Οι αντιφάσεις (contradictions) στην θεωρία της Δραστηριότητας.

Σε αυτήν την παράγραφο και την επόμενη παρουσιάζονται αναλυτικότερα η 4^η και η 5^η αρχή της τρίτης γενιάς της θεωρίας της Δραστηριότητας διότι αυτές οι δύο αρχές θα χρησιμοποιηθούν εκτενέστερα στην εργασία μας. Στην παράγραφο αυτή ασχολούμαστε με την έννοια «αντίφαση» και τα είδη των αντιφάσεων. Στις αντιφάσεις θα επανέλθουμε στην παράγραφο 3.5.1, καθώς και στο πώς αυτές συνδέονται με τις δράσεις στον επεκτατικό κύκλο μάθησης και το μετασχηματισμό της δραστηριότητας.

Μεγάλο μέρος της ισχύος της θεωρίας της Δραστηριότητας στηρίζεται στην έννοια των αντιφάσεων (Meyers 2007). Ο όρος αντίφαση στη θεωρία της Δραστηριότητας δεν έχει καθόλου το νόημα λογικής αντίφασης (Κορνελάκη 2018, σελ. 26). Είναι μια έννοια που δεν πρέπει να εξομοιώνεται με το δίλημμα, τη σύγκρουση, το διπλό δεσμό (βλέπε και παράγραφο 3.5.1), όροι που έχουν κακώς χρησιμοποιηθεί ως συνώνυμα των αντιφάσεων, ενώ αποτελούν εκδηλώσεις των αντιφάσεων

(Engeström and Sannino 2011; Bonneau, 2013; Πλακίτση κ.ά., 2018, σελ. 69). Αντιφάσεις προκύπτουν όταν νέοι τρόποι σκέψης ή πράξης έρχονται σε σύγκρουση με τους παραδοσιακούς ή επί του παρόντος αποδεκτούς τρόπους σκέψης και πράξης. Οι υπερβολικές αντιφάσεις ή εκείνες που φθάνουν σε αναλογίες κρίσεων μπορεί να οδηγήσουν σε καταστροφή του ίδιου του συστήματος δραστηριότητας (Meyers 2007).

Γράφει ο Kuutti (1996):

«Επειδή οι δραστηριότητες δεν είναι απομονωμένες μονάδες αλλά είναι περισσότερο σαν κόμβοι σε διασταυρούμενες ιεραρχίες και δίκτυα, επηρεάζονται από άλλες δραστηριότητες και άλλες αλλαγές στο περιβάλλον τους. Οι εξωτερικές επιρροές αλλάζουν ορισμένα στοιχεία των δραστηριοτήτων, προκαλώντας ανισορροπίες. Η θεωρία της Δραστηριότητας χρησιμοποιεί τον όρο αντίφαση για να υποδεικνύει ασυμφωνίες, μη προσαρμογές στοιχείων/καταστάσεων μεταξύ τους, [α] εντός ενός κόμβου του συστήματος Δραστηριότητας, [β] μεταξύ δυο κόμβων, [γ] μεταξύ διαφορετικών αναπτυξιακών φάσεων μιας μόνο δραστηριότητας και [δ] μεταξύ διαφορετικών συστημάτων δραστηριότητας. Οι αντιφάσεις εκδηλώνονται ως προβλήματα, ρήξεις, συγκρούσεις. Η θεωρία της Δραστηριότητας βλέπει τις αντιφάσεις ως πηγές ανάπτυξης, οι δραστηριότητες πρακτικά είναι πάντα σε διαδικασία ανάπτυξης μέσω των αντιφάσεων».

Κάθε μια από τις παραπάνω 4 περιπτώσεις αντιστοιχεί σε ένα διαφορετικό επίπεδο αντιφάσεων. Η εισαγωγή και χρήση από τον Engeström (1987) των όρων στρώματα ή επίπεδα για τον χαρακτηρισμό αντιφάσεων τονίζει την αλληλεξάρτηση και τη λειτουργική αντιστοιχία μεταξύ των τεσσάρων τύπων αντιφάσεων (Foot and Groleau 2011; Κορνελάκη 2018, σελ. 27).

Τα τέσσερα αυτά επίπεδα είναι (Engeström, 1987· Blunden, 2013· Πλακίτση κ.ά. 2018, σελ. 68):

1. Πρωτογενείς (primary) αντιφάσεις:

Είναι αντιφάσεις που εκδηλώνονται μέσα σε κάθε έναν από τους κόμβους (δηλ. Υποκείμενο, Αντικείμενο, Εργαλείο κ.ά.) του συστήματος δραστηριότητας, και απεικονίζονται με τον αριθμό 1 στην εικόνα 3.5. Σύμφωνα με τον Engeström οι πρωτογενείς αντιφάσεις απορρέουν από την αντίθεση μεταξύ της αξίας χρήσης (παράγω κάτι για μένα - ακόμα και γιατί μου αρέσει) και της ανταλλακτικής αξίας (παράγω κάτι για αμοιβή) κάθε προϊόντος ή υπηρεσίας, καθώς το κάθε ένα από αυτά έχει εγγενή αξία (αξία χρήσης) αλλά και ταυτόχρονα αποτελεί πηγή εισοδήματος (ανταλλακτική αξία). Αυτή η πρωτογενής αντίφαση παίρνει το ιδιαίτερο σχήμα της και αποκτά το ιδιαίτερο περιεχόμενό της διαφορετικά σε κάθε σύστημα δραστηριότητας (Engeström 2011b, p.77). Σύμφωνα με την Foot (2014) η αξία χρήσης μπορεί να νοηθεί ως τα άμεσα οφέλη των αποτελεσμάτων μιας δραστηριότητας για τους συμμετέχοντες της δραστηριότητας, ενώ η αξία ανταλλαγής υποδηλώνει την αξία που έχει κάτι όταν ανταλλάσσεται για κάτι άλλο.

Στα συστήματα δραστηριότητας των εκπαιδευτικών η πρωτογενής αντίφαση εμφανίζεται ως ρήξη μεταξύ των επαγγελματικών και των διαχειριστικών γραμμών σκέψης που διαμορφώνουν αυτές τις δραστηριότητες τους (Bonneau, 2013). Από την Bonneau σημειώνεται ότι φαίνεται απαραίτητο να υπερβούμε την απόδοση αυστηρά οικονομικού χαρακτήρα στην πρωτογενή αντίφαση. Υποστηρίζει ότι οι εντάσεις που συνεπάγεται η ανθρώπινη δραστηριότητα έχουν τις ρίζες τους και σε άλλες κοινωνικο-

ιστορικές κατασκευές από αυτήν της αντίθεσης μεταξύ της αξίας ανταλλαγής και της αξίας χρήσης. Επομένως, και αν ακόμα αυτή η διάσταση υπάρχει, η μείωση της ανάλυσης σε μια αυστηρά οικονομική αντίφαση δεν επιτρέπει να εξηγηθεί ο τρόπος με τον οποίο συμβαίνουν ορισμένες αλλαγές στις καθημερινές πρακτικές (Bondeau, 2013).

Ας δούμε ένα παράδειγμα πρωτογενούς αντίφασης από την εκπαίδευση: στη χώρα μας συνήθως οι εκπαιδευτικοί της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης κάνουν μάθημα στα παιδιά για να τα προετοιμάσουν, ακόμη και σε μικρότερες τάξεις, για τις πανελλαδικές εξετάσεις. Πολλά από τα παιδιά δεν ενδιαφέρονται – το μάθημα δεν τα αγγίζει, έχουν αποφασίσει ότι δεν θα ακολουθήσουν σπουδές που σχετίζονται με αυτό το μάθημα – έτσι δεν συμμετέχουν και αυτό κουράζει και ψυχικά πολλούς από τους εκπαιδευτικούς. Επιπλέον, ορισμένοι εκπαιδευτικοί αισθάνονται ότι το μάθημα που κάνουν σχετίζεται μόνο με εξετάσεις και όχι με κάτι που γεμίζει τους μαθητές τους ή κάτι που θα χρειαστούν στη ζωή τους. Η πρωτογενής αντίφαση εδώ αντιμετωπίζεται ως προσωπική σύγκρουση του εκπαιδευτικού μεταξύ του ρόλου του ως Δάσκαλου και του ρόλου του ως υπαλλήλου που πρέπει να κάνει ό,τι προβλέπει το πρόγραμμα.

2. Δευτερογενείς (secondary) αντιφάσεις:

Είναι αντιφάσεις που εκδηλώνονται μεταξύ δύο κόμβων του συστήματος δραστηριότητας και απεικονίζονται με τον αριθμό 2 στην εικόνα 3.5. Προκύπτουν από την εισαγωγή ενός νέου στοιχείου στο ήδη υπάρχον σύστημα δραστηριότητας. Όταν ένα σύστημα δραστηριότητας υιοθετήσει ένα νέο στοιχείο από έξω – για παράδειγμα, μια νέα τεχνολογία (εργαλείο) ή ένα νέο αντικείμενο – για την αντιμετώπιση μιας πρωτογενούς αντίφασης, αυτό μπορεί συχνά να οδηγήσει σε μια επιδεινούμενη δευτερογενή αντίφαση όπου ορισμένα παλιά στοιχεία (για παράδειγμα, οι κανόνες ή ο καταμερισμός της εργασίας) συγκρούονται με το καινούργιο που μπήκε στο σύστημα. Τέτοιες αντιφάσεις δημιουργούν διαταραχές και συγκρούσεις, αλλά και καινοτόμες προσπάθειες αλλαγής της δραστηριότητας.

Ας δούμε ένα παράδειγμα δευτερογενούς αντίφασης: Ας υποθέσουμε ότι σε πρόγραμμα συζητήθηκε με τους παραπάνω εκπαιδευτικούς η διδασκαλία της φύσης της γνώσης των Φυσικών Επιστημών ως μια νέα κατεύθυνση για το σύστημα δραστηριότητας που θα μπορούσε να δώσει λύσεις στην πρωτογενή αντίφαση που αντιμετωπίζουν. Στη συζήτηση εμφανίστηκαν δευτερογενείς αντιφάσεις όπως π.χ. ότι δεν επαρκεί ο χρόνος να διδαχθεί επιπλέον και η φύση της γνώσης των Φυσικών Επιστημών ή ότι θα υπάρξει αντίθεση, κυρίως από τους γονείς που θα μεταφερθούν ως πιέσεις από την διεύθυνση, εάν η διδασκαλία είναι διαφορετική από τη συνηθισμένη. Οι εντάσεις που σχετίζονται με δευτερογενείς αντιφάσεις μπορούν να επιλυθούν με την ενσωμάτωση νέων στοιχείων στη δραστηριότητα, κάτι το οποίο μπορεί να οδηγήσει σε τριτογενείς αντιφάσεις.

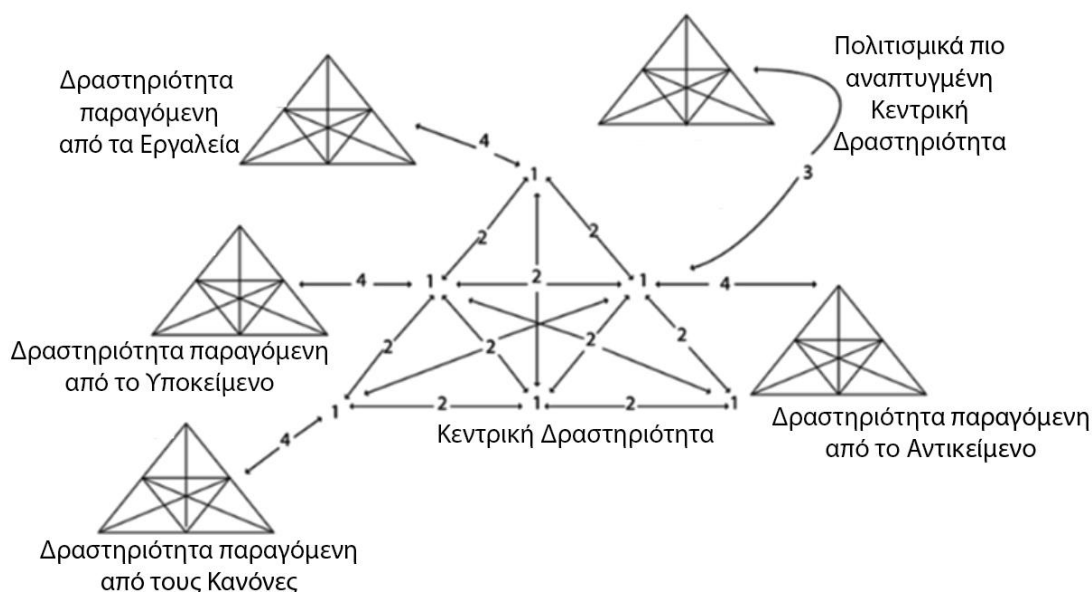
3. Τριτογενείς (tertiary) αντιφάσεις:

Είναι οι αντιφάσεις που προκύπτουν όταν στη θέση του αρχικού αντικειμένου/κινήτρου του συστήματος δραστηριότητας εισάγεται ένα πολιτισμικά πιο προηγμένο αντικείμενο και κίνητρο, και απεικονίζονται με τον αριθμό 3 στην εικόνα 3.5. Ουσιαστικά εμφανίζονται ως εντάσεις μεταξύ των νέων πρακτικών και των θεσμοθετημένων πρακτικών, είναι εκδήλωση της αντίστασης στο καινούργιο.

Στο παράδειγμά μας οι εκπαιδευτικοί, έχουν αποφασίσει να διδάξουν τη φύση της γνώσης των Φυσικών Επιστημών, αντί για τη συνηθισμένη γνώση περιεχομένου Φυσικών Επιστημών που δίδασκαν, όμως στην πράξη μέσα στην τάξη τους αποδεικνύουν ότι οι «παλιές συνήθειες δεν αλλάζουν εύκολα».

4. Τεταρτογενείς (quaternary) αντιφάσεις:

Είναι οι αντιφάσεις που προκύπτουν μεταξύ του κεντρικού συστήματος δραστηριότητας και γειτονικών συστημάτων τα οποία αλληλεπιδρούν με αυτό. Τα γειτονικά αυτά συστήματα είναι: α) παραγωγής νέων εργαλείων που είναι αναγκαία για την υπηρετήση του καινούριου αντικείμενου, β) προετοιμασίας των υποκειμένων για να υπηρετήσουν το καινούριο αντικείμενο γ) αλλαγής των κανόνων που υπήρχαν πριν, και προσαρμογή τους στο καινούριο αντικείμενο και δ) όλα τα συστήματα δραστηριοτήτων τα οποία επηρεάζονται από τα αποτελέσματα της κεντρικής δραστηριότητας. Τα τέσσερα παραπάνω συστήματα απεικονίζονται με τον αριθμό 4 στην εικόνα 3.5 (Engeström, 1987; Bonneau, 2013). Συνεχίζοντας το παράδειγμα με τους εκπαιδευτικούς, τεταρτογενείς αντιφάσεις είναι: οι εκπαιδευτικοί μας να ζητήσουν αλλαγές στα προγράμματα σπουδών, στα βιβλία, την επιμόρφωσή τους ή και, αν καθιερωθεί η διδασκαλία της φύσης της γνώσης των Φυσικών Επιστημών, να διαμορφωθούν ανάλογα και τα θέματα εξετάσεων.



Εικόνα 3.5: Τα τέσσερα επίπεδα των αντιφάσεων σε ένα σύστημα δραστηριότητας (Engeström, 1987; Audhoe, Thompson and, Verduijn 2018)

Οι αντιφάσεις δεν αποτελούν πρόβλημα, ένδειξη δυσλειτουργίας, αδυναμίας ή κάτι που είναι καλό να αποφευχθεί σε ένα σύστημα δραστηριότητας. Αντιθέτως αποτελούν την πηγή αλλαγής και ανάπτυξης του συστήματος, παρέχοντας ευκαιρίες για επεκτατική μάθηση (βλέπε και παράγραφο 3.5). Τα συστήματα δραστηριότητας αναπτύσσονται, εξελίσσονται διαρκώς, καθώς τα υποκείμενα ασχολούνται με δράσεις (βλέπε και παράγραφο 3.5.1) προσανατολισμένες στο αντικείμενο, στόχος των οποίων είναι το ξεπέρασμα καταγραμμένων αντιφάσεων. Η αναγνώρισή των αντιφάσεων αποτελεί απαραίτητη, όχι όμως και ικανή, συνθήκη για την ανάπτυξη του συστήματος, υποδεικνύοντας ευκαιρίες για αυτήν. Αποτελούν σημεία από τα οποία προκύπτουν οι

καινοτομίες, η έννοια της αντίφασης πρέπει να κατανοηθεί στενά με την έννοια του μετασχηματισμού, οι αντιφάσεις οδηγούν σε μετασχηματισμό (Roth, et al., 2009; Engeström and Sannino, 2010; Foot and Groleau, 2011; Rodrigues et al., 2011; Bonneau, 2013; Foot, 2014; Πλακίτση κ.ά. 2018, σελ. 67-69).

3.5 Επεκτατική μάθηση

Επεκτατική μάθηση είναι η μάθηση στην οποία οι εκπαιδευόμενοι συμμετέχουν στην κατασκευή και εφαρμογή ενός ριζικά νέου, ευρύτερου και πιο πολύπλοκου αντικειμένου και ιδέας για τη δραστηριότητά τους (Engeström and Sannino; 2010).

Η επεκτατική μάθηση απαιτεί διαμορφωτικές παρεμβάσεις. Στις διαμορφωτικές παρεμβάσεις, οι συμμετέχοντες αντιμετωπίζουν ένα προβληματικό και αντιφατικό αντικείμενο, ενσωματωμένο στη ζωτική τους δραστηριότητα, το οποίο αναλύουν και επεκτείνουν κατασκευάζοντας μια νέα αντίληψη για αυτό, το ακριβές περιεχόμενο της οποίας δεν είναι γνωστό από πριν σε κανέναν (αυτό συμβολίζει ο κύκλος στον κόμβο «Αντικείμενο» της εικόνας 3.3). Σε αντιδιαστολή με τις διαμορφωτικές είναι οι γραμμικές παρεμβάσεις, στις οποίες η μορφή τους, το ακριβές περιεχόμενο και οι στόχοι της παρέμβασης είναι γνωστά από πριν σε κάποιους ειδήμονες, και στην εκπαίδευση εν προκειμένω στους δάσκαλους/εκπαιδευτικούς (Engeström 2011b, p. 84; Engeström and Sannino 2010, p.15).

Οι διαμορφωτικές παρεμβάσεις βασίζονται στη μέθοδο της διπλής διέγερσης (Engeström, 2007; Engeström and Sannino 2010) η οποία προτάθηκε από τον Vygotsky, ο οποίος αντί να δώσει απλώς στο υποκείμενο να λύσει ένα πρόβλημα, του έδωσε αφενός ένα απαιτητικό πρόβλημα που δεν μπορούσε να επιλυθεί από τις υπάρχουσες δεξιότητές του (πρώτο ερέθισμα) και αφετέρου ένα «ουδέτερο» ή διφορούμενο εξωτερικό εργαλείο (δεύτερο ερέθισμα). Το υποκείμενο θα μπορούσε να δώσει νόημα στο εργαλείο αυτό και να το μετατρέψει σε ένα νέο διαμεσολαβητικό μέσο που θα ενίσχυε τις ενέργειές του και ενδεχομένως θα οδηγούσε σε αναμόρφωση και επίλυση του προβλήματος (Vygotsky 1978, p.74; Engeström and Sannino 2010; Blunden, 2013). Ουσιαστικά το άτομο τίθεται σε μια κατάσταση επίλυσης προβλημάτων όπου η άμεση δράση αποδεικνύεται αναποτελεσματική, και έτσι το άτομο αυτό θα πρέπει να βρει ή να δημιουργήσει βοηθητικά μέσα για να φτάσει στο στόχο (Cole and Engeström 1993). Σημειώνεται ότι ο Vygotsky ονομάζει το δεύτερο ερέθισμα στον πληθυντικό αριθμό – δηλαδή μια σειρά ερεθισμάτων. Σε σχολικό περιβάλλον το πρώτο ερέθισμα είναι μια αντιφατική/συγκρουσιακή κατάσταση (το πρόβλημα, η κατάσταση, η εργασία με την οποία αναμένεται να ασχοληθούν οι εκπαιδευόμενοι) και το δεύτερο ερέθισμα είναι ένα, ασαφές σε κάποιο βαθμό, εργαλείο, το διαμεσολαβητικό μέσο, το οποίο μπορεί κατάλληλα διαμορφωμένο να χρησιμοποιηθεί για να ξεπεραστούν οι αντιφάσεις, βλέπε και εικόνα 3.6 (Lund and Rasmussen, 2008; Van Amstel, 2014; Barma, 2015).



Εικόνα 3.6: Διπλή διέγερση (Van Amstel, 2014)

Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι το εργαλείο δεν δίνεται στους μετέχοντες στην τελική/έτοιμη μορφή του (Engeström 2001, p.604), μπορεί να έχει ορισμένες δομές για να βοηθήσει τους μετέχοντες να οργανώσουν τη δική τους διαδικασία μάθησης, όπως μια σκαλωσιά οργανώνει τη διαδικασία κατασκευής αλλά δεν καθορίζει το περιεχόμενο της κατασκευής (Van Amstel, 2014). Έτσι το δεύτερο ερέθισμα, το εργαλείο, μπορεί να είναι ένα σχέδιο για μια νέα διδακτική σειρά ή μια παιδαγωγική στρατηγική (Barma, 2015).

Το ότι το διαμεσολαβητικό μέσο (το εργαλείο) π.χ. ένα σχέδιο μαθήματος ή μια διδακτική στρατηγική είναι ασαφές, δεν σημαίνει ότι ο εκπαιδευτικός δεν έχει σχεδιάσει από πριν το μάθημά του. Όμως ο σχεδιασμός του δάσκαλου βασίζεται σε αυτό που περιμένει από τους μαθητές του, έτσι αν οι προσδοκίες δεν επαληθευτούν στην τάξη, απαιτούνται αλλαγές. Αυτό σημαίνει τη μετατροπή της δραστηριότητας και προσαρμογή της σε ένα νέο πλαίσιο. Ο δάσκαλος πρέπει να αντιμετωπίσει τις αντιφάσεις που δείχνουν ότι τα σχέδιά του δοκιμάζονται στην πραγματική αλληλεπίδραση με τους μαθητές, των οποίων οι προσδοκίες δεν αντιστοιχούν πάντοτε με εκείνες του δασκάλου (Rodrigues et al., 2011). Τελικά αυτό απλά σημαίνει ότι το μάθημα που τελικά έγινε δεν είναι αυτό το οποίο είχε ο δάσκαλος στο μυαλό του πριν μπει στην τάξη, καθώς έχει συμπεριλάβει και προσαρμοστεί στις αντιδράσεις των μαθητευόμενων.

Θεωρούμε την επεκτατική μάθηση, όπου οι εκπαιδευόμενοι συμμετέχουν στην κατασκευή και εφαρμογή ενός ριζικά νέου, ευρύτερου και πιο πολύπλοκου αντικειμένου και ιδέας για τη δραστηριότητά τους, ως την πλέον κατάλληλη για επιμορφωτικά σεμινάρια επαγγελματιών, εν προκειμένω εκπαιδευτικών. Οι επαγγελματίες έχουν εμπειρίες, γνώσεις και το ενδιαφέρον να καταθέσουν προτάσεις. Με την ανταλλαγή απόψεων θα δώσουν, συλλογικά, την πλήρη μορφή σε ένα αρχικό σχέδιο που τους κατατίθεται ή ακόμη (ακραία) να το απορρίψουν αντικαθιστώντας το με άλλο.

3.5.1 Ακολουθία δράσεων σε έναν ιδανικό - τυπικό κύκλο επεκτατικής μάθησης

Ένας κύκλος επεκτατικής μάθησης ιδεατά-τυπικά περιλαμβάνει έξι στάδια δράσεων, μέσω των οποίων αλλάζει μια αρχικά παγιωμένη κατάσταση σε μια άλλη που αποτελεί ουσιαστικά το 7^ο στάδιο του κύκλου, βλέπε και Εικόνα 3.6. Αυτά είναι (Engeström, 1999; Iqira and Gregory, 2009; Engeström, 2009a; Engeström and Sannino, 2010; Πλακίτση κ.ά., 2018, p.77-78):

1. Αμφισβήτηση

Η πρώτη δράση είναι αυτή της αμφισβήτησης της υπάρχουσας συνήθους πρακτικής. Ορισμένοι από τους μετέχοντες σε ένα σύστημα δραστηριότητας κριτικάρουν ή απορρίπτουν πτυχές της αποδεκτής πρακτικής και της υπάρχουσας γνώσης σε σχέση π.χ. με το αντικείμενο, το εργαλείο ή τους κανόνες της δραστηριότητας. Το στάδιο αυτό

είναι συνυφασμένο με τις πρωτογενείς αντιφάσεις (βλέπε παράγραφο 3.4 και εικόνα 3.8), οι οποίες μπορούν να εμφανιστούν μέσα σε κάθε έναν από τους κόμβους του συστήματος δραστηριότητας.

2. Ανάλυση της κατάστασης (Analysis)

Η δεύτερη δράση είναι μια ανάλυση της κατάστασης για τον εντοπισμό συστημικών εντάσεων ή αντιφάσεων εντός ή και μεταξύ των συστημάτων δραστηριότητας προκειμένου να γίνει αντιληπτό τι συμβαίνει. Από αυτές τις συζητήσεις ξεκινάει μια νέα κατεύθυνση για το σύστημα δραστηριότητας που θα μπορούσε να δώσει λύσεις στις πρωτογενείς αντιφάσεις που έχει γεννήσει το υπάρχον σύστημα δραστηριότητας, με την ταυτόχρονη όμως εμφάνιση δευτερογενών αντιφάσεων (βλέπε παράγραφο 3.4 και εικόνα 3.8) μεταξύ δύο ή περισσότερων κόμβων, π.χ. μεταξύ του διαφαινόμενου νέου αντικειμένου και των παλιών κανόνων ή εργαλείων.

Στη φάση της ανάλυσης τα υποκείμενα βρίσκονται κατ' επανάληψη αντιμέτωπα με πιεστικές και εξίσου μη αποδεκτές εναλλακτικές λύσεις στο σύστημα δραστηριότητάς τους, με φαινομενικά καμία διέξοδο. Οι καταστάσεις αυτές ονομάζονται στη βιβλιογραφία διπλοί δεσμοί (double bind). Ένας διπλός δεσμός είναι συνήθως μια κατάσταση που δεν μπορεί να επιλυθεί από ένα άτομο μόνο του. Τέτοιες επαναλαμβανόμενες διαδικασίες στη συζήτηση, τυπικά εκφράζονται πρώτα με τη βοήθεια ρητορικών ερωτήσεων που υποδεικνύουν ένα αδιέξοδο, μια πιεστική ανάγκη να γίνει κάτι και, ταυτόχρονα, μια αντιληπτή αδυναμία δράσης. Αυτή η αδυναμία εκφράζεται συνήθως με τη βοήθεια απελπισμένων ρητορικών ζητημάτων του τύπου "Τι μπορούμε να κάνουμε;" "ας το κάνουμε αυτό", "θα το καταφέρουμε". Η επίλυση ενός διπλού δεσμού απαιτεί πράξεις και συλλογική δράση (Engeström and Sannino, 2011).

3. Μοντελοποίηση (Modeling the new solution)

Η τρίτη δράση, η μοντελοποίηση ήταν ήδη παρούσα στην προηγούμενη φάση, αυτή της ανάλυσης, με τη διαμόρφωση του πλαισίου για το ξεπέρασμα των αντιφάσεων. Η ολοκλήρωσή της επέρχεται με τη δημιουργία ενός σαφούς, εύκολα περιγράψιμου και ανακοινώσιμου απλοποιημένου μοντέλου της νέας ιδέας (νέας λύσης που περιλαμβάνει π.χ. τη δημιουργία νέου εργαλείου, νέου αντικειμένου, νέων τρόπων δράσης) η οποία προέκυψε στο στάδιο της ανάλυσης, και η οποία θεωρείται ότι αντιμετωπίζει τα προβλήματα και τις αντιφάσεις που εντοπίστηκαν στα δυο προηγούμενα στάδια. Αυτή η μοντελοποίηση περιλαμβάνει και τη σκιαγράφηση της ζώνης της επικείμενης ανάπτυξης για το νέο σύστημα δραστηριότητας (Engeström 2009a).

4. Εξέταση και δοκιμή του νέου μοντέλου (Examining and testing the new model)

Η τέταρτη δράση είναι η εξέταση του μοντέλου, η λειτουργία και ο πειραματισμός πάνω σε αυτό, προκειμένου να κατανοηθεί πλήρως η δυναμική, οι δυνατότητες και οι περιορισμοί του. Η κριτική συζήτηση και η απόρριψη προτάσεων που έχουν γίνει είναι ένα παράδειγμα της εξέτασης του νέου μοντέλου.

5. Εφαρμογή του μοντέλου (Implementing the new model)

Η πέμπτη δράση είναι η υλοποίηση του μοντέλου μέσω πρακτικών εφαρμογών, ο εμπλουτισμός του και οι εννοιολογικές επεκτάσεις του. Η πολλαπλή εφαρμογή οδηγεί στην εμφάνιση τριτογενών αντιφάσεων (βλέπε παράγραφο 3.4 και εικόνα 3.8) μεταξύ του νεοσυσταθέντος τρόπου δραστηριότητας και υπολειμμάτων του προηγούμενου τρόπου, ως εκδήλωση της αντίστασης στο καινούργιο (Engeström and Sannino, 2010).

6. Αναστοχασμός και αξιολόγηση της διαδικασίας (Reflecting on the process)

Το έκτο στάδιο περιλαμβάνει αξιολόγηση και αναστοχασμό όσων έγιναν. Στο στάδιο αυτό εμφανίζονται τεταρτογενείς αντιφάσεις (βλέπε παράγραφο 3.4 και εικόνα 3.8) μεταξύ της πρόσφατα εγκαθιδρυμένης δραστηριότητας και γειτονικών της συστημάτων δραστηριότητας. Ζητούμενο είναι η προσαρμογή των συστημάτων αυτών με την νέο-εγκαθιδρυμένη δραστηριότητα.

7. Εδραίωση και γενίκευση (Consolidating and generalizing the new practice)

Το τελευταίο στάδιο είναι η εδραίωση, όπου τα αποτελέσματα του μοντέλου γίνονται μια νέα μορφή πρακτικής. Με την πάροδο του χρόνου είναι δυνατόν ορισμένοι από τους μετέχοντες στο νέο σύστημα δραστηριότητας να αμφισβητήσουν, να κριτικάρουν ή και να απορρίψουν κάποιες πτυχές της νέας πρακτικής και να ξεκινήσει ένας νέος κύκλος επεκτατικής μάθησης.

Τα παραπάνω εικονογραφούνται από τον Engeström (1999; Engeström and Sannino 2010) στην εικόνα 3.7.

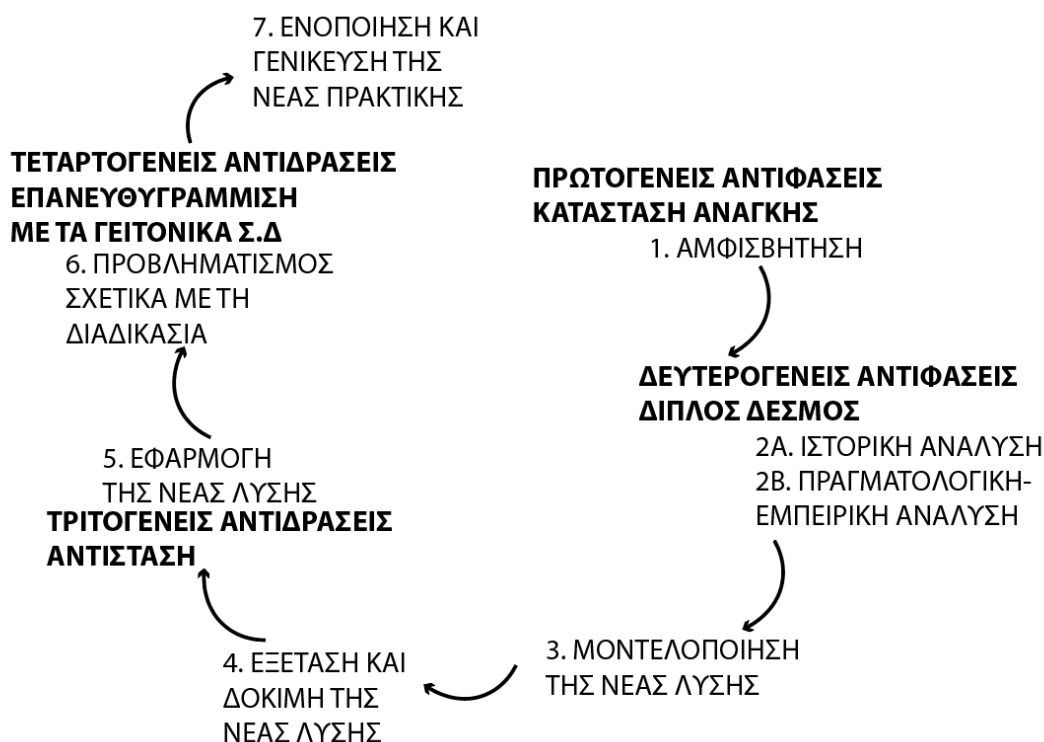


Εικόνα 3.7: Ακολουθία δράσεων μάθησης στον κύκλο της επεκτατικής μάθησης

Αξίζει να σημειωθεί ότι οι δράσεις του κύκλου της επεκτατικής μάθησης, όπως παρουσιάζονται στην εικόνα 3.7 αποτελούν μια ενδεικτική ακολουθία κι όχι μια «καθολική φόρμουλα» με τυπικά και ξεκάθαρα στάδια που να ακολουθούνται αυτόματα μεταξύ τους (Πλακίτση κ.ά. 2018, σελ. 77). Βεβαίως, λόγω και της

«πολυφωνίας» του συστήματος δραστηριότητας, πολλαπλά είδη δράσεων μπορούν να γίνουν ανά πάσα στιγμή. Η παραπάνω ακολουθία δράσεων απλώς διευκολύνει τον εντοπισμό και την ανάλυση του κυρίαρχου τύπου δράσης κατά τη διάρκεια συγκεκριμένων φάσεων της δραστηριότητας (Foot and Groleau 2011). Τα στάδια αντιπροσωπεύουν δυνατότητες που μπορούν να υλοποιηθούν μόνο μέσω ενεργών αναπτυξιακών παρεμβάσεων και συνειδητής μαθησιακής δραστηριότητας.

Σύμφωνα με τον Engeström (2009a) οι δράσεις μάθησης της εικόνας 3.7 συνδέονται με αντίστοιχες αντιφάσεις, βλέπε και παράγραφο 3.4, όπως φαίνεται στην εικόνα 3.8:



Εικόνα 3.8: Δράσεις μάθησης και αντίστοιχες αντιφάσεις στον κύκλο της επεκτατικής μάθησης.

Τα διαφορετικά επίπεδα των αντιφάσεων συνδέονται και μεταξύ τους - **ένα επίπεδο αντιφάσεων πυροδοτεί την εκδήλωση ή / και την επιδείνωση ενός άλλου** - και αποτελούν το έναυσμα για συγκεκριμένες μαθησιακές δράσεις, συμβάλλοντας στην ανάπτυξη του επεκτατικού κύκλου (Engeström, 1987; Foot and Groleau 2011). Η διαπίστωση αυτή καθιστά τον προσδιορισμό των αντιφάσεων κρίσιμη προϋπόθεση για την εστιασμένη προσπάθεια σχεδιασμού/τροποποίησης/εφαρμογής του νέου μοντέλου (Cole and Engeström, 1993). Ουσιαστικά έχουμε μια αναπτυσσόμενη σπείρα που καθοδηγείται στο επόμενο στάδιο της από τις αντιφάσεις. Σημειώνεται ότι η αλληλουχία των αντιφάσεων μπορεί να μην είναι πάντοτε γραμμική, καθώς, για παράδειγμα, οι προσπάθειες επίλυσης μιας τριτογενούς αντίφασης ενδέχεται στην πραγματικότητα να επιδεινώσουν ή να δημιουργήσουν νέες δευτερογενείς αντιφάσεις (Foot and Groleau 2011). Βεβαίως το παραπάνω δεν σημαίνει ότι κάθε είδος αντίφασης εμφανίζεται αποκλειστικά στο στάδιο δράσης που παραπάνω σημειώνεται. Έτσι υπάρχουν στη βιβλιογραφία δυο προτάσεις (Engeström, 1999 και 2009a; Foot and

Groleau 2011) για τη σύνδεση των τεσσάρων επιπέδων των αντιφάσεων με τα διάφορα στάδια δράσεων, όπως φαίνονται στον Πίνακα 3.1.

Επίπεδο αντίφασης	Αντίστοιχη δράση μάθησης	
Πρωτογενής	Engeström	Foot and Groleau 2011
	Αμφισβήτησης	Αμφισβήτησης
Δευτερογενής	Ανάλυση της κατάστασης	Ανάλυσης της κατάστασης Μοντελοποίηση της νέας λύσης
Τριτογενής	Εφαρμογής του νέου μοντέλου	Εξέτασης και δοκιμής του νέου μοντέλου Εφαρμογής του νέου μοντέλου Αναστοχασμού και αξιολόγησης της διαδικασίας
Τεταρτογενής	Εδραίωσης και γενίκευσης	Εδραίωσης και γενίκευσης Αμφισβήτησης

Πίνακας 3.1: Επίπεδα των αντιφάσεων και αντίστοιχες δράσεις μάθησης

Σε ένα πρόγραμμα επιμόρφωσης εκπαιδευτικών θεωρούμε ότι οι πρωτογενείς αντιφάσεις δημιουργούν/επιταχύνουν τις δράσεις της αμφισβήτησης (Α: αμφισβητώ το παλιό), οι δευτερογενείς εμφανίζονται στη φάση της ανάλυσης αλλά και της μοντελοποίησης της νέας λύσης (Β: σχεδιάζω το καινούργιο), οι τριτογενείς στις φάσεις τις εξέτασης – δοκιμής και εφαρμογής (Γ: εφαρμόζω το καινούργιο) και οι τεταρτογενείς στις φάση της αξιολόγησης και της εδραίωσης (Δ: καθιέρωση του καινούργιου). Βεβαίως μπορεί οι αντιφάσεις σε ένα σύστημα δραστηριοτήτων να ήταν αρκετά ώριμες και να μπορούν να εμφανιστούν από ήδη το επίπεδο της αμφισβήτησης ή της ανάλυσης (Engeström and Sannino, 2011).

Τα στάδια του κύκλου της επεκτατικής μάθησης βοηθάνε να ξεπεραστεί η στενή άποψη της αλλαγής ως ένα βήμα από μια παγιωμένη κατάσταση σε μια επιδιωκόμενη καινούργια και στην κατανόηση και αποδοχή της συνεχούς ποιοτικής αλλαγής. Με τα διαφορετικά επίπεδα αντιφάσεων, μπορούμε να κατανοήσουμε καλύτερα τη δυναμική που είναι εγγενής στη διαδικασία μετασχηματισμού και των προβλημάτων μεταξύ των νέων και των θεσμοθετημένων πρακτικών, καθώς και των επιπτώσεων τους για συστήματα γειτονικών δραστηριοτήτων. Συνεπώς ο κύκλος της επεκτατικής μάθησης είναι ένα εργαλείο για την κατανόηση της αναπτυξιακής δυναμικής μιας δραστηριότητας και της σταδιακής αλλαγής και βελτίωσης της τρέχουσας δραστηριότητας με τον εντοπισμό και την επίλυση αντιφάσεων (Igira and Gregory, 2009; Kornelaki and Plakitsi, 2018).

3.6 Επεκτατική μάθηση και εκπαίδευση ενηλίκων

Ο ίδιος ο Engeström χρησιμοποίησε τον κύκλο της επεκτατικής μάθησης σε εργασιακούς οργανισμούς, όπως π.χ. επίλυση προβλημάτων στο πεδίο της ιατρικής φροντίδας (Engeström 2009a) ή φροντίδας ηλικιωμένων στο σπίτι στο Ελσίνκι (Engeström and Sannino 2010). Στη βιβλιογραφία ο κύκλος της επεκτατικής μάθησης

έχει χρησιμοποιηθεί σε πολλούς τομείς, όπως η επιμόρφωση εκπαιδευτικών (Νάννη, 2017; Daniels et al, 2004; Jóhannsdóttir, 2014), η οργάνωση σχολικών βιβλιοθηκών (Meyers, 2007), ο σχεδιασμός ηλεκτρονικών παιχνιδιών (Carvalho et al, 2015) και σε πολύπλοκα περιβάλλοντα στην επαγγελματική ζωή γενικότερα (Edwards, 2007). Είναι ουσιαστικά μια εκπαίδευση ενηλίκων όπου κανένας «ικανός» δάσκαλος δεν γνωρίζει το περιεχόμενο της απαιτούμενης μάθησης, το οποίο θα διδάξει σε αυτούς που δεν ξέρουν. Το περιεχόμενο της απαιτούμενης μάθησης τελικά παράγεται από μια ομάδα επαγγελματιών, σε συνεργασία με τον/τους ερευνητή/ερευνητές, οι οποίοι αντιμετωπίζουν μια σειρά αντιφάσεων που απαιτούν μια νέα λύση, η οποία δεν μπορεί να βρεθεί σε εγχειρίδια ή καθιερωμένους κανόνες περιεχομένου. Αλλά δεν υπάρχει τίποτα στην ίδια τη διαδικασία που να εμποδίζει ή να αποθαρρύνει τους συμμετέχοντες να αναζητούν διάφορες μορφές καθιερωμένης γνώσης και να τις φέρνουν στη συλλογική ανάλυση και σχεδιασμό (Engeström and Sannino, 2010, p.17)

Η πρόταση του «κύκλου επεκτατικής μάθησης» του Engeström (2009a; 2009b, σελ. 53-73) έχει κοινά χαρακτηριστικά με τις προτάσεις επιμόρφωσης ενηλίκων των Mezirow (2009, σελ. 90-105), («της μετασχηματίζουσας μάθησης») και Jarvis (2009, σελ. 21-34) («Μαθαίνοντας τι σημαίνει να είμαι άτομο στην κοινωνία: Μαθαίνοντας τον εαυτό μου»). Και στις τρεις αυτές προτάσεις:

1. η διαδικασία έχει ως αφετηρία τη βίωση μιας δυσαρμονίας/δυσαρέσκειας από τον εκπαιδευόμενο σε σχέση με την υπάρχουσα κατάσταση, αυτή είναι: η πρωταρχική αντίφαση στον Engeström, το αποπροσανατολιστικό δίλημμα για τον Mezirow, η δυσαρμονία μεταξύ υφιστάμενης γνώσης και εμπειρίας για τον Jarvis,
2. η διαδικασία μετασχηματισμού από μια αρχική (προβληματίζουσα πλέον) κατάσταση σε μια τελική (ικανοποιητική για τις παρούσες περιστάσεις) μπορεί και στις τρεις να παρασταθεί με έναν ανοιχτό κύκλο (σπирάλ). Ο κύκλος αυτός μπορεί να επαναλαμβάνεται στο χρόνο, καθώς η ικανοποιητική αυτή τη στιγμή κατάσταση μπορεί στο μέλλον να αμφισβητηθεί.
3. εμφανίζεται ως κοινή η φάση της προσέγγισης, η διαμόρφωση / μοντελοποίηση και εφαρμογή μιας νέας πρότασης και
4. σημαντικό ρόλο παίζει ο κριτικός στοχασμός των συμμετεχόντων

Ο Κόκκος (2005) από τη μελέτη μιας σειράς βιβλίων που αναφέρονται στην εκπαίδευση ενηλίκων καταλήγει ότι μια μαθησιακή διεργασία που απευθύνεται σε ενήλικους είναι αποτελεσματική όταν:

- i. η εκπαίδευση έχει εθελοντικό χαρακτήρα,
- ii. οι εκπαιδευτικοί στόχοι αποσαφηνίζονται εξ αρχής, και είναι κατά το δυνατόν πιο ρεαλιστικοί, ακριβείς, συνδεδεμένοι με τις εμπειρίες τους και με τις αντικειμενικές ανάγκες τους,
- iii. το περιεχόμενο έχει άμεση σχέση με τις ανάγκες και τις εμπειρίες των εκπαιδευόμενων, καθώς τα θέματα που αντιμετωπίζονται θα συνδέονται στενά με καταστάσεις που αντιμετωπίζουν στο παρόν ή θα αντιμετωπίσουν στο άμεσο μέλλον οι εκπαιδευόμενοι. Θεωρείται σκόπιμο να τους δίνονται εναύσματα ώστε να αξιοποιούν τις εμπειρίες τους, να τις επεξεργάζονται και να μαθαίνουν από αυτές,
- iv. λαμβάνονται υπόψη οι προτιμώμενοι τρόποι μάθησης,
- v. ενθαρρύνεται η ενεργητική συμμετοχή στην εκπαιδευτική διαδικασία,

- vi. διερευνώνται τα εμπόδια στη μάθηση που αντιμετωπίζουν οι εκπαιδευόμενοι και οι τρόποι για την υπέρβασή τους
- vii. το εκπαιδευτικό πρόγραμμα είναι άψογα οργανωμένο σε όλα τα επίπεδα (π.χ. υποδομή, εκπαιδευτικό υλικό, εκπλήρωση υποχρεώσεων προς τους συμμετέχοντες), και
- viii. διαμορφώνεται μαθησιακό κλίμα που χαρακτηρίζεται από ουσιαστική επικοινωνία, συνεργατικό πνεύμα και αμοιβαίο σεβασμό. Σε αυτό το πλαίσιο ο εκπαιδευτής λειτουργεί ως συντονιστής, που ενθαρρύνει την ευρετική πορεία προς τη γνώση και αλληλεπιδρά με τους εκπαιδευόμενους. (https://mooc.eap.gr/asset-v1:HOU+MOOC_ODL+2015_E1+type@asset+block@add_mat_tomos_a_kokkos.pdf, σελ.13)

Θεωρούμε ότι και τα οκτώ παραπάνω χαρακτηριστικά που προτείνει ο Κόκκος (2005) μπορούν να καλυφθούν από τη διαδικασία της επεκτατικής μάθησης.

3.7 Τι χρησιμοποιείται στην παρούσα διατριβή και γιατί.

Την Πολιτισμική-Ιστορική Θεωρία της Δραστηριότητας τη χρησιμοποιήσαμε στην παρούσα διατριβή ως καθοδηγητικό πλαίσιο για το σχεδιασμό, την εφαρμογή και την αξιολόγηση του επιμορφωτικού μας προγράμματος. Η επιλογή της θεωρίας της Δραστηριότητας έγινε για να είμαστε ικανοί να αντιμετωπίσουμε την πολυπλοκότητα του συστήματος δραστηριότητας της εκπαίδευσης, βλέπε παράγραφο 3.2. Στη συνέχεια παρουσιάζονται επιγραμματικά το τι υιοθετήθηκε από την Πολιτισμική Ιστορική Θεωρία της Δραστηριότητας στην παρούσα διατριβή. Αναλυτικότερη παρουσίαση, συνδυαζόμενη και από αυτά που παρουσιάζονται και στα κεφάλαια 2, 4 και 6, γίνεται στο κεφάλαιο 7. Έτσι:

1. Η έννοια του συστήματος δραστηριότητας, συγκεκριμενοποιείται ως «Σύστημα δραστηριότητας της εκπαίδευσης στις Φ.Ε. στη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση στην Ελλάδα», χρησιμοποιείται στο 6^ο Κεφάλαιο για την αποτίμηση του βαθμού συμπερίληψης των χαρακτηριστικών της φύσης της γνώσης των Φ.Ε, καθώς και στο να σκιαγραφηθεί η επικρατούσα σήμερα κατάσταση στην τάξη Φ.Ε. της ελληνικής Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης. Η έννοια του συστήματος δραστηριότητας βοηθάει στο να αναγνωριστούν και να ερευνηθούν όλες οι συνιστώσες του εκπαιδευτικού συστήματος που καταγράφονται σε αυτό εκτός των υπεύθυνων εκπαιδευτικής πολιτικής και των συγγραφέων των βιβλίων.
2. Ο κύκλος της επεκτατικής μάθησης χρησιμοποιείται για τον σχεδιασμό, την εφαρμογή και την αξιολόγηση επιμορφωτικού προγράμματος για τους εκπαιδευτικούς Φυσικών Επιστημών που αφορά στη φύση της γνώσης των Φ.Ε.

3.8 Ανακεφαλαίωση

Στο Κεφάλαιο αυτό αρχικά παρουσιάστηκαν οι λόγοι για τους οποίους επιλέχθηκε η Πολιτισμική-Ιστορική Θεωρία της Δραστηριότητας ως καθοδηγητικό πλαίσιο της ερευνάς μας, κάτι το οποίο έχει υιοθετηθεί και από πολλούς άλλους ερευνητές στην περιοχή οργάνωσης διδακτικών σειρών για μαθητές και για επιμόρφωση εκπαιδευτικών. Στη συνέχεια παρουσιάζονται σύντομα οι τρεις, κατά τον Engeström γενιές της θεωρίας της Δραστηριότητας, που ξεκινούν από τη δεκαετία του 1920 και φτάνουν στη σημερινή τρίτη γενιά, κατά τον Engeström. Από τις πέντε αρχές στις οποίες μπορεί να συνοψιστεί η 3^η γενιά παρουσιάζονται πιο εκτεταμένα: α) η 4^η αρχή:

οι αντιφάσεις ως κινητήρια δύναμη της αλλαγής και της βελτίωσης της δραστηριότητας, όπου δίνονται ο ορισμός, ο ρόλος τους στην βελτίωση της δραστηριότητας και τα τέσσερα είδη των αντιφάσεων, με παραδείγματα από το σύστημα δραστηριότητας της εκπαίδευσης για κάθε είδος αντίφασης και β) η 5η αρχή: οι κύκλοι επεκτατικής μάθησης ως πιθανή μορφή μετασχηματισμού της δραστηριότητας, όπου δίνεται ο ορισμός της επεκτατικής μάθησης και περιγράφεται ο κύκλος επεκτατικής μάθησης ο οποίος ιδεατά-τυπικά περιλαμβάνει έξι στάδια δράσεων, μέσω των οποίων αλλάζει μια αρχικά παγιωμένη κατάσταση σε μια άλλη που αποτελεί ουσιαστικά το 7^ο στάδιο του κύκλου. Το κεφάλαιο κλείνει με την παρουσίαση των κοινών χαρακτηριστικών του κύκλου της επεκτατικής μάθησης με άλλες προτάσεις επιμόρφωσης ενηλίκων και επιγραμματική αναφορά του τι υιοθετήθηκε από την Πολιτισμική Ιστορική Θεωρία της Δραστηριότητα στην παρούσα διατριβή

Κεφάλαιο 4ο:
Διδασκαλία της φύσης των Φυσικών Επιστημών,
Βιβλιογραφική ανασκόπηση

4.1. Εισαγωγή

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται: α) οι λόγοι για τους οποίους θεωρείται σημαντικό να διδάσκεται η φύση των Φ.Ε.⁶ (παράγραφος 4.2.1) και το τι συμβαίνει παγκόσμια με την ενσωμάτωσή της στα προγράμματα σπουδών (παράγραφος 4.2.2) β) προτάσεις που έχουν γίνει για απαιτούμενα χαρακτηριστικά της διδασκαλίας, ανεξάρτητα από την προσέγγιση που χρησιμοποιείται (παράγραφος 4.2.3), γ) προβλήματα που έχουν εμφανιστεί, όπως π.χ. επιμόρφωση εκπαιδευτικών απαιτούμενα χαρακτηριστικά επιμορφωτικών προγραμμάτων, για την επιτυχή διδασκαλία και μάθηση (4.2.4). δ) οι τρεις προσεγγίσεις που έχουν παγκόσμια χρησιμοποιηθεί για τη διδασκαλία της φύσης των Φ.Ε. καθώς και τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της κάθε μιας (παράγραφος 4.3) και τέλος ε) τι θα υιοθετήσουμε στο επιμορφωτικό μας πρόγραμμα (παράγραφος 4.5).

4.2 Η διδασκαλία της φύσης των Φυσικών Επιστημών

4.2.1 Γιατί είναι σημαντικό να διδάσκεται η φύση των Φυσικών Επιστημών

Στα σύγχρονα Προγράμματα Σπουδών Φυσικών Επιστημών πέρα από το σώμα γνώσεων (γεγονότα, έννοιες, νόμοι, θεωρίες κτλ.) περιλαμβάνονται δραστηριότητες διερεύνησης και χαρακτηριστικά από τη φύση των Φ.Ε. (βλέπε Εικόνα 4.1). Τόσο οι διαδικασίες διερεύνησης όσο και τα χαρακτηριστικά της φύσης των Φ.Ε. έχουν ισοδύναμο ρόλο στους στόχους του μαθήματος με αυτόν του γνωστικού περιεχομένου και όχι συμπληρωματικό. Θεωρείται ότι δεν είναι δυνατόν οι μαθητές να κατανοήσουν επαρκώς το σώμα γνώσεων των Φ.Ε., αν δεν εμπλακούν προσωπικά σε επιστημονικές διαδικασίες και δεν κατανοήσουν τους τρόπους παραγωγής της επιστημονικής γνώσης και τα χαρακτηριστικά της (Lederman, 2007; Bell, 2009; Lederman et al; 2012; Lederman et al, 2019). Το σύνολο των μεθόδων ή διαδικασιών παραγωγής της επιστημονικής γνώσης αναφέρεται στην επιστημονική διερεύνηση.



Εικόνα 4.1: Συνιστώσες σύγχρονων Προγραμμάτων Σπουδών για τις Φυσικές Επιστήμες

Τα Προγράμματα Σπουδών έχουν πάρει αυτή τη μορφή, υπηρετώντας τον δηλωμένο ως βασικό σκοπό της εκπαίδευσης στις Φυσικές Επιστήμες που είναι η επίτευξη του επιστημονικού αλφαριθμητισμού (Lederman, Antink & Bartos 2014).

⁶ Στη βιβλιογραφική ανασκόπηση χρησιμοποιείται ο όρος «φύση των Φ.Ε.» ως όρος που χρησιμοποιείται ευρύτερα.

Ο επιστημονικός αλφαριθμητισμός⁷ είναι μια έννοια στον απόλυτο ορισμό της οποίας δεν συμφωνούν όλοι. Από τους διαφορετικούς οργανισμούς που τον χρησιμοποιούν, προκύπτει ότι το επιστημονικά εγγράμματο άτομο είναι ικανό: να διαβάζει και να κατανοεί επιστημονικά κείμενα, να κατανοεί τη χρησιμότητα και τη σπουδαιότητα των Φ.Ε. στην ποιότητα ζωής στην κοινωνία, να κατανοεί την αλληλεπίδραση ανάμεσα στην εξέλιξη των Φ.Ε. και τον πολιτισμό, να ξεχωρίζει τις επιστημονικές ιδέες από την ψευδοεπιστήμη, να χρησιμοποιεί τη γνώση που έχει λάβει από τις Φ.Ε. για λήψη αποφάσεων σε σημαντικά ζητήματα της προσωπικής του ζωής (και της οικογένειάς του), να κατανοεί τις διαφορές, τις ομοιότητες και τις αλληλεπιδράσεις των Φ.Ε. με τις ανθρωπιστικές και τις κοινωνικές επιστήμες και την τεχνολογία. Πρόκειται για μία έννοια ομπρέλα με ευρύ περιεχόμενο, όμως κοινός άξονας είναι η γνώση βασικών επιστημονικών εννοιών, της φύσης των Φ.Ε., των βασικών ηθικών αρχών και η αλληλεπίδραση με την κοινωνία, τους άλλους κλάδους και την τεχνολογία (Roberts, 2007; Roberts & Bybee, 2014; Holbrook & Rannikmae, 2009; AAAS, 1989; OECD 1989, EU 2019). Από τους πρώτους που αναφέρθηκαν σε αυτή την ανάγκη του Προγράμματος Σπουδών ήταν ο Klopfer (1969), ο οποίος είχε επισημάνει την απαίτηση της εκπαίδευσης στις Φ.Ε. για το 90% των μαθητών που δεν θα γίνουν επιστήμονες ή μηχανικοί, αναφέροντας ότι «για κάθε άνδρα και γυναίκα που ελπίζει να λειτουργήσει αποτελεσματικά ως πολίτης της κοινωνίας στον εικοστό αιώνα, ο επιστημονικός αλφαριθμητισμός είναι απαραίτητη προϋπόθεση. Είναι απαραίτητο να δοθεί η δυνατότητα στο άτομο να κάνει έξυπνες επιλογές για την προσωπική του ευημερία σε ένα ταχέως μεταβαλλόμενο περιβάλλον ... πιο σημαντικό από την κατανόηση των επιστημονικών εννοιών, ωστόσο, είναι το συστατικό του επιστημονικού αλφαριθμητισμού που σχετίζεται με τον τρόπο ανάπτυξης των επιστημονικών ιδεών ... πρέπει [το άτομο] να μάθει πώς διατυπώνονται, δοκιμάζονται και αναπόφευκτα αναθεωρούνται οι επιστημονικές ιδέες και τι είναι αυτό που ωθεί τους επιστήμονες να συμμετέχουν σε αυτήν τη δραστηριότητα... Ένα άτομο που είναι επιστημονικά εγγράμματο θα γνωρίζει τις πολλαπλές αλληλεπιδράσεις μεταξύ της επιστήμης και της γενικής κουλτούρας και θα μπορούσε να χρησιμοποιήσει αυτήν την επίγνωση στον προσωπικό του σχεδιασμό, στη λήψη πολιτικών αποφάσεων και στη διαμόρφωση μιας πιο περιεκτικής άποψης του κόσμου» (Klopfer 1969). Οι προτάσεις του είναι σύγχρονες ακόμα και σήμερα.

Ο επιστημονικός αλφαριθμητισμός μπορεί να επιτευχθεί με τη συμμετοχή του πολίτη ως μαθητή στην επίσημη σχολική εκπαίδευση από το Νηπιαγωγείο έως την Γ΄ Λυκείου, αλλά και σε όλους τους φορείς μη-τυπικής εκπαίδευσης, π.χ Μουσείο Επιστημών (Πλακίτση, 2015).

Παρόλο που υπάρχουν διαφωνίες για τον ορισμό της φύσης των Φ.Ε., όπως παρουσιάστηκε στην παράγραφο 2.2, όλοι οι ερευνητές συμφωνούν για τη

⁷ Στη διεθνή βιβλιογραφία χρησιμοποιούνται δύο όροι, ο όρος “science literacy” και ο όρος “scientific literacy”, ο πρώτος εστιάζει στην κατοχή του γνωστικού περιεχόμενου και των διαδικασιών των Φυσικών Επιστημών και ο δεύτερος επεκτείνεται, εστιάζοντας στη χρήση αυτής της γνώσης για τη λήψη τεκμηριωμένων αποφάσεων σχετικά με προσωπικά, κοινωνικά και παγκόσμια ζητήματα που έχουν επιστημονικές και μη επιστημονικές συνιστώσες (Roberts, 2007; Roberts & Bybee, 2014). Στα ελληνικά δεν υπάρχει διαχωρισμός των δύο όρων, και επειδή το θέμα δεν αποτελεί ζήτημα της παρούσας διατριβής δεν αναλύεται περαιτέρω.

σπουδαιότητα εισαγωγής της στη διδασκαλία. Οι σημαντικότεροι λόγοι που επισημαίνουν (μερικοί εξειδικεύουν το πώς την αντιλαμβάνονται ως συστατικό του επιστημονικού αλφαριθμητισμού) είναι οι εξής:

- Ενισχύει το ενδιαφέρον των μαθητών για τις Φ.Ε., και την εκπαίδευσή τους σε αυτές, βοηθώντας στην κατανόηση του επιστημονικού περιεχομένου, δίνοντας μεγαλύτερη συνοχή στις γνώσεις που αποκτούν οι μαθητές
- Ενεργοποιεί τους μαθητές και ενισχύει τη συμμετοχή τους στο μάθημα
- Βοηθάει τους μαθητές να αντιληφθούν την πολυπλοκότητα των Φ.Ε. ως ένα πολυπαραμετρικό ανθρώπινο οικοδόμημα που περιλαμβάνει ηθικές δεσμεύσεις
- Βοηθάει στη διάκριση μεταξύ των επιστημονικών ιδεών και της ψευδοεπιστήμης
- Παίζει σημαντικό ρόλο στη λήψη αποφάσεων στα κοινωνικο-επιστημονικά ζητήματα που θα απασχολούν τους μαθητές ως ενήλικους πολίτες του σύγχρονου κόσμου
- Βοηθάει τους εκπαιδευτικούς να κατανοήσουν τις δυσκολίες των μαθητών τους στη μάθηση επιστημονικών ιδεών και τις παρανοήσεις τους
- Βοηθάει στο να κατανοήσουν οι μαθητές τα όρια των Φ.Ε., τις διαφορές τους με τη Θρησκεία, την Τέχνη και τους υπόλοιπους κλάδους της γνώσης
- Βοηθάει στην κατανόηση της σύνδεσης ανάμεσα στις Φ.Ε., τον πολιτισμό και την τεχνολογία, δίνοντας έμφαση στον κοινωνικο-επιστημονικό προσανατολισμό των Φ.Ε.

(Lederman et al, 2014; Allchin et al, 2014; Erduran & Dagher, 2014; Osborne et al, 2003; Clough, 2017; Matthews, 2015, Bell, 2006, σελ. 429; Driver, Leach, Millar & Scott, 1996).

4.2.2 Ποια είναι η κατάσταση παγκόσμια σε σχέση με την ενσωμάτωση της διδασκαλίας της φύσης των Φ.Ε. στα προγράμματα σπουδών

Στην παράγραφο αυτή παρουσιάζεται, ενδεικτικά για χώρες⁸ που έχουν εντάξει στο Πρόγραμμα Σπουδών των Φ.Ε. τη φύση των Φ.Ε., το πώς αυτή εισάγεται και με ποιους στόχους. Παρατηρείται ότι τα χαρακτηριστικά που προτείνονται πλησιάζουν πολύ στο πλαίσιο της «συναινετικής άποψης», χωρίς να ακολουθείται επακριβώς η πρόταση ενός ορισμένου ερευνητή.

Η.Π.Α.⁹: Οι Η.Π.Α. έχουν προτεινόμενο Πρόγραμμα Σπουδών και όχι υποχρεωτικό. Το 1989, το American Association for the Advancement of Science (AAAS), μέσω του Project 2061, δημοσίευσε το Science for All Americans, ορίζοντας τον επιστημονικό αλφαριθμητισμό στο κέντρο της εκπαίδευσης των Φ.Ε.. Το 1993 (με αναθεώρηση το 2009), εκδόθηκε το Benchmarks for Science Literacy¹⁰, ένα βιβλίο 16 κεφαλαίων για όσα θα ήταν χρήσιμο να γνωρίζουν οι μαθητές κατά τη διάρκεια της φοίτησής τους από το Νηπιαγωγείο μέχρι την Γ' Λυκείου (K-12 για τις ΗΠΑ). Το πρώτο κεφάλαιο έχει ως τίτλο «φύση των Φ.Ε.» και χωρίζεται σε τρία μέρη: τον επιστημονικό τρόπο σκέψης,

⁸ Περιλαμβάνονται χώρες με Προγράμματα Σπουδών γραμμένα στα αγγλικά.

⁹ <https://www.nap.edu/catalog/13165/a-framework-for-k-12-science-education-practices-crosscutting-concepts>

¹⁰ <http://www.project2061.org/publications/bsl/online/index.php?chapter=1>

την επιστημονική διερεύνηση και το επιστημονικό οικοδόμημα. Κάθε ένα από τα τρία μέρη αναφέρεται στο τι θα πρέπει να γνωρίζουν οι μαθητές, κάνοντας το διαχωρισμό στις τάξεις Νηπιαγωγείο - Β΄ Δημοτικού (Κ-2), Γ΄ - Ε΄ Δημοτικού (3-5), Στ΄ Δημοτικού - Β΄ Γυμνασίου (6-8) και Γ΄ Γυμνασίου – Γ΄ Λυκείου (9-12). Σε αυτό, η επιστημονική διερεύνηση παρουσιάζεται ως υποσύνολο της φύσης των Φ.Ε., η διδασκαλία της φύσης των Φ.Ε. παρουσιάζεται μόνο στο 1^ο κεφάλαιο και δύσκολα μπορεί να συσχετιστεί με το περιεχόμενο των υπολοίπων, δίνοντας την εντύπωση ότι η φύση των Φ.Ε. είναι κάτι ξεχωριστό από το επιστημονικό περιεχόμενο, κάτι στο οποίο κάνει κριτική και ο Lederman (2019).

Το 1996, τα National Science Education Standards¹¹, όρισαν το επιστημονικό περιεχόμενο που πρόκειται να γνωρίζουν οι μαθητές, δίνοντας οδηγίες για αξιολόγηση και διδακτικές στρατηγικές. Η εκπαιδευτική πολιτική τους στηρίζεται στη συνεργασία, τη συνάφεια και τη σταθερότητα των προγραμμάτων Φ.Ε. Μέσα στους στόχους είναι η κατανόηση της φύσης των Φ.Ε., του επιστημονικού οικοδομήματος και ο ρόλος των Φ.Ε. στην κοινωνία και την ιδιωτική ζωή (NRC 1996, σελ.21). Σε αυτά η φύση των Φ.Ε. ορίζεται ξεχωριστά από την επιστημονική διερεύνηση. Αντίθετα, παρουσιάζεται μαζί με την Ιστορία (ως History and Nature of Science). Παρ' όλα αυτά, δεν φαίνεται ξεκάθαρα πώς θα μπορούσε να ενσωματωθεί εντός γνωστικού πλαισίου και να συνδεθεί με το επιστημονικό περιεχόμενο, δίνοντας την εντύπωση ότι πρόκειται για κάτι ξεχωριστό.

Η τελευταία αναθεώρηση έγινε το 2012, που οδήγησε στο New Generation Science Standards (NGSS) (2013), όπου για κάθε μάθημα υπάρχουν τρεις διαστάσεις: 1) το γνωστικό περιεχόμενο (disciplinary core ideas), 2) οι επιστημονικές και μηχανικές πρακτικές (scientific & engineering practices) και 3) οι διασταυρούμενες έννοιες (crosscutting concepts). Στο Παράρτημα Η περιλαμβάνεται με σαφή τρόπο η διδασκαλία της φύσης των Φ.Ε.. Για κάθε εκπαιδευτική ενότητα αναφέρονται τα χαρακτηριστικά που περιλαμβάνονται σε κάθε μία εκ των τριών διαστάσεων καθώς και τα χαρακτηριστικά από τη φύση των Φ.Ε., τα οποία χωρίζονται για τις τάξεις Νηπιαγωγείο-2, 3-5, 6-8 και 9-12. Το NGSS προτείνει 8 χαρακτηριστικά της φύσης των Φ.Ε., τα οποία συνδέονται με τις πρακτικές και τα crosscutting concepts. Με τις πρακτικές συνδέονται τα χαρακτηριστικά: 1) οι επιστημονικές έρευνες χρησιμοποιούν πολλές μεθόδους, 2) η επιστημονική γνώση βασίζεται σε εμπειρικά δεδομένα, 3) η επιστημονική γνώση είναι ανοιχτή σε αναθεωρήσεις υπό το φως νέων δεδομένων, 4) τα επιστημονικά μοντέλα, οι νόμοι, οι μηχανισμοί και οι θεωρίες ερμηνεύουν τα φυσικά φαινόμενα. Με τις crosscutting concepts συνδέονται τα χαρακτηριστικά: 5) οι Φυσικές Επιστήμες είναι ένας τρόπος του γνωρίζειν, 6) η επιστημονική γνώση προϋποθέτει τάξη και συνέπεια στα φυσικά συστήματα, 7) οι Φυσικές Επιστήμες είναι ένα ανθρώπινο οικοδόμημα, 8) οι Φυσικές Επιστήμες απευθύνουν ερωτήσεις για το φυσικό και υλικό κόσμο (Bybee, 2014). Παρατηρούμε ότι μέσα στα χαρακτηριστικά της φύσης των Φ.Ε. περιλαμβάνεται το χαρακτηριστικό των πολλών μεθόδων, το οποίο είναι χαρακτηριστικό της επιστημονικής διερεύνησης.

Έχει υπάρξει έντονη κριτική για τον τρόπο που ενσωματώνει το NGSS τα χαρακτηριστικά της φύσης των Φ.Ε., καθώς θεωρείται ότι δεν υπάρχει πραγματική ενθάρρυνση προς τους εκπαιδευτικούς να την ενσωματώσουν, γιατί παρουσιάζεται ως

¹¹ <https://www.nap.edu/download/4962>

σύνδεση και όχι ως σαφής στόχος της διδασκαλίας (Lederman, 2019), ενώ πολλά χαρακτηριστικά, όπως η δημιουργικότητα και η υποκειμενικότητα, δεν τονίζονται ιδιαίτερα, και δεν περιλαμβάνονται σε πολλά κεφάλαια (McComas, 2015). Πάντως, τον Ιανουάριο του 2020, η NSTA δημοσίευσε δήλωση (position statement) όπου εξηγεί περαιτέρω τα χαρακτηριστικά της φύσης των Φ.Ε.¹², όπως συμβαίνει και στο νέο «Άτλαντα πάνω στις τρεις διαστάσεις» (“Atlas on the three dimensions”) στο Κεφάλαιο 7.

Πέραν των NGSS, παρουσιάστηκαν εδώ και τα προηγούμενα επειδή εξακολουθούν να υπάρχουν πολλές περιοχές στις ΗΠΑ και σε όλο τον κόσμο που προτιμούν τα Benchmarks for Science Literacy ως το πρόγραμμα σπουδών τους για την εκπαίδευση στις Φ.Ε. (Lederman 2019).

Ηνωμένο Βασίλειο¹³: Στο πρόγραμμα σπουδών (National Curriculum) για τις Φ.Ε. υπάρχει η φράση «οι μαθητές να κατανοήσουν τη φύση, τις διαδικασίες και τις μεθόδους των Φ.Ε. μέσα από διάφορους τύπους επιστημονικών διερευνήσεων που μπορούν να τους βοηθήσουν να απαντήσουν σε επιστημονικές ερωτήσεις σχετικά με τον κόσμο γύρω τους». Η φράση «εργαζόμενοι επιστημονικά» (“working scientifically”) υπάρχει στο πρόγραμμα για κάθε τάξη, και επισημαίνεται ότι θα διδάσκεται ενσωματωμένο με το υπόλοιπο μάθημα. Παρατηρούμε ότι η φύση των Φ.Ε. υπάρχει μεν, αλλά είναι ενσωματωμένη μέσα στην επιστημονική διερεύνηση. Δεν αναφέρονται επιμέρους χαρακτηριστικά της φύσης των Φ.Ε..

Νέα Ζηλανδία¹⁴: Αναφέρεται ότι η συμπερίληψη της φύσης των Φ.Ε. είναι πολύ σημαντική πτυχή του Προγράμματος Σπουδών των Φ.Ε. της χώρας, το οποίο αναθεωρήθηκε το 2007. Η ανάπτυξη της κατανόησης της φύσης των Φ.Ε. – οι Φ.Ε. ως ένας τρόπος σκέψης – από τους μαθητές θα τους βοηθήσει να είναι ικανοί να μελετάνε κοινωνικο-επιστημονικά ζητήματα και να εκτιμούν τι είναι αποτελεσματικό, αληθοφανές και έχει νόημα στα επιστημονικά επιχειρήματα που παρουσιάζονται. Επίσης θα είναι ικανοί να χρησιμοποιούν την επιστημονική γνώση για να παίρνουν υπεύθυνες αποφάσεις σε προσωπικά και κοινωνικά ζητήματα. Θα είναι επίσης γνώστες του ρόλου και του κύρους της επιστημονικής γνώσης, θα εκτιμούν την ιστορία και την ανάπτυξή της, θα κατανοούν τις διαδικασίες της επιστημονικής διερεύνησης και θα γνωρίζουν ότι οι άνθρωποι που εμπλέκονται με τις Φ.Ε. είναι κομμάτι της κοινωνίας και επηρεάζονται από αυτήν. Το αναθεωρημένο πρόγραμμα σπουδών Φ.Ε. της χώρας αντανακλά τη διεθνή στροφή προς έμφαση της σπουδαιότητας της φύσης των Φ.Ε.. Έτσι, οι μαθητές μαθαίνουν τι είναι οι Φ.Ε. και πώς δουλεύουν οι επιστήμονες, δουλεύοντας και σκεπτόμενοι ως τέτοιοι, ενώ εντάσσεται στο καθημερινό μάθημα των Φ.Ε. με σαφείς στόχους. Επίσης, παρέχεται αναλυτικός πίνακας με προτεινόμενες δραστηριότητες για κάθε κεφάλαιο της ύλης και τα χαρακτηριστικά που αναδεικνύονται¹⁵, ενώ υπάρχει ιστοσελίδα με αναλυτικές οδηγίες για τα

¹² <https://www.nsta.org/nstas-official-positions/nature-science>

¹³ <https://www.gov.uk/government/publications/national-curriculum-in-england-science-programmes-of-study/national-curriculum-in-england-science-programmes-of-study>

¹⁴ <https://scienceonline.tki.org.nz/Nature-of-science> και <https://www.sciencelearn.org.nz/resources/416-the-nature-of-science-in-the-curriculum>

¹⁵ <https://scienceonline.tki.org.nz/Nature-of-science/Nature-of-Science-Teaching-Activities>

χαρακτηριστικά της φύσης των Φ.Ε.¹⁶ (παρατηρούμε ότι υιοθετεί αυτά της ομάδας Lederman, δηλαδή το συναινετικό μοντέλο χωρίς τις πολλαπλές μεθόδους) και πληθώρα διδακτικού υλικού¹⁷. Είναι η χώρα που βρήκαμε με τη μεγαλύτερη επιμονή στη διδασκαλία της φύσης των Φ.Ε.

Αυστραλία¹⁸: Το Πρόγραμμα Σπουδών Φ.Ε. περιέχει έξι ιδέες – κλειδιά που αντιπροσωπεύουν σημαντικές πτυχές του πώς παρουσιάζονται οι Φ.Ε. στον κόσμο και γεφυρώνουν τη γνώση και την κατανόησή της ανάμεσα στους κλάδους των Φ.Ε.. Έχουν σχεδιαστεί για να υποστηρίζουν τη συνοχή και την εξελικτική πορεία της γνώσης των Φ.Ε. κατά τη διάρκεια της φοίτησης στο σχολείο και «πλαισιώνουν την ανάπτυξη των εννοιών στο γνωστικό επίπεδο, υποστηρίζουν την ανάπτυξη δεξιοτήτων διερεύνησης και συνεισφέρουν στην ανάπτυξη της αναγνώρισης της φύσης των Φ.Ε.». Παρατηρούμε, δηλαδή, ότι το πρόγραμμα σπουδών της Αυστραλίας είναι δομημένο πάνω στο τρίγωνο που περιγράφηκε στην παράγραφο 4.2.1.

4.2.3 Προτάσεις για χαρακτηριστικά της διδασκαλίας της φύσης των Φ.Ε.

4.2.3.1 Σαφής – Μη σαφής τρόπος διδασκαλίας (*Explicit vs Implicit approach*)

Υπάρχουν δύο τρόποι εισαγωγής των χαρακτηριστικών της φύσης των Φ.Ε. κατά τη διδασκαλία: ο άμεσος, ρητός τρόπος και ο έμμεσος, ασαφής. Ιστορικά πρώτα εμφανίστηκε η έμμεση (implicit) προσέγγιση, ότι δηλ. αναμενόταν η μάθηση χαρακτηριστικών της φύσης των Φ.Ε. να προκύπτει ως αποτέλεσμα επιστημονικών διαδικασιών, πειραμάτων και διδασκαλίας επιστημονικού περιεχομένου, χωρίς όμως να τονίζονται τα χαρακτηριστικά της, απλώς αυτά να διαχέονται μέσα στο μάθημα (Lederman & Abd-El-Khalick, 1998). Συγκεκριμένα, είχε ακολουθηθεί η προσέγγιση της επιστημονικής διερεύνησης και θεωρούνταν επαρκές οι μαθητές να εκτελούν διερευνήσεις και να κατανοούν ταυτόχρονα τον τρόπο που λειτουργεί και εξελίσσεται η επιστήμη. Οι Abd-El-Khalick et al (1998) σχολιάζουν ότι «το να κατανοούν οι μαθητές τα χαρακτηριστικά της φύσης των Φ.Ε. κάνοντας διερευνήσεις ή άλλες έρευνες είναι ισοδύναμο με το να αντιλαμβάνονται τη λειτουργία της αναπνοής αναπνέοντας». Αντίστοιχα, σε υλικό του Προγράμματος Σπουδών της Ν. Ζηλανδίας αναφέρεται «Οι μαθητές δεν θα μάθουν για τη φωτοσύνθεση βλέποντας ένα φύλλο στον Ήλιο, ούτε θα μάθουν για τη φύση της επιστήμης κάνοντας έρευνες¹⁹».

Από τα εργαλεία αξιολόγησης προέκυπταν μη ικανοποιητικά αποτελέσματα σχετικά με τη γνώση των μαθητών στα χαρακτηριστικά της φύσης των Φ.Ε., οπότε οι ερευνητές πρότειναν να εμπλουτιστεί το μάθημα με στοιχεία Ιστορίας και Φιλοσοφίας των Φ.Ε.. Αν και ονόμασαν αυτόν τον τρόπο «σαφή», τα χαρακτηριστικά της φύσης των Φ.Ε. περιέχονταν μέσα στην αφήγηση του μαθήματος χωρίς να τονίζονται ιδιαίτερα. Τα αποτελέσματα της αξιολόγησης ήταν πάλι αρνητικά, οπότε έγινε αντιληπτό ότι η διδακτική προσέγγιση (μέσω Διερεύνησης ή Ιστορίας) δεν έχει σημασία (Abd-El-Khalick & Lederman, 2000b).

¹⁶ <https://www.sciencelearn.org.nz/resources/413-tenets-of-the-nature-of-science>

¹⁷ <https://www.sciencelearn.org.nz/topics/nature-of-science>

¹⁸ <https://www.australiancurriculum.edu.au/f-10-curriculum/science/key-ideas/>

¹⁹ <https://www.sciencelearn.org.nz/resources/413-tenets-of-the-nature-of-science>

Ως σαφής προσέγγιση (explicit) ονομάζεται η διδασκαλία όπου i) στους στόχους της περιλαμβάνονται εξ αρχής στόχοι που αφορούν στη φύση των Φ.Ε. και ii) παρέχονται επαρκείς και οργανωμένες ευκαιρίες για προβληματισμό στους μαθητές ώστε να αναπτύξουν μεταγνωστικές ικανότητες για τα χαρακτηριστικά, την ανάπτυξη και την εγκυροποίηση της επιστημονικής γνώσης. Στη σαφή προσέγγιση η φύση των Φ.Ε. έρχεται στο προσκήνιο αρκετές στιγμές κατά τη διάρκεια του μαθήματος, μέσω συζητήσεων και ανταλλαγής απόψεων, και δίνεται η ευκαιρία στους μαθητές για αναστοχασμό (Abd-El-Khalick et al, 2008; McComas, 2015; Lederman, 2006; Clough, 2006). Οι Abd-El-Khalick et al (1998) μάλιστα τον αποκαλούν σαφή-αναστοχαστικό τρόπο (explicit – reflective), όπου: α) το «σαφές» αναφέρεται στους στόχους του μαθήματος, η γνώση συγκεκριμένων χαρακτηριστικών της διδασκαλίας των Φ.Ε. σε κάθε μάθημα εντάσσεται μέσα στους στόχους του μαθήματος (Lederman, 2019) και β) το «αναστοχαστικός» σχετίζεται με τον τρόπο διδασκαλίας. Δεν γίνεται απλή αναφορά των χαρακτηριστικών εκ μέρους του δασκάλου, αλλά επιπλέον οι μαθητές εμπλέκονται και προβληματίζονται για θέματα της φύσης των Φ.Ε., ενώ παράλληλα μαθαίνουν το γνωστικό περιεχόμενο καθώς π.χ. διεξάγουν επιστημονικές διερευνήσεις.

Σε ανάλογα συμπεράσματα έχουν καταλήξει πολλοί ερευνητές (Duschl & Grandy, 2013; Lederman, 2007, Abd-El-Khalick & Akerson, 2004; Akerson & Hanuscin, 2007; Hanuscin, Akerson, & Phillipson-Mower, 2006; Khishfe, 2008; Scharmann, Smith, James, & Jensen, 2005; Schwartz, Lederman, & Crawford, 2004; Clough, 2006). Ιδιαίτερο ενδιαφέρον έχει το σχόλιο από τους Osborne et al (2003) ότι αν η διδασκαλία δεν είναι σαφής, οι μαθητές δεν θα καταλάβουν τη σπουδαιότητα αυτών που άκουσαν και θα το προσπεράσουν. Οι Allchin et al (2014) αναφέρουν ότι η μη σαφής διδασκαλία της φύσης των Φ.Ε. μπορεί να ενισχύσει τις παρανοήσεις των μαθητών και οι Lederman & Abd-El-Khalick (1998) υποστηρίζουν ότι ορισμένα χαρακτηριστικά, όπως αυτό της απαίτησης για δημιουργική σκέψη ή της πολιτισμικής αλληλεπίδρασης, δεν είναι δυνατόν να γίνουν κατανοητά (και να αξιολογηθεί η κατανόησή τους) με τη μη σαφή διδασκαλία. Η σαφής - αναστοχαστική διδασκαλία έχει συνδεθεί και με την εννοιολογική αλλαγή των μαθητών για τη φύση των Φ.Ε. (Clough, 2006; Abd-El-Khalick & Akerson, 2004; Khishe & Abd-El-Khalick, 2002).

Ενδεικτικές έρευνες σύγκρισης των δυο τρόπων διδασκαλίας είναι αυτές των Abd-El-Khalick & Lederman (2000a), Abd-El-Khalick & Lederman (2000b), Bell et al (2011), όπου κάθε φορά η ομάδα που διδάσκεται με το σαφή τρόπο παρουσιάζει μεγαλύτερη βελτίωση στη γνώση των χαρακτηριστικών της φύσης των Φ.Ε.

4.2.3.2 Διδασκαλία εντός ή εκτός γνωστικού πλαισίου (*contextualized vs decontextualized*)

Η διδασκαλία εντός γνωστικού πλαισίου αναφέρεται σε μαθήματα όπου η φύση των Φ.Ε. είναι άμεσα συνδεδεμένη με ένα κεφάλαιο του γνωστικού περιεχομένου, όπως: α) διδασκαλία σχετική με την ανάπτυξη εννοιών, β) επιχειρηματολογία και συζήτηση σχετικά με κοινωνικο-επιστημονικά ζητήματα, γ) διενέργεια επιστημονικών διερευνήσεων. Στη διδασκαλία εκτός γνωστικού πλαισίου, απουσιάζει η άμεση σύνδεση με το επιστημονικό περιεχόμενο ή τις διαδικασίες. Τότε, η φύση των Φ.Ε. είναι ο πρωταρχικός στόχος της διδασκαλίας, και επιτυγχάνεται μέσω της χρήσης δραστηριοτήτων και συζήτησης, ειδικά σχεδιασμένων για να προωθήσουν συγκεκριμένα χαρακτηριστικά της φύσης των Φ.Ε. (Lederman & Abd-El-Khalick,

1998; Lederman, Abd-El-Khalick & Lederman, 2020; Lederman, 2019; McComas, 2020, p. 71-73).

Οι περισσότεροι ερευνητές είναι υπέρ της διδασκαλίας εντός γνωστικού πλαισίου, υποστηρίζοντας ότι η μάθηση δεν μπορεί να επιτευχθεί έξω από το πλαίσιο στο οποίο αναφέρεται. Έτσι αναδεικνύεται η σύνδεση της φύσης των Φ.Ε. με το περιεχόμενο των Φ.Ε., εντάσσεται σε ένα αυθεντικό περιβάλλον μάθησης και αναδεικνύεται κάθε φορά το ανάλογο χαρακτηριστικό (Allchin et al, 2014; McComas, 2015; Abd-El-Khalick et al, 1998; Lederman, 2006; Neumann et al, 2020). Οι Allchin et al (2014) αναφέρουν ότι *«αντί της φύσης των Φ.Ε. που διδάσκεται ως ένα διακριτό θέμα στην παράδοση ενός μαθήματος ... μπορεί να ενσωματωθεί επιτυχώς στο πρόγραμμα που διδάσκεται όταν οι μαθητές βιώνουν πραγματικά αυτές τις πτυχές της φύσης των Φ.Ε. ενώ συμμετέχουν στην επιστημονική έρευνα και αντιμετωπίζουν ανώμαλα δεδομένα. Δηλαδή, τα εκτός πλαισίου μαθήματα της φύσης των Φ.Ε. φαίνεται να έχουν περιορισμένη αξία, και να είναι ανεπαρκή από μόνα τους για τον τελικό στόχο του επιστημονικού αλφαριθμητισμού. Παραμένει ένα ανοιχτό ερώτημα ακόμη και εάν έστω χρειάζονται. Ειδικότερα, άλλες έρευνες δείχνουν ότι η εκμάθηση μπορεί να συμβεί πρωτίστως, ή πιο έντονα, μέσω παραδειγμάτων, όχι με οδηγίες για γενικές αρχές»*. Το αρνητικό είναι ότι απαιτείται ο εκπαιδευτικός να προσπαθήσει περισσότερο για να γίνει κατανοητή από τους μαθητές η σύνδεση με το επιστημονικό περιεχόμενο (Allchin et al, 2014) και να έχει συνέχεια τεταμένη την προσοχή του να μην παραμείνει το μάθημα στους υπόλοιπους γνωστικούς στόχους.

Οι δραστηριότητες εκτός γνωστικού πλαισίου δεν απορρίπτονται και μπορεί να αποτελούν μια καλή εισαγωγή στη φύση των Φ.Ε.. Κατά τον Clough (2012) όμως είναι απαραίτητο να ακολουθήσει άμεσα η διδασκαλία εντός γνωστικού πλαισίου, *«γιατί θα αποφευχθούν παρανοήσεις σχετικά με το πώς λειτουργεί η επιστήμη και πώς δουλεύουν οι επιστήμονες, κάτι που θα συνέβαινε αν οι δραστηριότητες της φύσης των Φ.Ε. είναι διαρκώς μακριά από το περιεχόμενο των Φ.Ε., το έργο και τα λόγια των επιστημόνων»*. Οι Lederman & Abd-El-Khalick (1998) προτείνουν μια σειρά από δραστηριότητες εκτός γνωστικού πλαισίου, οι οποίες μπορούν να διεξαχθούν με τροποποιήσεις σε όλα τα επίπεδα της εκπαίδευσης. Οι δραστηριότητες αυτές όμως στη συνέχεια θα συμπεριλάβουν επιστημονικά ζητήματα στο βαθμό που επιθυμεί ο εκπαιδευτικός. Ένα ζήτημα που πρέπει να ληφθεί υπόψη είναι η ηλικία των μαθητών, καθώς η ενσωμάτωση της φύσης των Φ.Ε. ξεκινά από το νηπιαγωγείο. Κατά συνέπεια, σε παιδιά προσχολικής ηλικίας που δεν μπορούν να κατανοήσουν τις αφαιρετικές έννοιες των Φ.Ε., η διδασκαλία μπορεί να είναι εκτός γνωστικού πλαισίου. Τα επόμενα χρόνια, θα ενσωματώνονται σταδιακά δραστηριότητες εντός γνωστικού πλαισίου, μέχρι που αργότερα θα γίνουν κατά κύριο λόγο τέτοιες (Akerson et al, 2009; Akerson & Donnelly, 2009).

Γενικά, πάντως, οι έρευνες με χρήση δραστηριοτήτων εντός ή εκτός γνωστικού πλαισίου με σαφή διδασκαλία έχουν δείξει βελτίωση στην κατανόηση των χαρακτηριστικών της φύσης των Φ.Ε.. (Bell et al, 2011). Ο McComas (2020, p. 71-73) υποστηρίζει ότι χρειάζεται περαιτέρω έρευνα στο θέμα.

4.2.3.3 Συχνότητα διδασκαλίας

Για να έχει η διδασκαλία των χαρακτηριστικών της φύσης των Φ.Ε. αποτέλεσμα θεωρείται αναγκαίο να γίνεται σε τακτικά χρονικά διαστήματα στη διάρκεια όλης της

σχολικής χρονιάς, και όχι όπως, για παράδειγμα, πολλά σχολικά βιβλία προβλέπουν μόνο στην εισαγωγή, στην αρχή της σχολικής χρονιάς. Η πρόταση να γίνεται η διδασκαλία αυτή στη διάρκεια όλης της χρονιάς είναι άμεση συνέπεια του ότι η διδασκαλία πρέπει να γίνεται με σαφή τρόπο και εντός γνωστικού πλαισίου (βλέπε και παραγράφους 4.2.3.1 και 4.2.3.2). Η ρητή και επανειλημμένη αναφορά των χαρακτηριστικών της φύσης των Φ.Ε. είναι πιο πιθανό να έχει αντίκτυπο στην κατανόηση των μαθητών (McComas & Kampourakis, 2015). Η διδασκαλία της φύσης των Φ.Ε. στη διάρκεια όλης της σχολικής χρονιάς εξυπηρετεί επιπλέον και τον σκοπό να αντιληφθούν οι μαθητές ότι είναι και αυτή μέρος του οικοδομήματος των Φ.Ε., συμπληρωματικό προς το περιεχόμενο και τις μεθόδους των Φ.Ε. βλέπε και Εικόνα 4.1.

4.2.4 Προβλήματα για την επιτυχή διδασκαλία και μάθηση.

4.2.4.1 Αναγκαιότητα για εκπαίδευση εκπαιδευτικών

4.2.4.1α' Οι εκπαιδευτικοί έχουν ανεπαρκή γνώση όχι μόνο για τον τρόπο διδασκαλίας αλλά και για το ποια είναι τα χαρακτηριστικά της φύσης των Φ.Ε.

Από τις έρευνες που έχουν διεξαχθεί σχετικά με τη γνώση των χαρακτηριστικών της φύσης των Φ.Ε., προκύπτει ότι: α) τόσο οι μαθητές, όσο και φοιτητές που προορίζονται για εκπαιδευτικοί, ακόμη και οι εν-ενεργεία εκπαιδευτικοί δεν έχουν εμπειριστατωμένες γνώσεις για τη φύση των Φ.Ε., και β) δεν υπάρχει διαφορά στα αποτελέσματα σε σχέση με το ακαδημαϊκό υπόβαθρο των εκπαιδευτικών, και αυτό είναι ανεξάρτητο από το εργαλείο που χρησιμοποιείται για την αξιολόγηση (Lederman & Lederman, 2014). Ενδιαφέρον είναι ότι σε κοινή έρευνα για δασκάλους και μαθητές προέκυψε ότι οι μαθητές είχαν πιο εμπειριστατωμένες απόψεις από τους δασκάλους τους. Έρευνες με τα ίδια εργαλεία διεξήχθησαν σε πολλές χώρες, με διαφορετικά εκπαιδευτικά συστήματα και διαφορετικό βιοτικό επίπεδο και τα αποτελέσματα ήταν παρόμοια – μάλιστα μία συγκριτική έρευνα στις ΗΠΑ και τη Νιγηρία έδωσε καλύτερα αποτελέσματα στη δεύτερη (Lederman, 2007).

Για τη μακρόχρονη βελτίωση της κατάστασης για τους φοιτητές – μελλοντικούς εκπαιδευτικούς (pre-service teachers), υπάρχουν (ή στην Ελλάδα θα μπορούσαν να υπάρξουν) μαθήματα πάνω στη φύση των Φ.Ε. σε πολλά προπτυχιακά προγράμματα στις ΗΠΑ στη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση, τα οποία έχουν διάρκεια μέχρι και ένα ολόκληρο εξάμηνο (McComas, 2017). Άμεσα όμως για να αποκτήσουν οι μαθητές εμπειριστατωμένη άποψη για τα χαρακτηριστικά της φύσης των Φ.Ε. απαιτείται η επιμόρφωση των εν-ενεργεία εκπαιδευτικών καθώς πολλοί από αυτούς (στην Ελλάδα μάλλον όλοι) δεν έχουν διδαχθεί τη φύση των Φ.Ε. κατά τη διάρκεια των σπουδών τους. Κανένας δεν μπορεί να διδάξει κάτι που δεν γνωρίζει αλλά και δεν αναγνωρίζει την αξία του, ιδίως αν δεν προβλέπεται από το αναλυτικό πρόγραμμα σπουδών. Η γνώση των χαρακτηριστικών της φύσης των Φ.Ε. είναι αναγκαία αλλά από μόνη της δεν αρκεί για να τα διδάξει κάποιος με επιτυχία. Απαιτείται επιπλέον η αναγνώριση της ανάγκης να τα διδάξει και η γνώση του πώς να το κάνει, καθώς έχουν καταγραφεί περιπτώσεις ερευνών που οι εκπαιδευτικοί γνώριζαν πολύ καλά το αντικείμενο, αλλά δεν κατάφεραν να το μεταδώσουν για διάφορους λόγους (μη σαφής διδασκαλία, διαχείριση τάξης, χρόνος, κλπ) (Abd-El-Khalick & Lederman, 2000b).

Οι απόψεις των εκπαιδευτικών γενικά (Hewson & Hewson, 1987), και για τη φύση των Φ.Ε. ειδικότερα, επηρεάζουν τον τρόπο που διδάσκουν, τα μηνύματα που περνάνε και τελικά την επιστημολογία των μαθητών τους (Matthews, 2015, p. 29). Πολλοί εκπαιδευτικοί έχουν θετικιστικές απόψεις για τις Φ.Ε. (Abd-El-Khalick & Lederman, 2000a; Schwartz & Lederman, 2002; Leden et al, 2013). Ο Tsai (2002) από έρευνά του με 37 εκπαιδευτικούς Φ.Ε. στην Ταϊβάν κατέληξε ότι οι εκπαιδευτικοί ανάλογα με τις απόψεις που έχουν για τη διδασκαλία και τη μάθηση των Φ.Ε., θεωρούν σημαντική ή όχι τη διδασκαλία της φύσης των Φ.Ε. και υποστηρίζει ότι: α) οι απόψεις των εκπαιδευτικών φαίνεται να υπαγορεύουν τη συμπεριφορά τους μέσα στην τάξη, β) είναι δύσκολο να αλλάξουν και γ) επηρεάζουν παιδαγωγικά τις αποφάσεις που παίρνουν για τη διδασκαλία τους. Αυτό το ονομάζει «ενφωλευμένες επιστημολογίες» (“nested epistemologies”), και προτείνει την επιμόρφωση των εκπαιδευτικών προκειμένου να αλλάξει η επιστημολογική τους άποψη.

Από τα παραπάνω προκύπτει ότι αν οι εκπαιδευτικοί δεν αλλάξουν απόψεις για τη χρησιμότητα της διδασκαλίας της φύσης των Φ.Ε., δεν ξεπεράσουν τους προβληματισμούς τους για την αξία της και δεν εκπαιδευτούν για το πώς να τη διδάξουν αποτελεσματικά, δεν θα το κάνουν με επιτυχία. Επομένως, τα προγράμματα επιμόρφωσης εν-ενεργεία εκπαιδευτικών είναι απαραίτητα.

4.2.4.1β' Προγράμματα επιμόρφωσης εκπαιδευτικών

Οι εκπαιδευτικοί συνήθως διδάσκουν με τον τρόπο που οι ίδιοι διδάχθηκαν, επομένως όταν επιθυμείται μια αλλαγή, η επιμόρφωση είναι απαραίτητη τόσο στη γνώση του αντικείμενου όσο και στον τρόπο διδασκαλίας του. Ο Korthagen (2017) θίγει το πρόβλημα που αντιμετωπίζουν οι, συνήθως μικρής εμπειρίας (εννοεί νεοδιόριστοι, αλλά θεωρούμε ότι, σε μεγάλο βαθμό, το ίδιο ισχύει και για όποιον επιμορφώθηκε σε ένα καινούργιο αντικείμενο) εκπαιδευτικοί να περνούν από τη θεωρία στην πράξη και έχει ταξινομήσει τα προγράμματα επιμόρφωσης στα εξής επίπεδα:

Επίπεδο 1.0: από την θεωρία στην πράξη, το οποίο χρησιμοποιείται για πολλές δεκαετίες, αλλά τα αποτελέσματα δείχνουν ότι έχει αποτύχει να επηρεάσει την πρακτική των εκπαιδευτικών

Επίπεδο 1.1: στην προσπάθεια να δοθεί περισσότερο νόημα στη θεωρία και να συνδεθεί με την πράξη, χρησιμοποιούνται παραδείγματα από βίντεο ή άλλα εργαλεία, αλλά πάλι φαίνεται αναποτελεσματικό.

Επίπεδο 2.0: συνεργασίες των εκπαιδευτικών οργανισμών με σχολεία. Το πρόβλημα έγγειται στο πώς συνδέεται η θεωρία με την πράξη

Επίπεδο 3.0: σε αυτό λαμβάνεται επιπλέον υπόψη η προσωπικότητα του κάθε εκπαιδευτικού, τα συναισθήματα, οι σκέψεις και οι ανησυχίες του.

Οι Akerson & Hanuscin (2007) προτείνουν να λαμβάνονται υπόψη οι εξής ανάγκες των εκπαιδευτικών, οι οποίες μπορούν να αποτελούν και λόγους κινητοποίησης: α) προσωπική βελτίωση, όπου οι εκπαιδευτικοί γνωρίζουν ότι χρειάζονται εκπαίδευση και επιθυμούν να αποκτήσουν νέες ιδέες και στρατηγικές, β) κοινωνική βελτίωση, στην οποία οι εκπαιδευτικοί έχουν την ευκαιρία να συζητήσουν τις ιδέες τους με συναδέλφους και συλλογικά να επανεξετάσουν τι σημαίνει να διδάξουν Φυσικές Επιστήμες και ποια η ταυτότητα του εκπαιδευτικού Φ.Ε. και γ) η επαγγελματική βελτίωση όπου οι εκπαιδευτικοί υποστηρίζονται στην εφαρμογή νέων ιδεών και στρατηγικών στην πρακτική της τάξης τους, βασιζόμενοι στις αλλαγές που

κάνουν, ή που θα επιθυμούσαν να κάνουν, προσωπικά και επαγγελματικά. Θεωρούμε ότι οι προτάσεις αυτές των Akerson & Hanuskin είναι στην ίδια κατεύθυνση με την παραπάνω πρόταση για επιμόρφωση επιπέδου 3 του Korthagen.

Οι Akerson & Hanuskin (2007) κατέληξαν μετά το πρόγραμμα επιμόρφωσης που διοργάνωσαν στις εξής παρατηρήσεις:

1. Η διάρκεια του προγράμματος πρέπει να είναι μεγάλη, γιατί οι εκπαιδευτικοί αργούν να αποσαφηνίσουν τα χαρακτηριστικά της φύσης των Φ.Ε., και επομένως χρειάζονται χρόνο για εμπέδωση και εφαρμογή
2. Οι μηνιαίες συναντήσεις ήταν χρήσιμες, γιατί βοήθησε τους εκπαιδευτικούς στο ενδιαμέσο να εφαρμόζουν και να θέτουν προς συζήτηση όσα προέκυπταν στο μάθημα
3. Οι εκπαιδευτές πρέπει να είναι έτοιμοι για αναπροσαρμογές σε αυτά που είχαν ετοιμάσει. Οι ανάγκες και οι απορίες των εκπαιδευόμενων μπορεί να κατευθύνουν τη συζήτηση/μάθημα σε διαφορετικά μονοπάτια από αυτό που σχεδίαζαν αρχικά οι εκπαιδευτές. Μέσω αυτών, ίσως και οι εκπαιδευτές μάθουν καλύτερα τη δουλειά τους (π.χ. να αντιληφθούν ότι ορισμένα θέματα που θεωρούσαν προφανή να προκύψει ότι χρειάζονται περισσότερη εμπάθυνση ή το αντίστροφο)

Ένα ιδανικό πρόγραμμα επιμόρφωσης εκπαιδευτικών απαιτείται να διαρκεί τουλάχιστον ένα εξάμηνο ή ένα χρόνο, με μηνιαίες συναντήσεις. Έτσι ενώ, π.χ. δύο εβδομάδες σε ένα καλοκαιρινό πρόγραμμα επιμόρφωσης θα ήταν αρκετές για ενήλικους να κατανοήσουν τα χαρακτηριστικά της φύσης των Φ.Ε., εν τούτοις δεν θα μπορέσουν να αφομοιώσουν όσα έμαθαν ούτε να αλλάξουν συμπεριφορά: η διδασκαλία τους με τη νέα σχολική χρονιά θα είναι ίδια με αυτή που έκαναν τις προηγούμενες χρονιές, καθώς η αλλαγή του τρόπου με τον οποίο διδάσκουν οι εκπαιδευτικοί είναι μια χρονοβόρα και σύνθετη διαδικασία (Lederman et al, 2012, Bell & Maeng 2013).

Στις δραστηριότητες ενός προγράμματος μπορούν να περιλαμβάνονται διαλέξεις, ανάγνωση και ανάλυση κειμένων, μικροδιδασκαλίες, εφαρμογή στην τάξη (χρήσιμη θα ήταν η παρακολούθηση του μαθήματος και από κάποιον ειδικό) με ηχογράφηση ή/και βιντεοσκόπηση και συζήτηση για ανάδραση από τους υπόλοιπους συμμετέχοντες. Η ενασχόληση του επιμορφωτή ή της ομάδας με κάθε εκπαιδευόμενο ατομικά είναι απαραίτητη, ώστε να καλυφθούν οι προσωπικές του ανάγκες. Η δυνατότητα ανοίγματος ενός διάυλου επικοινωνίας με ειδικούς από την επιστημονική-ακαδημαϊκή κοινότητα θα ήταν επίσης χρήσιμη στην εφαρμογή νέων διδακτικών στρατηγικών. Η αποτελεσματική εκπαίδευση των εκπαιδευτικών λαμβάνει υπόψη τις τρέχουσες απόψεις και τις πρακτικές τους, είναι ενταγμένη σε συγκεκριμένο γνωστικό πλαίσιο, ενθαρρύνει τη συνεργασία μεταξύ τους και τους παρέχει δυνατότητα για πρακτική εφαρμογή, προβληματισμό και ανάδραση (Lederman et al, 2012; Akerson & Hanuskin, 2007; Bell & Maeng, 2013; Akerson, Morrison & McDuffie, 2006).

Σημαντικό στοιχείο της επιμόρφωσης είναι το ότι η διδασκαλία των χαρακτηριστικών της φύσης των Φ.Ε. πρέπει να γίνεται με σαφή τρόπο στους μαθητές και να εμπλέκει τη συμμετοχή τους (σαφής – αναστοχαστική προσέγγιση). Έχει παρατηρηθεί όμως, ότι παρόλο που οι εκπαιδευτικοί θεωρητικά το κατανοούν, δεν το εφαρμόζουν στην πράξη, παρόλο που οι ίδιοι θεωρούσαν ότι το έκαναν. Μόνο μετά από σχόλια των επιμορφωτών ή των συναδέλφων τους στις μικροδιδασκαλίες ή τις βιντεοσκοπημένες διδασκαλίες καταλάβαιναν πλήρως τη διαφορά. Για να μπορέσουν

οι εκπαιδευτικοί να αντιληφθούν αν οι μαθητές τους έχουν κατανοήσει τα χαρακτηριστικά της φύσης των Φ.Ε., που δίδαξαν, προτείνεται να εφαρμόζεται η διαμορφωτική αξιολόγηση (Lederman et al, 2012; Akerson & Hanuskin, 2007).

Επισημαίνεται ότι η εκπαίδευση ενηλίκων είναι μια δυναμική διαδικασία, που απαιτεί να προσαρμόζεται ανάλογα με τις ανάγκες των συμμετεχόντων κάθε φορά (Κόκκος, 2005). Ακόμα και αν πρόκειται για μια σειρά προγραμμάτων επιμόρφωσης που επαναλαμβάνεται, ορισμένες δραστηριότητες ενδέχεται να τροποποιηθούν ώστε να καλύψουν τις απαιτήσεις των συγκεκριμένων συμμετεχόντων. Οι απαιτήσεις αυτές εξαρτώνται από το υπόβαθρο των συμμετεχόντων, την κοσμοθεωρία τους, τις προηγούμενες σπουδές τους και λοιπούς κοινωνικο-πολιτισμικούς παράγοντες.

Πέρα από τις δραστηριότητες που παρουσιάζονται στους ενήλικους συμμετέχοντες προτείνεται και ο ανάλογος με την ηλικία των μαθητών διδακτικός μετασχηματισμός. Έχει παρατηρηθεί ότι ανεξάρτητα από τη γνώση που έχουν οι εκπαιδευτικοί για τη φύση των Φ.Ε., δεν είναι πάντα ικανοί να σχεδιάσουν δραστηριότητες, στις οποίες η φύση των Φ.Ε. να παρουσιάζεται ρητά και με σαφήνεια. Επομένως, είναι σημαντικό κατά την επιμόρφωση να τους παρέχεται υλικό δραστηριοτήτων αλλά ταυτόχρονα και να ενημερώνονται ώστε να κατανοήσουν τον τρόπο σχεδιασμού του. Αυτό το υλικό θα λειτουργήσει ως οδηγός για να σχεδιάσουν σταδιακά τις δικές τους δραστηριότητες (Bell et al, 2011; Akerson & Hanuskin 2007).

Από έρευνα για τη βελτίωση των γνώσεων των εκπαιδευτικών (Mesci & Schwartz, 2017), προκύπτει ότι ορισμένα χαρακτηριστικά της φύσης των Φ.Ε. κατακτώνται πιο εύκολα σε σχέση με άλλα (στη συγκεκριμένη έρευνα υπήρξε αδυναμία στο χαρακτηριστικό της κοινωνικο-επιστημονικής αλληλεπίδρασης, στο αβέβαιο και στη διαφορά νόμου-θεωρίας). Σχετικά με το λόγο που συνέβη αυτό, ορισμένοι εκπαιδευόμενοι ανέφεραν ότι δεν έδιναν σημασία στη διδασκαλία όλων των χαρακτηριστικών, είτε γιατί θεώρησαν ότι δεν θα τους ήταν χρήσιμα στη διδασκαλία είτε για λόγους προσωπικού ενδιαφέροντος.

Κατά συνέπεια, οι εκπαιδευτικοί αναμένεται να γνωρίζουν μία ευρεία γκάμα αποτελεσματικών παιδαγωγικών πρακτικών για τη φύση των Φ.Ε., ώστε να τις συνδέουν με το μάθημα (Abd-El-Khalick & Lederman, 2000b; Schwartz & Lederman, 2002). Σε επόμενο επίπεδο, επιθυμητό θα ήταν να χρησιμοποιήσουν μεταγνωστικές στρατηγικές, οι οποίες βοηθούν (Abd-El-Khalick & Akerson, 2009; Akerson, Morrison & McDuffie, 2006) μαθητές όλων των ηλικιών να βελτιώσουν την εννοιολογική τους κατανόηση για ποικίλα γνωστικά περιεχόμενα, η γνώση να παραμένει, να ξεπερνιούνται προβλήματα κινήτρων και τελικά οι μαθητές να αποκτούν μεταγνωστικές ικανότητες. Στην ίδια λογική, ο Yacoubian (2020) προτείνει τη διδασκαλία των χαρακτηριστικών της φύσης των Φ.Ε. με τη βοήθεια της κριτικής σκέψης.

4.2.4.2 Αναγκαιότητα της αξιολόγησης της γνώσης για τη φύση των Φ.Ε. – Εργασία Αξιολόγησης

Σε κάθε διδασκαλία, η αξιολόγηση παίζει πολύ σημαντικό ρόλο, καθώς αυτό που αξιολογείται είναι αυτό που οι μαθητές διαβάζουν και τελικά μαθαίνουν (“what you test is what you get”). Έτσι, προκειμένου οι μαθητές να αντιληφθούν τη σπουδαιότητα της ενσωμάτωσης της φύσης των Φ.Ε. στη διδασκαλία και τη σύνδεσή της με το γνωστικό περιεχόμενο, η αξιολόγησή της είναι απαραίτητη, όχι ως προς την

απομνημόνευση των χαρακτηριστικών, αλλά ως προς την κατανόησή τους. (Lederman et al, 2019; Clough 2012). Η έννοια της αξιολόγησης αναφέρεται τόσο στην αξιολόγηση των τελικών γνώσεων του μαθητή (τυπική αξιολόγηση, summative assessment) όσο και στην πρόοδο της μάθησής του και την εξακρίβωση του αν χρειάζεται επιπλέον βοήθεια (διαμορφωτική αξιολόγηση, formative assessment). Τη διαμορφωτική αξιολόγηση μπορεί να τη δει ο ίδιος ο εκπαιδευτικός και ως αξιολόγηση του έργου του, της μεθόδου και των υλικών που χρησιμοποιεί, σχετικά με την αποτελεσματικότητα αυτών που διδάσκει.

Ιδιαίτερα για την τυπική αξιολόγηση, θα μπορούσε να γίνει κατά τη διάρκεια εργαστηριακών ασκήσεων, εξετάσεων κατά τη διάρκεια της σχολικής χρονιάς και στις τελικές εξετάσεις, μέσω άμεσων ερωτήσεων όπως για παράδειγμα «Πώς η δουλειά των James Watson, Francis Crick, Maurice Wilkins, Rosalind Franklin και Linus Pauling στο DNA απεικονίζει τη συνεργασία και τον ανταγωνισμό ανάμεσα στους επιστήμονες;» για το αντίστοιχο κεφάλαιο Βιολογίας ή «Με ποια έννοια αυτό το απόσπασμα του σχολικού σου βιβλίου παραποιεί το πώς δουλεύουν στην πραγματικότητα οι Φ.Ε.» για αρκετά κεφάλαια των βιβλίων Φ.Ε. (Clough, 2012).

Εκτός αυτών, και για τα δύο είδη αξιολόγησης μπορούν να χρησιμοποιηθούν ερευνητικά ερωτηματολόγια, τα οποία δημιουργήθηκαν προκειμένου να μετρηθεί και να αξιολογηθεί η αλλαγή του επιπέδου γνώσεων μετά από ένα εκπαιδευτικό πρόγραμμα ή δράση. Τα ερωτηματολόγια αυτά συνήθως συμπληρώνονται πριν και μετά τη διενέργεια μιας εκπαιδευτικής δράσης. Ένα τέτοιο ερωτηματολόγιο πριν τη χρήση του σταθμίζεται για την εγκυρότητα (validity) και την αξιοπιστία (reliability) του.

Ο Abd-El-Khalick (2014) έχει παραθέσει πληροφορίες για 35 ερωτηματολόγια που ελέγχουν τη γνώση για τη φύση των Φ.Ε., από το 1954 ως το 2012. Ο ορισμός της φύσης των Φ.Ε. ήταν διαφορετικός για τους δημιουργούς του κάθε ερωτηματολογίου, οπότε το καθένα ελέγχει διαφορετικές γνώσεις. Πολλά ερωτηματολόγια είναι προσαρμοσμένα από προηγούμενα είτε στον αριθμό των ερωτήσεων, είτε στην ηλικία των ερωτώμενων, ενώ υπάρχουν και άλλα επιπλέον των 35, τα οποία χρησιμοποιήθηκαν για μεμονωμένες έρευνες και οι ερευνητές δεν τα παρέθεσαν. Ο τρόπος συλλογής δεδομένων επίσης ποικίλει, από ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής μέχρι ερωτήσεις ανάπτυξης.

Ένα από τα πρώτα ερωτηματολόγια, το οποίο είναι το πιο πολύ-χρησιμοποιημένο εργαλείο στη βιβλιογραφία, ανήκει στους Cooley & Klopfer και συντάχθηκε το 1961. Ονομάζεται TOUS από τα αρχικά Test on Understanding Science. Περιλαμβάνει 53 ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής με 4 εναλλακτικές επιλογές και 7 ερωτήσεις που απαιτούν αιτιολόγηση (Cooley & Klopfer, 1961). Ελέγχει τις κατηγορίες «επιστημονικό εγχείρημα, ο επιστήμονας, οι μέθοδοι και οι σκοποί των Φ.Ε.». Κατά τη διάρκεια των τελευταίων χρόνων έχουν γίνει έντονες κριτικές στο ερωτηματολόγιο (Lederman, 2014) και δεν χρησιμοποιείται πλέον σε ευρεία βάση.

Πολύ γνωστή είναι η σειρά ερωτηματολογίων VNOS από τα αρχικά Views of Nature of Science. Η πρώτη έκδοση αναπτύχθηκε το 1990 από τους Lederman και O'Malley ως ένα ανοιχτού τύπου ερωτηματολόγιο, το οποίο είχε σχεδιαστεί να χρησιμοποιηθεί ταυτόχρονα με συνεντεύξεις, όπου οι ερωτώμενοι αναλύουν τον τρόπο σκέψης τους και διευκρινίζουν τις απαντήσεις τους, ώστε αυτές να μην παρερμηνευθούν. Μια βελτιωμένη έκδοση (VNOS-B) δημιουργήθηκε το 1998 από

τους Abd-El-Khalick, Bell & Lederman, και μία ακόμα (VNOS-C) το 2002 από τους Abd-El-Khalick, Bell, Schwartz & Lederman. Επιπλέον έχουν γίνει εκδόσεις, προσαρμοσμένες σε συγκεκριμένες ηλικιακές ομάδες. Οι οδηγίες για όλες τις εκδόσεις είναι κοινές: οι ερωτώμενοι απαντάνε σε ανοιχτού τύπου ερωτηματολόγια και γίνονται συνεντεύξεις με το 20% του δείγματος για πιο αξιόπιστα αποτελέσματα (Lederman et al, 2002). Στην παρούσα διατριβή γίνεται χρήση της τελευταίας έκδοσης, VNOS-D+ που αναπτύχθηκε το 2002 από τους Lederman & Khishfe και αναλύεται διεξοδικά στο 6^ο Κεφάλαιο.

4.3 Διδακτικές προσεγγίσεις για τη διδασκαλία της φύσης των Φ.Ε., πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της κάθε μιας

Στη βιβλιογραφία παρουσιάζονται τρεις προσεγγίσεις για τη διδασκαλία της φύσης των Φ.Ε. εντός γνωστικού πλαισίου. Αυτές είναι α) περιστατικά από την Ιστορία των Φ.Ε. (History of Science), β) δραστηριότητες Επιστημονικής Διερεύνησης (Scientific Inquiry) και γ) σύγχρονα Κοινωνικο-επιστημονικά Ζητήματα (Socio-scientific Issues) (Bell et al, 2013, Allchin 2014, McComas 2017, Osbourne et al, 2003). Ο McComas (2017; 2020, p. 76-83) αναφέρει και την επιχειρηματολογία (argumentation), αλλά θεωρούμε ότι αυτή θα μπορούσε να ενταχθεί μέσα στις τρεις προσεγγίσεις. Θυμίζουμε ότι η διδασκαλία θα πρέπει να είναι ρητή, σαφής και αναστοχαστική (explicit-reflective) όποια προσέγγιση κι αν χρησιμοποιηθεί, όπως παρουσιάστηκε στην παράγραφο 4.2.

4.3.1 Διδασκαλία της φύσης των Φυσικών Επιστημών μέσω της Ιστορίας των Φυσικών Επιστημών

Η σπουδαιότητα της Ιστορίας των Φ.Ε. στην κατανόηση των επιστημονικών εγχειρημάτων και ειδικότερα της φύσης των Φ.Ε. επισημάνθηκε από τις δεκαετίες του 1950 και '60 από τους Conant (1966) και Klopfer (1969). Εκτεταμένη καταγραφή των λόγων εισαγωγής της Ιστορίας των Φ.Ε. στην εκπαίδευση και εισαγωγής σε προγράμματα σπουδών δίνεται από τον Matthews (1994; 2015). Πλέον, τα περισσότερα Προγράμματα Σπουδών περιλαμβάνουν την Ιστορία των Φ.Ε., αν και συνήθως παρουσιάζεται ως μια γραμμική πορεία γεγονότων προς την αναζήτηση της αλήθειας, ή ακόμα περισσότερο περιορίζεται στα βιογραφικά στοιχεία των πρωταγωνιστών. Όμως, η ενσωματωμένη με το γνωστικό περιεχόμενο χρήση της Ιστορίας των Φ.Ε., προχωράει πέρα από την απλή ανασκόπηση και αναζητά την προέλευση των ιδεών σε ένα ιστορικό πλαίσιο και ενισχύει την κατανόηση των ευρετικών αρχών.

Η συμπερίληψη της ιστορίας των Φ.Ε. έχει πολλά οφέλη στη διδασκαλία των Φ.Ε. γενικά και στην εμπέδωση των χαρακτηριστικών της φύσης των Φ.Ε. ειδικότερα: οι ιστορικές προσεγγίσεις υπό κατάλληλο πλαίσιο, συνδέουν την ανάπτυξη της ατομικής σκέψης και των συνθηκών της εποχής με την ανάπτυξη των επιστημονικών ιδεών. Η Ιστορία των Φ.Ε. φέρει σημαντική πληροφορία, καθώς επεισόδιά της συνδέονται με το σύγχρονο πολιτισμό, π.χ. η Επιστημονική Επανάσταση, ο Δαρβινισμός, η ανακάλυψη της πενικιλίνης είναι θέματα που όλοι είναι χρήσιμο να γνωρίζουν (Matthews, 2015; Niaz, 2016; Kirpnis, 1998; Abd-El-Khalick, 1998).

Τα **πλεονεκτήματα** της διδασκαλίας της φύσης των Φ.Ε. μέσω της Ιστορίας των Φ.Ε. είναι τα εξής:

- βοηθάει τους μαθητές να κατανοήσουν την εξέλιξη της επιστημονικής γνώσης με εκπαιδευτικό περιεχόμενο που είναι στο επίπεδό τους, γιατί το περιεχόμενο των σύγχρονων θεμάτων των Φ.Ε. δεν μπορεί να γίνει κατανοητό από τους μαθητές.
- με την εις βάθος μελέτη της εξέλιξης της επιστημονικής γνώσης, οι μαθητές μαθαίνουν καλύτερα το επιστημονικό περιεχόμενο, κατανοούν πώς προέκυψε αυτό, τις δυσκολίες που αντιμετωπίζουν οι επιστήμονες καθώς και ότι τα «λάθη» των προηγούμενων επιστημόνων μπορούν να φανούν χρήσιμα
- κατανοούν το πώς οι επιστημονικές ιδέες γίνονται αποδεκτές ή απορρίπτονται, βασιζόμενες σε εμπειρικές ενδείξεις, πώς οι επιστημονικές διενέξεις μπορούν να προκύψουν από τον διαφορετικό τρόπο ερμηνείας αυτών των ενδείξεων και τη σπουδαιότητα του κρίσιμου πειράματος ή της κρίσιμης ερώτησης
- μπορούν να αποκτήσουν πιο σύνθετες απόψεις στα εμπειρικά θεμέλια των Φ.Ε., τη λειτουργία των θεωριών, τη φύση των πειραμάτων (ή εναλλακτικά των παρατηρήσεων), τις εποικοδομητικές ή υποκειμενικές διαστάσεις των επιστημονικών ερμηνειών
- ενεργοποιούνται και συμμετέχουν περισσότερο στο μάθημα, γιατί μέσα από τις αφηγήσεις και τις ιστορίες γίνεται πιο ενδιαφέρον το επιστημονικό περιεχόμενο, δίνοντας μια ανθρώπινη διάσταση στις Φ.Ε.
- στα ιστορικά επεισόδια μπορούν να εμφανιστούν όλα τα χαρακτηριστικά της φύσης των Φ.Ε. με σαφήνεια
- καλύπτονται μεγάλες χρονικές και χωρικές εκτάσεις και παρουσιάζονται μεγάλες αλλαγές είτε επιστημονικές (εννοιολογικές αλλαγές), είτε πολιτισμικές/οικονομικές που σχετίζονται με ερευνητικά προβλήματα και ερμηνευτικές προκαταλήψεις
- υποστηρίζει την κατανόηση της πολυπλοκότητας της επιστημονικής πρακτικής, καθώς και των ιστορικών απρόβλεπτων καταστάσεων.
- υποστηρίζει την ανάλυση της διαδικασίας και του αποτελέσματος, καθώς τα τελικά αποτελέσματα είναι πλέον γνωστά
- οι μαθητές συνειδητοποιούν τους τρόπους με τους οποίους οι επιστημονικές ιδέες επηρεάζονται από το ιστορικό και κοινωνικό πλαίσιο στο οποίο αναπτύσσονται και πώς αυτό το πλαίσιο μπορεί να επηρεάσει την αποδοχή ή απόρριψη των ιδεών
- καλλιεργεί την κατανόηση του λάθους και της αναθεώρησης, χωρίς το ρίσκο της διαχείρισης συναισθημάτων προσωπικής αποτυχίας
- εξουδετερώνει τον επιστημονισμό και το δογματισμό που εντοπίζονται συχνά στα σχολικά βιβλία Φ.Ε.
- επιτρέπει να γίνονται συνδέσεις εντός των θεμάτων και κλάδων των Φ.Ε., όπως και με άλλους ακαδημαϊκούς κλάδους: προβάλλεται μια ολοκληρωμένη φύση των ανθρώπινων επιτευγμάτων
- η έκθεση των μαθητών στην κοινωνική οικοδόμηση της επιστημονικής γνώσης μέσα από ιστορικά γεγονότα που τονίζουν τη νοητική διαμάχη για την ανάπτυξη των εννοιών, θα βοηθήσει στη διατύπωση δικών τους ερμηνειών για τον κόσμο και την αναγνώριση της ανάγκης τροποποίησης της δομής αυτών με την πάροδο των χρόνων. Έτσι, η Ιστορία θα χρησιμοποιηθεί για την πρόβλεψη και την τροποποίηση εναλλακτικών αντιλήψεων των μαθητών στις Φ.Ε.

(Allchin et al, 2014; Kipnis; 1998, Irwin, 2000; Matthews, 2015; Monk & Osborne, 1996; Abd-El-Khalick & Lederman, 2000b, Abd-El-Khalick & Lederman, 2000b; Duschl, 2006; McComas, 2020, p.529)

Χαρακτηριστικά, ο Clough (2010) αναφέρει ότι η ιστορία των Φ.Ε. «αντανακλά πιστά τη δουλειά των επιστημόνων και απεικονίζει την ανθρωπιά των Φ.Ε., την απόλαυση και την απογοήτευση της διεξαγωγής μιας έρευνας, της πολυπλοκότητας και των προκλήσεων που κάθε μεμονωμένος επιστήμονας και η επιστημονική κοινότητα συνολικά βιώνει κατά την ανάπτυξη και αιτιολόγηση των επιστημονικών ιδεών. Πλέον της δυννητικής ενίσχυσης της κατανόησης του επιστημονικού περιεχομένου, αυτά τα παραδείγματα μπορούν να αποτελέσουν πρότυπο για σημαντικά επιστημολογικά και οντολογικά μαθήματα που είναι συνδεδεμένα με το περιεχόμενο και κεντρικά για την κατανόηση της φύσης των Φ.Ε., και που θέτουν το επιστημονικό περιεχόμενο σε ανθρώπινο πλαίσιο».

Στα **μειονεκτήματα** της προσέγγισης περιλαμβάνονται:

- ενδέχεται να φανεί αναχρονιστική και μη σχετική με το μάθημα – οι μαθητές δεν θα αντιληφθούν το επιστημονικό ερώτημα που απασχολούσε τους ερευνητές εκείνη την εποχή
- απαιτεί χρόνο προετοιμασίας από τους εκπαιδευτικούς προκειμένου να μάθουν το ιστορικό πλαίσιο και να προετοιμάσουν τις δραστηριότητες
- αν περιλαμβάνει μόνο ανάγνωση κειμένων, περιορίζει την ανάπτυξη πρακτικών ικανοτήτων χειρισμού εργαστηριακού εξοπλισμού
- ενδέχεται να μην διδαχθεί σωστά: αν οικοδομείται μόνο με ορθολογικό τρόπο ή παρουσιάζεται μόνο το τελικό αποτέλεσμα, δεν υποστηρίζει την κατανόηση της «επιστήμης εν τω γεννάσθαι»
- Μπορεί να απομακρύνει τη διδασκαλία από το επιστημονικό περιεχόμενο (ως λύση ο Clough προτείνει τη διδασκαλία με το κατάλληλο περιεχόμενο που θα ενεργοποιούσε τους μαθητές, π.χ. το project “The Story Behind the Science: Bringing Science and Scientists to Life”)

(Allchin et al, 2014; Kipnis, 1998; Clough, 2010).

Επισημαίνεται ότι οι εκπαιδευτικοί που διδάσκουν την Ιστορία των Φ.Ε. προσανατολίζουν το μάθημα στο πλαίσιο που οι ίδιοι γνωρίζουν. Έτσι, συχνά η Ιστορία δεν γίνεται αντιληπτή και δεν ερμηνεύεται ως μια βιβλιοθήκη των ενεργών προσπαθειών των επιστημόνων προηγούμενων εποχών να κατανοήσουν το φυσικό κόσμο μέσα από συγκεκριμένα πολιτισμικά ενσωματωμένα εννοιολογικά εργαλεία, παρά «αναγιγνώσκεται» μέσα από την οπτική των παρόντων επιστημονικών ιδεών και κρίνεται χωρίς διακρίσεις μέσα από το πλαίσιο της σύγχρονης γνώσης. Ως τέτοιες, οι λεπτομέρειες των ιστορικών αφηγήσεων συνήθως χάνονται και τα μαθήματα για τη φύση των Φ.Ε. παραβλέπονται (Abd-el-Khalick, 1999; Niaz, 2016). Τέλος, η Ιστορία από μόνη της δεν αρκεί για να βελτιώσει τις απόψεις των εκπαιδευόμενων για τη φύση των Φ.Ε., αλλά το υλικό πρέπει να χρησιμοποιηθεί με τρόπους που να απεικονίζουν συγκεκριμένα χαρακτηριστικά της φύσης των Φ.Ε..

4.3.2 Επιστημονική Διερεύνηση

4.3.2.1 Τι είναι η επιστημονική διερεύνηση

Η Επιστημονική Διερεύνηση ορίζεται ως μια συστηματική ερευνητική δραστηριότητα, παρόμοια με αυτήν που εμπλέκονται οι επιστήμονες στην προσπάθειά τους να ερμηνεύσουν το φυσικό κόσμο. Αναφέρεται στις διαδικασίες μέσω των οποίων αναπτύσσεται η επιστημονική γνώση, συμπεριλαμβανομένων των συμβάσεων που ακολουθούνται για την ανάπτυξη, αποδοχή και χρηστικότητα της επιστημονικής γνώσης (Schwartz et al, 2002; 2008), και αποτελεί συνδυασμό αυτών των διαδικασιών με το παραδοσιακό επιστημονικό περιεχόμενο, τη δημιουργικότητα, την κριτική σκέψη και την ανάπτυξη της επιστημονικής γνώσης (Lederman et al, 2014b).

Η ενσωμάτωση της Επιστημονικής Διερεύνησης στο Πρόγραμμα Σπουδών των Φ.Ε. αναφέρθηκε για πρώτη φορά από τον Dewey, ο οποίος πρότεινε τη χρήση επιστημονικών μεθόδων από τους μαθητές στην τάξη, ώστε τα σχολεία να «γίνουν πραγματικά εργαστήρια παραγωγής γνώσης και όχι μύλοι που να αλέθουν πληροφορίες» (Dewey 1909, σελ. 18). Στο τέλος της δεκαετίας του 1950 και εν μέσω του Ψυχρού Πολέμου μπήκε τελικά στην τάξη, με κύριο στόχο τη βελτίωση της μάθησης των επιστημονικών εννοιών. Η αξία της στην εκπαίδευση των Φ.Ε. και ειδικότερα στη μάθηση της φύσης των Φ.Ε. έχει αναλυθεί διεξοδικά στη βιβλιογραφία από τη δεκαετία του 1950. Αν και αρχικά είχε προταθεί ότι απλά οι μαθητές πραγματοποιώντας διερεύνηση θα κατανοούσαν τα χαρακτηριστικά της επιστημονικής γνώσης (μη σαφής τρόπος διδασκαλίας βλέπε και παράγραφο 4.2.3.1), στη συνέχεια ο σαφής και αναστοχαστικός τρόπος θεωρείται ως ο πλέον αποτελεσματικός (Khishe & Abd-El-Khalick, 2002; Flick & Lederman, 2006). Σήμερα, οι επιστημονικές διερευνήσεις περιλαμβάνονται στα προγράμματα σπουδών πολλών χωρών (Lederman et al, 2014a; Abd-El-Khalick, 2013).

Από τον Herron (1971) είχαν καταγραφεί τέσσερα επίπεδα διερεύνησης, ανάλογα με το αν η προς διερεύνηση ερώτηση, οι οδηγίες που θα ακολουθηθούν για να γίνει η διερεύνηση, τα υλικά και η απάντηση (δηλ. το αποτέλεσμα της έρευνας) δίνονται ή όχι στους μαθητές από τον εκπαιδευτικό. Έτσι, όταν παρέχονται όλα τα παραπάνω πρόκειται για την επιβεβαιωτική διερεύνηση (confirmation inquiry). Όταν δίνονται η προς διερεύνηση ερώτηση, τα απαιτούμενα υλικά και η διαδικασία που θα ακολουθηθεί και ζητείται το αποτέλεσμα, έχουμε την καθοδηγούμενη διερεύνηση (structured inquiry). Όταν δίνεται μόνο η προς διερεύνηση ερώτηση έχουμε την προσανατολισμένη διερεύνηση (guided inquiry) και όταν απλά παρουσιάζεται ένα φαινόμενο και οι μαθητές ρωτούνται «τι μπορούμε να διερευνήσουμε σε σχέση με αυτό το φαινόμενο και με ποιον τρόπο;» έχουμε την ανοικτή διερεύνηση (open inquiry)²⁰. Στη δεκαετία του '70 τη συντριπτική πλειοψηφία (96%) αποτελούσαν διερευνήσεις των δυο πρώτων επιπέδων (Herron 1971). Τα τέσσερα επίπεδα συνεχίζουν να χρησιμοποιούνται ακόμα και το επίπεδο διερεύνησης ανεβαίνει ανάλογα με την εμπειρία των μαθητών σε διερευνήσεις. Στόχος είναι να αυξηθούν σημαντικά οι διερευνήσεις των δυο ανώτερων επιπέδων, διότι μέσα από αυτά καλλιεργούνται ικανότητες σχετικές με τον επιστημονικό αλφαριθμητισμό (Lederman, 2009).

²⁰ Οι παραπάνω ελληνικοί όροι, και η αιτιολόγηση για την απόδοσή τους, αποδίδονται από τον Κουμαρά (2017, σελ. 167-172).

Η διερεύνηση ως εκπαιδευτική διαδικασία απαιτεί από τους μαθητές να απαντούν σε ερευνητικές ερωτήσεις μέσω της ανάλυσης δεδομένων που κάνουν οι ίδιοι, από τα οποία να καταλήγουν σε ένα (ή και περισσότερα) συμπεράσματα, να τα εξηγούν και τελικά να τα παρουσιάζουν στους συμμαθητές τους. Η διατύπωση της ερώτησης και η συλλογή των δεδομένων μπορεί να γίνει από τους μαθητές, αλλά δεν είναι απαραίτητο. Επιπλέον, οι χειρωνακτικές δραστηριότητες (hands-on activities) δεν είναι η προϋπόθεση για να χαρακτηριστεί μια εκπαιδευτική διαδικασία ως διερεύνηση, συνήθως όμως, και ειδικότερα σε μικρές τάξεις, αυτές αποτελούν την πλειοψηφία των δραστηριοτήτων διερεύνησης (Bybee, 2000; Roth et al, 2013; Olsen, 2016).

Η επιστημονική διερεύνηση και η φύση των Φ.Ε. συχνά ενσωματώνονται η μία μέσα στον ορισμό της άλλης. Για παράδειγμα όπως παρουσιάστηκε στην παράγραφο 2.2.1 πολλοί ερευνητές θεωρούν ότι η διερεύνηση αποτελεί μέρος της φύσης των Φ.Ε. (Irzik & Nola, 2011; Erduran & Dagher, 2014; Matthews, 2015; McComas, 2015). Αντίθετα, στο NGSS (2013) η φύση των Φ.Ε. παρουσιάζεται εν μέρει ως υποκατηγορία της διερεύνησης. Από την ομάδα του Lederman, η Επιστημονική Διερεύνηση (SI) έχει διαχωριστεί από τη φύση της γνώσης των Φ.Ε. (NOSK) και έχει τα δικά της χαρακτηριστικά, που ονομάζονται «φύση της επιστημονικής διερεύνησης» (Nature of Scientific Inquiry – NOSI) (Lederman et al, 2019; Schwartz et al, 2008). Αυτός ο διαχωρισμός έχει υιοθετηθεί από προγράμματα σπουδών διαφόρων χωρών (NSES (1996), πρόγραμμα Νέας Ζηλανδίας, βλ. παράγραφο 4.2.2)

4.3.2.2 Η φύση της επιστημονικής διερεύνησης

Η φύση της επιστημονικής διερεύνησης περιλαμβάνει τις απόψεις για τη φύση και το σκεπτικό των διαδικασιών μέσω των οποίων η επιστημονική γνώση δημιουργείται και αιτιολογείται.

Στο NRC (2012) αναφέρεται ότι οι μαθητές των τάξεων Νηπιαγωγείο έως Γ' Λυκείου (K-12), για την επίτευξη του στόχου του επιστημονικού αλφαριθμητισμού, θα πρέπει α) να αναπτύξουν ικανότητες να διενεργούν διερευνήσεις και β) να κατανοήσουν τα χαρακτηριστικά της επιστημονικής διερεύνησης. Τα χαρακτηριστικά αυτά περιλαμβάνουν με απλά λόγια το πώς δουλεύουν οι επιστήμονες για την ανάπτυξη της γνώσης και πώς αυτή γίνεται αποδεκτή από την επιστημονική κοινότητα. Ο Schwab το 1962 όρισε ως χαρακτηριστικά τα εξής: α) μια έρευνα ξεκινά με μια ερώτηση, η οποία δεν βασίζεται απαραίτητα σε κάποια υπόθεση, β) υπάρχουν πολλές μέθοδοι για τις επιστημονικές έρευνες, γ) οι διερευνήσεις καθορίζονται από το ερευνητικό ερώτημα, δ) όλοι οι επιστήμονες που επαναλαμβάνουν τις ίδιες διαδικασίες ενδέχεται να μην καταλήξουν στα ίδια αποτελέσματα, ε) η διαδικασία που ακολουθείται ενδέχεται να επηρεάσει τα αποτελέσματα, στ) οι ερμηνείες πρέπει να είναι συνεπείς με τα δεδομένα, ζ) υπάρχει διαφορά ανάμεσα στα δεδομένα και τις ενδείξεις και η) οι επιστημονικές ερμηνείες βασίζονται στα δεδομένα και όσα είναι γνωστά. Τα χαρακτηριστικά αυτά που προτείνει ο Schwab αποδέχεται η ομάδα του Lederman ως χαρακτηριστικά της φύσης της επιστημονικής διερεύνησης (NOSI), βλέπε και παράγραφο 2.2.2.1α, (Lederman et al, 2014b, Schwartz et al, 2008).

Ενώ είναι εκτεταμένη η έρευνα που εστιάζεται στην καταγραφή της ικανότητας των μαθητών να διεξάγουν διερευνήσεις είναι ιδιαίτερα περιορισμένη αυτή που εξετάζει τις γνώσεις των μαθητών για τα χαρακτηριστικά της διερεύνησης (Lederman et al, 2019). Το γεγονός αυτό πιθανά να οφείλεται και στην παρανόηση ότι η διεξαγωγή

διερευνήσεων είναι μια επαρκής προϋπόθεση για την ανάπτυξη αντιλήψεων σχετικά με τα χαρακτηριστικά της διερεύνησης (Wong & Hodson, 2009; 2010).

Για τον έλεγχο των γνώσεων των εκπαιδευόμενων στα χαρακτηριστικά της επιστημονικής διερεύνησης, αναπτύχθηκε μια σειρά από ανοιχτού τύπου ερωτηματολόγια με το γενικό όνομα VOSI (VOSI-2, 3, 4, 270, E) ανάλογα με τον πληθυσμό στον οποίο αναφέρονται (Schwartz et al, 2008, Lederman et al, 2014b) που εξελίχθηκαν στη βελτιωμένη έκδοση που ονομάστηκε VASI (Views About Scientific Inquiry). Το VASI βρίσκεται πιο κοντά στο σκοπό που εξυπηρετεί (Lederman et al, 2014b). Με το παρόν ερωτηματολόγιο, η ομάδα των Lederman et al έχει διεξάγει δύο έρευνες, μία για μαθητές της Α΄ Γυμνασίου (7th Grade) με συμμετοχή 18 χωρών, τα αποτελέσματα της οποίας έχουν δημοσιευτεί (Lederman et al, 2019) και μία για τη Γ΄ Λυκείου (12th Grade), με συμμετοχή 25 χωρών, της οποίας τα αποτελέσματα θα δημοσιευτούν σύντομα (Lederman, Lederman, Bartels, Jimenez, 2021, under press). Η ομάδα του @fise group συμμετείχε στην έρευνα της Γ΄ Λυκείου (Κουμαρά & Πλακίτση, 2019)²¹. Ακολουθεί έρευνα για μαθητές της Γ΄ Δημοτικού (3rd Grade), η οποία βρίσκεται σε εξέλιξη.

Τελικά, με την κατανόηση των χαρακτηριστικών της φύσης των Φ.Ε. (NOSK και NOSI κατά Lederman), και την ικανότητα να διεξάγουν διερευνήσεις, οι μαθητές αναμένεται να έχουν αντιληφθεί πλήρως πώς λειτουργεί το οικοδόμημα των Φ.Ε. (Lederman & Lederman, 2013).

4.3.2.3 Αυθεντικά Περιβάλλοντα Μάθησης

Η Επιστημονική Διερεύνηση προσφέρεται για τη δημιουργία ενός αυθεντικού περιβάλλοντος μάθησης, τα γενικά χαρακτηριστικά του οποίου είναι: 1) η παροχή ενός αυθεντικού πλαισίου που αντανακλά τον τρόπο με τον οποίο η γνώση χρησιμοποιείται στην καθημερινή ζωή, 2) περιέχει αυθεντικές δραστηριότητες, συνήθως μεγάλες σε όγκο και όχι μικρές μεμονωμένες περιπτώσεις, 3) δίνει πρόσβαση σε επαγγελματικές εκτελέσεις πειραμάτων και μοντελοποίηση των διαδικασιών, μέσω π.χ. της μαθητείας ή της πρακτικής άσκησης, 4) περιέχει πολλαπλούς ρόλους και προοπτικές, 5) γίνεται συλλογική δημιουργία της γνώσης (π.χ. σχεδίαση ενός προϊόντος ή επίλυση ενός προβλήματος, 6) αναστοχασμός (τον οποίο πολλοί ερευνητές θεωρούν τόσο διαδικασία όσο και προϊόν της διδασκαλίας), 7) έκφραση επιχειρημάτων (articulation), 8) καθοδήγηση, 9) αξιολόγηση μέσα στο πλαίσιο της δραστηριότητας (Herrington & Oliver, 2000). Ειδικά για τις Φ.Ε., ένα αυθεντικό περιβάλλον μάθησης κατά τον Gilbert (2004) περιγράφεται από τα εξής: α) αντιπροσωπεύει πιστά τις διαδικασίες με τις οποίες διεξάγονται οι Φ.Ε. και τα αποτελέσματά της είναι κοινωνικά αποδεκτά, β) αντικατοπτρίζει το κύριο στοιχείο της δημιουργικότητας που έχει κάνει τις Φ.Ε. ένα από τα σημαντικότερα πολιτισμικά επιτεύγματα της ανθρωπότητας τους τελευταίους αιώνες, γ) παρέχει ένα μινιμαλιστικό δίκτυο ιδεών ώστε να δίνει ικανοποιητικές απαντήσεις για τα φαινόμενα που παρατηρούμε στον καθημερινό κόσμο και δ) είναι σε θέση να υποστηρίζει τις τεχνολογικές λύσεις στα ανθρώπινα προβλήματα, που αποτελούν τη βάση της ευημερίας, της ποιότητας ζωής και της υγείας των ατόμων (Gilbert, 2004, σελ. 116).

²¹ Η συμμετοχή στη διεξαγωγή της έρευνας ενίσχυσε την προσπάθεια που περιγράφεται στο 6ο κεφάλαιο για την ανάλυση των πολιτισμικών χαρακτηριστικών των εκπαιδευτικών.

Υποστηρίζεται ότι η μάθηση σε αυθεντικά περιβάλλοντα μπορεί να ενισχύσει την κατανόηση των χαρακτηριστικών της φύσης των Φ.Ε. (Schwartz et al, 2004; Meyer & Crawford, 2011; Schwartz & Crawford, 2006; Chapman, 2013; Edmondson et al, 2020). Σε αυτά περιλαμβάνονται α) δραστηριότητες ανοιχτών διερευνήσεων, β) χρήση ακαδημαϊκών πηγών (π.χ. άρθρων ή βίντο κλιπ) και διενέργεια ανάλογων δραστηριοτήτων στη συνέχεια, γ) οργάνωση ενός Φεστιβάλ Επιστήμης, δ) επίσκεψη ειδικών στο σχολείο ή των μαθητών στα εργαστήρια και ε) η περίπτωση μαθητείας και καθοδήγησης από επιστήμονες. Σε όλα τα παραπάνω υπάρχει μία αύξουσα κλίμακα εξειδίκευσης στο αυθεντικό επιστημονικό περιεχόμενο, αλλά ταυτόχρονα μία φθίνουσα κλίμακα δυνατότητας συμμετοχής στον αριθμό των μαθητών. Επίσης, απαιτεί προετοιμασία και οργάνωση από τους εκπαιδευτικούς, ενώ ένα ζήτημα που απασχολεί είναι η σαφής και αναστοχαστική ανάδειξη της φύσης των Φ.Ε., όπου ακόμα και μέσα σε ένα εργαστήριο δεν θα μπορούσε να πραγματοποιηθεί αν ο μαθητής δεν συζητήσει με τον μέντορα.

Σημαντική είναι και η «εμπειρία» του Dewey ή η “*perezhivanie*” του Vygotsky στο μάθημα Φ.Ε., όσα δηλαδή βιώνει ο μαθητής, συναισθηματικά και νοητικά, σε ένα μάθημα Φ.Ε., που σε ένα αυθεντικό περιβάλλον μάθησης αυξάνονται. Η εμπειρία, ως συναισθηματική σύγκρουση, μετασχηματίζει το άτομο, αλλάζει ριζικά τον τρόπο σκέψης του και δρα προς την ανάπτυξη των υψηλών νοητικών λειτουργιών (higher mental functions) (Roth & Jornet, 2014).

4.3.2.4 Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα στη διδασκαλία της φύσης των Φ.Ε. με την Επιστημονική Διερεύνηση

Οι επιστημονικές διερευνήσεις έχουν ενσωματωθεί στα Προγράμματα Σπουδών πολλών χωρών, με ονόματα όπως για παράδειγμα Practices (Η.Π.Α.), Practicals (Μεγάλη Βρετανία) ή Εργαστήρια (Ελλάδα).

Τα **πλεονεκτήματα** της διδασκαλίας της φύσης των Φ.Ε. μέσω της Επιστημονικής Διερεύνησης είναι τα εξής:

- βοηθάει στην ενεργοποίηση των μαθητών μέσω προσωπικής εμπλοκής, άρα οι μαθητές μπορούν να κατανοήσουν άμεσα τι είναι οι Φ.Ε.
- ενθαρρύνει την προσωπική συμμετοχή στη διαδικασία του μαθήματος
- υποστηρίζει την κατανόηση των κατασκευασμένων ερμηνειών, μοντέλων και αναθεώρησης αυτών
- βελτιώνει τις πειραματικές ικανότητες των μαθητών, όπως τη διατύπωση υποθέσεων, το σχεδιασμό ερευνών, τη διαχείριση/επεξεργασία δεδομένων, την τεκμηριωμένη ανάλυση των ενδείξεων, την αξιολόγηση αποτελεσμάτων.
- αναπαριστά με τον καλύτερο δυνατό τρόπο το πώς δουλεύουν οι επιστήμονες και δείχνουν τη διάσταση των Φ.Ε. πέρα από ένα σώμα γνώσεων. Για τη διάσταση αυτή απαιτείται και η κατανόηση της φύσης των Φ.Ε.
- συσχετίζει τη φύση των Φ.Ε. με τις δεξιότητες διερεύνησης και τις μεθόδους, δηλαδή οι μαθητές αποκτούν γνώσεις γύρω από τις Φ.Ε. καθώς ταυτόχρονα αποκτούν και τις απαραίτητες δεξιότητες για να κάνουν Φ.Ε..
- αναπτύσσει την κατανόηση του πώς γίνεται η υπεράσπιση ή κριτική των επιστημονικών ισχυρισμών σε σύγχρονα κοινωνικο-επιστημονικά ζητήματα
- οι μαθητές μπορούν να κατανοήσουν τη φύση και τα όρια της παραγόμενης γνώσης και των ισχυρισμών, ως μέρος του επιστημονικού σώματος της γνώσης.

Τα **μειονεκτήματα** της διδασκαλίας της φύσης των Φ.Ε. μέσω της Επιστημονικής Διερεύνησης είναι τα εξής:

- αν δεν γίνει σωστά και οι μαθητές ακολουθούν απλώς οδηγίες (σαν συνταγές μαγειρικής) θα δημιουργηθούν παρανοήσεις για το πώς λειτουργεί ο πειραματισμός στις Φ.Ε. και πώς προκύπτει ένα κρίσιμο πείραμα
- οι μαθητές ενδέχεται να ακολουθούν σωστά τα διαδοχικά βήματα, αλλά να μην έχουν καταλάβει το λόγο που αυτά γίνονται
- αν τα χαρακτηριστικά της φύσης των Φ.Ε. δεν παρουσιαστούν με σαφήνεια, οι μαθητές δεν θα τα μάθουν, ή θα τα μάθουν από τύχη. Μπορεί το μάθημα να έχει σχεδιαστεί να παρουσιαστούν με σαφήνεια, αλλά προβλήματα στη διαχείριση της τάξης και των υλικών να οδηγήσουν στη μη σαφή παρουσιάσή τους
- δύσκολη η ενεργοποίηση όλων των μαθητών, ιδίως όταν είναι μέλη μιας ομάδας
- δύσκολη η κατανόηση της αλλαγής θεωρίας («παραδείγματος»)
- μπορεί να θεωρηθεί ως μια τεχνητή άσκηση ή ένα σχολικό «παιχνίδι», και όχι σαν ιδιοφυής επιστήμη
- όταν οι έρευνες αποτυγχάνουν, μπορεί να δημιουργηθούν αρνητικά συναισθήματα αποτυχίας και να απομακρυνθούν οι μαθητές από τα μαθήματα Φ.Ε.
- συνήθως είναι έξω από πολιτισμικά, κοινωνικά, πολιτικά πλαίσια
- δύσκολο να μοντελοποιηθεί ο ρόλος της «τύχης» ή του απρόβλεπτου
- απαιτεί πολύ χρόνο τόσο εκ μέρους του εκπαιδευτικού για προετοιμασία όσο και διδακτικό χρόνο για την διεξαγωγή του
- απαιτεί σημαντικές ποσότητες υλικών που ενδέχεται να μην υπάρχουν σε όλα τα σχολεία

(Allchin et al, 2014; Lederman et al, 2014b; Bell, 2009; Osborne et al, 2003; Lederman & Lederman, 2019).

4.3.2.5 Συνδυαστική προσέγγιση με χρήση Ιστορίας των Φ.Ε. και Επιστημονικής Διερεύνησης

Ο Kipnis (1996, 1998) προτείνει ένα συνδυασμό των δύο προηγούμενων προσεγγίσεων (historical-investigative approach), με τη συμπερίληψη ιστορικών πειραμάτων στη διδασκαλία της φύσης των Φ.Ε. Τα πλεονεκτήματα της διεξαγωγής των ιστορικών πειραμάτων είναι τα εξής: 1) τα αποτελέσματα είναι γνωστά στον εκπαιδευτικό, β) τα περισσότερα σύγχρονα φαινόμενα είναι πολύπλοκα για να τα μελετήσουν οι μαθητές, γ) οι πιθανότητες επιτυχίας από τους μαθητές είναι μεγάλες, δ) η επιτυχία αυτή θα ανεβάσει την αυτοπεποίθηση των μαθητών. Ο Kipnis δεν είναι ο πρώτος, καθώς ανάλογες προτάσεις είχαν κάνει οι Conant και Klopfer από τις δεκαετίες του 1950 και 1960 αντίστοιχα. Τα ιστορικά πειράματα μπορούν να είναι χρήσιμα α) κατά την εισαγωγή μιας καινούριας έννοιας, β) κατά τη διάρκεια των συνηθισμένων διερευνήσεων και γ) στη συζήτηση πάνω στη στρατηγική του πειραματισμού.

Παρόμοια άποψη ότι δηλ. οι ιστορικές περιπτώσεις μπορούν επίσης να βοηθήσουν να πλαισιωθούν αυθεντικά διερευνητικές δραστηριότητες, υποστηρίζεται από τους Allchin et al (2014).

Σχετικά με τους τρόπους διεξαγωγής των ιστορικών πειραμάτων, οι Heering & Hoettecke (2014) προτείνουν ότι μπορούν να γίνουν:

A) Παράλληλα με ιστορικές αφηγήσεις, όπου οι μαθητές θα σχηματίζουν οι ίδιοι υποθέσεις, θα σχεδιάζουν τους πειραματικούς ελέγχους και τελικά θα συγκρίνουν τις ιδέες, τις εμπειρίες και τις μετρήσεις τους με την εργασία των επιστημόνων. Η εργασία των μαθητών δεν θα είναι μόνο επιβεβαιωτικού χαρακτήρα, αλλά θα στοχεύει στο να εισαχθεί με σαφήνεια η φύση των Φ.Ε..

B) Με τα ημερολόγια του Faraday: οι μαθητές θα μπορούσαν να κρατάνε αντίστοιχα ημερολόγια καθώς πειραματίζονται με την ηλεκτρομαγνητική επαγωγή, χρησιμοποιώντας σύγχρονο εξοπλισμό. Πηγαίνοντας από τις γραπτές σημειώσεις στα εργαστηριακά όργανα, οι μαθητές θα κατορθώσουν να κατανοήσουν το φαινόμενο με το δικό τους τρόπο.

Γ) Να κατασκευάσουν αντίγραφα επιστημονικών οργάνων που χρησιμοποιήθηκαν σε κρίσιμα πειράματα με υλικά της εποχής που αυτά πρωτοκατασκευάστηκαν.

Δ) Να κατασκευάσουν τροποποιημένα τα ιστορικά όργανα, χρησιμοποιώντας σύγχρονα υλικά, και να σχεδιάσουν διερευνήσεις του παρελθόντος

Ε) Πειράματα με πρωτότυπα όργανα, τα οποία φυλάσσονται σε Μουσεία Επιστημών. Αναφέρεται η ιστορία, γίνεται ο πειραματισμός, και συζητείται η κοινωνικο-πολιτισμική σκοπιά της επιστήμης, κάνοντας σύγκριση με τα σύγχρονα υλικά. Εδώ υπάρχει ο περιορισμός ότι μπορεί να πραγματοποιηθεί μόνο σε συγκεκριμένα μέρη του κόσμου, όπου υπάρχουν τα αντίστοιχα Μουσεία Επιστημών και διαθέτουν στη συλλογή τους ιστορικά όργανα.

Ως συνέχεια, οι Heering & Cavicchi (2020) παρουσιάζουν τη διδακτική εφαρμογή των παραπάνω.

4.3.3 Κοινωνικο-επιστημονικά Ζητήματα

Τα θέματα που χαρακτηρίζονται ως κοινωνικο-επιστημονικά αφορούν σε επιστημονικά ζητήματα που σχετίζονται άμεσα με προσωπικές και κοινωνικές υποθέσεις, συνήθως είναι αμφιλεγόμενα κοινωνικά διλήμματα και δεν έχουν μία σαφή, σωστή ή λάθος, απάντηση. Σχετίζονται έντονα με τον επιστημονικό αλφαριθμητισμό και την ικανότητα του ατόμου να παίρνει υπεύθυνες αποφάσεις. Απαραίτητη προϋπόθεση για αυτό, είναι το άτομο να κατανοεί το επιστημονικό περιεχόμενο του θέματος και τον τρόπο που αυτό αναπτύσσεται. Τα κοινωνικο-επιστημονικά ζητήματα συνήθως έχουν κοινωνικό και ηθικό ενδιαφέρον. Με την ένταξή τους στη διδασκαλία των Φ.Ε. γίνεται η προετοιμασία για την ενεργό συμμετοχή των μαθητών στην κοινωνία, καθώς η επιστήμη και οι τεχνολογικές εφαρμογές της είναι άρρηκτα συνδεδεμένες με τη ζωή στον 21^ο αιώνα. Οι βασικοί στόχοι τους είναι: α) η αναγνώριση της έμφυτης συνθετότητας των κοινωνικο-επιστημονικών ζητημάτων, β) η εξέταση των ζητημάτων υπό *πολλαπλές* οπτικές γωνίες, γ) η συνειδητοποίηση ότι είναι ζητήματα έρευνας σε εξέλιξη και δ) η αντιμετώπιση του σκεπτικισμού και των προδιαθετιμένων απόψεων (Zeidler, 2014; Lederman et al, 2014; Sadler, 2004).

Πολλοί ερευνητές έχουν ισχυριστεί ότι η κατανόηση της φύσης των Φ.Ε. αλλάζει ολοκληρωτικά τον τρόπο με τον οποίο τα άτομα ανταποκρίνονται σε καταστάσεις που αφορούν τις Φ.Ε. και επηρεάζει την εφαρμογή του γνωστικού περιεχομένου, το οποίο με τη σειρά του θα επηρεάσει τη συλλογιστική που σχετίζεται με αντίστοιχα θέματα. Παραδείγματα κοινωνικο-επιστημονικών θεμάτων είναι η κατανάλωση γενετικά τροποποιημένων τροφίμων, η φύλαξη αρχέγονων κυττάρων

κατά τον τοκετό, η χρήση κατάλληλων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, ο υποχρεωτικός εμβολιασμός, η κλιματική αλλαγή, κλπ (Sadler, 2006).

Η διδασκαλία της φύσης των Φ.Ε. θα πλαισιώνει τη διδασκαλία των κοινωνικοπολιτισμικών θεμάτων, με γνωστικούς στόχους πάνω και στα δύο. Έτσι, οι εκπαιδευτικοί καλούνται α) να αντιμετωπίσουν τα κοινωνικο-πολιτισμικά ζητήματα ως σημαντικά, να παρουσιάσουν τις αξίες και την ηθική που υπάρχουν σε αυτά ως κομμάτι της διδασκαλίας των Φ.Ε., χωρίς ανησυχία για παρέμβαση από τη διεύθυνση και β) να βοηθήσουν τους μαθητές να κατανοήσουν τη σύνδεση ανάμεσα στα ηθικά ζητήματα και το επιστημονικό περιεχόμενο. Ερευνητές ισχυρίζονται ότι η άποψη των μαθητών για τη φύση των Φ.Ε. σχετίζεται με τη συλλογιστική τους. Μάλιστα, η αντίδρασή τους σε δεδομένα που έρχονται σε αντίθεση με τις πεποιθήσεις τους είναι μια αντίφαση που οδηγεί στην εξέλιξή τους (Eastwood et al, 2012; Kolokouri et al, 2012).

Σε συνέχεια των αυθεντικών περιβάλλοντων μάθησης που αναφέρθηκαν στην προηγούμενη παράγραφο, οι Wong et al (2008) οργάνωσαν ένα workshop για φοιτητές (preservice teachers), όπου επιστήμονες που συμμετείχαν ενεργά στην καταπολέμηση της επιδημίας του SARS το 2003 στην Ανατολική Ασία, συμμετείχαν σε βίντεο που αφηγούνταν το χρονικό της εξάπλωσης και καταπολέμησης του ιού. Οι φοιτητές κλήθηκαν κατά τη διάρκεια της παρακολούθησης να αναγνωρίσουν τα χαρακτηριστικά της φύσης των Φ.Ε. και της επιστημονικής διερεύνησης που τους είχαν παρουσιαστεί πριν. Σκοπός ήταν α) η συνειδητοποίηση των αδιάσπαστων δεσμών μεταξύ της επιστήμης και του κοινωνικού, πολιτισμικού και πολιτικού περιβάλλοντος, β) η βαθύτερη κατανόηση του πώς η επιστήμη και η τεχνολογία αλληλεπιδρούν μεταξύ τους και γ) η βαθύτερη εκτίμηση των διαδικασιών αυθεντικής διερεύνησης σε συνδυασμό με τον ανθρώπινο χαρακτήρα των επιστημόνων.

Στο ίδιο κλίμα, οι Tala & Vesterinen (2015) προτείνουν δύο δραστηριότητες, μία συνέντευξη με ερευνητές νανοϋλικών σχετικά με τα χαρακτηριστικά της φύσης των Φ.Ε. στο πλαίσιο της δικής τους έρευνας και ένα μάθημα στη φύση του επιστημονικού μοντελισμού. Οι Hansson et al (2019), υποστηρίζοντας ότι θα ήταν ενδιαφέρον οι μαθητές να εμπλέκονται με θέματα σύγχρονης επιστήμης (κάτι που περιλαμβάνεται στο Πρόγραμμα Σπουδών Φ.Ε. στη Σουηδία), προτείνουν τις συνεντεύξεις με ειδικούς, ή χρήση γραπτών πηγών (ιστοσελίδες, άρθρα) ή/και ταινίες. Με τον τρόπο αυτό οι μαθητές θα αποκτήσουν πλουσιότερες εικόνες για τις πρακτικές της σύγχρονης επιστήμης, καθώς αυτές αναδιπλώνονται μπροστά τους, ενώ ένας επιστήμονας με σάρκα και οστά θα μπορούσε να αποτελέσει πρότυπο για τους μαθητές, πιο απτό και ρεαλιστικό από τις ιστορικές προσωπικότητες που διαβάζουν στα βιβλία. Για παράδειγμα, μια γυναίκα επιστήμονας θα μπορούσε να ωθήσει περισσότερα κορίτσια να σπουδάσουν Φ.Ε.. Επίσης, οι επιστήμονες θα εξηγούσαν στους μαθητές τα όρια της επιστημονικής γνώσης και όσα δεν είναι ακόμα γνωστά: τα χαρακτηριστικά της φύσης των Φ.Ε. που αναλύουν στην έρευνά τους βασίζονται στο μοντέλο του McComas (2015) για την επιστημονική γνώση και τα όριά της και τα ανθρώπινα χαρακτηριστικά των Φ.Ε.. Τέλος, είναι ενδιαφέρον ότι με τη μέθοδο αυτή καταρρίπτονται τα στερεότυπα της εικόνας που έχουν οι περισσότεροι μαθητές για τους επιστήμονες και τις Φ.Ε., ενώ θα μπορούσαν να συζητηθούν θέματα χρηματοδότησης της έρευνας, τα οποία δεν υπάρχουν στα σχολικά βιβλία.

Τα **πλεονεκτήματα** της προσέγγισης για τη διδασκαλία της φύσης των Φ.Ε. είναι:

- ενισχύει το ενδιαφέρον των μαθητών για τις Φ.Ε. μέσα από την ενασχόλησή τους με σύγχρονα θέματα που τους ενδιαφέρουν
- βοηθάει στην ενεργοποίηση και τη δέσμευση των μαθητών μέσω της αυθεντικότητας και της «εδώ και τώρα» συνάφειας του περιεχομένου με τον έξω κόσμο
- υποστηρίζει την κατανόηση των πολιτισμικών, πολιτικών και οικονομικών πλαισίων των Φ.Ε.
- υποστηρίζει την κατανόηση του πώς σχετίζονται οι Φυσικές Επιστήμες με τις αξίες τους
- συνδέει τη λήψη αποφάσεων (decision making) με τη διδασκαλία της φύσης των Φ.Ε. σε πραγματικά προβλήματα
- περιλαμβάνει την επιχειρηματολογία με βάση τις ενδείξεις, την επίτευξη συμφωνιών, την ηθική συλλογιστική και την κατανόηση και εφαρμογή του γνωστικού επιστημονικού περιεχομένου, με την ανάλογη ανάπτυξη δεξιοτήτων από τους μαθητές
- τονίζει τις συγκρουόμενες ενδείξεις, τις διαφορετικές ερμηνείες των δεδομένων, τις εναλλακτικές προοπτικές και την υποκειμενικότητα
- συνδέεται άμεσα με τον επιστημονικό αλφαριθμητισμό
- ορισμένα χαρακτηριστικά, όπως η δημιουργικότητα, η υποκειμενικότητα και η πολιτισμική ενσωμάτωση, μπορούν να γίνουν κατανοητά πιο εύκολα
- οι μαθητές που έχουν κατανοήσει τα χαρακτηριστικά της φύσης των Φ.Ε. μπορούν να δώσουν πετυχημένα και εμπειριστατωμένα παραδείγματα και συμμετέχουν πιο έντονα στον κριτικό διάλογο για τα κοινωνικο-επιστημονικά ζητήματα
- ενισχύεται η συμμετοχή των μαθητών σε ανάλογες κοινωνικές πρακτικές πέρα από την τάξη
- βοηθά τους μαθητές να κατανοήσουν ότι οι στηριζόμενες στις αξίες αποφάσεις είναι επίσης μέρος των Φ.Ε.: η διαδικασία των επιστημονικών και των κοινωνικών αποφάσεων δεν είναι τόσο διαφορετικές μεταξύ τους, απεναντίας μάλιστα συχνά συνδέονται.
- Μπορεί να γίνει αναφορά στη χρηματοδότηση και τις πολιτικές αποφάσεις, τα οποία είναι αναπόσπαστο κομμάτι της σύγχρονης έρευνας
- Επιτρέπουν την αντιπαράθεση επιχειρημάτων ως «πρόβα» μελλοντικών συζητήσεων

Τα **μειονεκτήματα** της προσέγγισης είναι :

- τα υπό ανάλυση θέματα δεν μπορούν να επιλυθούν πλήρως, αφήνοντας τους μαθητές στην αβεβαιότητα και με ανολοκλήρωτα μαθήματα στη φύση των Φ.Ε.
- δεν γίνεται να παρουσιαστούν λεπτομέρειες των διαδικασιών που δεν είναι ακόμα γνωστές ή είναι ασαφείς
- οι μαθητές δεν μπορούν να ερμηνεύσουν πού οφείλεται η αβεβαιότητα στις επιστημονικές ερμηνείες ή να αξιολογήσουν τις εμπειρικές ενδείξεις ή το ρόλο των υποκειμενικών παραγόντων που επηρεάζουν τις ερμηνείες
- συνήθως δεν γίνεται να ενσωματωθούν σε ένα θέμα όλα τα χαρακτηριστικά της φύσης των Φ.Ε., ενώ ορισμένα χαρακτηριστικά (όπως π.χ. η διαφορά θεωρίας-νόμου πολύ δύσκολα μπορεί να συμπεριληφθεί)

- είναι σημαντικό οι εκπαιδευτικοί να διαλέγουν θέματα²² για τα οποία οι μαθητές έχουν προσωπικό ενδιαφέρον, ώστε να κατανοήσουν την αξία τους, διαφορετικά μπορεί να μην υπάρξει εκπαιδευτικό αποτέλεσμα
- πολλοί εκπαιδευτικοί φοβούνται ή δεν θέλουν να εκφράσουν άποψη για αμφιλεγόμενα θέματα που μπορεί να ενοχλήσουν ορισμένους μαθητές ή να αγγίξουν τα όρια της πολιτικής του σχολείου
- η κατανόηση των χαρακτηριστικών της φύσης των Φ.Ε. και η ανάπτυξη της ικανότητας επιχειρηματολογίας δεν είναι μια απλή διαδικασία: χρειάζεται χρόνο και επαναλαμβανόμενες προσπάθειες από τον εκπαιδευτικό.

(Allchin et al, 2014, Bell et al, 2011, Eastwood et al, 2012, Sadler, 2004; Karisan & Zeilder, 2017).

4.3.4 Σύγκριση των τριών διδακτικών προσεγγίσεων μεταξύ τους

Από τα παραπάνω φαίνεται ότι όλες οι προσεγγίσεις έχουν πολύ σημαντικά πλεονεκτήματα, αλλά ταυτόχρονα έχουν και μειονεκτήματα. Κάθε μία έχει τη δική της συνεισφορά στη διδασκαλία ώστε οι μαθητές να αντιληφθούν πώς αναπτύσσονται και εξελίσσονται οι Φ.Ε.. Για παράδειγμα,

- Μέσα από την Ιστορία των Φ.Ε. ξεδιπλώνεται ο τρόπος σκέψης των επιστημόνων με την πάροδο των χρόνων και εύκολα φαίνονται: τα εμπειρικά θεμέλια των Φυσικών Επιστημών, το πώς από τις ίδιες παρατηρήσεις διαφορετικοί επιστήμονες οδηγήθηκαν σε διαφορετικά συμπεράσματα, οι δημιουργικές σκέψεις που οδήγησαν σε κρίσιμα πειράματα και σε καινούρια γνώση, και η επίδραση του κοινωνικοπολιτισμικού πλαισίου στην ανάπτυξη της επιστήμης. Σημαντικό είναι ότι όλα αυτά διεξάγονται με γνωστικό περιεχόμενο που οι μαθητές μπορούν να κατανοήσουν. Ίσως περισσότερο καθαρά από ότι στους δυο άλλους τρόπους μπορεί να φανεί η παροδική (αβέβαιη) φύση των Φ.Ε. (αλλαγή Παραδείγματος κατά Kuhn) και η διαφορά Νόμου και Θεωρίας (Clough, Herman, & Smith, 2010; Howe & Rudge, 2005; Kim & Irving, 2010; Lin & Chen, 2002; Rudge et al., 2013). Πρόβλημα αποτελεί το ότι ίσως οι μαθητές τα θεωρήσουν ξεπερασμένα και έξω από τα ενδιαφέροντά τους
- Η Επιστημονική Διερεύνηση προσεγγίζει τον τρόπο με τον οποίο εργάζονται οι επιστήμονες και με κατάλληλη συζήτηση με τους μαθητές μπορεί να βοηθήσει τους μαθητές να καταλάβουν ότι η επιστήμη στηρίζεται στην εμπειρία, τα συμπεράσματα διαφέρουν από τις παρατηρήσεις, απαιτεί δημιουργική σκέψη, και το συμπέρασμα διαμορφώνεται από τη συζήτηση μεταξύ των επιστημόνων. Με κατάλληλη προσπάθεια μπορεί να φανεί η διαφορά Νόμου-Θεωρίας. Πολύ δύσκολα μέσα από την επιστημονική διερεύνηση μπορεί να φανεί η κοινωνικο-πολιτισμική ενσωμάτωση των Φ.Ε. και οι αλλαγές της επιστημονικής γνώσης σε επίπεδο παραδείγματος (κατά Kuhn). Πρόβλημα αποτελεί το αν οι μαθητές θεωρήσουν ότι

²² Έχει καταγραφεί η περίπτωση που θέμα είχε μεγάλη επιτυχία όταν ήταν επίκαιρο (Wong et al, 2008) αλλά ήταν τελείως αδιάφορο όταν επαναλήφθηκε δυο χρόνια αργότερα. Έτσι π.χ. η αβέβαιη φύση της επιστήμης θα είχε ενδιαφέρον να διαπραγματευτεί με τα παιδιά όταν η επιτροπή για το COVID-19 άλλαξε σε 15 μέρες απόψεις για θέματα προφύλαξης από τον ιό και κατηγορήθηκε για αυτό από πολιτικούς και δημοσιογράφους.

αυτά είναι δικά τους προβλήματα, λόγω της απειρίας τους, και όχι των έμπειρων ερευνητών.

- Κατά την ενασχόληση με Κοινωνικο-επιστημονικά ζητήματα, με τη χρήση κατάλληλων ερωτήσεων από τον εκπαιδευτικό, οι μαθητές μπορούν να καταλάβουν την εμπειρική βάση της γνώσης, τη διαφορά παρατήρησης – συμπεράσματος, την αβεβαιότητα της γνώσης, την υποκειμενικότητα, και την κοινωνικο-πολιτισμική ενσωμάτωση των Φ.Ε. (πολιτικο-οικονομικά συμφέροντα, το ρόλο της χρηματοδότησης). Πολύ δύσκολα μπορούν να φτάσουν στη διαφορά Θεωρίας – Νόμου καθώς και σε αλλαγές της επιστημονικής γνώσης σε επίπεδο παραδείγματος (κατά Kuhn). Πρόβλημα αποτελεί και το γεγονός ότι οι μαθητές μπορούν να καταλήγουν σε συμπεράσματα οδηγούμενοι περισσότερο (από ότι οι επιστήμονες) από συναισθηματικά κριτήρια ή ακόμη και από ήδη σχηματισμένες πεποιθήσεις.

Σχετικά με το ποια προσέγγιση είναι περισσότερο αποδοτική για διδασκαλία της φύσης των Φ.Ε. εντός γνωστικού πλαισίου, ο Clough (2017) θεωρεί τα αποσπάσματα από την Ιστορία των Φ.Ε. και τη συζήτηση σε σύγχρονα κοινωνικο-επιστημονικά ζητήματα. Αντίθετα, θεωρεί ότι η επιστημονική διερεύνηση προσφέρεται μόνο για σύντομες αναφορές και όχι για υψηλού επιπέδου διδασκαλία της φύσης των Φ.Ε. εντός γνωστικού πλαισίου. Ο λόγος είναι ότι στα σχολικά εργαστήρια Φ.Ε. οι μαθητές περιορίζονται να ακολουθούν μια σειρά από οδηγίες, σαν συνταγές μαγειρικής, δίνοντας την εντύπωση ότι η επιστημονική γνώση είναι απαραίτητα αντικειμενική, ακολουθώντας αυστηρά καθορισμένα βήματα, χωρίς περιθώρια για δημιουργικότητα. Βέβαια, προσθέτει ότι οι καλά οργανωμένες δραστηριότητες επιστημονικής διερεύνησης μπορούν να αναδείξουν με σαφήνεια τα χαρακτηριστικά της φύσης των Φ.Ε.. Σε όλες τις περιπτώσεις, η διδασκαλία ακολουθείται από ερωτήσεις που καθοδηγούν τη σκέψη των μαθητών (scaffolding questions) προς την επιθυμητή κατεύθυνση (2004). Ως θεωρητική βάση χρησιμοποιεί το πλαίσιο της εννοιολογικής αλλαγής των απόψεων των μαθητών (2006), προτείνοντας ότι η διδασκαλία της φύσης των Φ.Ε. μπορεί να είναι πιο αποτελεσματική με υποστηριζόμενες εμπειρίες στην τάξη (scaffolding classroom experiences), και οι μαθητές να την κατανοήσουν ως σύνολο.

Ως συμπέρασμα, αναφέρουμε ότι ο εκπαιδευτικός, ιδανικά θα μπορούσε να χρησιμοποιήσει εναλλακτικά και τις τρεις προσεγγίσεις, προκειμένου να τονίσει τα χαρακτηριστικά της φύσης των Φ.Ε. σε διαφορετικά κεφάλαια της ύλης και να αναδείξει την ολότητα του οικοδομήματος των Φ.Ε.. Βέβαια ένα σημαντικό ζήτημα είναι η απαραίτητη προετοιμασία των εκπαιδευτικών και για τις τρεις προσεγγίσεις. Πάντως το μεγαλύτερο μειονέκτημα και για τις τρεις προσεγγίσεις, δεν αφορά στην ίδια την προσέγγιση αλλά τον τρόπο εφαρμογής της δηλ. να γίνει σωστά, με σαφή και αναστοχαστικό τρόπο, ώστε οι μαθητές να εμπεδώσουν αυτά που τους παρουσιάζονται και να κατανοήσουν τα χαρακτηριστικά της φύσης των Φ.Ε..

Στον Πίνακα 4.1 δίνεται με χρωματικό κώδικα το πόσο κατάλληλη είναι κάθε μια από τις τρεις προσεγγίσεις για τη διδασκαλία κάθε χαρακτηριστικού της φύσης της γνώσης των Φ.Ε.. Το πράσινο υπόβαθρο για κάποιο χαρακτηριστικό σημαίνει ότι το χαρακτηριστικό αυτό διδάσκεται εύκολα με τη συγκεκριμένη προσέγγιση, το κίτρινο δείχνει ότι η διδασκαλία του χαρακτηριστικού με τη συγκεκριμένη προσέγγιση έχει ιδιαίτερες απαιτήσεις και το κόκκινο ότι το αντίστοιχο χαρακτηριστικό διδάσκεται πολύ δύσκολα (ή είναι και αδύνατο να διδαχθεί) με τη συγκεκριμένη προσέγγιση.

	Ιστορία των Φ.Ε.	Επιστημονική Διερεύνηση	Κοινωνικο-επιστημονικά ζητήματα
X1. Εμπειρικό	Αναδεικνύεται από τις ιστορικές διηγήσεις (έμφυτη της προσέγγισης)	Αναδεικνύεται από τις παρατηρήσεις των μαθητών (έμφυτη της προσέγγισης)	Αναδεικνύεται από τα γεγονότα (έμφυτη της προσέγγισης)
X2. Συμπερασματικό (Διαφορά παρατηρήσεων – συμπερασμάτων)	Αναδεικνύεται από τις ιστορικές διηγήσεις (έμφυτη της προσέγγισης)	Αναδεικνύεται από τις παρατηρήσεις των μαθητών (έμφυτη της προσέγγισης)	Αναδεικνύεται από τα γεγονότα (έμφυτη της προσέγγισης)
X3. Δημιουργικό	Αναδεικνύεται με τα κρίσιμα πειράματα και τις εναλλακτικές ιδέες που οδήγησαν στην αλλαγή παραδείγματος	Αναδεικνύεται με τις ανοιχτές διερευνήσεις που οι μαθητές καλούνται να βρουν οι ίδιοι απαντήσεις σχεδιάζοντας έρευνες	Η ανάδειξη του χαρακτηριστικού είναι δύσκολη γιατί συνήθως το γνωστικό περιεχόμενο ξεφεύγει από τις σχολικές γνώσεις
X4. Υποκειμενικό	Αναδεικνύεται από τις εναλλακτικές ιδέες επιστημόνων που τελικά καθιερώθηκαν	Η ανάδειξη του χαρακτηριστικού είναι δύσκολη με τις συνηθισμένες διερευνήσεις	Αναδεικνύεται με τις εναλλακτικές απόψεις των επιστημόνων
X5. Αβέβαιο	Αναδεικνύεται με την αλλαγή παραδείγματος	Δεν προσφέρεται για την ανάδειξη του χαρακτηριστικού	Η ανάδειξή του είναι δύσκολη, γιατί ενώ εμφανίζονται οι εναλλακτικές απόψεις, δεν μπορεί να επιτευχθεί αναδειχθεί η αλλαγή παραδείγματος
X6. Πολιτισμική αλληλεπίδραση	Αναδεικνύονται οι συνθήκες μιας εποχής του παρελθόντος	Δεν προσφέρεται για την ανάδειξη του χαρακτηριστικού	Αναδεικνύονται οι σύγχρονες συνθήκες

X7. Διαφορά Θεωρίας – Νόμου	Αναδεικνύεται με σαφήνεια: οι νόμοι και η θεωρία μπορεί να μην εμφανιστούν ταυτόχρονα	Η ανάδειξη του χαρακτηριστικού είναι δύσκολη με τις συνηθισμένες διερευνήσεις	Δεν προσφέρεται για την ανάδειξη του χαρακτηριστικού
------------------------------------	---	---	--

Πίνακας 4.1: Πόσο κατάλληλη είναι κάθε προσέγγιση για τη διδασκαλία των χαρακτηριστικών της φύσης της γνώσης των Φ.Ε.

4.4 Η έρευνα για τη φύση των Φυσικών Επιστημών στην Ελλάδα

Στη συνέχεια περιγράφονται ελληνικές δημοσιεύσεις που βρήκαμε στην ελληνική και διεθνή βιβλιογραφία και έχουν τη φύση των Φ.Ε. (με τον ευρύτερο όρο) ως κέντρο του ενδιαφέροντός τους (δηλαδή δεν χρησιμοποιείται μεταξύ άλλων θεμάτων). Αναφέρονται μόνο εργασίες που σχετίζονται με την εκπαίδευση και όχι αυτές με καθαρά φιλοσοφικό υπόβαθρο, μιας και τα ενδιαφέροντά μας εστιάζονται σε αυτήν.

Σημαντικό έργο στον τομέα έχουν οι Πλακίτση και Πήλιουρας (ενδεικτικά Piliouras, Plakitsi & Nasis, 2015; Piliouras et al, 2018), έχοντας ξεκινήσει νωρίτερα με τον Κόκκοτα, π.χ. Kokotas et al, (2008) ή τα Ευρωπαϊκά Προγράμματα “STeT” και “The MAP prOject” (Κόκκοτας & Πήλιουρας, 2008). Η Σέρογου, σε συνεργασία με τον Aduriz-Bravo έχουν σχεδιάσει το μοντέλο GNOSIS (Seroglou & Aduriz-Bravo, 2007), μελετώντας τη γνωστική, μεταγνωστική και συναισθηματική διάσταση των Φ.Ε..

Από τις πρώτες αναφορές στη «φύση της Επιστήμης» στην Ελλάδα για τους μαθητές είναι η ημερίδα που διοργανώθηκε το 2008 στα Εκπαιδευτήρια Κωστέα Γείτονα με διοργανωτές τους Καμπουράκη, Κουλαϊδή και Αποστόλου, της οποίας τα πρακτικά βρίσκονται διαθέσιμα στο διαδίκτυο²³. Το βιβλίο περιέχει μεταφρασμένα άρθρα ξένων, αλλά και κείμενα Ελλήνων ερευνητών σχετικά με τη διδασκαλία της.

Ερευνητικά, ο Καμπουράκης έχει σημαντικό έργο πάνω στη φύση των Φ.Ε. (ενδεικτικά Kampourakis, 2016; McComas & Kampourakis, 2015), αλλά πλέον δεν εργάζεται στην Ελλάδα (με την έννοια ότι δεν έχει άμεση επιρροή στην ελληνική εκπαιδευτική κοινότητα). Δημοσιεύσεις έχουν οι Σχίζας, Ψύλλος και Στάμου (Schizas et al, 2016), ενώ οι Παρασκευοπούλου και Κολιόπουλος προτείνουν τη διδασκαλία της φύσης των Φ.Ε. μέσω της ιστορικής διαμάχης των Millikan-Ehrenhaft για το ηλεκτρόνιο (Paraskevopoulou & Koliopoulos, 2011). Ένα άρθρο για την αξία της διδασκαλίας της φύσης των Φ.Ε. έχει γράψει ο Κανδεράκης (2015), ενώ από την Κύπρο, οι Παπαδούρης και Κωνσταντίνου (2014) μελετούν τη διδασκαλία χαρακτηριστικών της φύσης των Φ.Ε. στο κεφάλαιο της ενέργειας. Μια ενδιαφέρουσα εφαρμογή για διδασκαλία της φύσης των Φ.Ε. με τη βοήθεια των Μυστηριωδών Κουτιών παρουσιάζει η Σπανέλλη²⁴ (2014), ενώ οι Στεφανίδου και Σκορδούλης (Stefanidou & Skordoulis, 2017) επιλέγουν την Ιστορία των Φ.Ε. για την κατανόηση των μοντέλων, των νόμων και των θεωριών από φοιτητές του Παιδαγωγικού Τμήματος. Επίσης, οι ίδιοι μελετάνε τις απόψεις των φοιτητών για τη φύση των Φ.Ε. και την

²³ <https://www.geitonas.edu.gr/uploads/2/7/2/9/27298113/nosbook.pdf>

²⁴ <http://efepereth.wikidot.com/mystery-boxes>

εκπαιδευτική πρακτική (Stefanidou et al, 2018; Stefanidou, Psoma & Skordoulis, 2020). Πρόσφατα, οι Κόλλας και Χαλκιά (2020) εκπαιδεύουν εκπαιδευτικούς Φ.Ε. προκειμένου να διδάξουν αποτελεσματικά σε Σχολεία Δεύτερης Ευκαιρίας, και διαπιστώνουν ότι υπάρχει ελλιπής γνώση στα χαρακτηριστικά της φύσης των Φ.Ε., ώστε οι εκπαιδευτικοί χρειάζονται περαιτέρω επιμόρφωση. Αντίστοιχα, οι Κιουρή και Σκουμιός (2017) αναλύουν το περιεχόμενο των σχολικών βιβλίων Φυσικής του Λυκείου ως προς τα χαρακτηριστικά του επιστημονικού αλφαριθμητισμού όπως τα ορίζει ο ΟΟΣΑ στην αξιολόγηση PISA 2015. Καταλήγουν ότι το περιεχόμενο στην επιστημολογική γνώση, δηλαδή τη φύση των Φ.Ε. είναι περιορισμένο, το οποίο προτείνουν να ληφθεί υπόψη προς τους σχεδιαστές εκπαιδευτικής πολιτικής.

Από την αναζήτηση στο didaktorika.gr που είναι ο επίσημος ιστότοπος του Ε.Κ.Τ. (Εθνικό Κέντρο Τεκμηρίωσης) με το Εθνικό Αρχείο Διδακτορικών Διατριβών, υπάρχουν δύο διατριβές με τη φράση «φύση των Φ.Ε.» στον τίτλο τους και αφορούν στην εκπαίδευση στις Φ.Ε.: της Στεφανίδου (2013) και της Τσαρτσιώτου (2015). Ο τίτλος της διατριβής της Στεφανίδου είναι «Ο ρόλος της ιστορίας και φιλοσοφίας των φυσικών επιστημών στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών: διαδικασίες διδασκαλίας και μάθησης της φύσης της επιστήμης: νόμοι – μοντέλα – θεωρίες – μέσα από την ιστορία του ηλεκτρισμού», όπου αναφέρεται στη διδασκαλία της φύσης της επιστήμης με σαφή τρόπο. Ο τίτλος της διατριβής της Τσαρτσιώτου είναι «Η αντιπαράθεση επιχειρημάτων στη διδασκαλία της φύσης των φυσικών επιστημών». Σχετικά με την πρώτη διατριβή, ο τίτλος είναι σαφής ως προς την επικέντρωσή της στη φύση των Φ.Ε., η δεύτερη μελετά πώς η αντιπαράθεση επιχειρημάτων μπορεί να συμβάλει στη διδασκαλία των Φ.Ε. και ειδικότερα στη διδασκαλία της φύσης των Φ.Ε.. Στο ίδιο θέμα, ο Σκουμιός (2016) αναλύει πώς η αξιολόγηση των αποδεικτικών στοιχείων από τους μαθητές μπορεί να τους οδηγήσει να αντιληφθούν καλύτερα στο πώς λειτουργεί η επιστήμη, χρησιμοποιώντας επιστημονικές αρχές στο λόγο τους.

Τέλος, στο διαδίκτυο βρέθηκαν μεμονωμένες παρουσιάσεις για τη φύση των Φ.Ε. που αποτελούν μέρη μαθημάτων παιδαγωγικών τμημάτων (προσχολικής ή δημοτικής) από την πλειονότητα των παιδαγωγικών τμημάτων της χώρας. Επίσης, σε προσωπικά ιστολόγια εκπαιδευτικών αναφέρονται μεμονωμένες δραστηριότητες των εκπαιδευτικών²⁵.

Από τα παραπάνω προκύπτει ότι ακαδημαϊκά η έννοια της φύσης των Φ.Ε. δεν είναι άγνωστη και σχεδόν όλοι οι φοιτητές των Παιδαγωγικών Τμημάτων θα ακούσουν τον όρο κατά τη διάρκεια των σπουδών τους στις Φ.Ε.. Από την άλλη, δεν είναι διαδεδομένη, καθώς πολύ λίγες διατριβές έχουν διεξαχθεί σε αυτή ως κύριο θέμα (δεν είναι δυνατόν να ελεγχθεί πόσες άλλες περιλαμβάνουν κεφάλαια της φύσης των Φ.Ε. με οποιονδήποτε τρόπο). Επιπλέον, όλη η έρευνα είναι πρόσφατη, επομένως οι ενεργειακή εκπαιδευτικοί έχουν τη δυνατότητα να ενημερωθούν για την ενσωμάτωση της φύσης των Φ.Ε. στη διδασκαλία σε συνέδρια, ημερίδες ή επιμορφώσεις, ανάγκη την οποία εκφράζει και η Πλακίτση (2008).

25

π.χ.

<https://didascience.wordpress.com/2015/08/13/%CE%B4%CE%B9%CE%B4%CE%B1%CE%BA%CF%84%CE%B9%CE%BA%CE%BF-%CF%83%CE%B5%CE%BD%CE%B1%CF%81%CE%B9%CE%BF-%CE%B7-%CF%86%CF%85%CF%83%CE%B7-%CF%84%CE%B7%CF%83-%CE%B5%CF%80%CE%B9%CF%83%CF%84%CE%B7%CE%BC%CE%B7/>

4.5 Τι υιοθετείται στην παρούσα διατριβή και γιατί.

Στην παράγραφο αυτή παρουσιάζεται επιγραμματικά τι υιοθετήθηκε από την ανασκόπηση της βιβλιογραφίας στην παρούσα διατριβή. Αναλυτικότερη παρουσίαση, συνδυαζόμενη και από αυτά που παρουσιάζονται και στα κεφάλαια 2, 3 και 6, γίνεται στο κεφάλαιο 7. Ο λόγος που αναφέρονται, εν συντομία, εδώ είναι ότι στο 6^ο Κεφάλαιο, στο οποίο παρουσιάζονται τα αποτελέσματα ερευνάς μας για το βαθμό συμπερίληψης της διδασκαλίας της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. στην Ελληνική Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση, ήδη χρησιμοποιούνται.

Έτσι αποφασίσαμε:

- i. Να γίνει επιμόρφωση των εκπαιδευτικών, απλωμένη στον χρόνο, στην οποία να λαμβάνονται υπόψη οι προβληματισμοί, οι ανάγκες και οι προτάσεις των εκπαιδευόμενων
- ii. Το πρόγραμμα θα περιλαμβάνει την επιμόρφωση των εκπαιδευτικών στο να διδάξουν με σαφή και αναστοχαστικό τρόπο, εντός πλαισίου και με τις τρεις προσεγγίσεις δηλ. με τη χρήση: α) της Ιστορίας των Φ.Ε., β) της επιστημονικής διερεύνησης και γ) των κοινωνικο-επιστημονικών θεμάτων.

4.6 Ανακεφαλαίωση

Στο Κεφάλαιο αυτό αρχικά παρουσιάστηκαν οι λόγοι για τους οποίους οι ερευνητές προτείνουν τη διδασκαλία της φύσης των Φ.Ε., και ποια είναι παγκόσμια η κατάσταση σε σχέση με αυτή τη διδασκαλία. Παρουσιάστηκαν συνιστώμενα χαρακτηριστικά για μια επιτυχή διδασκαλία όπως και η αναγκαιότητα για επιμόρφωση των εκπαιδευτικών και απαιτούμενα χαρακτηριστικά των επιμορφωτικών προγραμμάτων. Ακολούθησε η παρουσίαση των τριών προσεγγίσεων που έχουν χρησιμοποιηθεί για τη διδασκαλία της φύσης των Φ.Ε., και των πλεονεκτημάτων/μειονεκτημάτων της κάθε μιας προσέγγισης, και το κεφάλαιο έκλεισε με την αναφορά του τι υιοθετήθηκε από τα παραπάνω για τη Διατριβή.

Κεφάλαιο 5ο:
Μεθοδολογία διατριβής

5.1 Εισαγωγή

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζεται το είδος της έρευνας (παράγραφος 5.2), τα εργαλεία που χρησιμοποιούνται σε κάθε στάδιο (παράγραφος 5.3) και η διαδικασία συλλογής και ανάλυσης των δεδομένων (παράγραφος 5.3). Στο τέλος του κεφαλαίου, στον πίνακα 5.1 υπάρχει σύνοψη της δομής της διατριβής.

5.2. Είδος έρευνας

Η έρευνα στο σύνολό της χαρακτηρίζεται ως μια μικτή έρευνα, αρχικά με ποιοτικά στοιχεία και στη συνέχεια σε αρκετά σημεία γίνεται και ποσοτική ανάλυση δεδομένων. Με τη μικτή έρευνα επιχειρείται η γεφύρωση της ποιοτικής με την ποσοτική έρευνα και η καλύτερη αξιοποίηση των πλεονεκτημάτων της κάθε μεθόδου και η αποτελεσματικότερη αντιμετώπιση των αδυναμιών της κάθε μιας. (Levin & Wagner, 2009)

Πιο συγκεκριμένα, πρόκειται για ενσωματωμένη σχεδίαση (embedded design), όπου ο ερευνητής συλλέγει και αναλύει τόσο ποιοτικά όσο και ποσοτικά δεδομένα, μέσα σε μια παραδοσιακή ποιοτική ή ποσοτική σχεδίαση (Kontogiannatou, 2018; Creswell, 2006). Για παράδειγμα, ο ερευνητής μπορεί να θέσει ένα ποσοτικό σκέλος μέσα σε μια ποιοτική σχεδίαση. Το σκέλος αυτό προστίθεται για να ενισχύσει τη συνολική σχεδίαση. Επιπλέον, χρησιμοποιείται η τριγωνοποίηση δεδομένων (data triangulation), καθώς όλα τα ερευνητικά ερωτήματα απαντώνται από περισσότερες της μίας πηγές (Cohen, Manion & Morrison, 2008, σελ. 189-195)

5.3 Εργαλεία έρευνας

Για τη συλλογή δεδομένων ώστε, με την επεξεργασία τους, να απαντηθούν τα ερευνητικά ερωτήματα, έχει χρησιμοποιηθεί ένα πλήθος από εργαλεία, όπως ανασκόπηση της βιβλιογραφίας, ερωτηματολόγια (τόσο διεθνώς ελεγμένα, όπως το VNOS-D+, όσο και δικά μας), ημιδομημένες συνεντεύξεις, βαθμολόγηση βιβλίων με ρουμπρίκα, ανάλυση σχεδίων μαθήματος και παρακολουθήσεις των εκπαιδευτικών στην τάξη, εκ των οποίων τρεις αναλύονται ως μελέτη περίπτωσης. Για την επίτευξη έγκυρων και αξιόπιστων αποτελεσμάτων χρησιμοποιούνται δεδομένα που προκύπτουν από διαφορετικές πηγές.

Πιο συγκεκριμένα για το πρώτο ερευνητικό ερώτημα, δηλαδή για την αποτίμηση της κατάστασης που υπάρχει στην ελληνική δευτεροβάθμια εκπαίδευση, χρησιμοποιήθηκαν ημιδομημένες συνεντεύξεις, με ερωτήσεις που συνέταξε η ερευνήτρια για τα θέματα που ήθελε να ερευνήσει, αλλά και ερωτήματα που θα προέκυπταν στη φυσική ροή της συζήτησης, ανάλογα με τα βιώματα του συνεντευξιαζόμενου (Cohen, Manion & Morrison, 2008, σελ. 454-460) με εκπαιδευτικούς (Παράρτημα Β), Σχολικούς Συμβούλους και μαθητές (Παράρτημα Γ) για την εξαγωγή συμπεράσματος σχετικά με το αν διδάσκεται η φύση της γνώσης των Φ.Ε. (τριγωνοποίηση δεδομένων), και αξιολόγηση των γραπτών ερωτηματολογίων των εκπαιδευτικών και των μαθητών από περισσότερους του ενός ερευνητές (τριγωνοποίηση παρατηρητή). Σχετικά με το αν περιλαμβάνεται στο εκπαιδευτικό υλικό η φύση της γνώσης των Φ.Ε., γίνεται ανάλυση προγραμμάτων σπουδών και ανάλυση – βαθμολόγηση σχολικών βιβλίων με ρουμπρίκα, προσαρμοσμένη από τη δουλειά των Abd-El-Khalick et al (2017) στην πρόταση για τη φύση της γνώσης των

Φ.Ε. που ακολουθούμε. Για τη μελέτη της γνώσης των εκπαιδευτικών και των μαθητών πάνω στα χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. μελετήθηκε το διεθνώς αξιολογημένο και σταθμισμένο ερωτηματολόγιο VNOS-D+ (Lederman et al, 2002). Τέλος, μελετήθηκαν τα Προγράμματα Σπουδών και τα θέματα τελικών εξετάσεων στα μαθήματα Φ.Ε. Γυμνασίων και Λυκείων, αναζητώντας χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. από την προσέγγιση που ακολουθούμε (των Lederman et al, 2014). Παρόλο που η έρευνα στο σύνολό της είναι ποιοτική σε δυο σημεία της, γνώσεις εκπαιδευτικών και μαθητών για τα χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. γίνεται και ποσοτική για να καταγραφεί το ζήτημα με μεγαλύτερη πληρότητα.

Για το δεύτερο ερευνητικό ερώτημα, ιδιαίτερα για να ελεγχθεί α) αν οι εκπαιδευτικοί έμαθαν τα χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε., χρησιμοποιείται το ερωτηματολόγιο VNOS-D+ (Lederman et al, 2002) πριν (βλ. 6^ο Κεφάλαιο) και μετά (βλ. 9^ο Κεφάλαιο) το πέρας των 4 πρώτων συναντήσεων του προγράμματος επιμόρφωσης. Επιπλέον, η γνώση των χαρακτηριστικών κρίνεται από τη διαχείρισή τους στα σχέδια μαθήματος και στις διδασκαλίες στην τάξη. Σχετικά με το β) αν οι εκπαιδευτικοί είναι ικανοί να σχεδιάσουν ένα σχέδιο μαθήματος, γίνεται ανάλυση του σχεδίου μαθήματος που παρέδωσαν (βλ. Κεφάλαιο 9), τις οδηγίες του οποίου συνέταξε η ερευνήτρια (βλ. Παράρτημα Ε). Σχετικά με το αν γ) είναι ικανοί να διδάξουν ένα μάθημα, γίνονται παρακολουθήσεις 9 εκπαιδευτικών στην τάξη, με πρωτόκολλο παρακολούθησης (βλ. Παράρτημα ΙΑ) που συνέταξε η ερευνήτρια, μελετώντας αντίστοιχα πρωτόκολλά (π.χ. Hora & Ferrare, 2013, Smith et al, 2017), εκ των οποίων οι τρεις αναλύονται ως μελέτες περίπτωσης.

Για το τρίτο ερευνητικό ερώτημα, σχετικά με το αν οι επιμορφούμενοι κρίνουν την παρουσίαση και των τριών προσεγγίσεων απαραίτητη καθώς και αν ενέκριναν τη σειρά παρουσίασης και γενικότερα αν βρήκαν το πρόγραμμα επιμόρφωσης ενδιαφέρον και χρήσιμο, χρησιμοποιούνται τα ερωτηματολόγια της 4^{ης} (βλ. Παράρτημα ΣΤ) και 5^{ης} συνάντησης (βλ. Παράρτημα Ζ), τα οποία σχεδίασε η ερευνήτρια (Cohen, Manion & Morrison, 2008, σελ. 414-442) και εγκυροποίησε με τη βοήθεια των υπεύθυνων ΕΚΦΕ και συνεντεύξεις με μορφή ελεύθερης συζήτησης (Cohen, Manion & Morrison, 2008, σελ. 454-460), ενώ σχετικά με το ποιες προσεγγίσεις (HOS, SI, SSI) επιλέγουν για τη διδασκαλία τους οι εκπαιδευτικοί, οι απαντήσεις προέκυψαν από την ανάλυση των σχεδίων μαθήματος, των παρακολουθήσεων στην τάξη, με το πρωτόκολλο παρακολούθησης που σχεδίασε η ερευνήτρια, και τα ερωτηματολόγια της 5^{ης} και της 6^{ης} (βλ. Παράρτημα Η) συνάντησης που συμπλήρωσαν οι εκπαιδευτικοί.

Για το τέταρτο ερευνητικό ερώτημα, την αποτελεσματικότητα της χρήσης της CHAT και του κύκλου επεκτατικής μάθησης ως σχεδιαστική και οργανωτική μέθοδος του προγράμματος επιμόρφωσης, η μελέτη έγινε μέσω της επιτυχίας του προγράμματος. Αυτή φάνηκε από τη συμμετοχή των εκπαιδευτικών (παρατήρηση), τη φόρμα αξιολόγησης στην 4^η συνάντηση, τις απαντήσεις τους στα ερωτηματολόγια της 5^{ης} και 6^{ης} συνάντησης, την ανάλυση των σχεδίων μαθήματος αλλά και τα αποτελέσματα των παρακολουθήσεων.

Το πρόγραμμα επιμόρφωσης των εκπαιδευτικών σχεδιάστηκε και υλοποιήθηκε με τη βοήθεια του μεθοδολογικού πλαισίου της Πολιτισμικής-Ιστορικής θεωρίας της Δραστηριότητας ως ένας κύκλος επεκτατικής μάθησης, το οποίο έχει χρησιμοποιηθεί στη βιβλιογραφία και άλλες φορές για την εκπαίδευση εκπαιδευτικών. Χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα από τη βιβλιογραφική ανασκόπηση και τα

αποτελέσματα της έρευνας στην Ελλάδα. Υπήρχε μια αντιφατική/συγκρουσιακή κατάσταση (πρώτο ερέθισμα) στους εκπαιδευτικούς, η δυσαρέσκειά τους με την υπάρχουσα κατάσταση στη σχολική τάξη (πρωτογενής αντίφαση), και συγχρόνως η ερευνήτρια τους εφοδίασε με ένα, ατελές σε κάποιο βαθμό, εργαλείο, το διαμεσολαβητικό μέσο, το οποίο στόχευε στο να βοηθήσει να ξεπεραστούν οι αντιφάσεις (δεύτερο ερέθισμα). Σημειώνεται ότι στη βιβλιογραφία τονίζεται ότι το εργαλείο δεν δίνεται στους μετέχοντες στην τελική/έτοιμη μορφή του (Engeström 2001, p.604), μπορεί βεβαίως να έχει ορισμένες δομές για να βοηθήσει τους μετέχοντες να οργανώσουν τη δική τους διαδικασία μάθησης. Έτσι, το εργαλείο μπορεί να είναι μια νέα (ατελής) διδακτική σειρά ή μια παιδαγωγική στρατηγική (Barma, 2015). Το ότι το εργαλείο (διαμεσολαβητικό μέσο) είναι ατελές δεν σημαίνει ότι ο εκπαιδευτικός δεν έχει σχεδιάσει από πριν το μάθημά του (βλέπε κεφάλαιο 3), σημαίνει απλά ότι αυτό θα πάρει την τελική του μορφή με την παρέμβαση των μαθητευόμενων. Έτσι η ερευνήτρια ξεκίνησε με την οργάνωση της επιμόρφωσης των εκπαιδευτικών (π.χ. Νάννη, 2017; Daniels et al, 2004; Jóhannsdóttir, 2014), με στόχους αντίστοιχους με αυτούς ανάλογων επιμορφώσεων από άλλες χώρες. Επειδή όμως η κουλτούρα των εκπαιδευτικών, η δομή και οι στόχοι του προγράμματος σπουδών και των σχολικών εγχειριδίων παρουσιάζουν διαφοροποιήσεις από τα αντίστοιχα άλλων χωρών έμεινε ανοιχτό το θέμα της πλήρους μορφής του προγράμματος, όπως και αποδείχτηκε από την πρόσθεση δυο ακόμα συναντήσεων από τους εκπαιδευτικούς, στις τέσσερις που είχε αρχικά οργανώσει η ερευνήτρια. Εδώ παρουσιάζεται και η σπουδαιότητα της επεκτατικής μάθησης, όπου μέσα από τις αντιφάσεις των εκπαιδευτικών, η ερευνήτρια επίσης επέκτεινε τις γνώσεις της. Οι εκπαιδευτικοί προχώρησαν στη ζώνη επικείμενης ανάπτυξής τους, αποδέχθηκαν προκλήσεις στις οποίες αρχικά θεωρούσαν ότι δεν θα κατάφερναν να ανταπεξέλθουν, ξεπερνώντας τις εντάσεις και τις αντιφάσεις τους. Τα κίνητρά τους βασίστηκαν στην αναζήτηση ευκαιριών να ενισχύσουν τη διδασκαλία τους, ώστε αυτή να εξελιχθεί και να ενεργοποιήσει περισσότερο τους μαθητές τους να συμμετέχουν στο καθημερινό μάθημα. Κοινός στόχος ήταν η διεύρυνση των οριζόντων και των δεξιοτήτων τόσο των εκπαιδευτικών (να σχεδιάσουν και να διδάξουν στους μαθητές τους) όσο και της ερευνήτριας (να αναπροσαρμόσει τους στόχους της μαθαίνοντας από τους εκπαιδευτικούς) και η δημιουργία μιας ισχυρής κοινότητας μάθησης μέσα από διαφορετικά συστήματα δραστηριότητας (εκπαιδευτικών – ερευνητών) που βρίσκονται σε δικτυακές σχέσεις μεταξύ τους και αφορούν στη φύση της γνώσης των Φ.Ε.

5.4 Διαδικασία συλλογής και ανάλυσης των δεδομένων

Σχετικά με το 1^ο ερευνητικό ερώτημα, η συλλογή έγινε σε διαφορετικές χρονικές στιγμές, όπως περιγράφεται αναλυτικά στο Κεφάλαιο 6. Μελετήθηκαν τα προγράμματα σπουδών, όπως και τα σχολικά βιβλία, τα οποία βαθμολογήθηκαν ως προς κάθε χαρακτηριστικό με βάση τη ρουμπρίκα των Abd-El-Khalick et al (2017), προσαρμοσμένη στην πρόταση για τη φύση της γνώσης των Φ.Ε. που ακολουθούμε. Η γνώση των εκπαιδευτικών μελετήθηκε με το ερωτηματολόγιο VNOS-D+ όπου έγινε τριγωνοποίηση ερευνητών (researcher triangulation), και στα αποτελέσματα στατιστική επεξεργασία με το χ^2 . Για λόγους εγκυροποίησης και αξιοπιστίας των αποτελεσμάτων έγιναν συνεντεύξεις με δείγμα 20% των συμμετεχόντων. Οι συνεντεύξεις επεκτάθηκαν στη διδασκαλία της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. και σε

θέματα σχολικής ζωής με ημιδομημένες συνεντεύξεις με τους παραπάνω 10 εκπαιδευτικούς. Στην προσπάθεια επίτευξης πιο αντικειμενικών αποτελεσμάτων για τη γενικότερη εικόνα των εκπαιδευτικών όσον αφορά στη φύση της γνώσης των Φ.Ε., έγιναν ημιδομημένες συνεντεύξεις με 7 Σχολικούς Συμβούλους. Τέλος, το ερωτηματολόγιο VNOS-D+ συμπλήρωσαν 149 απόφοιτοι Λυκείου προκειμένου να μελετηθεί η γνώση τους και έγινε στατιστική επεξεργασία των αποτελεσμάτων με το χ^2 . Επίσης για λόγους εγκυροποίησης και αξιοπιστίας των αποτελεσμάτων έγιναν συνεντεύξεις με το 20% αυτών των μαθητών, με τους οποίους ακολούθησε ημιδομημένη συνέντευξη σε θέματα σχολικής ζωής.

Για το δεύτερο ερευνητικό ερώτημα, σχετικά το αν οι επιμορφούμενοι βρήκαν το πρόγραμμα ενδιαφέρον και χρήσιμο, οι συμμετέχοντες εκπαιδευτικοί συμπλήρωσαν τη φόρμα αξιολόγησης του προγράμματος, την οποία επεξεργαστήκαμε ποσοτικά. Σχετικά με τη βελτίωση της γνώσης των χαρακτηριστικών της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. οι εκπαιδευτικοί συμπλήρωσαν το ερωτηματολόγιο VNOS-D+, το οποίο επεξεργαστήκαμε και στατιστικά με το χ^2 και τα αποτελέσματα συγκρίθηκαν με τα αποτελέσματα του ίδιου ερωτηματολογίου που δόθηκε στην αρχή του προγράμματος επιμόρφωσης. Σχετικά με το αν είναι ικανοί να οργανώσουν ένα μάθημα, αξιολογήθηκαν τα παραδομένα σχέδια μαθήματος. Τα σχέδια μαθήματος παραδόθηκαν την περίοδο Μάιος – Αύγουστος 2018. Σχετικά με την ικανότητα διδασκαλίας των εκπαιδευτικών, έγινε παρακολούθηση 9 εκπαιδευτικών με πρωτόκολλο παρακολούθησης, όπου τα ποιοτικά χαρακτηριστικά της διδασκαλίας ποσοτικοποιούνται, κατά το σχολικό έτος 2018-19. Το πρωτόκολλο μαθήματος συμπληρωνόταν από την ερευνήτρια αμέσως μετά το πέρας της παρακολούθησης. Σε συνδυασμό με τις σημειώσεις πεδίου, έγιναν οι αναλύσεις των παρατηρήσεων. Τρεις περιπτώσεις εκπαιδευτικών παρουσίασαν ιδιαίτερο ενδιαφέρον και αναλύθηκαν ως μελέτες περίπτωσης, ως προς την ταυτότητα του εκπαιδευτικού, την προετοιμασία των μαθημάτων, την παρακολούθηση των μαθημάτων, τον τρόπο διδασκαλίας, την αποδοτική ή μη διδασκαλία των χαρακτηριστικών της φύσης της γνώσης των Φ.Ε., την ανταπόκριση των μαθητών και την επίδραση του προγράμματος στον εκπαιδευτικό.

Για το τρίτο ερευνητικό ερώτημα, σχετικά με τη συμπερίληψη και των τριών προσεγγίσεων στο επιμορφωτικό πρόγραμμα, καθώς και τη σειρά παρουσιάσής τους, χρησιμοποιείται η ερώτηση 7 του ερωτηματολογίου της 4^{ης} συνάντησης (Παράρτημα ΣΤ), χρησιμοποιήθηκαν οι ερωτήσεις Ι και ΙΙ του ερωτηματολογίου της 5^{ης} συνάντησης (Παράρτημα Ζ) και η ερώτηση 2 του ερωτηματολογίου της 6^{ης} συνάντησης (Παράρτημα Η). Για τις διδακτικές προσεγγίσεις που προτιμούν οι εκπαιδευτικοί, μελετήθηκαν τα σχέδια μαθήματος και οι παρακολουθήσεις στην τάξη. Απαντήσεις ως προς αυτό δίνονται και από τα ερωτηματολόγια της 5^{ης} και της 6^{ης} συνάντησης, όπου όμως εκεί τα δεδομένα συλλέγονται κατά δήλωση των εκπαιδευτικών.

Για το τέταρτο ερευνητικό ερώτημα, κάθε στάδιο του κύκλου της επεκτατικής μάθησης ελέγχεται, αντιμετωπίζονται οι αντιφάσεις που εμφανίζονται, και στο τέλος θα κριθεί κατά πόσο η επιλογή αυτού του μεθοδολογικού πλαισίου ήταν επιτυχημένη ή όχι.

Η αξιολόγησή του επιμορφωτικού προγράμματος, πέρα από τη συλλογή δεδομένων με ερωτηματολόγια, περιλαμβάνει εθνογραφική έρευνα με παρακολουθήσεις των εκπαιδευτικών κατά τη διάρκεια του προγράμματος επιμόρφωσης και των παρακολουθήσεων στην τάξη. Σε αυτό το είδος έρευνας ο

ερευνητής καταγράφει το τι παρατηρεί τελικά, διεξάγεται σε φυσικά μέσα, στα μη κατασκευασμένα πλαίσια του πραγματικού κόσμου των υποκειμένων, με όσο το δυνατόν μικρότερη παρέμβαση από την πλευρά του ερευνητή. Λαμβάνονται υπόψη όλοι οι παράγοντες και όχι ένας περιορισμένος αριθμός μεταβλητών, με την έρευνα να είναι «ολιστική», δηλαδή αναζητείται η περιγραφή και η ερμηνεία ενός ολοκληρωμένου παραδείγματος. Σκοπός της έρευνας είναι να δημιουργήσει μια όσο το δυνατόν πιο ζωντανή αναδόμηση των ομάδων που μελετώνται (Cohen, Manion & Morrison, 2008, σελ. 232-235). Σε συνάφεια με τη θεωρία της Δραστηριότητας, η εθνογραφία μας επιτρέπει να ερευνήσουμε το ζήτημα της διδασκαλίας της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. ολιστικά και στο φυσικό της χώρο. Μας παρέχει πλούσια δεδομένα, για βαθιά κατανόηση των αντιφάσεων που εμφανίζονται. Ο ίδιος ο Engeström (2000) σχολιάζει ότι οι ερευνητές είναι σημαντικό να διεξάγουν εθνογραφικές μελέτες, ώστε να κάνουν εμφανείς στους συμμετέχοντες τις αντιφάσεις που εμφανίζονται στον κύκλο της επεκτατικής μάθησης, ένα «συνολικό καθρέφτισμα», όπως το ονομάζει (σελ. 153). Ιδιαίτερα με την παρακολούθηση των τριών εκπαιδευτικών στοχεύουμε στη διερεύνηση του πολιτισμικού φαινομένου της διδασκαλίας (εθνογραφία), ενώ ταυτόχρονα γίνεται προσπάθεια σκιαγράφησης μιας συγκεκριμένης κατάστασης, με συστημική καταγραφή και αυστηρότητα (μελέτη περίπτωσης) (Cohen, Manion & Morrison, 2008, σελ. 311). Η έρευνα δεν είναι απλά ποιοτική, γίνεται επαγωγική προσπαθώντας να αξιοποιήσει τα εμπειρικά δεδομένα που συλλέγονται και να καταλήξει σε συγκεκριμένα συμπεράσματα, με προσέγγιση «από το μερικό προς το γενικό» (bottom-up). Στόχος είναι η κατανόηση της δυναμικής, της ευρωστίας, της συνοχής και της ανθεκτικότητας του συστήματος δραστηριότητας που μελετάται (στην προκειμένη περίπτωση η κοινότητα των εκπαιδευτικών Φ.Ε.), με εστίαση στην ατομική συμπεριφορά, από την οποία θα προκύψει – κατά το δυνατόν – η γενίκευση.

Η δομή της διατριβής μαζί με τη μεθοδολογία που ακολουθείται παρουσιάζεται αναλυτικά στον παρακάτω πίνακα:

Φάσεις διατριβής	Κεφάλαιο	Ερωτήματα	Μέθοδοι – Τρόπος δράσης
Μέρος Α΄ <u>Θεωρητικό πλαίσιο</u> -Φύση των Φ.Ε. -Πολιτισμική - Ιστορική Θεωρία της Δραστηριότητας	Κεφ. 2 Κεφ. 3		
Μέρος Β΄ <u>Η έρευνα</u> # Προσδιορίζοντας την έρευνα: ✓ Βιβλιογραφική ανασκόπηση	Κεφ. 4	-Για ποιο λόγο η διδασκαλία της φύσης των Φ.Ε. θα πρέπει να περιλαμβάνεται στα Προγράμματα Σπουδών; -Ποιες διδακτικές προσεγγίσεις χρησιμοποιούνται παγκόσμια;	Δευτερογενής Έρευνα

		-Ποια είναι η κατάσταση παγκόσμια σε σχέση με την ενσωμάτωση των χαρακτηριστικών της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. στη διδασκαλία;	
✓ Ανάλυση Αναγκών (Need analysis)	Κεφ. 6	-Ποια είναι η κατάσταση στις Φ.Ε. στη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση στην Ελλάδα (γενικά και σχετικά με τη διδασκαλία της φύσης της γνώσης των Φ.Ε.) (1 ^ο Ε.Ε.) -Εξασφάλιση Εγκυρότητας και Αξιοπιστίας στις μεθόδους που χρησιμοποιούνται (τριγωνοποίηση) -Ανάδειξη πολιτισμικών χαρακτηριστικών εκπαιδευτικών ΠΕ.04	Μικτή έρευνα ✓ Μελέτη του Προγράμματος Σπουδών ✓ Μελέτη σχολικών συγγραμμάτων & χρήση ρουμπρίκας ✓ V NOS-D+ ερωτηματολόγια (εκπαιδευτικοί & μαθητές) και στατιστική ανάλυσή τους ✓ Ημι-δομημένες συνεντεύξεις (εκπαιδευτικοί, μαθητές & Σχολικοί Σύμβουλοι) ✓ Θέματα Τελικών Εξετάσεων & έργα σχολικών βιβλίων προς αξιολόγηση μαθητών (δευτερογενής έρευνα)
# Σχεδιασμός της παρέμβασης	Κεφ. 7	-Χρήση της CHAT ως μεθοδολογικού εργαλείου για την οργάνωση του κατάλληλου περιεχομένου, των κανόνων και της σειράς παρουσίασης των προσεγγίσεων και σύνδεση με την ανάλυση αναγκών (4 ^ο Ε.Ε.)	-Σχεδίαση και Εφαρμογή ενός προγράμματος επιμόρφωσης εν-ενεργεία εκπαιδευτικών ΠΕ.04, λαμβάνοντας υπόψη: 1) τη Βιβλιογραφία και 2) τα αποτελέσματα της έρευνας στην Ελλάδα
# Υλοποίηση της Παρέμβασης: το πρόγραμμα επιμόρφωσης εκπαιδευτικών ΠΕ.04	Κεφ. 8	-Υλοποίηση ως ένας κύκλος επεκτατικής μάθησης, (4 ^ο Ε.Ε.) -Χρήση στο πρόγραμμα επιμόρφωσης και των τριών προσεγγίσεων (HOS, SI, SSI). Πώς φαίνεται αυτό στους εκπαιδευτικούς και ποια η γνώμη τους για τη σειρά (3 ^ο Ε.Ε.)	-Σχεδίαση πρωτότυπων δράσεων και προσαρμογή έτοιμων

<p>Μέρος Γ' # Αποτελέσματα</p>	<p>Κεφ. 9</p>	<p>-Αξιολόγηση του προγράμματος επιμόρφωσης (2^ο & 4^ο Ε.Ε.)</p> <p>-Ποια προσέγγιση επιλέγουν οι εκπαιδευτικοί; (3^ο Ε.Ε.)</p>	<p>α) γνώση των εκπαιδευτικών: VNOS-D+ ερωτηματολόγια (pre/post-test) και στατιστική ανάλυσή τους β) Ικανότητα των εκπαιδευτικών να σχεδιάσουν ένα μάθημα: σχέδια μαθήματος γ) Εφαρμογή στην τάξη: παρακολούθησεις 9 εκπαιδευτικών (εθνογραφική μελέτη, 3 μελέτες περίπτωσης, σημειώσεις πεδίου, πρωτόκολλο παρακολούθησης), συνεντεύξεις, ερωτηματολόγια συναντήσεων (από την 5^η και 6^η συνάντηση)</p>
<p># Τελική αξιολόγηση</p>		<p>-Συγκέντρωση και συζήτηση των αποτελεσμάτων των προηγούμενων φάσεων -Περιορισμοί της έρευνας -Προτάσεις για περαιτέρω έρευνα</p>	

Πίνακας 5.1: Η δομή της διατριβής, τα ερευνητικά ερωτήματα και τα αντίστοιχα εργαλεία συλλογής των δεδομένων

5.5 Ανακεφαλαίωση

Στο κεφάλαιο αυτό περιγράφηκε το είδος της έρευνας, τα εργαλεία που χρησιμοποιούνται σε κάθε στάδιο και για κάθε ερευνητικό ερώτημα και ο τρόπος συλλογής και ανάλυσης των δεδομένων. Παρουσιάστηκαν σε πίνακα οι διάφορες φάσεις της διατριβής, πού εμφανίζονται τα ερευνητικά ερωτήματα, και πού χρησιμοποιούνται τα εργαλεία και οι μέθοδοι. Τα εργαλεία της έρευνας περιλαμβάνουν εγκυροποιημένα και αξιολογημένα ερωτηματολόγια, ημιδομημένες συνεντεύξεις, ρουμπρίκα, παρακολούθηση με πρωτόκολλο, ανάλυση σχεδίων μαθήματος. Χρησιμοποιείται εθνογραφική ανάλυση, παρατήρηση, ανάλυση ερωτηματολογίων και συνεντεύξεων και για όλα τα ερευνητικά ερωτήματα γίνεται τριγωνοποίηση δεδομένων. Κεντρικό ρόλο στην οργάνωση και υλοποίηση του προγράμματος επιμόρφωσης είχε η Πολιτισμική-Ιστορική Θεωρία της Δραστηριότητας και πιο συγκεκριμένα ο κύκλος της επεκτατικής μάθησης.

Κεφάλαιο 6ο:

**Η κατάσταση στην Ελληνική Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση
ως προς τη διδασκαλία της φύσης της γνώσης των Φυσικών
Επιστημών – Τα πολιτισμικά χαρακτηριστικά των
εκπαιδευτικών**

6.1 Εισαγωγή

Στο Κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται τα αποτελέσματα έρευνας μας που έγινε με στόχο την αποτίμηση του βαθμού συμπερίληψης της φύσης της γνώσης των Φ.Ε στις πέντε πρώτες τάξεις της Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης της χώρας μας, στο σύστημα Δραστηριότητας της Εκπαίδευσης (παράγραφος 6.2). Η έρευνά μας αφορά το: α) αν τα προγράμματα Σπουδών ΔΕΠΠΣ²⁶-ΑΠΣ²⁷ προτείνουν τη διδασκαλία χαρακτηριστικών της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. (παράγραφος 6.3.1), β) αν τα σχολικά βιβλία περιλαμβάνουν προς διδασκαλία χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. και έργα για την αξιολόγηση της γνώσης τους (παράγραφος 6.3.2), γ) αν οι εκπαιδευτικοί γνωρίζουν τα χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε και αν τα διδάσκουν (παράγραφος 6.4), δ) αν οι εκπαιδευτικοί αξιολογούν τα χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. (παράγραφος 6.5), ε) τις απόψεις των Σχολικών Συμβούλων για το αν διδάσκονται ή όχι χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. (παράγραφος 6.6), στ) αν οι μαθητές, απόφοιτοι Λυκείου, έχουν διδαχθεί χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. και αν τα γνωρίζουν (παράγραφος 6.7). Παρουσιάζονται ακόμη στοιχεία και για τα πολιτισμικά²⁸ χαρακτηριστικά των εκπαιδευτικών των Φυσικών Επιστημών, τα οποία προκύπτουν από τα δεδομένα της έρευνας αυτής (παράγραφος 6.8). Το κεφάλαιο κλείνει με αναφορά του τι συνεπάγεται από τα αποτελέσματα αυτής της έρευνας για τη Διατριβή (παράγραφος 6.9).

6.2. Η Έρευνά μας στο σύστημα Δραστηριότητας της Εκπαίδευσης

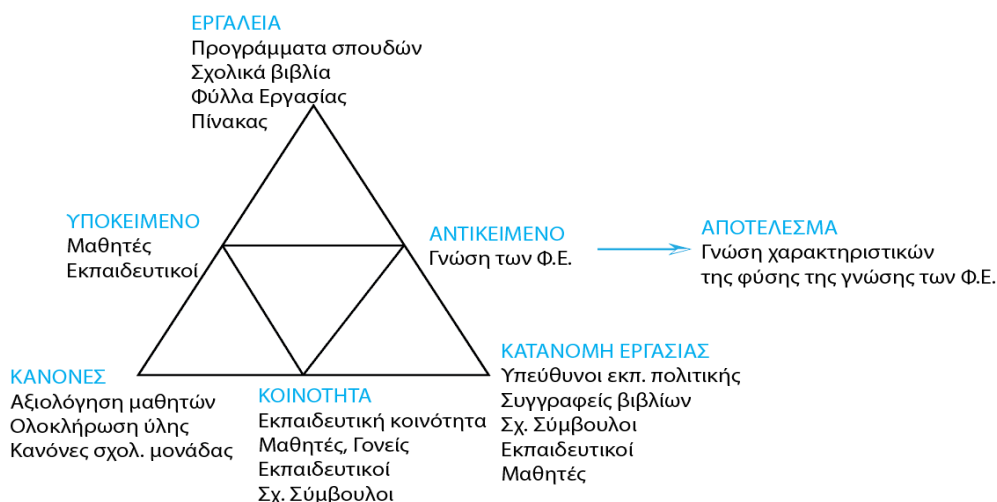
Η πρώτη μορφή της έρευνας ανακοινώθηκε, ως προέρευνα, σε pre-conference Workshop στο ESERA 2017 (Koumara & Plakitsi, 2017a), και στη συνέχεια δημοσιεύτηκε μια πρώτη ολοκληρωμένη μορφή της (Koumara & Plakitsi, 2017b). Εδώ παρουσιάζεται η τελική της μορφή.

Η έρευνά μας συμπεριέλαβε όλους του κόμβους του σχετικού συστήματος δραστηριότητας (βλέπε 2^ο Κεφάλαιο) στην προσπάθειά μας για μια όσο το δυνατόν αντικειμενικότερη αποτύπωση του κατά πόσο διδάσκεται η φύση της γνώσης των Φυσικών Επιστημών στη χώρα μας, Εικόνα 6.1.

²⁶ Διαθεματικό Ενιαίο Πλαίσιο Προγραμμάτων Σπουδών

²⁷ Αναλυτικό Πρόγραμμα Σπουδών

²⁸ Αναφέρονται στο σύνολο των πρακτικών, των γνώσεων, των αξιών, συνηθειών, μορφών συμπεριφοράς που χαρακτηρίζουν ένα δεδομένο κοινωνικό σύνολο, στην περίπτωσή μας των εκπαιδευτικών Φυσικών Επιστημών.

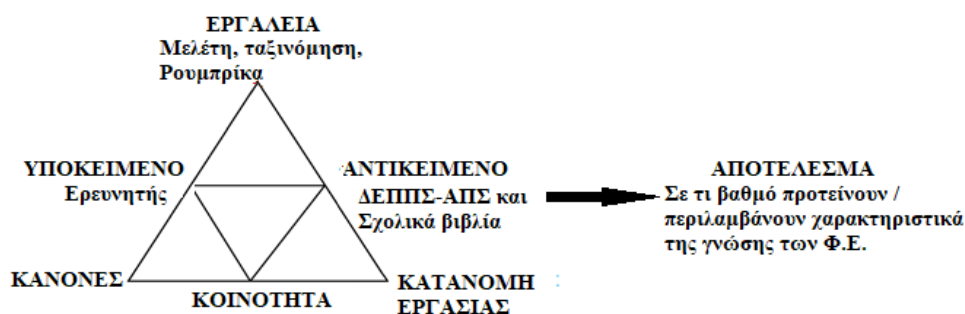


Εικόνα 6.1: Σύστημα δραστηριότητας της εκπαίδευσης στις Φ.Ε. στη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση στην Ελλάδα

Ερευνώνται όλες οι συνιστώσες του εκπαιδευτικού συστήματος που καταγράφονται στην Εικόνα 6.1, εκτός των υπευθύνων εκπαιδευτικής πολιτικής και των συγγραφέων των βιβλίων. Η έρευνα αφορά στα μαθήματα Φ.Ε. από Α΄ Γυμνασίου έως Β΄ Λυκείου Γενικής Παιδείας, του Γενικού Λυκείου (ΓΕΛ). Έτσι ο ερευνητής, Υποκείμενο στο σύστημα δραστηριότητας της ερευνητικής ομάδας, στη συνέχεια για λόγους συντομίας θα αποκαλείται «στο δικό του σύστημα δραστηριότητας», για να ερευνηθεί κάθε μια από τις παραπάνω συνιστώσες, την καθιστά διαδοχικά Αντικείμενο στο δικό του σύστημα δραστηριότητας και με Εργαλεία γραπτά ερωτηματολόγια, συνεντεύξεις, μελέτη και συμπλήρωση ρουμπρίκας καταλήγει σε συμπεράσματα, βλέπε Εικόνα 6.3 (Koumara & Plakitsi, 2019; Koumara & Plakitsi, 2020b)

Έτσι, για παράδειγμα:

1. Για να ελέγξει ο ερευνητής (Υποκείμενο στο δικό του σύστημα δραστηριότητας, βλέπε Εικόνα 3.2) αν **τα προγράμματα Σπουδών ΔΕΠΠΣ-ΑΠΣ** προτείνουν τη διδασκαλία χαρακτηριστικών της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. και αν **τα σχολικά βιβλία** περιλαμβάνουν χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. (Αντικείμενα στο δικό του σύστημα δραστηριότητας) προχώρησε σε: Α) Μελέτη των προγραμμάτων σπουδών, Β1) Μελέτη του προς διδασκαλία περιεχομένου των σχολικών βιβλίων κάθε τάξης και συμπλήρωση ρουμπρίκας και Β2) Μελέτη και ταξινόμηση των έργων προς αξιολόγηση που προτείνονται σε αυτά (Εργαλεία στο δικό του σύστημα δραστηριότητας), βλέπε Εικόνα 6.2.



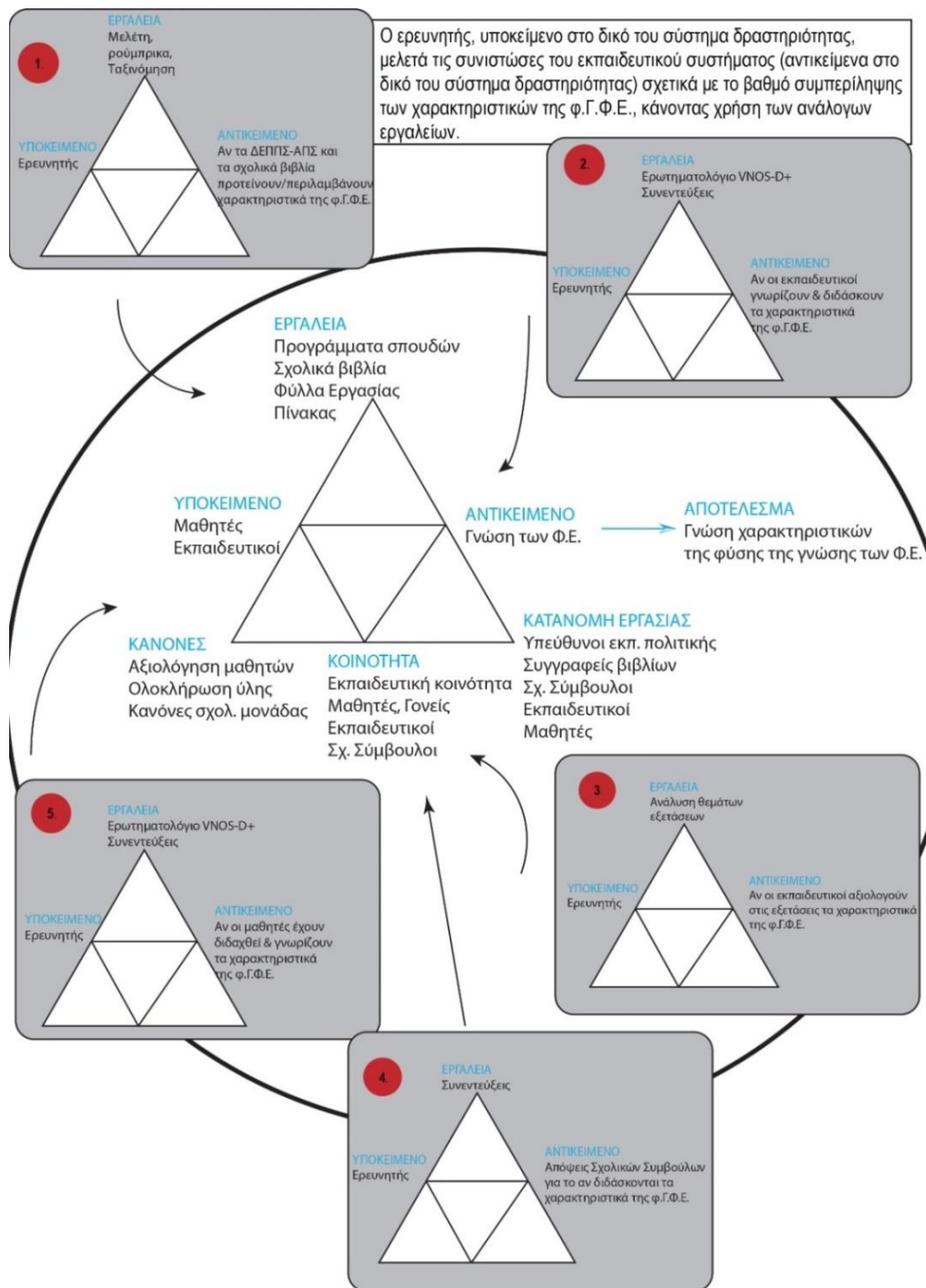
Εικόνα 6.2: Σύστημα δραστηριότητας του ερευνητή

Αντίστοιχα:

2. Η ερευνήτρια (Υποκείμενο στο δικό της σύστημα δραστηριότητας) για να ελέγξει αν **οι εκπαιδευτικοί** γνωρίζουν τα χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε και τα διδάσκουν (Αντικείμενο στο δικό της σύστημα δραστηριότητας): Α) Έδωσε σε 50 εκπαιδευτικούς ΠΕ.04 από το Νομό Θεσσαλονίκης το ερωτηματολόγιο VNOS-D+ προς συμπλήρωση και Β) Πήρε συνεντεύξεις (εργαλεία, όπως και το ερωτηματολόγιο, στο δικό της σύστημα δραστηριότητας) από 10 από αυτούς.
3. Η ερευνήτρια (Υποκείμενο στο δικό της σύστημα δραστηριότητας) για να ελέγξει αν **οι εκπαιδευτικοί αξιολογούν** στις εξετάσεις τα χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. (Αντικείμενο στο δικό της σύστημα δραστηριότητας) προχώρησε σε έρευνα ανάλυσης των θεμάτων προαγωγικών και απολυτήριων εξετάσεων (Εργαλεία στο δικό της σύστημα δραστηριότητας).
4. Η ερευνήτρια (Υποκείμενο στο δικό της σύστημα δραστηριότητας) συνέλεξε τις **απόψεις των Σχολικών Συμβούλων** για το αν διδάσκονται ή όχι χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. (Αντικείμενο στο δικό της σύστημα δραστηριότητας) μέσω συνεντεύξεων (Εργαλεία στο δικό της σύστημα δραστηριότητας) με 7 Σχολικούς Συμβούλους (οι σημερινοί Συντονιστές Εκπαιδευτικού Έργου) από όλες τις περιφέρειες της χώρας.
5. Η ερευνήτρια (Υποκείμενο στο δικό της σύστημα δραστηριότητας) για να ελέγξει αν **οι μαθητές**, απόφοιτοι Λυκείου, έχουν διδαχθεί χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. και αν τα γνωρίζουν (Αντικείμενο στο δικό της σύστημα δραστηριότητας): Α) Έδωσε σε 149 αποφοίτους Λυκείου το ερωτηματολόγιο VNOS-D+ προς συμπλήρωση και Β) Πήρε συνεντεύξεις (εργαλεία, όπως και το ερωτηματολόγιο, στο δικό της σύστημα δραστηριότητας) από 30 από αυτούς.

Εξετάζεται με αυτό τον τρόπο το κατά πόσο διδάσκεται η φύση της γνώσης των Φυσικών Επιστημών στην Ελλάδα από περισσότερες οπτικές γωνίες και η διασταύρωση των δεδομένων που προκύπτουν από τις διαφορετικές πηγές δίνει μεγαλύτερη αξιοπιστία στην απάντηση. Παράλληλα οι συνεντεύξεις με εκπαιδευτικούς (βήμα 2) με Σχολικούς Συμβούλους (βήμα 3) και με μαθητές (βήμα 5) δίνουν άμεσα στοιχεία, ενώ η έρευνα για τα προγράμματα σπουδών (βήμα 1) και τα θέματα αξιολόγησης δίνουν έμμεσα πληροφορίες, για τα πολιτισμικά χαρακτηριστικά των εκπαιδευτικών.

Όλα τα παραπάνω φαίνονται στη Εικόνα 6.3:



Εικόνα 6.3: Η ερευνά μας στο σύστημα δραστηριότητας της Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης.

Σημειώνεται ότι στην Ελλάδα η υποχρεωτική εκπαίδευση ολοκληρώνεται μεν στο Γυμνάσιο, αποφασίστηκε όμως να μελετηθεί και το Λύκειο, διότι οι μαθητές, στη συντριπτική τους πλειοψηφία, συνεχίζουν τις σπουδές τους στο Γενικό Λύκειο (ΓΕΛ).

6.3 Συμπερίληψη χαρακτηριστικών της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. στα προγράμματα Σπουδών ΔΕΠΠΣ-ΑΠΣ και στα σχολικά βιβλία του Γυμνασίου

6.3.1 Προγράμματα Σπουδών Φ.Ε.

Τα Προγράμματα Σπουδών Γυμνασίου και Λυκείου περιγράφονται και αναλύονται σε διαφορετικές ενότητες, διότι από την Πολιτεία γράφτηκαν σε διαφορετικές χρονικές στιγμές ανεξάρτητα μεταξύ τους.

6.3.1.1 Προγράμματα Σπουδών Φ.Ε. Γυμνασίου.

Τα προγράμματα Σπουδών για όλα τα μαθήματα Φυσικών Επιστημών του Γυμνασίου, εκτός του μαθήματος Φυσικής της Α΄ Γυμνασίου, δημοσιεύτηκαν το 2003 στο πλαίσιο γενικότερου προγράμματος που αφορά ολόκληρη την υποχρεωτική εκπαίδευση. Τα προγράμματα αυτά έχουν τη δομή: Γενικό Δ.Ε.Π.Π.Σ.²⁹ → Δ.Ε.Π.Π.Σ. γνωστικής περιοχής → Δ.Ε.Π.Π.Σ. επιμέρους μαθημάτων → Α.Π.Σ.³⁰ επιμέρους μαθημάτων ανά τάξη.

Το γενικό μέρος του Δ.Ε.Π.Π.Σ. Φυσικών Επιστημών θα μπορούσε να χαρακτηριστεί ως το βασικό πλαίσιο αναφοράς για τη σύνταξη των επί μέρους Δ.Ε.Π.Π.Σ. των διαφόρων γνωστικών αντικειμένων (Φυσικής – Χημείας – Βιολογίας) και των συνακόλουθων Α.Π.Σ. (Φυσικής – Χημείας – Βιολογίας). Το Δ.Ε.Π.Π.Σ. κάθε επιμέρους διδακτικού αντικειμένου περιλαμβάνει: α) τους γενικούς σκοπούς της διδασκαλίας του γνωστικού αντικειμένου, β) τους άξονες του γνωστικού περιεχομένου, γ) τους γενικούς γνωστικούς στόχους καθώς και τις αξίες, στάσεις και δεξιότητες που καλλιεργούνται με τη διδασκαλία του συγκεκριμένου γνωστικού αντικειμένου και δ) ενδεικτικές θεμελιώδεις έννοιες διαθεματικής προσέγγισης, οι οποίες διαχέονται στο κείμενο των σχολικών βιβλίων και αποτελούν τη βάση για το σχεδιασμό διαθεματικών δραστηριοτήτων στα αντίστοιχα Α.Π.Σ. Όσον αφορά τα επιμέρους Α.Π.Σ. στα οποία δίνονται συγκεκριμένες κατευθύνσεις για διαθεματικές προσεγγίσεις, έχουν την ακόλουθη δομή: α) Ειδικοί σκοποί και β) Στόχοι τους οποίους διακρίνει σε i) γνωστικούς, ii) συναισθηματικούς και iii) ψυχοκινητικούς (http://www.pi-schools.gr/download/programs/depps/1Geniko_Meros.pdf (σελίδες 7 και 8).

Όλα τα παραπάνω είναι αναρτημένα στο <http://www.pi-schools.gr/programs/depps/>. Άρχισαν να εφαρμόζονται από το σχολικό έτος 2007-08. Το Αναλυτικό Πρόγραμμα Σπουδών για τη Φυσική Α΄ Γυμνασίου δημοσιεύτηκε το 2013, καθώς μέχρι τότε δεν διδασκόταν Φυσική στην Α΄ Γυμνασίου. Εφαρμόστηκε κατά το σχολικό έτος 2013-14 και είναι αναρτημένο στο: <https://edu.klimaka.gr/mathimata/gymnasiou/2145-programma-spoudwn-fysikhhs>.

Επίσης περιλαμβάνεται αυτούσιο στις πρώτες πέντε σελίδες του σχολικού βιβλίου. Από το σχολικό έτος 2013-14 το κάθε μάθημα ανά εβδομάδα διδάσκεται: Η Βιολογία από 1 ώρα σε κάθε τάξη, η Φυσική 1 ώρα στην Α΄ Γυμνασίου και από 2 στις Β΄ και Γ΄ και τέλος η Χημεία από 1 ώρα μόνο στις Β΄ και Γ΄ Γυμνασίου. Μέχρι το σχολικό έτος 2013-14 δεν διδασκόταν Φυσική στην Α΄ Γυμνασίου και η Βιολογία διδασκόταν 2

²⁹ Διαθεματικό Ενιαίο Πλαίσιο Προγραμμάτων Σπουδών

³⁰ Αναλυτικά Προγράμματα Σπουδών

ώρες την εβδομάδα στην Α΄ και 2 ώρες στη Γ΄ Γυμνασίου. Από το σχολικό έτος 2013 (που η Βιολογία διδάσκεται μια ώρα εβδομαδιαία) ένα μέρος του βιβλίου της Α΄ και ένα μέρος του βιβλίου της Γ΄ τάξης διδάσκονται στη Β΄ τάξη. Παρόλες αυτές τις αλλαγές, τα Προγράμματα Σπουδών δεν έχουν αναθεωρηθεί.

Στη συνέχεια παρουσιάζονται τα προγράμματα Δ.Ε.Π.Π.Σ. και Α.Π.Σ. Φυσικών Επιστημών.

6.3.1.1α΄ Δ.Ε.Π.Π.Σ. Φυσικών Επιστημών Γυμνασίου

Δεν αναφέρεται πουθενά η φράση «φύση της γνώσης των Φ.Ε.», ούτε και χαρακτηριστικά της. Ένας από τους 10 σκοπούς για τη διδασκαλία των μαθημάτων Φ.Ε. αναφέρεται «Στην εξοικείωση του μαθητή με τον επιστημονικό τρόπο σκέψης, την επιστημονική μεθοδολογία (παρατήρηση, συγκέντρωση – αξιοποίηση πληροφοριών, διατύπωση υποθέσεων, πειραματικό έλεγχο τους, ανάλυση και ερμηνεία δεδομένων, εξαγωγή συμπερασμάτων, ικανότητα γενίκευσης και κατασκευής προτύπων) ...». Αυτό αφορά βέβαια στη διερεύνηση, υπονοώντας μάλιστα ότι αυτή έχει μια συγκεκριμένη δομή, θα μπορούσε όμως να δώσει την αφορμή σε εκπαιδευτικούς που γνωρίζουν να μιλήσουν τουλάχιστον για το εμπειρικό (X1) και το συμπερασματικό (X2) χαρακτηριστικό της φύσης της γνώσης των Φ.Ε.

6.3.1.1β΄ Βιολογία Γυμνασίου

Δ.Ε.Π.Π.Σ. Βιολογίας

Δεν αναφέρεται πουθενά η φράση «φύση της γνώσης των Φ.Ε.», ή σχετική με αυτή, ούτε και τα χαρακτηριστικά της. Από τους 18 άξονες (από κοινού Δημοτικού και Γυμνασίου), δύο μπορούν να συνδεθούν με το εμπειρικό (X1) και το συμπερασματικό (X2) χαρακτηριστικό, τα οποία δεν αναφέρονται μεν, αλλά περιγράφονται:

- Να παρατηρούν χρησιμοποιώντας τις αισθήσεις τους, να εκτελούν απλά πειράματα ακολουθώντας συγκεκριμένες οδηγίες, να χειρίζονται απλά όργανα και συσκευές, να καταγράφουν τις παρατηρήσεις ή τα αποτελέσματα των πειραμάτων τους και να συμπεραίνουν
- Να παρουσιάζουν πληροφορίες ή παρατηρήσεις και να υποστηρίζουν με σωστό προφορικό ή γραπτό λόγο, σκέψεις, απόψεις ή συμπεράσματα στην τάξη ή σε άλλους χώρους εκτός σχολείου, χρησιμοποιώντας σχέδια, απλούς πίνακες ή απλά ιστογράμματα κτλ.

Αυτά βέβαια είναι στόχοι που συνδέονται με τη διερεύνηση, αλλά αν ο εκπαιδευτικός είναι γνώστης των χαρακτηριστικών της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. θα μπορούσε να συνδέσει τα παραπάνω με το εμπειρικό (X1) και το συμπερασματικό (X2) χαρακτηριστικό καθώς και με το υποκειμενικό/αντικειμενικό (X4) χαρακτηριστικό, δείχνοντας στα παιδιά ότι από τις ίδιες παρατηρήσεις δεν βγάζουν πάντα όλοι τα ίδια συμπεράσματα.

Ένας ακόμη άξονας συνδέεται άμεσα με το χαρακτηριστικό της πολιτισμικής αλληλεπίδρασης (X6):

- Να αναγνωρίζουν τη σημασία των βασικών σταθμών στην εξέλιξη της επιστήμης της Βιολογίας και να τους συσχετίζουν με το κοινωνικό και επιστημονικό πλαίσιο της εποχής τους

Ειδικά για το Γυμνάσιο, βασικός στόχος είναι, πέρα από τις γνώσεις, οι μαθητές να αντιληφθούν τη σπουδαιότητα της Βιολογίας στην ποιότητα ζωής του σύγχρονου

πολίτη. Ο στόχος αυτός όμως δεν περιέχει στοιχεία της φύσης της γνώσης των Φ.Ε., καθώς δεν υπάρχει ούτε καν νύξη ότι και η σύγχρονη κοινωνία μπορεί να επηρεάζει τη γνώση στη Βιολογία.

Στο Δ.Ε.Π.Π.Σ. υπάρχουν επίσης γενικοί άξονες για τα μαθήματα των επιμέρους τάξεων:

Για την Α΄ Γυμνασίου από τους 11 άξονες κανένας δεν μπορεί να συσχετιστεί με τη φύση της γνώσης των Φ.Ε.. Η επίδραση της Βιολογίας στην καθημερινή ζωή δεν αντιστοιχεί στο χαρακτηριστικό της πολιτισμικής αλληλεπίδρασης (X6), γιατί παρουσιάζεται μόνο προς τη μία κατεύθυνση, η επιστήμη επιδρά στη ζωή, και όχι και η επίδραση προς την άλλη κατεύθυνση.

Για τη Γ΄ Γυμνασίου, από τους 19 άξονες κανένας δεν σχετίζεται με τη φύση της γνώσης των Φ.Ε.

Α.Π.Σ. Βιολογίας

Οι ειδικοί σκοποί της διδασκαλίας της Βιολογίας στο Γυμνάσιο είναι: ο μαθητής να αναπτύξει βασικές γνώσεις, απαραίτητες για το σύγχρονο πολίτη, να εξασκηθεί στον επιστημονικό τρόπο σκέψης και να εκτιμήσει τη συνεισφορά της Βιολογίας στην ποιότητα ζωής του κόσμου. Παρόλο που τα παραπάνω σχετίζονται με τον επιστημονικό αλφαριθμητισμό, δεν αναφέρεται ονομαστικά. Δεν αναφέρεται ρητά κάποιο χαρακτηριστικό της φύσης της γνώσης των Φ.Ε., αν και αυτή θεωρείται θεμελιώδης για τον επιστημονικό αλφαριθμητισμό. Θα μπορούσαν οι παραπάνω αναφορές να δώσουν την ευκαιρία στον εκπαιδευτικό που γνωρίζει, να αναφερθεί στη φύση της γνώσης των Φ.Ε..

Α.Π.Σ. Βιολογίας Α΄ Γυμνασίου

Από τους ειδικούς στόχους μπορούν να γίνουν έμμεσες συσχετίσεις με το συμπερασματικό (διαφορά παρατήρησης-συμπεράσματος) χαρακτηριστικό σε 3 από τους 110 στόχους. Από τις ενδεικτικές δραστηριότητες, οι παρακάτω 3 περιλαμβάνουν το εμπειρικό (X1) και το συμπερασματικό (X2) χαρακτηριστικό:

- Παρατήρηση του τρόπου μετακίνησης των οργανισμών στο νερό και στον αέρα
- Προσδιορισμός χρόνου αντίδρασης σε ένα ερέθισμα (εργαστηριακή άσκηση)
- Μελέτη του βαθμού ευαισθησίας του δέρματος σε διαφορετικά σημεία του σώματος (εργαστηριακή άσκηση)

Όμως, πρόκειται για διερευνήσεις, όπου δεν σημαίνει ότι κάνοντας διερεύνηση οι μαθητές θα μάθουν τα χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε.. Τα χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. προκύπτουν από τον τρόπο με τον οποίο αναπτύσσεται η επιστήμη, αλλά αν δεν αναφερθούν ρητά δεν θα γίνουν κατανοητά στους μαθητές.

Από τα προτεινόμενα θέματα συνθετικών εργασιών, κανένα δεν μπορεί να συνδεθεί με τη φύση της γνώσης των Φ.Ε.

Α.Π.Σ. Βιολογίας Γ΄ Γυμνασίου

Κανένας από τους 98 ειδικούς στόχους δεν περιλαμβάνει χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε.. Από τις ενδεικτικές δραστηριότητες δύο θα μπορούσαν να συνδεθούν με το δημιουργικό (X3) χαρακτηριστικό:

- Κατασκευή με χαρτί, πλαστελίνη, ή άλλα μέσα ομοιωμάτων χρωμοσωμάτων. (εργαστηριακή άσκηση)
- Χρησιμοποίηση των ομοιωμάτων των χρωμοσωμάτων για την αναπαράσταση απλοειδών ή διπλοειδών κυττάρων (εργαστηριακή άσκηση)

αν ο εκπαιδευτικός έδινε αυτή τη διάσταση, δηλαδή να ανέφερε στους μαθητές ότι και οι επιστήμονες προχωρούν σε απεικονίσεις των συστημάτων και βοηθούνται έτσι ώστε να αποκτήσουν μια εποπτική εικόνα για αυτά, κ.ο.κ.

Σχετικά με τη διδακτική μεθοδολογία, στη σελ. 23 αναφέρεται ότι ο μαθητής ενθαρρύνεται να αναπτύξει την κριτική του σκέψη, παρατηρώντας, ταξινομώντας και διατυπώνοντας συμπεράσματα. Αυτό θα μπορούσε να υλοποιηθεί είτε με σύντομες καθοδηγούμενες διερευνήσεις, είτε με εφαρμογή σε ένα αυθεντικό περιβάλλον μάθησης (βλέπε παράγραφο 4.3.2.3) οπότε και θα έδινε την ευκαιρία να συμπεριληφθούν άμεσα τα χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε., αν ο διδάσκων τα γνωρίζει.

6.3.1.1γ' Φυσική – Χημεία Γυμνασίου

Δ.Ε.Π.Π.Σ. Φυσικής – Χημείας Γυμνασίου

Στο Δ.Ε.Π.Π.Σ. Φυσικής – Χημείας Γυμνασίου δεν αναφέρεται καθόλου η φράση «φύση της γνώσης των Φ.Ε.» και χαρακτηριστικά της. Στους γενικούς στόχους, ιδιαίτερα αυτούς που αφορούν στη Χημεία, εντάσσεται το να κατανοήσουν οι μαθητές τη σημασία της επιστήμης της Χημείας στην καθημερινή ζωή. Αυτό δεν σχετίζεται με το πολιτισμικό (Χ6) χαρακτηριστικό γιατί δεν περιλαμβάνει και την επίδραση της κοινωνίας στην επιστήμη.

6.3.1.1δ' Φυσική

Α.Π.Σ. Φυσικής Α' Γυμνασίου

Το μάθημα έχει ως σαφή στόχο να διεξάγουν οι μαθητές καθοδηγούμενες διερευνήσεις. Από τη στιγμή που η διερεύνηση είναι μία από τις πιο συνηθισμένες διδακτικές προσεγγίσεις για τη διδασκαλία της φύσης της γνώσης των Φ.Ε., βλέπε και παράγραφο 4.3.2 θα μπορούσαν να συμπεριληφθούν πολλά στοιχεία της, αλλά το Πρόγραμμα Σπουδών δεν τα προβλέπει. Υπάρχουν σημεία του προγράμματος που θα μπορούσαν να συνδεθούν με το εμπειρικό (Χ1), το συμπερασματικό (Χ2), το δημιουργικό (Χ3) και το υποκειμενικό/αντικειμενικό (Χ4) χαρακτηριστικό, αλλά μόνο για τον εκπαιδευτικό που τα γνωρίζει, και στηριζόμενος σε αυτά προχωρά. Δεν υπάρχει καμία σαφής αναφορά στη φύση της γνώσης των Φ.Ε. ούτε στα χαρακτηριστικά της.

Α.Π.Σ. Φυσικής Β' και Γ' Γυμνασίου

Στους ειδικούς σκοπούς, πέρα από τους γνωστικούς και τις δεξιότητες διερεύνησης, περιλαμβάνονται αυτοί της εκτίμησης της συμβολής της Φυσικής στη βελτίωση της ποιότητας ζωής του ανθρώπου και στην απόκτηση της ικανότητας να επικοινωνεί ο μαθητής ως πολίτης με επιστημονικούς και κοινωνικούς φορείς και να αξιολογεί τις επιστημονικές και τεχνολογικές εφαρμογές. Αυτά περιλαμβάνουν τη γνώση των χαρακτηριστικών της φύσης της γνώσης των Φ.Ε., αλλά δεν δηλώνονται: αν ο εκπαιδευτικός τα γνωρίζει, θα μπορούσε να τα συμπεριλάβει.

Α.Π.Σ. Φυσικής Β' Γυμνασίου

Κανένας ειδικός στόχος δεν σχετίζεται με τη φύση της γνώσης των Φ.Ε.. Ορισμένες από τις ενδεικτικές δραστηριότητες θα μπορούσαν να συνδεθούν με τη φύση της γνώσης των Φ.Ε. από τον εκπαιδευτικό, όπως «οι μαθητές καταγράφουν φαινόμενα που σχετίζονται με τη δράση διάφορων τύπων δυνάμεων (π.χ. κινήσεις ουρανίων σωμάτων, ελεύθερη πτώση, κεραυνός κ.ά.) και αναζητούν πληροφορίες για τον τρόπο που ερμηνεύθηκαν από τον προϊστορικό άνθρωπο ως την σύγχρονη επιστήμη». Το ίδιο για δραστηριότητες διερεύνησης που προτείνονται, όπως ο κολυμβητής του Καρτέσιου. Σχετικά με τις δραστηριότητες διερεύνησης υπενθυμίζεται ότι δεν συμπίπτουν με τη φύση της γνώσης των Φ.Ε. και η εμπλοκή των μαθητών με αυτές δεν σημαίνει απαραίτητα ότι θα αναφερθούν τα χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε., απλά δίνουν στον εκπαιδευτικό την ευκαιρία, αν τις ξέρει και θεωρεί ότι έχουν αξία, να τις διδάξει. Γενικότερου περιεχομένου είναι και τα θέματα που προτείνονται για συνθετικές εργασίες και σε αυτές ο εκπαιδευτικός μπορεί να δώσει την κατεύθυνση που επιθυμεί.

Α.Π.Σ. Φυσικής Γ΄ Γυμνασίου

Κανένας ειδικός στόχος δεν σχετίζεται με τη φύση της γνώσης των Φ.Ε., ούτε κάποια από τις προτεινόμενες δραστηριότητες. Στις διδακτικές μεθοδολογίες που ακολουθούν αναλύεται ο επιθυμητός τρόπος μάθησης των μαθητών (σελ. 16), ο οποίος περιλαμβάνει τη διερεύνηση. Όμως, η συμμετοχή των μαθητών σε διαδικασίες διερεύνησης δεν σημαίνει απαραίτητα ότι γίνεται αναφορά χαρακτηριστικών της φύσης της γνώσης των Φ.Ε.. Αν ο εκπαιδευτικός είναι γνώστης αυτών, μπορεί να τα εντάξει στο μάθημά του.

6.3.1.1ε΄ Χημεία

Α.Π.Σ. Χημείας

Στους ειδικούς σκοπούς του Α.Π.Σ., περιλαμβάνεται η ανάπτυξη δεξιοτήτων διερεύνησης, τα οποία θα μπορούσαν να συνδυαστούν με χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε., μόνο αν ο εκπαιδευτικός τα γνωρίζει και βρει την ευκαιρία να τα διδάξει. Δίνεται προσανατολισμός σύνδεσης της Χημείας με την καθημερινό κόσμο, ώστε οι μαθητές να συνειδητοποιήσουν τη σπουδαιότητα της Χημείας στη ζωή τους, το θέμα όμως είναι ότι η σύνδεση της Χημείας με την καθημερινή ζωή δεν είναι το πολιτισμικό (Χ6) χαρακτηριστικό, γιατί δεν περιλαμβάνει και την επίδραση της Κοινωνίας στη Χημεία.

Α.Π.Σ. Χημείας Β΄ Γυμνασίου

Από τους 90 ειδικούς στόχους, σε 9 γίνεται έμμεση σύνδεση, με την έννοια ότι κάποιος που γνωρίζει μπορεί να το συνδέσει, με χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε.: 2 στόχοι συνδέονται με το εμπειρικό (Χ1) και το συμπερασματικό (Χ2) χαρακτηριστικό, 4 μόνο με το συμπερασματικό (Χ2), 2 με το δημιουργικό (Χ3) και 1 με το αβέβαιο (Χ5). Από τις προτεινόμενες δραστηριότητες, 2 μπορούν να συνδεθούν με το εμπειρικό (Χ1) και το συμπερασματικό (Χ2) χαρακτηριστικό (πειράματα που αποδεικνύουν την ύπαρξη του ατμοσφαιρικού αέρα και την ύπαρξη υδρατμών, οξυγόνου και διοξειδίου του άνθρακα σε αυτόν με καταγραφή παρατηρήσεων – εξαγόμενων συμπερασμάτων και τον τονισμό της μεταξύ τους διαφοράς) καθώς και 3

από τα 7 προτεινόμενα θέματα για συνθετικές εργασίες (ιστορική ανασκόπηση της δομής της ύλης, έννοια των συμβόλων στη Χημεία και Τρύπα του Όζοντος).

Α.Π.Σ. Χημείας Γ΄ Γυμνασίου

Κανένας από τους 76 ειδικούς στόχους δεν μπορεί να σχετιστεί με τη φύση της γνώσης των Φ.Ε.. Ομοίως, καμία ενδεικτική δραστηριότητα δεν μπορεί να σχετιστεί με τη φύση της γνώσης των Φ.Ε., ενώ από τα προτεινόμενα θέματα συνθετικών εργασιών μόνο 2 (με θέματα το πετρέλαιο και την όξινη βροχή) από τα συνολικά 11 θα μπορούσαν, ανάλογα με τον προσανατολισμό και τις οδηγίες που θα έδινε ο εκπαιδευτικός, να περιέχουν χαρακτηριστικά της γνώσης των Φ.Ε.. Το Πρόγραμμα περιλαμβάνει (όπως και το αντίστοιχο της Β΄ Γυμνασίου) την ανάπτυξη δεξιοτήτων διερεύνησης, που επίσης θα μπορούσαν να δώσουν την ευκαιρία για τη διδασκαλία χαρακτηριστικών της φύσης της γνώσης των Φ.Ε., αλλά μόνο εφόσον ο εκπαιδευτικός τα γνωρίζει και θέλει να δώσει ανάλογο προσανατολισμό. Περιλαμβάνει επίσης την ανάδειξη της σπουδαιότητας της Χημείας στην ποιότητα ζωής του σύγχρονου ανθρώπου αλλά όχι και την επίδραση της κοινωνίας στην εξέλιξη της Χημείας.

6.3.1.1στ΄ Γενικά συμπεράσματα για τα Προγράμματα Σπουδών Γυμνασίου

Ως γενικό συμπέρασμα, προκύπτει ότι τα Δ.Ε.Π.Π.Σ. και οι γενικοί σκοποί του Α.Π.Σ. περιγράφουν τον επιστημονικό αλφαριθμητισμό, χωρίς να τον κατονομάζουν και χωρίς να περιλαμβάνουν κανένα χαρακτηριστικό της φύσης της γνώσης των Φ.Ε.. Τα Α.Π.Σ. περιλαμβάνουν στόχους γνωστικούς και ανάπτυξης δεξιοτήτων διερεύνησης. Η φύση της γνώσης των Φ.Ε. δεν αναφέρεται πουθενά με ρητό τρόπο. Για τη διδασκαλία, ο εκπαιδευτικός αν τα γνωρίζει και αν επιθυμεί να τα ενσωματώσει στο μάθημα μπορεί απλά να το κάνει με αφορμή όσα γράφονται στο βιβλίο.

6.3.1.2 Προγράμματα Σπουδών Α΄ και Β΄ τάξεων Λυκείου.

Το Πρόγραμμα, στο οποίο στηρίζονται τα βιβλία που δίνονται στους μαθητές, δημοσιεύτηκε το 1999, για τη Βιολογία στο ΦΕΚ 366/Β/13-04-1999 (http://pi-schools.gr/progr_spoudon_1899_1999/1999_366.pdf), για τη Φυσική στο ΦΕΚ 402/Β/19-04-199 (http://pi-schools.gr/progr_spoudon_1899_1999/1999_402.pdf), και για τη Χημεία στο ΦΕΚ 343/Β/13-04-1999 (http://pi-schools.gr/progr_spoudon_1899_1999/1999_343.pdf).

Τα τελευταία χρόνια έχουν γίνει πολλές αλλαγές στο Πρόγραμμα Σπουδών του Λυκείου, που κυρίως αφορούν αφαίρεση κεφαλαίων και ανακατατάξεις στην ύλη δηλ. κεφάλαια αρχικά προοριζόμενα για μια τάξη μεταφέρονται και διδάσκονται σε άλλη. Έχουν έτσι δημοσιευτεί νέα προγράμματα σπουδών, με αυτές τις τροποποιήσεις, αλλά δεν γράφτηκαν καινούργια βιβλία. Οι αλλαγές αυτές περιλαμβάνονταν και σε οδηγίες που στέλνονταν στα σχολεία στην αρχή κάθε σχολικής χρονιάς. Τα παραπάνω οδήγησαν ώστε η ανάλυσή μας να αφορά τα αναλυτικά προγράμματα του 1999, με τα οποία γράφτηκαν τα ισχύοντα βιβλία, καθώς και τις οδηγίες που στάλθηκαν στα σχολεία κατά το σχολικό έτος 2018-19.

6.3.1.2α΄ Βιολογία

Βιολογία Α΄ Λυκείου

Το μάθημα αρχικά σχεδιάστηκε για να διδάσκεται στη Β΄ Λυκείου και το 2011 μεταφέρθηκε στην Α΄ Λυκείου με το ΦΕΚ 1002/Β/26-05-2011.

Από τους 13 γενικούς στόχους, 3 συνδέονται με στόχους εκπαίδευσης του πολίτη και θα μπορούσαν να περιέχουν χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε., αλλά δεν το κάνουν. Από τους 27 στόχους, όλοι είναι γνωστικοί ή σύνδεσης της Βιολογίας με την καθημερινή ζωή, το οποίο όμως δεν αποτελεί χαρακτηριστικό της φύσης της γνώσης των Φ.Ε., καθώς δεν μιλάει και για την επίδραση της κοινωνίας στην Επιστήμη. Επίσης, από τις 16 προτεινόμενες δραστηριότητες, καμία δεν συνδέεται άμεσα με τα χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε., αλλά οι μισές περίπου είναι παρατηρήσεις βιολογικών φαινομένων, όπου θα μπορούσαν να ενσωματωθούν αρκετά χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε., εφόσον ο εκπαιδευτικός τα γνωρίζει.

Οι οδηγίες 2018-19 προτείνουν χρήση δραστηριοτήτων από το Φωτόδεντρο, τα οποία είναι απεικονίσεις (animation) ή εφαρμογές (application) των συστημάτων του ανθρώπου και των βιολογικών διεργασιών που μελετώνται, για καλύτερη κατανόηση της λειτουργίας τους, τίποτε όμως σχετικό με τη φύση της γνώσης των Φ.Ε..

6.3.1.2β΄ Φυσική

Από τους 8 σκοπούς ένας (ο 8^{ος}) αναφέρει «την αλληλεπίδραση μεταξύ της εξέλιξης της Φυσικής και των αντίστοιχων κοινωνικο-οικονομικών αλλαγών», το οποίο όπως εκφράζεται είναι σαφής απεικόνιση του χαρακτηριστικού της πολιτισμικής αλληλεπίδρασης (X6) της φύσης της γνώσης των Φ.Ε..

Α.Π.Σ. Φυσικής Α΄ Λυκείου

Από τους 41 στόχους του μαθήματος, κανένας δεν σχετίζεται με τη φύση της γνώσης των Φ.Ε.. Από τις 20 προτεινόμενες δραστηριότητες επίσης καμία δεν περιλαμβάνει χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε., όπως και οι 11 υποχρεωτικές εργαστηριακές ασκήσεις, οι οποίες περιλαμβάνουν είτε επαλήθευση μαθηματικών σχέσεων (τύπων) είτε προσδιορισμό ενός μεγέθους, π.χ. του συντελεστή τριβής ανάμεσα σε δυο επιφάνειες. Δραστηριότητες όπως π.χ. «πού υπάρχει η τριβή στην καθημερινή μας ζωή», αναδεικνύουν τη σπουδαιότητα της Φυσικής στην κοινωνία και όχι το αντίστροφο, οπότε δεν αφορά στο πολιτισμικό (X6) χαρακτηριστικό.

Στις οδηγίες του 2018-19 δίνονται μόνο διευκρινήσεις για το επίπεδο των μαθηματικών ασκήσεων ορισμένων κεφαλαίων και τις προτεινόμενες εργαστηριακές ασκήσεις. Δεν υπάρχει κανένα στοιχείο της φύσης της γνώσης των Φ.Ε..

Α.Π.Σ. Φυσικής Β΄ Λυκείου

Από το σχολικό έτος 2014-15 και εξής η ύλη της Φυσικής Β΄ Λυκείου περιλαμβάνει τα δύο πρώτα κεφάλαια του παλιού βιβλίου Φυσικής Β΄ Λυκείου Γενικής Παιδείας και δύο κεφάλαια της Φυσικής Γ΄ Λυκείου Γενικής Παιδείας. Και τα δύο βιβλία έχουν γραφεί με βάση το Πρόγραμμα Σπουδών του 1999. Το αντίστοιχο μάθημα της Γ΄ Λυκείου καταργήθηκε.

Από το Πρόγραμμα Σπουδών που αντιστοιχούσε στην ύλη της Β΄ Λυκείου, στους 14 στόχους, τις 11 προτεινόμενες δραστηριότητες και τις 3 υποχρεωτικές εργαστηριακές ασκήσεις, δεν υπάρχει κανένα χαρακτηριστικό της φύσης της γνώσης των Φ.Ε.. Αντίστοιχα, στην ύλη που αντιστοιχούσε στο βιβλίο της Γ΄ Λυκείου, στους

12 ειδικούς στόχους, τις 4 προτεινόμενες δραστηριότητες και τις 2 υποχρεωτικές εργαστηριακές ασκήσεις δεν υπάρχει κανένα χαρακτηριστικό της φύσης της γνώσης των Φ.Ε.. Για τις οδηγίες του 2018-19 ισχύουν τα ίδια με την Α΄ Λυκείου.

6.3.1.2γ΄ Χημεία

Στην εισαγωγή του προγράμματος σπουδών υπάρχουν 6 στόχοι για όλο το Λύκειο, οι οποίοι είναι είτε γνωστικοί είτε αφορούν στη χρηστικότητα της Χημείας στην ποιότητα ζωής του σύγχρονου ανθρώπου. Δεν υπάρχει στόχος που να σχετίζεται με τη φύση της γνώσης των Φ.Ε..

Α.Π.Σ. Χημείας Α΄ Λυκείου

Από τους 52 στόχους κανένας δεν συνδέεται με κάποιο χαρακτηριστικό της φύσης της γνώσης των Φ.Ε.. Από τις 8 προτεινόμενες δραστηριότητες, αυτή με θέμα την «Ιστορική διαμόρφωση της δομής του ατόμου και του περιοδικού πίνακα» θα μπορούσε να δώσει την ευκαιρία στον εκπαιδευτικό να το συνδέσει με χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε., αν βέβαια είχε τις γνώσεις και το επιθυμούσε. Επίσης η δραστηριότητα με θέμα «Θετικά και αρνητικά από τη χρήση της πυρηνικής ενέργειας» θα μπορούσε να περιέχει χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε..

Στις οδηγίες 2018-19 αναφέρονται λεπτομέρειες για τη διδασκαλία και προτεινόμενες εργαστηριακές δραστηριότητες. Όπως έχει αναφερθεί στην παράγραφο 4.3.2.1, οι δραστηριότητες διερεύνησης δεν περιλαμβάνουν αυτόματα τα χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε., αλλά εξαρτώνται από το χειρισμό τους από τον εκπαιδευτικό. Μία δραστηριότητα που προτείνεται από το Φωτόδεντρο αναφέρεται στους επιστήμονες που συνέβαλαν στην εξέλιξη της Ατομικής Θεωρίας (Δημόκριτος, Dalton, Rutherford, Bohr, Sommerfeld και Schrodinger) και μία άλλη περιέχει μια διαδραστική χρονολογική διάταξη με τους σημαντικότερους σταθμούς της ιστορίας μελέτης του ατόμου μέχρι το 1916. Η τελευταία εφαρμογή θα μπορούσε να εμπεριέχει όλα τα χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε., αλλά περιορίζεται στην παροχή ιστορικών πληροφοριών. Αυτό το υλικό όμως θα μπορούσε να δώσει την ευκαιρία στον εκπαιδευτικό να τα διδάξει.

Α.Π.Σ. Χημείας Β΄ Λυκείου

Από τους 40 στόχους κανένας δεν συνδέεται με τη φύση της γνώσης των Φ.Ε.. Από τις 14 προτεινόμενες δραστηριότητες, η διατύπωσή τους με τίτλους δεν δίνει λεπτομέρειες, οπότε ορισμένες θα μπορούσαν να συνδεθούν με χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε., αν ο εκπαιδευτικός τα γνωρίζει και επιθυμεί να τα αναδείξει. Ορισμένα από τα θέματα αφορούν στη χρήση του φυσικού αερίου, στην κατασκευή οργανικών μορίων με πλαστικά μοντέλα ή στα πλαστικά και τη χρήση τους. Επίσης, οι εργαστηριακές δραστηριότητες παρασκευών ή ανίχνευσης ουσιών θα μπορούσαν να περιλαμβάνουν χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε..

Στις οδηγίες 2018-19, γίνονται επισημάνσεις για τις προτεινόμενες ασκήσεις, τις εργαστηριακές δραστηριότητες και τη χρήση προσομοιώσεων. Αναφέρονται ορισμένοι μαθησιακοί στόχοι, όπου πέρα από τους γνωστικούς συμπεριλαμβάνονται οι δεξιότητες διερεύνησης, το να εκτιμήσουν οι μαθητές τη χρηστικότητα της Χημείας στη ζωή τους, καθώς και στόχοι για τη διαμόρφωση του υπεύθυνου πολίτη του μέλλοντος. Το τελευταίο περιγράφει τον επιστημονικό αλφαριθμητισμό, χωρίς να

αναφέρει το όνομά του. Παρόλο που διεθνώς βασικό στοιχείο του επιστημονικού αλφαριθμητισμού είναι η γνώση των χαρακτηριστικών της φύσης των Φ.Ε., στο Α.Π.Σ. δεν περιλαμβάνεται με σαφήνεια κανένα.

6.3.1.2δ' Γενικά Συμπεράσματα για τα Προγράμματα Σπουδών Λυκείου

Στα Προγράμματα Σπουδών των μαθημάτων Φ.Ε. του Λυκείου δεν περιλαμβάνονται χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε., ούτε ως λεκτική αναφορά. Εν' τούτοις, υπάρχουν στόχοι διερεύνησης και σύνδεσης των Φ.Ε. με τον καθημερινό κόσμο, που θα μπορούσαν να δώσουν ευκαιρία στους εκπαιδευτικούς που γνωρίζουν τα χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. να τα ενσωματώσουν στη διδασκαλία τους.

6.3.2 Σχολικά βιβλία

Διεθνώς έχει καταγραφεί ότι το Πρόγραμμα Σπουδών συχνά υποκαθίσταται από το σχολικό βιβλίο, το οποίο ουσιαστικά ρυθμίζει το τι γίνεται μέσα στην τάξη (Abd-El-Khalick et al, 2017). Οι εκπαιδευτικοί συνήθως στηρίζονται σε αυτό για τη ροή της διδασκαλίας τους ή χρησιμοποιούν τα έργα προς αξιολόγηση που προτείνονται σε αυτό είτε για να δουλέψουν στην τάξη, σε ποσοστά 75-90%, είτε για την εργασία των μαθητών για το σπίτι, σε ποσοστά 90%. Αυτό συμβαίνει είτε λόγω περιορισμένου χρόνου, είτε περιορισμένων γνώσεων³¹, είτε επειδή υπάρχει μόνο ένα επίσημο βιβλίο (DiGiuseppe, 2014, McDonald & Abd-El-Khalick, 2017a).

Η Ελλάδα είναι μία από τις χώρες που υπάρχει μόνο ένα επίσημο βιβλίο για το μάθημα, που χρησιμοποιείται υποχρεωτικά σε ιδιωτικά και δημόσια σχολεία όλων των βαθμίδων. Οι εκπαιδευτικοί παραδοσιακά εργάζονται με το βιβλίο και όχι με το πρόγραμμα σπουδών. Το περιεχόμενο αλλά και τα έργα αξιολόγησης που προτείνονται έχουν σημαντική επίδραση στη διδασκαλία και τη μάθηση, καθώς χρησιμοποιούνται ευρέως στην καθημερινή σχολική διαδικασία, και καθορίζουν σε μεγάλο βαθμό και την τελική μάθηση των μαθητών (Αναγνωστοπούλου 2015, σελ. 175).

Διεθνώς έχει καταγραφεί η συνύπαρξη νέων Προγραμμάτων Σπουδών με τη χρήση βιβλίων που παρήχθησαν από παλαιότερα Προγράμματα. Έτσι, π.χ., οι Abd-El-Khalick et al (2017) σημειώνουν ότι τα σχολικά βιβλία στις ΗΠΑ προτυπώνονται για περίπου 10 χρόνια και ενδέχεται στο ενδιάμεσο να αλλάξει το Πρόγραμμα Σπουδών (όπως και έγινε το 2013). Τα βιβλία, σημειώνουν, κοστίζουν μεγάλα ποσά σε οικονομικούς πόρους και απαιτούν ομάδες εργασίας διαφόρων ειδικοτήτων (επιστημονικά υπεύθυνοι, εκπαιδευτικοί, υπεύθυνοι εκπαιδευτικής πολιτικής, σχεδιαστές, γραφίστες, τυπογράφοι, κλπ) και για μεγάλα χρονικά διαστήματα. Συχνότερα, επομένως, γίνονται αναθεωρήσεις των παλαιότερων εκδόσεων, παρά εκ νέου συγγραφή ενός καινούριου βιβλίου.

Κάτι αντίστοιχο συμβαίνει και στην Ελλάδα: Τα τελευταία 20 χρόνια για το Λύκειο το Πρόγραμμα Σπουδών έχει αλλάξει αρκετές φορές – οι αλλαγές αφορούν κυρίως αλλαγές ωρών διδασκαλίας κάθε μαθήματος, κεφαλαίων ανά τάξη και ελάττωση διδακτέας ύλης – και παράλληλα, σχεδόν στην αρχή κάθε σχολικής χρονιάς, φτάνουν στα σχολεία οδηγίες για τη διαχείριση της ύλης. Τα σχολικά βιβλία όμως δεν

³¹ Σε κάποιες χώρες οι εκπαιδευτικοί δεν έχουν πανεπιστημιακό τίτλο στο αντικείμενο που διδάσκουν και αισθάνονται ότι δεν το γνωρίζουν καλά (McDonald & Abd-El-Khalick, 2017a).

έχουν αλλάξει. Το πρόγραμμα που ισχύει στο Γυμνάσιο δημοσιεύτηκε το 2003, εκτός από της Φυσικής Α΄ Γυμνασίου, βλέπε και παράγραφο 6.2.1.1, και ισχύει από το σχολικό έτος 2007-08. Το 2011 γράφτηκε νέο πρόγραμμα, στο οποίο μάλιστα για τη Φυσική του Γυμνασίου υπήρχε ειδική μνεία στη φύση της Φυσικής, το οποίο αν και εφαρμόστηκε επιτυχώς πιλοτικά σε 100 σχολεία, (Πλακίτση κ.ά. 2011) δεν επεκτάθηκε. Τα ισχύοντα βιβλία του Γυμνασίου κυκλοφορούν από το σχολικό έτος 2007-08, εκτός από το βιβλίο Φυσικής της Α΄ Τάξης που κυκλοφορεί από το 2013-14. Τα αντίστοιχα του Λυκείου γράφτηκαν το 1999, αυτά της Α΄ Λυκείου και αντίστοιχα το 2000 αυτά της Β΄.

Στη διεθνή βιβλιογραφία αναφέρεται ότι πολλοί εκπαιδευτικοί έχουν δηλώσει ότι αναγνωρίζουν ανακριβή, ασυνεπή και μη κατανοητή γλώσσα στα σχολικά βιβλία Φ.Ε. σχετικά με τη φύση της γνώσης των Φ.Ε.. Κατά τη γνώμη τους, αυτό οδηγεί σε παρανοήσεις σχετικά με τη φύση της γνώσης των Φ.Ε. (DiGiuseppe, 2014). Παγκόσμια τα χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. δεν παρουσιάζονται με σαφήνεια και καταλαμβάνουν μικρή έκταση στα βιβλία. Δεν είναι σίγουρο ότι οι συγγραφείς γνωρίζουν σε βάθος τη βιβλιογραφία, οπότε η ιδανική περίπτωση θα ήταν να συμμετείχαν στο γράψιμό τους ειδικευμένοι ερευνητές από τον κλάδο. Όμως, όπως ήδη αναφέρθηκε, η συγγραφή των βιβλίων είναι μία σύνθετη διαδικασία εξαρτώμενη από τους διαθέσιμους πόρους, τους περιορισμούς του προγράμματος σπουδών, τα χρονικά περιθώρια συγγραφής τους κ.ά. Επομένως, η παραπάνω πρόταση μπορεί να μην είναι εφικτή (DiGiuseppe, 2014; McDonald & Abd-El-Khalick, 2017b). Τελικά, παγκόσμια σε όλα τα βιβλία, φαίνεται ότι τονίζονται τα προϊόντα των Φ.Ε., δηλαδή οι έννοιες, οι θεωρίες, οι νόμοι, οι αρχές, και όχι ο τρόπος που αυτές αναπτύχθηκαν, οι ανθρώπινες παρεμβάσεις ή οι φιλοσοφικές, ηθικές και κοινωνικές αξίες που οδήγησαν στην ανάπτυξη της γνώσης (DiGiuseppe, 2014). Διεθνώς προτείνεται η επιμόρφωση των εκπαιδευτικών στη φύση της γνώσης των Φ.Ε., εφόσον τα βιβλία παρουσιάζουν προβλήματα (Lederman & Lederman, 2014; Akerson & Hanuskin, 2007; Bell, Matkins & Gansneder, 2011).

Για τη βαθμολόγηση των βιβλίων σε σχέση με το αν περιλαμβάνουν στοιχεία, και πώς, για τα χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ. Ε. έχει χρησιμοποιηθεί ρουμπρίκα βασισμένη πάνω σε αυτήν που σχεδίασαν οι Abd-El-Khalick et al (2017). Στην ρουμπρίκα αυτή η βαθμολογία κάθε χαρακτηριστικού της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. γίνεται με τα κριτήρια που παρουσιάζονται στον Πίνακα 6.1.

Βαθμός	Η παρουσίαση του εκάστοτε χαρακτηριστικού της γνώσης των Φ.Ε. είναι:	Βαθμός	Η παρουσίαση του εκάστοτε χαρακτηριστικού της γνώσης των Φ.Ε. είναι:
3	Σαφής, εμπειριστατωμένη, συνεκτική	-1	Μη σαφής, απλοϊκή
2	Σαφής, μερικώς εμπειριστατωμένη	-2	Σαφής, απλοϊκή και μη συνεκτική
1	Μη σαφής, εμπειριστατωμένη, συνεκτική	-3	Σαφής, διαστρεβλωμένη
0	Δεν αναφέρεται τίποτε σχετικό		

Πίνακας 6.1: Κριτήρια για τη βαθμολογία των βιβλίων

Η πρώτη μας μελέτη των βιβλίων, πριν την βαθμολόγηση τους με την παραπάνω ρουμπρίκα, ανέδειξε ότι τα χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. που περιείχαν ήταν ιδιαίτερα περιορισμένα με αυστηρό προσδιορισμό του όρου «Σαφής». Φράσεις όπως «φύση της γνώσης των Φ.Ε.», ή αντίστοιχη, καθώς και φράσεις όπως «έτσι σκέφτονται/λειτουργούν/δουλεύουν οι επιστήμονες» δεν υπήρχαν σε κανένα σημείο των βιβλίων. Ελάχιστες ήταν οι αναφορές σε ονομασία χαρακτηριστικών της φύσης της γνώσης των Φ.Ε.. Η αυστηρή λοιπόν ερμηνεία του όρου «Σαφής» δεν θα επέτρεπε να διακριθούν οι διαφορές που υπήρχαν π.χ. ανάμεσα στα βιβλία Χημείας Β΄ Γυμνασίου και Βιολογίας.

Κρίναμε όμως ότι μπορούν να βγουν συμπεράσματα για την ύπαρξη ορισμένων χαρακτηριστικών μέσα από τη χρήση της γλώσσας που χρησιμοποιεί το βιβλίο π.χ. ύπαρξη κατάλληλων ρημάτων όπως «παρατηρούμε», «συμπεραίνουμε» κτλ. Αυτό μας οδήγησε στην απόφαση η βαθμολόγηση ως προς τη σαφήνεια ενός χαρακτηριστικού να γίνει πιο ελαστική, έτσι ως:

- Σαφής – μη σαφής απεικόνιση ενός χαρακτηριστικού της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. θεωρήθηκε αν όσα αναφέρονταν ήταν - δεν ήταν αρκετά ώστε να γίνει με σαφήνεια κατανοητό στους μαθητές το χαρακτηριστικό.
- Εμπειριστατωμένη – μερικώς εμπειριστατωμένη – απλοϊκή απεικόνιση των χαρακτηριστικών της φύσης της γνώσης των Φ.Ε.: Οι κατηγορίες βαθμολόγησης εξαρτώνται από το πώς παρουσιάζεται το κάθε χαρακτηριστικό στα σχολικά κείμενα. Εμπειριστατωμένη είναι η «σωστή» απεικόνιση, μερικώς εμπειριστατωμένη αυτή που είναι μεν στη σωστή κατεύθυνση, αλλά η διατύπωσή της είναι προβληματική και απλοϊκή ή «λάθος» που ενδέχεται να παραπληροφορήσει τους αναγνώστες. Το «σωστό» και «λάθος» ορίζονται από τη διεθνή βιβλιογραφία για τα χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. (βλέπε και παράγραφο 2.2.2.1α).
- Συνέπεια στο κείμενο: Τέλος, όλα τα βιβλία βαθμολογούνται για το κατά πόσο η παρουσίαση κάθε χαρακτηριστικού είναι συνεπής από την αρχή ως το τέλος του βιβλίου.

Περιορισμό της ρουμπρίκας αποτελεί το γεγονός ότι στη βαθμολογία δεν περιλαμβάνεται η θέση που καταγράφηκε το κάθε χαρακτηριστικό, για παράδειγμα τα παραθέματα και οι εισαγωγές συνήθως δεν διαβάζονται από τους μαθητές σε αντίθεση με το κυρίως σώμα του κειμένου.

6.3.2.1 Βιβλία Γυμνασίου

6.3.2.1α' Βιβλία Βιολογίας

Βιβλίο Α' Γυμνασίου

Με βάση τις τελευταίες οδηγίες, στη διδακτέα ύλη βρίσκονται μόνο τα κεφάλαια 1-4, και τα κεφάλαια 5 και 6 διδάσκονται στη Β' Γυμνασίου. Αναλύθηκαν τα κεφάλαια 1 – 6, καλύπτοντας έτσι και την ύλη που διδάσκεται στη Β' Γυμνασίου.

Το βιβλίο κυκλοφορεί από το 2007. Η ύλη του περιλαμβάνει κεφάλαια Ανθρωπολογίας, στα οποία παρουσιάζονται τα διάφορα συστήματα του ανθρώπου. Οι αναφορές, ακόμα και έμμεσα για τη φύση της γνώσης των Φ.Ε. είναι ελάχιστες.

Το εμπειρικό (X1) χαρακτηριστικό θα μπορούσε να αναδειχθεί από τη σύνδεση του καθημερινού κόσμου με την ύλη που μελετάται, το αβέβαιο (X5) διακρίνεται στο Παράθεμα της σελίδας 24 για το πώς εξελίχθηκε η κυτταρική οργάνωση και στη σελίδα 27 που παρουσιάζεται το έργο του Λινναίου για την ταξινόμηση των οργανισμών. Επίσης, στη σελ. 21 αναφέρεται η εφεύρεση του μικροσκοπίου και οι εξελίξεις που προκάλεσε. Σε αυτά έμμεσα φαίνεται και το δημιουργικό (X3) χαρακτηριστικό, αλλά μόνο για τον εκπαιδευτικό που ξέρει να το αναγνωρίζει, και μπορεί να του δώσει την ευκαιρία/αφορμή να το διδάξει. Ακόμη το παράρτημα στο τέλος του βιβλίου (σελ. 148 και εξής) περιέχει ένα χρονολόγιο με τους σημαντικότερους σταθμούς της Βιολογίας, κάνοντας έμμεσα αναφορά στο αβέβαιο (X5) χαρακτηριστικό της φύσης της γνώσης των Φ.Ε..

Επισημαίνεται ότι τα πλαίσια και τα παραθέματα είναι εκτός ύλης, οπότε είναι στη διάθεση του εκπαιδευτικού για το κατά πόσο και αν θα συζητηθούν. Στις δυσκολίες που αντιμετωπίζει ο εκπαιδευτικός αναφέρεται ότι το μάθημα διδάσκεται 1 ώρα την εβδομάδα.

Βαθμολογία με ρομπρίκα			
(X1) Εμπειρικό	1	(X2) Διαφορά παρατήρησης – συμπεράσματος	0
(X4) Υποκ/Αντικ.	0	(X5) Αβέβαιο	1
(X7) Διαφορά Θεωρίας – Νόμου	0	(X3) Δημιουργικό	1
		(X6) Πολιτισμικό	0
ΣΥΝΟΛΟ 3/21			

Βιβλίο Γ' Γυμνασίου

Αναλύθηκαν τα κεφάλαια 1, 4, 5 και 7 τα οποία διδάσκονται σήμερα σε δύο τάξεις (Β' και Γ' Γυμνασίου).

Το βιβλίο είναι γραμμένο με τρόπο που οτιδήποτε πέρα από το γνωστικό περιεχόμενο είναι εξαιρετικά περιορισμένο. Τα χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. που περιέχονται σε αυτό είναι πολύ λίγα, παρόλο που στη διεθνή βιβλιογραφία τα συγκεκριμένα κεφάλαια (Κεφ. 1: Οργάνωση της ζωής, κύτταρα, επίπεδα οργάνωσης οργανισμών, οικοσυστήματα, Κεφ. 4: Ασθένειες και παράγοντες που σχετίζονται με την εμφάνισή τους, ομοιόσταση, αμυντικοί μηχανισμοί, Κεφ. 5: Χρωμοσώματα, DNA, Κυτταρική Διαίρεση, Μεταλλάξεις, Κεφ. 7: Εξέλιξη) αποτελούν πρότυπο ενσωμάτωσης στη διδασκαλία των χαρακτηριστικών της φύσης της γνώσης των Φ.Ε..

Το μεγαλύτερο μέρος του βιβλίου που συνδέεται έμμεσα με τη φύση της γνώσης των Φ.Ε. βρίσκεται στην εισαγωγή και σε παραρτήματα. Στην εισαγωγή γίνεται μια αναφορά για τις παρατηρήσεις και τα συμπεράσματα, όπου έμμεσα φαίνεται ότι υπάρχει διαφορά μεταξύ τους (σελ. 10) και το αβέβαιο (X5) χαρακτηριστικό με την

εξέλιξη της Βιολογίας (σελ. 13). Σε παράρτημα αναφέρεται η ιστορία για τις παρατηρήσεις και τα συμπεράσματα του Μέντελ (σελ. 110), του ταξιδιού του Δαρβίνου (σελ. 132) και η ιστορική σκοπιά της θεωρίας της Φυσικής Επιλογής, τα οποία θα μπορούσαν να αποτελέσουν αφορμή για τη συζήτηση του αβέβαιου χαρακτηριστικού της φύσης της γνώσης των Φ.Ε.. Ακόμα δύο έμμεσες αναφορές στο αβέβαιο (X5) χαρακτηριστικό υπάρχουν στη σελ. 21, όπου γίνεται μια μικρή ιστορική αναδρομή στην εμφάνιση της κυτταρικής θεωρίας, και στη σελ. 135, όπου αναφέρεται η συμβολή με την πάροδο του χρόνου όλων των κλάδων της Βιολογίας στην απόδειξη της Θεωρίας της Εξέλιξης. Στο τέλος του βιβλίου (σελ 143 και εξής) υπάρχει το χρονολόγιο της Βιολογίας, όπως και στο αντίστοιχο της Α΄ Γυμνασίου, το οποίο θα μπορούσε ο εκπαιδευτικός να εκμεταλλευτεί προκειμένου να μιλήσει για την εξέλιξη των ιδεών της Βιολογίας.

Ο εκπαιδευτικός θα μπορούσε να εκμεταλλευτεί θέματα που υπάρχουν και στα προτεινόμενα έργα αξιολόγησης και σε έρευνες – εργασίες και να αναφέρει χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε.. Υπενθυμίζεται όμως ότι το μάθημα είναι μονόωρο σε κάθε τάξη, άρα και ο χρόνος είναι περιορισμένος.

Βαθμολογία με ρουμπρικά			
(X1) Εμπειρικό 0	(X2) Διαφορά παρατήρησης– συμπεράσματος 1	(X3) Δημιουργικό 0	
(X4)Υποκ/Αντικ. 0	(X5) Αβέβαιο 1	(X6) Πολιτισμικό 0	
(X7) Διαφορά Θεωρίας – Νόμου 0	ΣΥΝΟΛΟ 2/21		

6.3.2.1β΄ Βιβλία Φυσικής

Βιβλίο Α΄ Γυμνασίου

Το βιβλίο αποτελείται από 12 φύλλα εργασίας, με 5 μέρη το καθένα. Το 1^ο μέρος αφορά παρατηρήσεις, όπου συνήθως με αφορμή μια εικόνα οι μαθητές καλούνται να προβληματιστούν και να συζητήσουν για τη θεματική του φύλλου εργασίας. Το 2^ο μέρος περιλαμβάνει υποθέσεις (πολλές από αυτές όχι με την έννοια της υπόθεσης στη Φυσική, δηλ. κάτι που ελεγχόμενο πειραματικά αποδεικνύεται αν ισχύει ή όχι), όπου οι μαθητές αναρωτιούνται για ποιο λόγο συμβαίνει ένα φαινόμενο από τη θεματική του φύλλου εργασίας, ή πώς μπορούν να μετρήσουν κάτι. Στο 3^ο μέρος εκτελούν ένα πείραμα, με σαφείς οδηγίες, το οποίο θα οδηγήσει στο 4^ο μέρος, όπου συζητάνε τα συμπεράσματα που προέκυψαν από το πείραμα, και πώς αυτά επιβεβαιώνουν ή απορρίπτουν τις υποθέσεις του 2^{ου} μέρους. Τέλος, στο 5^ο μέρος γίνεται η γενίκευση.

Δεν αναφέρεται ρητά σε κανένα σημείο του βιβλίου κάτι για τη φύση της γνώσης των Φ.Ε., ούτε για τα χαρακτηριστικά της. Οι μαθητές όμως μέσα από τα φύλλα εργασίας καλούνται από τα πειραματικά δεδομένα και την εμπειρία τους, να βγάλουν συμπεράσματα. Έτσι εμφανίζονται άμεσα το εμπειρικό (X1) χαρακτηριστικό και ότι οι παρατηρήσεις οδηγούν σε συμπεράσματα, όμως δεν διευκρινίζεται ότι οι παρατηρήσεις και τα συμπεράσματα διαφέρουν μεταξύ τους (X2). Στα φύλλα εργασίας 11 και 12 γίνεται μια μικρή έμμεση αναφορά στο πολιτισμικό (X6) χαρακτηριστικό. Τέλος, υπάρχουν ψήγματα από το αβέβαιο (X5) και το υποκειμενικό/αντικειμενικό (X4) χαρακτηριστικό καθώς οι μαθητές καλούνται να δουν ότι δεν βγάζουν όλοι τα ίδια συμπεράσματα. Όμως δεν αναφέρεται ότι αυτό συμβαίνει και με τους επιστήμονες.

Βαθμολογία με ρουμπρίκα

(X1) Εμπειρικό 2	(X2) Διαφορά παρατήρησης– συμπεράσματος 2	(X3) Δημιουργικό 0
(X4) Υποκ/Αντικ. 1	(X5) Αβέβαιο 1	(X6) Πολιτισμικό 1
(X7) Διαφορά Θεωρίας – Νόμου 0	ΣΥΝΟΛΟ 7/21	

Βιβλίο Β΄ Γυμνασίου

Το μάθημα διδάσκεται 2 ώρες την εβδομάδα. Το βιβλίο υπάρχει από το 2008.

Από τα χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. το εμπειρικό (X1) είναι αυτό που εμφανίζεται άμεσα και με σαφήνεια, καθώς συχνά υπάρχουν οι φράσεις «όπως παρατηρούμε» ή «παρατηρείτε ότι». Σχετικά με το συμπερασματικό (X2) χαρακτηριστικό, συχνά ζητείται από τους μαθητές να απαντήσουν στο «τι παρατηρούν και ποια συμπεράσματα βγάζουν», οπότε φαίνεται η διαφορά ανάμεσα στα δύο, άμεσα μεν, αλλά όχι εμπειριστατωμένα και μπορεί να γίνουν παρανοήσεις. Τα ρήματα, όμως χρησιμοποιούνται σωστά, π.χ. «παρατηρούμε ότι η ένδειξη του μανόμετρου δε μεταβάλλεται, συμπεραίνουμε ότι η πίεση είναι ανεξάρτητη του προσανατολισμού» (σελ. 69).

Σχετικά με τη διαφορά θεωρίας και νόμου (X7), γίνεται αναφορά στην εισαγωγή (σελ. 10), όπου αναφέρεται ότι «στόχος των επιστημόνων είναι να ανακαλύψουν τους βαθύτερους νόμους που κυβερνούν το φυσικό κόσμο και να τους διατυπώσουν με τη μεγαλύτερη δυνατή ακρίβεια, σαφήνεια και απλότητα», για να συνεχίσει στη σελ. 12 πως όταν επιβεβαιωθεί μια υπόθεση, τότε «η μαθηματική σχέση απέκτησε την ισχύ φυσικού νόμου» και συνεχίζει ότι «η υπόθεση του Γαλιλαίου εντάχθηκε στο πλαίσιο μιας καλά θεμελιωμένης και γενικής θεωρίας, της θεωρίας του Νεύτωνα ... Στο πλαίσιο της θεωρίας εμφανίζονται νέες προβλέψεις που πρέπει να ελεγχθούν με την παρατήρηση και το πείραμα» για να ολοκληρώσει ότι «η διατύπωση μιας φυσικής θεωρίας είναι μια διαδικασία που αρχίζει και τελειώνει με την παρατήρηση και το πείραμα». Οι έννοιες «νόμος» και «θεωρία» δεν διαφοροποιούνται. Επίσης, στην πρώτη πρόταση που παρατίθεται για την «ανακάλυψη των νόμων», δεν περιλαμβάνεται η θεωρία ως «στόχος των επιστημόνων», κάτι που θα μπορούσε πάλι να οδηγήσει σε παρερμηνείες. Η μεγαλύτερη παρερμηνεία, όμως γίνεται στη σελ. 57, που γράφει ότι «ο Νεύτωνας διακήρυξε ότι στη φύση υπάρχει συμμετρία», εισάγοντας τους Νόμους του Νεύτωνα: οι επιστήμονες δεν διακηρύσσουν νόμους. Από τις φράσεις που παρατέθηκαν παραπάνω, δημιουργείται παρανόηση και για το αβέβαιο (X5) χαρακτηριστικό, ότι η επιστημονική γνώση είναι ορθολογιστική, αυστηρά δομημένη, που ο άνθρωπος αναζητά να την ανακαλύψει και να διορθώσει τα λάθη των προηγούμενων, «διαψεύδοντάς» τους (σελ. 12): η γνώση παρουσιάζεται ως μια διαρκής αναζήτηση της απόλυτης αλήθειας, με χρήση αυστηρής γλώσσας.

Τα υπόλοιπα χαρακτηριστικά δεν αναφέρονται, ούτε γίνονται νύξεις για αυτά, παρόλο που θα μπορούσαν: π.χ. στη σύνδεση θερμότητας με τον ανθρώπινο πολιτισμό, σελ. 117, αλλά δεν αναφέρεται η αλληλεπίδραση επιστήμης και κοινωνίας (X6) ή οι κλίμακες θερμοκρασίας, σελ. 119-120, χωρίς αναφορά στη δημιουργικότητα (X3) ή την υποκειμενικότητα (X4) των επιστημόνων. Οι εκπαιδευτικοί που γνωρίζουν τα χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε., θα μπορούσαν να πάρουν αφορμή ανάλογες αναφορές του βιβλίου και να τα εντάξουν στη διδασκαλία τους.

Βαθμολογία με ρουμπρίκα			
(X1) Εμπειρικό	3	(X2) Διαφορά παρατήρησης- συμπεράσματος	2
(X3) Δημιουργικό	0	(X4) Υποκ/Αντικ.	0
(X5) Αβέβαιο	-1	(X6) Πολιτισμικό	0
(X7) Διαφορά Θεωρίας – Νόμου	-3	ΣΥΝΟΛΟ 1/21	

Βιβλίο Γ΄ Γυμνασίου

Το βιβλίο είναι γραμμένο με τον ίδιο προσανατολισμό με το αντίστοιχο της Β΄ Γυμνασίου, από την ίδια συγγραφική ομάδα. Μελετήθηκε μέχρι το κεφάλαιο 9, διότι το υπόλοιπο είναι εκτός της διδακτέας ύλης. Το μάθημα διεξάγεται 2 ώρες κάθε εβδομάδα.

Το χαρακτηριστικό ότι η γνώση βασίζεται στην εμπειρία εμφανίζεται με σαφή τρόπο ενώ σαφές γίνεται και ότι οι παρατηρήσεις οδηγούν σε συμπεράσματα. Για παράδειγμα: «Έχεις παρατηρήσει ότι πολλές φορές οι τρίχες έλκονται από τη χτένα ... συμπεραίνουμε λοιπόν ότι οι ηλεκτρικές δυνάμεις με τις οποίες αλληλεπιδρούν δυο ηλεκτρισμένα σώματα άλλοτε είναι ελκτικές και άλλοτε απωστικές», ενώ σε άλλο σημείο αναφέρεται ότι «όταν διπλασιάσουμε την ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος που διαρρέει τον αντιστάτη, η ποσότητα της θερμότητας που μεταφέρεται από αυτόν τετραπλασιάζεται... Συμπεραίνουμε λοιπόν ότι η ποσότητα της θερμότητας που μεταφέρεται από έναν αντιστάτη είναι ανάλογη του τετραγώνου της έντασης που διέρχεται από αυτόν» (σελ. 67). Στο δεύτερο παράδειγμα, η διαφορά παρατήρησης – συμπεράσματος είναι μεν γραμμένη, αλλά όχι με εμπεριστατωμένο τρόπο και μπορεί να δημιουργηθούν παρανοήσεις.

Σχετικά με τη διαφορά ανάμεσα στους νόμους και τις θεωρίες, οι νόμοι περιγράφονται ως απόλυτα μαθηματικά συμπεράσματα στα οποία καταλήγουν οι επιστήμονες μετά από πειραματισμό, ενώ σε κάποια σημεία επιδιώκεται να γίνει ερμηνεία του νόμου, το οποίο ουσιαστικά είναι η θεωρία πίσω από το νόμο, αλλά δεν εξηγείται. Για παράδειγμα: Στο ερώτημα «Γιατί τα μέταλλα συμπεριφέρονται ως ηλεκτρικοί αγωγοί;» (σελ. 19) απαντάει με την ερμηνεία από το μικρόκοσμο. Σχετικά με το νόμο του Ohm (σελ. 47), κάτω από τους υπότιτλους «Νόμος του Ωμ και μικρόκοσμος» και «Μικροσκοπική ερμηνεία της αντίστασης ενός μεταλλικού αγωγού» υπάρχει ερμηνεία σύμφωνα με τη θεωρία, αλλά δεν αναφέρεται ούτε καν η λέξη, κάτι που επίσης μπορεί να δημιουργήσει παρανοήσεις. Όσον αφορά στο αβέβαιο (X5) χαρακτηριστικό, η γνώση εμφανίζεται ως η αναζήτηση της απόλυτης αλήθειας και της διόρθωσης των λαθών του παρελθόντος, με τρόπο όμως όχι σαφή. Τα υπόλοιπα χαρακτηριστικά είτε δεν αναφέρονται καθόλου, είτε σε τόσο μικρό βαθμό και με έμμεσο τρόπο που δεν είναι άξιος αναφοράς.

Βαθμολογία με ρουμπρίκα			
(X1) Εμπειρικό	3	(X2) Διαφορά παρατήρησης- συμπεράσματος	2
(X3) Δημιουργικό	0	(X4) Υποκ/Αντικ.	0
(X5) Αβέβαιο	-1	(X6) Πολιτισμικό	0
(X7) Διαφορά Θεωρίας – Νόμου	-1	ΣΥΝΟΛΟ 3/21	

6.3.2.1γ' Βιβλία Χημείας

Βιβλίο Β' Γυμνασίου

Το σχολικό βιβλίο είναι γραμμένο το 2007. Έχει έντονο προσανατολισμό προς την καθημερινότητα των μαθητών και στοχεύει στο να συνδυάσει τις γνώσεις που προσφέρονται στους μαθητές με τις εφαρμογές στην καθημερινότητά τους.

Άμεσα αναφέρονται το εμπειρικό (X1), και το πολιτισμικό (X6) χαρακτηριστικό, κυρίως στην αρχή και το τέλος κάθε κεφαλαίου, στις εικόνες που πλαισιώνουν το κυρίως κείμενο ή σε περιγραφές πειραμάτων, ενώ πλούσιο υλικό υπάρχει στα παραρτήματα (ιδίως για το πολιτισμικό χαρακτηριστικό). Άμεσα δίνονται στοιχεία και για το συμπερασματικό χαρακτηριστικό, αλλά δεν τονίζεται η διαφορά ανάμεσα σε παρατηρήσεις και συμπεράσματα (X2). Το αβέβαιο (X5) χαρακτηριστικό υπάρχει μεν, αλλά παρουσιάζεται ως «πορεία προς την αλήθεια». Το δημιουργικό (X3) χαρακτηριστικό φαίνεται έμμεσα στα μοντέλα των ατόμων. Στη σελίδα 53 περιγράφονται οι αντιτιθέμενες απόψεις των Priestley, Cavendish και Lavoisier για το υδρογόνο, το οποίο αποτελεί ίσως τη μόνη καταγραφή επιστημονικών συγκρούσεων στην ιστορία της εξέλιξης της επιστήμης στα σχολικά βιβλία, και αποτελεί καταγραφή του υποκειμενικού/αντικειμενικού (X4) χαρακτηριστικού της επιστημονικής γνώσης.

Η βαθμολογία που συγκεντρώνει το βιβλίο στη ρουμπρίκα είναι μεγάλη, και από τις συνεντεύξεις Σχολικών Συμβούλων και εκπαιδευτικών (βλέπε παραγράφους 6.5.1 και 6.4.2.3 αντίστοιχα) παρουσιάζεται ως το πιο ιδανικό βιβλίο που προσφέρεται για τη διδασκαλία των χαρακτηριστικών της φύσης της γνώσης των Φ.Ε.. Μειονέκτημα όμως αποτελεί το γεγονός ότι το μάθημα διδάσκεται μόνο μία ώρα την εβδομάδα.

Βαθμολογία με ρουμπρίκα

(X1) Εμπειρικό	3	(X2) Διαφορά παρατήρησης– συμπεράσματος	2	(X3) Δημιουργικό	1
(X4) Υποκ/Αντικ.	2	(X5) Αβέβαιο	2	(X6) Πολιτισμικό	3
(X7) Διαφορά Θεωρίας – Νόμου	0	ΣΥΝΟΛΟ 13/21			

Βιβλίο Γ' Γυμνασίου.

Το μάθημα διδάσκεται 1 ώρα την εβδομάδα. Το βιβλίο υπάρχει από το 2008. Παρόλο που έχει τον ίδιο προσανατολισμό με το βιβλίο της Β' Γυμνασίου, δεν υπάρχουν πολλές άμεσες αναφορές στα χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε..

Το πολιτισμικό χαρακτηριστικό (X6) είναι αυτό που διακρίνεται με περισσότερη σαφήνεια, αλλά μερικώς εμπεριστατωμένο. Π.χ. στη σελ. 61 (παράθεμα) γίνεται αναφορά στους αλχημιστές και την εξέλιξη της χημείας μέσω της συμβολής τους, στη σελ. 33 συνδέεται η χρήση των αλάτων στην παράδοση πολλών πολιτισμών, η μετάβαση από την εποχή του χαλκού στην εποχή του σιδήρου (σελ. 56), η τεχνολογική επανάσταση του πυριτίου (σελ. 68), αλλά και οι εφαρμογές των κεραμικών (σελ. 70-71).

Στα υπόλοιπα χαρακτηριστικά, υπάρχουν έμμεσες αναφορές στο αβέβαιο (X5) χαρακτηριστικό, π.χ. σελ. 13 για τη φύση των οξέων ή η ιστορική αναφορά στον περιοδικό πίνακα, σελ. 49. Το τελευταίο απόσπασμα περιέχει έμμεσα και το υποκειμενικό/αντικειμενικό (X4) χαρακτηριστικό. Το δημιουργικό (X3) χαρακτηριστικό παρουσιάζεται έμμεσα σε λεζάντα εικόνας στη σελ. 16, όπου αναφέρεται ότι «δεν μπορούμε να δούμε τα άτομα με μικροσκόπιο». Τέλος, στις

περιγραφές των πειραμάτων φαίνεται έμμεσα το εμπειρικό (X1) και το συμπερασματικό (X2) χαρακτηριστικό.

Τέλος, προκύπτουν αφορμές για συζητήσεις κοινωνικο-επιστημονικών ζητημάτων, όπως τα αυτοκίνητα που λειτουργούν με κυψέλες υδρογόνου ως καύσιμο (σελ 86, παράθεμα), τα πλεονεκτήματα από τη χρήση του φυσικού αερίου (σελ 91), τα ορυκτά καύσιμα και πόσο βιώσιμη είναι η χρήση τους (σελ 94, παράθεμα) και προβλήματα που προκύπτουν από τον κύκλο του άνθρακα (σελ 107), τα οποία θα μπορούσαν να περιλαμβάνουν χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε.. Το ίδιο και για τις δραστηριότητες που προτείνονται στα παραθέματα (σελ. 19, 24-25, 37, 63), εφόσον ο εκπαιδευτικός τα γνωρίζει και επιθυμεί να δώσει αυτόν τον προσανατολισμό στη διδασκαλία του.

Βαθμολογία με ρουμπρίκα			
(X1) Εμπειρικό	1	(X2) Διαφορά παρατήρησης– συμπεράσματος	1
(X4) Υποκ/Αντικ.	1	(X5) Αβέβαιο	1
(X7) Διαφορά Θεωρίας – Νόμου	0	(X3) Δημιουργικό	1
		(X6) Πολιτισμικό	2
ΣΥΝΟΛΟ 7/21			

6.3.2.1δ' Γενικά συμπεράσματα για τα βιβλία του Γυμνασίου

Από τα παραπάνω προκύπτει ότι από τα χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε., το εμπειρικό (X1) είναι αυτό που περισσότερο περιλαμβάνεται σε όλα τα βιβλία – εκτός της Βιολογίας Γ' Γυμνασίου – άμεσα ή έμμεσα. Ακολουθεί το συμπερασματικό (X2), ενώ το αβέβαιο (X5) υπάρχει μεν, αλλά συχνά εμφανίζεται ως μια «πορεία προς το σωστό και την αλήθεια». Αυτά είναι τα χαρακτηριστικά που εμφανίζονται κατά κύριο λόγο στο κυρίως σώμα κειμένου.

Το μεγαλύτερο όμως ποσοστό των χαρακτηριστικών της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. καταγράφεται στην Εισαγωγή και τα παραθέματα των βιβλίων, τα οποία συχνά δεν διδάσκονται και δεν διαβάζονται από τους μαθητές. Από όλα τα χαρακτηριστικά, το πολιτισμικό (X6) είναι αυτό που οι καταγραφές του γίνονται συχνότερα στα παραθέματα. Ομοίως, αλλά σε μικρότερο βαθμό για το δημιουργικό (X3) χαρακτηριστικό. Η διαφορά θεωρίας – νόμων (X7) είτε δεν καταγράφεται, είτε καταγράφεται με παρανοήσεις.

Από τα βιβλία του Γυμνασίου ξεχωρίζει αυτό της Χημείας Β' Γυμνασίου, που θα μπορούσε να αποτελέσει ένα ιδανικό παράδειγμα, για τα ελληνικά δεδομένα, ώστε οι μαθητές να αντιληφθούν πώς αναπτύσσεται το οικοδόμημα της Επιστήμης. Οι αφορμές που δίνονται στον εκπαιδευτικό να μιλήσει για τέτοια θέματα είναι πολλές.

Τέλος, σχετικά με τη βαθμολογία της ρουμπρίκας, να σημειωθεί ότι πουθενά στα βιβλία δεν αναφέρεται ρητά και με σαφήνεια η φράση «αυτό είναι ένα χαρακτηριστικό της φύσης της γνώσης των Φυσικών Επιστημών» ή «με τον ίδιο τρόπο σκέφτονται/λειτουργούν οι επιστήμονες». Για τα χαρακτηριστικά που βαθμολογούνται με «2» ή «3» θεωρήθηκε ότι όσα αναφέρονταν ήταν αρκετά ώστε να γίνει με σαφήνεια κατανοητό στους μαθητές το χαρακτηριστικό, έστω και αν δεν εντάσσεται από το βιβλίο στο γενικότερο πλαίσιο της φύσης της γνώσης των Φ.Ε..

Ως γενικό συμπέρασμα: παρόλο που τα χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. δεν δηλώνονται στα βιβλία, δίνονται στον εκπαιδευτικό (που τα γνωρίζει) πολλές αφορμές να μιλήσει για αυτά.

6.3.2.2 Βιβλία Λυκείου

6.3.2.2α' Βιβλία Βιολογίας

Βιβλίο Α' Λυκείου

Το μάθημα διδάσκεται 2 ώρες την εβδομάδα. Αναλύθηκαν τα κεφάλαια 1, 3, 9 και 12 που είναι εντός ύλης. Το βιβλίο, αν και είναι γραμμένο από άλλη συγγραφική ομάδα από αυτή του γυμνασίου, ακολουθεί την ίδια μορφή αναφέροντας μόνο γνωστικές πληροφορίες, με τα χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. που καταγράφονται να είναι μηδενικά.

Ανάμεσα στις πληροφορίες που παρατίθενται υπάρχουν συνδέσεις με την καθημερινή ζωή, αναφορά σε τρέχοντα ζητήματα, όπως π.χ. ο προγεννητικός έλεγχος, η σπουδαιότητα του θηλασμού, η εξωσωματική γονιμοποίηση, αλλά τα κείμενα δεν περιλαμβάνουν στοιχεία της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. και είναι στην ευχέρεια του εκπαιδευτικού πώς θα τα διαχειριστεί.

Βαθμολογία με ρουμπρίκα

(X1) Εμπειρικό 0	(X2) Διαφορά παρατήρησης– συμπεράσματος 0	(X3) Δημιουργικό 0
(X4) Υποκ/Αντικ. 0	(X5) Αβέβαιο 0	(X6) Πολιτισμικό 0
(X7) Διαφορά Θεωρίας – Νόμου 0	ΣΥΝΟΛΟ 0/21	

6.3.2.2β' Βιβλία Φυσικής

Βιβλίο Α' Λυκείου

Το μάθημα διδάσκεται 2 ώρες την εβδομάδα. Γενικά σε όλο το βιβλίο υπάρχουν πολλά παραδείγματα από την καθημερινότητα, μέσα από τα οποία εισάγονται οι καινούριες έννοιες κάθε κεφαλαίου. Σε αυτά εμπειριέχεται με σαφήνεια το εμπειρικό (X1) χαρακτηριστικό με λέξεις όπως «Παρατηρούμε ότι...», και μέσα από αυτό το χαρακτηριστικό παρουσιάζεται έμμεσα και το συμπερασματικό (X2).

Το επόμενο χαρακτηριστικό που τονίζεται με σαφήνεια, αλλά όχι πλήρως εμπειρισταωμένα, είναι το αβέβαιο (X5). Για παράδειγμα, στην εισαγωγή της Μηχανικής διαβάζουμε: «... Οι νόμοι [του Νεύτωνα] ίσχυσαν αμετάβλητοι για περισσότερο από διακόσια χρόνια και επαληθεύτηκαν αναρίθμητες φορές. Η καθολική ισχύς τους αμφισβητήθηκε από τον Αϊνστάιν...» και «... αυτή η εμπειρία οδήγησε στο συμπέρασμα που διατύπωσε ο Αριστοτέλης και ίσχυσε ως το Μεσαίωνα, ότι η φυσική κατάσταση των σωμάτων είναι η ακινησία» (σελ. 81-82) ή στη σελ. 89 αναφέρεται ότι «ο Αριστοτέλης πίστευε ότι τα βαρύτερα σώματα φτάνουν γρηγορότερα στη Γη από τα ελαφρύτερα. Την αντίληψη αυτή είχε και η επιστήμη ως την Αναγέννηση, που ο Γαλιλαίος απέδειξε το λάθος αυτού του ισχυρισμού...».

Ενδιαφέρουσα είναι η εισαγωγή, η οποία περιλαμβάνει στοιχεία της εξέλιξης των Φυσικών Επιστημών από την αρχαιότητα ως σήμερα, με ελάχιστα στοιχεία φιλοσοφίας. Όμως, δεν περιλαμβάνει ρητά κανένα χαρακτηριστικό της φύσης της γνώσης των Φ.Ε., παρά αποτελεί μόνο ένα ευχάριστο ανάγνωσμα για τους μαθητές. Συνήθως είναι εκτός ύλης. Εξίσου ενδιαφέροντα θέματα έχουν και τα παραρτήματα. Είναι όμως εγκυκλοπαιδικής φύσης και δεν διδάσκονται ή αξιολογούνται.

Βαθμολογία με ρουμπρίκα

(X1) Εμπειρικό 3	(X2) Διαφορά παρατήρησης– συμπεράσματος 1	(X3) Δημιουργικό 0
------------------	---	--------------------

(X4) Υποκ/Αντικ. 0	(X5) Αβέβαιο 2	(X6) Πολιτισμικό 0
(X7) Διαφορά Θεωρίας – Νόμου 0	ΣΥΝΟΛΟ 6/21	

Βιβλίο Β΄ Λυκείου

Το μάθημα διδάσκεται 2 ώρες την εβδομάδα και από το Σχολικό Έτος 2014-15 το βιβλίο αποτελείται από συρραφή του βιβλίου της Β΄ Λυκείου, γραμμένο από την ίδια συγγραφική ομάδα με της Α΄ Λυκείου στα κεφάλαια 1 και 2, και του βιβλίου της Φυσικής Γενικής Παιδείας Γ΄ Λυκείου στα κεφάλαια 3 και 4 από άλλη συγγραφική ομάδα. Η Φυσική Γενικής Παιδείας Γ΄ Λυκείου καταργήθηκε. Λόγω της ιδιαιτερότητας αυτής, τα δυο μέρη του βιβλίου αναλύονται ξεχωριστά και στο τέλος δίνεται μία κοινή βαθμολογία.

Στα κεφάλαια 1 & 2 το εμπειρικό (X1) στοιχείο υπάρχει με σαφήνεια. Επίσης, υπάρχουν καταγραφές παρατηρήσεων που οδηγούν σε συμπεράσματα, όπως για παράδειγμα όταν από παρατηρήσεις, μετρήσεις και καταγραφές καταλήγουμε στη σχέση που συνδέει τις παραμέτρους από τις οποίες εξαρτάται μια αντίσταση (σελ. 75), ή όταν «ο Joule απέδειξε πειραματικά τη ... σχέση, που εκφράζει το νόμο του Joule, ο οποίος διατυπώνεται ως εξής...» (σελ. 93). Η διαφοροποίηση παρατήρησης και συμπεράσματος (X2), όμως, δεν διακρίνεται με σαφήνεια. Σχετικά με το αβέβαιο (X5) χαρακτηριστικό, υπάρχουν ιστορικές αναφορές που αναδεικνύουν τη συνεισφορά επιστημόνων στην εξέλιξη της επιστημονικής γνώσης, π.χ. του Hans Christian Oersted (σελ.13) ή του Benjamin Franklin (σελ.58-59).

Τα κεφάλαια 3 & 4 περιλαμβάνουν τη σύγχρονη φυσική των αρχών του 20ού αιώνα, οπότε ακόμα και η απλή ιστορική αναφορά τους αποτελεί καταγραφή του αβέβαιου (X5) και του υποκειμενικού (X4) χαρακτηριστικού. Το βιβλίο είναι καλογραμμένο ως προς το εμπειρικό (X1) χαρακτηριστικό, που αναδεικνύεται με σαφήνεια, μερικώς εμπειριστατωμένο ως προς το αβέβαιο (X5) για την εξέλιξη της επιστημονικής γνώσης, ενώ, τέλος, το συμπερασματικό (X2) και το υποκειμενικό (X4) χαρακτηριστικό δεν φαίνονται με σαφήνεια.

Βαθμολογία με ρουμπρίκα		
(X1) Εμπειρικό 3	(X2) Διαφορά παρατήρησης– συμπεράσματος 1	(X3) Δημιουργικό 0
(X4) Υποκ/Αντικ. 1	(X5) Αβέβαιο 2	(X6) Πολιτισμικό 0
(X7) Διαφορά Θεωρίας – Νόμου 0	ΣΥΝΟΛΟ 7/21	

6.3.2.2γ΄ Βιβλία Χημείας

Βιβλίο Α΄ Λυκείου

Το μάθημα διδάσκεται 2 ώρες την εβδομάδα. Αναλύθηκαν τα κεφάλαια 1 – 4 που αποτελούν τη διδακτέα και εξεταστέα ύλη.

Όπως και στο Γυμνάσιο, δίνεται έμφαση στη σύνδεση της Χημείας με την καθημερινότητα και την κοινωνία, με τη βελτίωση της ποιότητας ζωής του ανθρώπου, αλλά δεν αναφέρεται το αντίστροφο, δηλαδή το πόσο οι κοινωνικές συνθήκες έχουν επηρεάσει την εξέλιξη της Χημείας, οπότε δεν καταγράφεται ως το πολιτισμικό (X6) χαρακτηριστικό.

Το αβέβαιο (X5) χαρακτηριστικό είναι αυτό που παρουσιάζεται με σαφήνεια και συνέπεια στο βιβλίο: για παράδειγμα, από την εισαγωγή (σελ. 3) γίνεται λόγος για τη διαρκή εξέλιξη «της γλώσσας της Χημείας και των γενικότερων συμβολισμών, έτσι

ώστε να κωδικοποιούν το μέγιστο δυνατό είδος πληροφοριών με τρόπο εύληπτο και πειθαρχημένο», συνεχίζει με την εξέλιξη των μοντέλων για τη δομή του ατόμου από το Δημόκριτο και τον Dalton ως τον Sommerfeld (σελ. 12-13 και 23), την ιστορία δημιουργίας του περιοδικού πίνακα (σελ. 41) και το πώς η δουλειά του ενός επιστήμονα καθοδήγησε τη δουλειά του επόμενου (σελ. 47-48) μέχρι το παράρτημα (σελ. 131) με τίτλο «Αυτοί που χάραξαν το δρόμο της Χημείας».

Μέσα από τα παραπάνω παραδείγματα αναδεικνύονται και άλλα χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε., που παρουσιάζονται λιγότερο εμπειριστατωμένα, όπως το εμπειρικό (X1), με τις περιγραφές των παρατηρήσεων που ώθησαν τους επιστήμονες να προχωρήσουν σε νέα συμπεράσματα, όπως π.χ. «τα τελευταία χρόνια εξαιρετές πειραματικές τεχνικές μας έχουν προσφέρει ένα καταπληκτικό μεγάλο αριθμό πληροφοριών ακριβώς πάνω σε αυτά τα θέματα» (σελ. 41), ή τις παρατηρήσεις που οδήγησαν στη συγκρότηση του περιοδικού πίνακα (σελ. 47-48). Το υποκειμενικό (X4) χαρακτηριστικό παρουσιάζεται επίσης μερικώς εμπειριστατωμένα και με σαφήνεια, π.χ. στο παράρτημα της σελ. 23, όπου περιγράφεται πώς οι υποκειμενικές απόψεις τείνουν προς την αντικειμενικότητα μετά τον έλεγχο από την επιστημονική κοινότητα (και ένα καινούριο μοντέλο γίνεται το κυρίαρχο μοντέλο) και στο παράρτημα της σελ. 131 («Αυτοί που χάραξαν το δρόμο της Χημείας»).

Το συμπερασματικό (X2) χαρακτηριστικό εμφανίζεται μεν, αλλά χωρίς σαφήνεια. Μία σαφής καταγραφή του γίνεται στη σελ. 50, όπου περιγράφει την ομαδοποίηση με βάση τα συμπεράσματα, αλλά στα περισσότερα άλλα σημεία δεν διακρίνεται άμεσα. Η δημιουργικότητα (X3) των επιστημόνων υπάρχει έμμεσα στις αναπαραστάσεις των ατομικών μοντέλων, που δεν φαίνονται με γυμνό μάτι (σελ. 11), αλλά και στο όνειρο του Mendeleev (σελ.48) «ότι πρέπει να αφήσει κενές θέσεις στον περιοδικό πίνακα για στοιχεία που μελλοντικά θα ανακαλυφθούν».

Για τους νόμους και τις θεωρίες (X7), υπάρχουν δύο σαφείς αναφορές, η μία αναφέρεται στη θεωρία: «η δουλειά της θεωρίας είναι να κατατάξει και να συστηματοποιήσει όλες αυτές τις πληροφορίες...» (σελ. 41) που είναι εν γένει σωστό, αλλά δεν δηλώνεται ρητά ως ορισμός, και η άλλη στο νόμο: «η υπόθεση Avogadro ξεκίνησε σαν μια υπόθεση η οποία σήμερα έχει ισχύ νόμου (αρχής). Με βάση αυτή την υπόθεση ο Avogadro απέδειξε για πρώτη φορά τη διαφορά μεταξύ ατόμων και μορίων» (σελ. 108). Εδώ η λέξη «νόμος» δεν χρησιμοποιείται σωστά και δημιουργούνται παρανοήσεις.

Βαθμολογία με ρουμπρίκα			
(X1) Εμπειρικό	2	(X2) Διαφορά παρατήρησης– συμπεράσματος	(X3) Δημιουργικό 1
(X4)Υποκ/Αντικ.	2	(X5) Αβέβαιο	3
(X6) Πολιτισμικό	0	(X7) Διαφορά Θεωρίας – Νόμου	-2
ΣΥΝΟΛΟ 7/21			

Βιβλίο Β΄ Λυκείου

Το μάθημα διδάσκεται 2 ώρες την εβδομάδα. Η ύλη του βιβλίου αφορά στην Οργανική Χημεία. Ένας από τους βασικούς στόχους είναι η σύνδεση της επιστημονικής γνώσης με την καθημερινότητα και τις εφαρμογές της Βιομηχανικής Οργανικής Χημείας, το οποίο βέβαια είναι μονόπλευρη απεικόνιση του πολιτισμικού χαρακτηριστικού. Όμως, στην εισαγωγή του 2^{ου} κεφαλαίου (σελ. 31) υπάρχει ένα άρθρο με τίτλο «Ο σύγχρονος

πολιτισμός – βιομηχανική επανάσταση και καύσιμα», στο οποίο αντιπροσωπεύεται σωστά το πολιτισμικό (X6) χαρακτηριστικό.

Οι μαθητές ασχολούνται με ταυτοποιήσεις ουσιών μελετώντας πειραματικές παρατηρήσεις, κάτι που απεικονίζει το εμπειρικό (X1) και το συμπερασματικό (X2) χαρακτηριστικό. Το δεύτερο δεν παρουσιάζεται με απόλυτη σαφήνεια και είναι στην ευχέρεια του εκπαιδευτικού να τονίσει τη σπουδαιότητά του. Αναφορές για το αβέβαιο (X5) χαρακτηριστικό υπάρχουν διάχυτες στο βιβλίο, π.χ. στη σελ. 58 «Σήμερα, σύμφωνα με νεότερες αντιλήψεις θεωρούμε ότι τα άτομα του άνθρακα του βενζολίου συνδέονται μεταξύ τους ανά δύο με τον ίδιο τρόπο...» ή στη σελ. 91 ότι οι καινούριες παρατηρήσεις οδηγούν διαρκώς σε νέα συμπεράσματα.

Βαθμολογία με ρουμπρίκα		
(X1) Εμπειρικό	2	(X2) Διαφορά παρατήρησης– συμπεράσματος
(X4) Υποκ/Αντικ.	0	(X5) Αβέβαιο
(X7) Διαφορά Θεωρίας – Νόμου	0	(X6) Πολιτισμικό
ΣΥΝΟΛΟ 7/21		

6.3.2.2δ' Γενικά συμπεράσματα για τα βιβλία του Λυκείου

Από τα παραπάνω, προκύπτει ότι, εκτός από το βιβλίο της Βιολογίας, τα άλλα βιβλία δίνουν αφορμές στον εκπαιδευτικό να αναφερθεί στα χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε., αρκεί βεβαίως να γνωρίζει και να επιθυμεί να το κάνει.

6.3.2.3 Γενικά συμπεράσματα για όλα τα βιβλία

Στον Πίνακα 6.2 δείχνεται η βαθμολογία των βιβλίων για κάθε χαρακτηριστικό της φύσης των Φ.Ε.

	Γυμνάσιο								Λύκειο					
	Βιολογία Α'	Βιολογία Γ'	Φυσική Α'	Φυσική Β'	Φυσική Γ'	Χημεία Β'	Χημεία Γ'	$\frac{\text{έθροισμα βιβλίων}}{\text{βιβλία}}$	Βιολογία Α'	Φυσική Α'	Φυσική Β'	Χημεία Α'	Χημεία Β'	$\frac{\text{έθροισμα βιβλίων}}{\text{βιβλία}}$
(X1) Εμπειρικό	1	0	2	3	3	3	1	$\frac{13}{7}$	0	3	3	2	2	$\frac{10}{5}$
(X2) Παρατήρηση ≠ Συμπεράσματος	0	1	2	2	2	2	1	$\frac{10}{7}$	0	1	1	1	1	$\frac{4}{5}$
(X3) Δημιουργικό	1	0	0	0	0	1	1	$\frac{3}{7}$	0	0	0	1	0	$\frac{1}{5}$
(X4) Υποκειμενικό /Αντικειμενικό	0	0	1	0	0	2	1	$\frac{4}{7}$	0	0	1	2	0	$\frac{3}{5}$
(X5) Αβέβαιο	1	1	1	-1	-1	2	1	$\frac{4}{7}$	0	2	2	3	2	$\frac{9}{5}$
(X6) Πολιτισμικό	0	0	1	0	0	3	2	$\frac{6}{7}$	0	0	0	0	2	$\frac{2}{5}$

(X7) Διαφορά Θεωρίας-Νόμου	0	0	0	-3	-1	0	0	$-\frac{4}{7}$	0	0	0	-2	0	$-\frac{2}{5}$
	$\frac{3}{21}$	$\frac{2}{21}$	$\frac{7}{21}$	$\frac{1}{21}$	$\frac{3}{21}$	$\frac{13}{21}$	$\frac{7}{21}$		$\frac{0}{21}$	$\frac{6}{21}$	$\frac{7}{21}$	$\frac{7}{21}$	$\frac{7}{21}$	

Πίνακας 6.2: Συγκεντρωτικός πίνακας βαθμολογίας βιβλίων για κάθε ένα χαρακτηριστικό της φύσης της γνώσης των Φ.Ε.

Από τον Πίνακα 6.2 προκύπτει ότι:

- 1) Εκτός από το βιβλίο της Βιολογίας, υπάρχουν αφορμές για τον εκπαιδευτικό να αναφερθεί στα χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε., αρκεί βεβαίως να τα γνωρίζει και να επιθυμεί να το κάνει
- 2) Τις μεγαλύτερες βαθμολογίες συγκεντρώνουν το εμπειρικό (X1) χαρακτηριστικό στα βιβλία του Γυμνασίου και του Λυκείου, το συμπερασματικό (X2) στα βιβλία του Γυμνασίου και το αβέβαιο (X5) στα βιβλία του Λυκείου. Τη μικρότερη βαθμολογία συγκεντρώνει το δημιουργικό (X3) χαρακτηριστικό στο Γυμνάσιο και το Λύκειο και το πολιτισμικό (X6) στο Λύκειο, ενώ αρνητική βαθμολογείται η παρουσίαση της διαφοράς της Θεωρίας από το Νόμο (X7).
- 3) Στη Βιολογία, τα συμπεράσματά μας συμφωνούν με αυτά έρευνας του Kamourakis (2017), που υποστηρίζει ότι τόσο στα βιβλία όσο και στο Πρόγραμμα Σπουδών υπάρχουν αφορμές, ορισμένες μάλιστα ιδιαίτερα έμμεσες, ώστε ο εκπαιδευτικός που γνωρίζει να ενσωματώσει τα χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. στο μάθημα. Ο Kamourakis θέτει το ερώτημα που θα απασχολήσει και εμάς στη συνέχεια, κατά πόσο οι εκπαιδευτικοί γνωρίζουν τα χαρακτηριστικά της γνώσης των Φ.Ε..

Πάντως, ανεξάρτητα από τη βαθμολογία των βιβλίων, επισημαίνεται για άλλη μια φορά ότι σε κανένα σημείο των βιβλίων δεν αναφέρεται η φράση «φύση της γνώσης των Φ.Ε.», και επίσης τα περισσότερα σημεία που αγγίζουν χαρακτηριστικά της γνώσης των Φ.Ε. βρίσκονται στις εισαγωγές ή στα παραρτήματα των βιβλίων τα οποία δεν περιλαμβάνονται στην εξεταστέα ύλη οπότε, για αυτό το λόγο, υπάρχει και μεγάλη πιθανότητα να μην διδάσκονται.

6.4 Τι γνωρίζουν οι εκπαιδευτικοί από τα χαρακτηριστικά της γνώσης των Φ.Ε., και ποια από αυτά διδάσκουν.

Με στόχο να απαντηθούν τα παραπάνω δόθηκε σε 50 εκπαιδευτικούς ΠΕ.04 από το Νομό Θεσσαλονίκης το ερωτηματολόγιο VNOS-D+ (Lederman et al. 2002)³², προς συμπλήρωση και λήφθηκαν συνεντεύξεις από 10 από αυτούς.

6.4.1 Ανάλυση του ερωτηματολογίου VNOS εκπαιδευτικών

6.4.1.1 Παρουσίαση του ερωτηματολογίου

Πέραν των Προγραμμάτων Σπουδών και του περιεχομένου των βιβλίων ο εκπαιδευτικός έχει την ευχέρεια να δώσει στο μάθημά του το χαρακτήρα και προσανατολισμό που ο ίδιος επιθυμεί. Ένα ενδιαφέρον ερώτημα, επομένως, είναι το κατά πόσον οι εκπαιδευτικοί γνωρίζουν τα χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των

³² <https://www.physport.org/assessments/assessment.cfm?A=VNOS>

Φ.Ε., κάτι το οποίο είναι αναγκαία, όχι όμως και ικανή, προϋπόθεση (Abd-El-Khalick & Lederman, 2000; Reid-Smith, J.-A., 2013, p. 40) για να τα διδάξει αν θελήσει. Προκειμένου να μελετηθεί το παραπάνω ερώτημα, δόθηκε σε 50 εκπαιδευτικούς ΠΕ.04 το διεθνώς αξιολογημένο ερωτηματολόγιο VNOS-D+ (Lederman et al, 2002). Η σειρά ερωτηματολογίων VNOS ξεκίνησε από το 1990 και κάθε διαφορετική εκδοχή του είναι είτε βελτιωμένη σε σχέση με την προηγούμενη – κατά τα κριτήρια των δημιουργών του, είτε απευθύνεται σε διαφορετική ηλικιακή ομάδα/ειδικότητα και έχει χρησιμοποιηθεί σε πληθώρα ερευνών (βλέπε παράγραφο 6.4.1.1). Κατόπιν συζήτησης με τους δημιουργούς, καταλήξαμε στην επιλογή του VNOS-D+ ως της πιο σύγχρονης και αξιόπιστης μορφής του ερωτηματολογίου. Μεταφράστηκε από την ερευνήτρια και ελέγχτηκε από ευρύτερη ομάδα ερευνητών.

Το ερωτηματολόγιο VNOS-D+ (από τα αρχικά των Views of Nature of Science) αποτελείται από 10 ανοικτού τύπου ερωτήσεις, η κάθε μια από τις οποίες ερευνά άμεσα ή έμμεσα την κατοχή της γνώσης ενός ή και περισσοτέρων από τα χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε.. Με τον όρο «έμμεσα» εννοείται ότι από τη συγκεκριμένη ερώτηση, η απάντηση που θα δώσει ο ερωτώμενος μπορεί να κατευθυνθεί προς εκείνο το χαρακτηριστικό (Lederman et al, 2014). Κάθε μια από τις ερωτήσεις, περιλαμβάνει ένα ερώτημα, εκτός από την ερώτηση 4 που περιλαμβάνει 4 υπο-ερωτήματα

Κατά τις οδηγίες των δημιουργών του ερωτηματολογίου³³ τα χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. ανιχνεύονται με τις διάφορες ερωτήσεις όπως παρουσιάζεται στον Πίνακα 6.3:

Χαρακτηριστικό της φύσης των Φ.Ε.	Ερωτήσεις
(X1) Εμπειρικό	4δ και έμμεσα 2
(X2) Διαφορά παρατήρησης - συμπεράσματος	4α, 4β, 4γ, 5, 6 και έμμεσα 3
(X3) Δημιουργικό	7 και έμμεσα 2
(X4) Υποκειμενικό/Αντικειμενικό	4γ, 7 και έμμεσα 1, 2, 3
(X5) Αβέβαιο	3, 4β, 5, 9 και έμμεσα 1
(X6) Πολιτισμικό	10
(X7) Διαφορά θεωρίας – νόμου	8

Πίνακας 6.3: Ερωτήσεις του ερωτηματολογίου VNOS-D+ με τις οποίες ανιχνεύονται τα διάφορα χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε.

6.4.1.2 Δείγμα της έρευνας

Το δείγμα αποτελείται από 50 εκπαιδευτικούς ΠΕ.04 που διδάσκουν σε Δημόσια και Ιδιωτικά σχολεία του Νομού Θεσσαλονίκης. Συγκεκριμένα είναι 18 άντρες και 32 γυναίκες, από τους οποίους οι 32 είναι Φυσικοί, οι 3 Γεωλόγοι, οι 6 Βιολόγοι και οι 9 Χημικοί. Το αν διδάσκουν σε Γυμνάσιο ή Λύκειο δεν μπορεί να καθοριστεί γιατί αυτό μεταβάλλεται κάθε χρόνο. Όλοι εκτός από έναν είναι μόνιμοι εκπαιδευτικοί, ηλικίας από 35 έως 60 ετών, με το μέσο όρο να είναι περίπου στα 50. Για να έχουν μόνιμη θέση στη Θεσσαλονίκη έχουν είτε πολλά χρόνια υπηρεσίας είτε υψηλά ακαδημαϊκά προσόντα (Μεταπτυχιακό ή και Διδακτορικό).

³³ <https://www.physport.org/assessments/assessment.cfm?A=VNOS>

Οι παραπάνω εκπαιδευτικοί είχαν δηλώσει την επιθυμία τους να συμμετέχουν σε πρόγραμμα επιμόρφωσης για τη διδασκαλία της φύσης της γνώσης των Φ.Ε.. Κλήθηκαν πριν την πρώτη συνάντηση του προγράμματος, που πραγματοποιήθηκε στις 17 Απριλίου 2018, να συμπληρώσουν το ερωτηματολόγιο. Το συμπλήρωσαν ηλεκτρονικά στο σπίτι τους και το έστειλαν στους διοργανωτές του προγράμματος μέσω ηλεκτρονικού ταχυδρομείου. Συνολικά συγκεντρώθηκαν 50 ερωτηματολόγια.

6.4.1.3 Τρόπος βαθμολόγησης του ερωτηματολογίου

Τα ερωτηματολόγια βαθμολογήθηκαν δύο φορές από την ερευνήτρια, μετά από επιμόρφωση από τους δημιουργούς του ερωτηματολογίου, με διαφορά 4 μηνών μεταξύ τους και ταυτόχρονα η ερευνήτρια εκπαίδευσε άλλα δύο άτομα στη βαθμολόγησή τους. Τα τρία άτομα συναντήθηκαν, συζήτησαν και απέδωσαν την τελική βαθμολογία με ποσοστό συμφωνίας 91%.

Κάθε ερώτηση βαθμολογείται με 4 κλίμακες:

- N-naïve, απλοϊκή: όταν η απάντηση δείχνει ότι ο εκπαιδευτικός έχει διαστρεβλωμένη άποψη για το συγκεκριμένο χαρακτηριστικό της φύσης της γνώσης των Φ.Ε.
- M-mixed, μεταβατική: όταν η απάντηση δείχνει ότι ο εκπαιδευτικός γνωρίζει κάποια στοιχεία για το συγκεκριμένο χαρακτηριστικό της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. αλλά όχι επαρκώς
- I-Informed, εμπειρισταωμένη: όταν η απάντηση δείχνει ότι ο εκπαιδευτικός έχει εμπειρισταωμένη και επαρκή άποψη για το συγκεκριμένο χαρακτηριστικό της φύσης της γνώσης των Φ.Ε.
- I⁺, super informed, ιδιαίτερα εμπειρισταωμένη: όταν η απάντηση που έχει γράψει ο εκπαιδευτικός είναι τεκμηριωμένη, καλά διατυπωμένη και θα μπορούσε να δοθεί ως υποδειγματικά σωστή απάντηση για την ερώτηση
- U-unanswered, αναπάντητη: για ερωτήσεις που οι εκπαιδευτικοί δεν έχουν απαντήσει

Διευκρινίζεται ότι η διαφορά ανάμεσα στις εμπειρισταωμένες απαντήσεις (I) και στις ιδιαίτερα εμπειρισταωμένες (I⁺) είναι το λεξιλόγιο που χρησιμοποιείται στις δεύτερες (π.χ. ύπαρξη κάποιων λέξεων-κλειδιών), η ύπαρξη κάποιου παραδείγματος ή απλά η πιο αναλυτική περιγραφή σε σχέση με τις εμπειρισταωμένες. Προφανώς οι δύο κατηγορίες περιλαμβάνουν σωστές απαντήσεις.

Η βαθμολόγηση γίνεται ως εξής:

Ο κάθε ερευνητής ανεξάρτητα βαθμολογεί όλα τα ερωτηματολόγια αποδίδοντας σε κάθε χαρακτηριστικό της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. που εξετάζει η κάθε ερώτηση έναν από τους παραπάνω χαρακτηρισμούς. Υπάρχουν μόνο δύο ερωτήσεις, η 8 και η 10, που εξετάζουν ένα μόνο χαρακτηριστικό (της διαφοράς θεωρίας-νόμων (X7) και της πολιτισμικής αλληλεπίδρασης (X6) αντίστοιχα) και ταυτόχρονα είναι και οι μοναδικές που ελέγχουν αυτό το χαρακτηριστικό, οπότε η βαθμολογία σε αυτές τις δύο ερωτήσεις είναι η βαθμολογία του κάθε ερευνητή για αυτό το χαρακτηριστικό της φύσης της γνώσης των Φ.Ε.. Για τα υπόλοιπα χαρακτηριστικά, που η απάντηση προκύπτει από περισσότερες της μιας ερωτήσεις, η κάθε ερώτηση βαθμολογείται ξεχωριστά ως προς αυτό το χαρακτηριστικό και στο τέλος ο ερευνητής αποφασίζει για μία μοναδική βαθμολόγηση του χαρακτηριστικού. Η τελική βαθμολόγηση είναι στην κρίση του κάθε ερευνητή χωρίς να υπάρχει ιδιαίτερος κανόνας. Σχετικά με τα

χαρακτηριστικά που μελετώνται έμμεσα σε ορισμένες ερωτήσεις, θα μπορούσε η απάντηση του ερωτώμενου να αφορά το αντίστοιχο χαρακτηριστικό της φύσης της γνώσης των Φ.Ε., αλλά δεν θεωρείται «παράπτωμα» το αντίθετο. Αντίθετα, αν η απάντηση υποδηλώνει π.χ. μια απλοϊκή εικόνα για τη φύση της γνώσης των Φ.Ε., αυτό θα μετρήσει προς το χαρακτηρισμό της απάντησης ως «απλοϊκή». Σημαντικό είναι να αναφερθεί ότι η ανάγνωση των ερωτήσεων πρέπει να γίνει με μεγάλη προσοχή και ο εκάστοτε ερευνητής να διαβάσει «και ανάμεσα από τις γραμμές», προσπαθώντας να καταλάβει τι εννοεί ο ερωτώμενος με αυτά που γράφει. Ουσιαστικά, γίνεται προσπάθεια να δημιουργηθεί ένα «προφίλ» του κάθε ερωτώμενου ως προς τη γνώση του για κάθε χαρακτηριστικό. Σημειώνεται ότι π.χ. ο χαρακτηρισμός I^+ ως προς ένα X χαρακτηριστικό σε μια ερώτηση δεν συνεπάγεται και τελικό χαρακτηρισμό για το X χαρακτηριστικό (εκτός αν αυτό ελέγχεται μόνο με αυτή την ερώτηση), αν σε μια άλλη ερώτηση που επίσης εξετάζεται το X χαρακτηριστικό οι απαντήσεις είναι απλοϊκές: ενδέχεται η τελική βαθμολόγηση να είναι «N» ή «M», ανάλογα με τον τρόπο έκφρασης και διατύπωσης των απαντήσεων.

Επιπλέον, για τη δημιουργία του «προφίλ» των ερωτώμενων, διενεργήθηκαν από την ερευνήτρια συνεντεύξεις με το 20% των συμμετεχόντων, όπως δίνεται ως οδηγία από τους δημιουργούς του ερωτηματολογίου. Οι συνεντεύξεις έγιναν αφού η ερευνήτρια είχε βαθμολογήσει για πρώτη φορά τις απαντήσεις τους. Στις συνεντεύξεις, ο ερωτώμενος απαντούσε προφορικά στις ερωτήσεις του ερωτηματολογίου και αν η ερευνήτρια διαπίστωνε ότι εννοούσε κάτι διαφορετικό από αυτό που είχε (ή που ερευνήτρια θεώρησε ότι είχε) εκφράσει γραπτώς, άλλαζε τη βαθμολογία και το σημείωνε ως σχόλιο προς τους άλλους ερευνητές. Οι συνεντεύξεις επαναλήφθηκαν μετά τη λήξη του προγράμματος και έδωσαν επιπλέον πληροφορίες, βλ. παραγράφο 6.4.2.

Ουσιαστικά πρόκειται για μια ποιοτική έρευνα που επιδιώκει με τις βαθμολογήσεις να γίνει ποσοτική. Η εγκυρότητα και αξιοπιστία των αποτελεσμάτων επικυρώνεται από τη συζήτηση ανάμεσα τους ερευνητές, η οποία και καθορίζει τις τελικές βαθμολογίες.

6.4.1.4 Οι απαντήσεις στο ερωτηματολόγιο

Ερώτηση 1: Τι είναι οι Φυσικές Επιστήμες:

Είναι γενική ερώτηση αλλά μπορούν από αυτήν έμμεσα να βγουν συμπεράσματα, σύμφωνα με τους δημιουργούς του ερωτηματολογίου, για τα χαρακτηριστικά της υποκειμενικότητας (X4) και της αβεβαιότητας (X5) της επιστημονικής γνώσης. Περισσότερο θα χρησιμοποιηθεί από τους ερευνητές για να έχουν μια εικόνα του πώς αντιλαμβάνονται οι εκπαιδευτικοί τις Φυσικές Επιστήμες και τι ορισμό θα μπορούσαν να δώσουν για το αντικείμενό τους.

Από την ερώτηση αυτή δεν κατέστη δυνατό να εξαχθούν σημαντικές πληροφορίες καθώς οι περισσότεροι εκπαιδευτικοί αρκούνται σε μια ιδιαίτερος μικρή απάντηση. 12 από αυτούς περιορίζονται να απαντήσουν ότι οι Φυσικές Επιστήμες «μελετούν τα φυσικά φαινόμενα», 5 αναφέρουν ότι «ερμηνεύουν τη φύση», από τους οποίους οι 2 αναφέρουν ότι για αυτή την ερμηνεία χρησιμοποιούν την επιστημονική μέθοδο (σαν να θεωρούν ότι υπάρχει μόνο μία) και 18 εκπαιδευτικοί αναφέρουν ότι οι Φυσικές Επιστήμες «παρατηρούν – περιγράφουν – προβλέπουν μέσω της παρατήρησης και του πειράματος», το οποίο είναι και ο «ορισμός» που δίνουν τα

σχολικά βιβλία των περισσότερων τάξεων. Οι υπόλοιποι δίνουν μεμονωμένες απαντήσεις, όμως ενδιαφέρουσες είναι οι καταγραφές δυο εκπαιδευτικών: «οι Φ.Ε. μελετούν τους κανόνες με τους οποίους είναι φτιαγμένος ο κόσμος» και «μελετούν την αποδεδειγμένη γνώση», το οποίο δείχνει μη εμπεριστατωμένη γνώση για το αβέβαιο (X5) χαρακτηριστικό της επιστημονικής γνώσης.

Η ερώτηση αυτή τελικά δεν χρησιμοποιήθηκε στη βαθμολόγηση των χαρακτηριστικών, γιατί δεν θα έβγαζε ασφαλή συμπεράσματα.

Ερώτηση 2: Τι είναι αυτό που κάνει τις Φυσικές Επιστήμες (ή έναν κλάδο τους, όπως η Φυσική, η Βιολογία, κλπ) διαφορετικό από άλλους κλάδους, όπως η Τέχνη, η Ιστορία, η Φιλοσοφία, κλπ:

Είναι ακόμα μία γενική ερώτηση, με την οποία έμμεσα μπορεί να συλλεχθούν στοιχεία για τρία από τα χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε.: το εμπειρικό (X1), το δημιουργικό (X3) και το υποκειμενικό (X4).

Οι περισσότεροι από τους ερωτηθέντες δίνουν ιδιαίτερα σύντομες απαντήσεις και τελικά κυρίως δίνουν πληροφορίες για το εμπειρικό (X1) χαρακτηριστικό της επιστημονικής γνώσης, καθώς 20 δεν αναφέρουν τίποτα που να μπορεί να συνδεθεί με το δημιουργικό (X3) και 17 δεν αναφέρουν τίποτα για το υποκειμενικό (X4) χαρακτηριστικό.

27 από τους 50 εκπαιδευτικούς απαντάνε ότι αυτό που διαχωρίζει τις Φυσικές Επιστήμες από τους υπόλοιπους κλάδους είναι το πείραμα, δείχνοντας να αγνοούν ότι και οι κοινωνικές επιστήμες διεξάγουν πειράματα, με τα δικά τους ιδιαίτερα χαρακτηριστικά. 7 εκπαιδευτικοί απαντάνε ότι οι Φυσικές Επιστήμες χρησιμοποιούν τη (μία) Επιστημονική Μέθοδο και άλλοι 7 ότι οι Φυσικές Επιστήμες δεν έχουν καμία σχέση με την Τέχνη ή τη Φιλοσοφία. 2 εκπαιδευτικοί απαντάνε ότι μέσω των Φυσικών Επιστημών προσπαθούμε να ανακαλύψουμε πώς λειτουργεί ο κόσμος που μας περιβάλλει. Γενικά φαίνονται σαν να αντιγράφουν τα σχολικά εγχειρίδια, καθώς δίνουν απαντήσεις σαν αυτές που διαχρονικά είναι γραμμένες σε αυτά.

Μία ενδιαφέρουσα απάντηση είναι η εξής: «Οι Φ.Ε. συνδέονται με τη λογική, την αντικειμενικότητα, την αυστηρότητα μιας λύσης και επίσης με την αλήθεια ενός πειράματος. Αντίθετα, η τέχνη και η ιστορία κάνουν χρήση της φαντασίας, της ελευθερίας της έκφρασης και της υποκειμενικότητας». Η απάντηση βαθμολογήθηκε με Ι για το εμπειρικό (X1) χαρακτηριστικό, και Ν για το δημιουργικό (X3) και το υποκειμενικό (X4).

Στην ερώτηση αυτή οι βαθμολογίες είναι: Για το εμπειρικό (X1) χαρακτηριστικό 38 δίνουν εμπεριστατωμένες απαντήσεις, κανένας ιδιαίτερα εμπεριστατωμένες, 5 μεταβατικές, 1 απλοϊκή και 6 δεν απαντούν. Για το δημιουργικό χαρακτηριστικό (X3), 2 δίνουν εμπεριστατωμένες απαντήσεις, κανένας ιδιαίτερα εμπεριστατωμένη, 1 μεταβατική, 27 απλοϊκή και σε 20 άτομα οι απαντήσεις τους δεν συνδέονται με τη δημιουργικότητα. Για το υποκειμενικό (X4) χαρακτηριστικό, 17 δεν το περιλαμβάνουν, 1 δίνει απλοϊκή απάντηση, 30 μεταβατική και 2 εμπεριστατωμένη.

Ερώτηση 3: Οι επιστήμονες παράγουν την επιστημονική γνώση. Πιστεύετε ότι αυτή η γνώση μπορεί να μεταβληθεί στο μέλλον; Εξηγήστε την απάντησή σας και δώστε ένα παράδειγμα.

Με την ερώτηση αυτή μπορεί να συλλεχθούν άμεσα στοιχεία για το αβέβαιο (X5) χαρακτηριστικό της επιστημονικής γνώσης και έμμεσα στοιχεία για το συμπερασματικό (X2) και το υποκειμενικό (X4) χαρακτηριστικό της.

Το χαρακτηριστικό της αβεβαιότητας της γνώσης των Φ.Ε. οι εκπαιδευτικοί το γνωρίζουν καλά και τα παραδείγματα που χρησιμοποιούν να είναι ιδιαίτερα εύστοχα: 6 εκπαιδευτικοί χρησιμοποιούν την αλλαγή των ατομικών μοντέλων, 10 την αλλαγή μοντέλου της βαρύτητας από το Νεύτωνα στον Einstein, 3 αναφέρουν ότι η ταχύτητα του φωτός, που τώρα θεωρείται σταθερή μπορεί να αποδειχθεί στο μέλλον ότι δεν είναι, άλλοι 3 τη μετάβαση από το ηλιοκεντρικό στο γεωκεντρικό σύστημα, 3 τη θεωρία της εξέλιξης του Δαρβίνου, ενώ 8 κάνουν λόγο για τη βοήθεια της τεχνολογίας στην εξέλιξη των επιστημονικών ανακαλύψεων. Τέλος, ένας εκπαιδευτικός αναφέρει το πείραμα Michelson – Morley, ενώ γίνεται μία αναφορά στο έργο του Kuhn για την αλλαγή παραδείγματος. Συγκεκριμένα, 35 δίνουν εμπειριστατωμένες απαντήσεις, 3 ιδιαίτερα εμπειριστατωμένες, 2 μεταβατικές και 10 δεν αναφέρουν στην απάντησή τους κάτι για το αβέβαιο (X5) χαρακτηριστικό. Κανένας δεν δίνει απλοϊκή απάντηση.

Όμως, οι εκπαιδευτικοί δεν είναι εξίσου επιτυχείς στα άλλα δύο χαρακτηριστικά που εξετάζονται έμμεσα: έτσι, από τους 50 οι 24 δεν περιλαμβάνουν στην απάντησή τους το συμπερασματικό (X2) χαρακτηριστικό (από τους υπόλοιπους, οι 17 δίνουν εμπειριστατωμένες και οι 9 μεταβατικές απαντήσεις) και οι 48 το υποκειμενικό (X4), άρα μόνο δύο το αναφέρουν οι οποίοι και έδωσαν απάντηση που χαρακτηρίστηκε ως μεταβατική).

Ερώτηση 4α: Πώς οι επιστήμονες ξέρουν ότι οι δεινόσαυροι πράγματι υπήρξαν; Εξηγήστε την απάντησή σας.

Η ερώτηση αφορά άμεσα το συμπερασματικό (X2) χαρακτηριστικό της γνώσης των Φ.Ε..

48 από τους 50 εκπαιδευτικούς αναφέρουν τα απολιθώματα, τους σκελετούς και τα ίχνη που έχουν βρεθεί και οι υπόλοιποι 2 χρησιμοποιούν τη λέξη «ευρήματα», που είναι γενικότερη, ενώ 2 εκπαιδευτικοί αναφέρουν τη σύγκριση με σύγχρονους οργανισμούς.

Μία σωστή απάντηση – πρότυπο (i+) είναι η εξής: «Η γνώση για την ύπαρξη των δεινοσαύρων προέρχεται τόσο έμμεσα, από υποθέσεις που προκύπτουν από λογικό συλλογισμό και συσχετίσεις υπαρκτών σχετικών επιστημονικών δεδομένων, όσο και άμεσα, από μελέτη και ανάλυση δεδομένων όπως τα απολιθώματα, οι σκελετοί και οι αναπαραστάσεις σε σπήλαια». Οι βαθμολογίες είναι: 1 δίνει απλοϊκή απάντηση, 13 μεταβατική (ως τέτοιες θεωρήθηκαν όλες οι μονολεκτικές), 33 εμπειριστατωμένη και 3 ιδιαίτερα εμπειριστατωμένη.

Ερώτηση 4β: Πόσο σίγουροι πιστεύετε ότι είναι οι επιστήμονες για το πώς έμοιαζαν οι δεινόσαυροι; Εξηγήστε την απάντησή σας.

Η ερώτηση αφορά άμεσα το συμπερασματικό (X2) και το αβέβαιο (X5) χαρακτηριστικό της γνώσης των Φ.Ε.. Για το συμπερασματικό (X2) χαρακτηριστικό 33 εκπαιδευτικοί δίνουν εμπειριστατωμένες απαντήσεις, 6 ιδιαίτερα εμπειριστατωμένες, 5 μεταβατικές, 5 απλοϊκές και 1 η απάντηση δεν σχετίζεται με το συμπερασματικό (X2) χαρακτηριστικό. Για το αβέβαιο (X5) χαρακτηριστικό, 17 δίνουν εμπειριστατωμένες απαντήσεις και 3 ιδιαίτερα εμπειριστατωμένες. Μια από αυτές είναι η εξής: «Μέσα από

τα ανατομικά χαρακτηριστικά των απολιθωμάτων που έχουν βρεθεί, και με τη χρήση επιπλέον προσομοιώσεων, μπορούν να κάνουν εκτίμηση για το πώς έμοιαζαν οι δεινόσαυροι. Σε καμία περίπτωση όμως δεν μιλάμε με απόλυτη σιγουριά». Όμως, 22 εκπαιδευτικοί δεν περιλαμβάνουν στην απάντησή τους πληροφορίες που να μπορούν να σχετιστούν με αυτό, 6 δίνουν μεταβατικές απαντήσεις και 2 απλοϊκές, οι οποίοι πιστεύουν ότι οι επιστήμονες είναι πολύ σίγουροι για το πώς έμοιαζαν οι δεινόσαυροι π.χ.: «πολύ σίγουροι, λόγω προγραμμάτων προσομοιώσεων σε υπολογιστή».

Ερώτηση 4γ: Οι επιστήμονες συμφωνούν ότι πριν από 65 δισεκατομμύρια χρόνια οι δεινόσαυροι εξαφανίστηκαν. Παρόλα αυτά, διαφωνούν για την αιτία που προκάλεσε αυτή την εξαφάνιση. Γιατί πιστεύετε ότι διαφωνούν, αν και έχουν πρόσβαση στις ίδιες πληροφορίες;

Η ερώτηση αφορά άμεσα το συμπερασματικό (X2) και το υποκειμενικό (X4) χαρακτηριστικό της φύσης της γνώσης των Φ.Ε.. Για το συμπερασματικό (X2) χαρακτηριστικό 21 άτομα δίνουν εμπειριστατωμένες απαντήσεις, 2 ιδιαίτερα εμπειριστατωμένες, 7 μεταβατικές, 4 απλοϊκές και 16 δεν σχετίζουν την ερώτηση με αυτό. Για το υποκειμενικό (X4) χαρακτηριστικό 14 άτομα δίνουν εμπειριστατωμένες απαντήσεις και 11 ιδιαίτερα εμπειριστατωμένες, 11 μεταβατικές, 10 απλοϊκές και 4 δεν σχετίζουν τις απαντήσεις τους με αυτό. 6 άτομα αναφέρουν τη φράση «η σκοπιά του κάθε επιστήμονα με βάση την ειδικότητά του». Όλες αυτές οι απαντήσεις αξιολογήθηκαν ως i+, π.χ.: «Ο κάθε επιστήμονας ερμηνεύει τις πληροφορίες που του δίνονται με το δικό του τρόπο, λόγω του επιστημονικού του υποβάθρου και της προσωπικής του μελέτης». Η «...ένας χημικός ή βιολόγος θα επικεντρωθούν περισσότερο στις περιβαλλοντικές μεταβολές, ενώ ένας γεωλόγος στις ηφαιστειακές εκρήξεις, σύγκρουση με αστεροειδή...»

Ερώτηση 4δ: Αν ένας επιστήμονας επιθυμεί να πείσει τους συναδέλφους του για τη θεωρία του πάνω στην εξαφάνιση των δεινοσαύρων, τι πιστεύετε ότι χρειάζεται να κάνει για να τους πείσει; Εξηγήστε την απάντησή σας.

Η ερώτηση αφορά άμεσα στο εμπειρικό (X1) χαρακτηριστικό της γνώσης των Φ.Ε.. 24 εκπαιδευτικοί δίνουν εμπειριστατωμένες απαντήσεις και 5 ιδιαίτερα εμπειριστατωμένες. Μια από αυτές είναι η εξής: «Να παρουσιάσει τη θεωρία του και να συνδέσει με αυτήν τα διάφορα ευρήματα – αποδεικτικά στοιχεία, εξηγώντας πώς μπορούν να τη στηρίξουν». Μία ακόμα: «Σε οποιαδήποτε έρευνα, εκτός από την προσωπική ανάγκη και φαντασία του ερευνητή για το θέμα χρειάζεται προσεκτική και αντικειμενική ανάλυση της παγκόσμιας βιβλιογραφίας, πειραματικά δεδομένα, ανάπτυξη θεωρητικού πλαισίου που να βασίζεται σε ευρήματα και επιστημονικά δεδομένα». 13 δίνουν μεταβατικές και 6 απλοϊκές. Μια απλοϊκή αναφέρει: «Πειραματική επιβεβαίωση και απόδειξη της θεωρίας του, αναβάθμιση σε νόμο» (κάτι που δείχνει και την άποψή του για νόμο και θεωρία, το οποίο αν και δεν εξετάζεται εδώ οφείλει ο ερευνητής να το λάβει υπόψη του για το αντίστοιχο χαρακτηριστικό, γιατί είναι πολύ σαφής η απλοϊκή αναφορά).

Ερώτηση 5: Προκειμένου οι μετεωρολόγοι να προβλέψουν τον καιρό, συλλέγουν διαφορετικά είδη πληροφοριών. Συχνά δημιουργούν διαφορετικά υπολογιστικά

αριθμητικά μοντέλα καιρού. (α) Πιστεύετε ότι οι μετεωρολόγοι είναι απόλυτα σίγουροι για τα υπολογιστικά αριθμητικά μοντέλα καιρού; (β) Γιατί ναι/γιατί όχι;

Η ερώτηση αφορά άμεσα στο συμπερασματικό (X2) και στο αβέβαιο (X5) χαρακτηριστικό. Σε σχέση με το συμπερασματικό (X2) χαρακτηριστικό, 24 εκπαιδευτικοί δίνουν εμπειριστατωμένες απαντήσεις, 14 μεταβατικές και 7 απλοϊκές. 5 εκπαιδευτικοί δεν αναφέρονται στο συμπερασματικό χαρακτηριστικό. Μάλιστα, 12 αναφέρουν ότι το Χάος ξεκίνησε από τη Μετεωρολογία και τις ευαίσθητες αρχικές συνθήκες που υπάρχουν σε κάθε πρόγνωση. Σε σχέση με το αβέβαιο χαρακτηριστικό, 19 δίνουν εμπειριστατωμένες απαντήσεις, αλλά ταυτόχρονα 17 δεν έχουν απαντήσει σε αυτό. 11 δίνουν μεταβατικές απαντήσεις και 3 απλοϊκές.

Ερώτηση 6: Το μοντέλο του εσωτερικού της Γης περιγράφει ότι η Γη αποτελείται από στρώματα που ονομάζονται φλοιός, άνω μανδύας, μανδύας, εξωτερικός πυρήνας και εσωτερικός πυρήνας. Αυτό το μοντέλο για τα γεωλογικά στρώματα αντιπροσωπεύει επακριβώς πώς είναι το εσωτερικό της Γης; Εξηγήστε την απάντησή σας.

Η ερώτηση αφορά άμεσα στο συμπερασματικό (X2) χαρακτηριστικό. Οι απαντήσεις όλων των εκπαιδευτικών συνδέονται αυτό. 21 έχουν δώσει εμπειριστατωμένες απαντήσεις και 6 ιδιαίτερα εμπειριστατωμένες. Μία εξ' αυτών είναι η εξής: «Αυτό το μοντέλο είναι μια προσέγγιση, αντιπροσωπεύει μια υπόθεση για το πώς μπορεί να είναι το εσωτερικό της Γης, καθώς δεν είναι δυνατόν να πραγματοποιηθούν άμεσες παρατηρήσεις και μετρήσεις σε πολύ μεγάλο βάθος, ως το κέντρο της Γης. Συμφωνεί όμως με τα μέχρι τώρα δεδομένα, όπως είναι η σεισμική και ηφαιστειακή δραστηριότητα». Από αυτές τις δυο κατηγορίες, 10 εκπαιδευτικοί χρησιμοποιούν τις λέξεις «προσέγγιση» ή «κατασκευάσμα», 11 τις φράσεις «εικασίες» και «έμμεσες παρατηρήσεις», ενώ στις 9 απλοϊκές απαντήσεις υπάρχουν οι φράσεις «είναι το αποδεκτό μοντέλο αλλά η θεωρία παραμένει επιστημονικά αδύναμη» από 2 εκπαιδευτικούς (όπου με αυτή τη φράση δείχνουν και ότι δεν έχουν κατανοήσει επαρκώς την έννοια της θεωρίας) και 7 εκπαιδευτικοί αναφέρουν ότι «τα μοντέλα είναι απλοποίηση και εξιδανίκευση», εννοώντας ότι το εσωτερικό της Γης παρουσιάζεται με τον τρόπο αυτό για εκπαιδευτικούς σκοπούς. Οι υπόλοιποι 14 δίνουν μεταβατικές απαντήσεις.

Ερώτηση 7: Οι επιστήμονες ψάχνουν να βρουν απαντήσεις στα ερωτήματά τους κάνοντας επιστημονικές έρευνες/πειράματα. Πιστεύετε ότι οι επιστήμονες χρησιμοποιούν τη φαντασία και τη δημιουργικότητά τους όταν εκτελούν τις έρευνες/πειράματα; α) αν όχι εξηγήστε γιατί, β) Αν ναι, σε ποια σημεία της έρευνας (σχεδιασμός, πειραματική διαδικασία, διαδικασία παρατηρήσεων, ανάλυση δεδομένων, ερμηνεία δεδομένων, αναφορά αποτελεσμάτων, κλπ) πιστεύετε ότι χρησιμοποιούν τη φαντασία και τη δημιουργικότητά τους; Δώστε παραδείγματα.

Η ερώτηση αφορά άμεσα στο δημιουργικό (X3) και το υποκειμενικό (X4) χαρακτηριστικό. Όλοι οι εκπαιδευτικοί δίνουν απαντήσεις που συνδέονται με το δημιουργικό χαρακτηριστικό, 12 δίνουν εμπειριστατωμένη απάντηση και 4 ιδιαίτερα εμπειριστατωμένη, όλοι αυτοί θεωρούν ότι η φαντασία και η δημιουργικότητα χρησιμοποιούνται σε όλα τα στάδια της έρευνας, 19 δίνουν μεταβατική απάντηση, θεωρούν ότι χρησιμοποιείται μόνο σε μερικά (αφαιρώντας το στάδιο της ανάλυσης των δεδομένων) και 15 δίνουν απλοϊκή απάντηση, θεωρούν ότι χρησιμοποιείται πολύ λίγο,

επειδή «δεν γίνεται αλλιώς» και κατά τη διαδικασία σύλληψης της ιδέας έρευνας. 2 από αυτούς θεωρούν ότι η φαντασία δεν έχει θέση στις επιστημονικές έρευνες. Παράδειγμα απλοϊκής απάντησης στη δημιουργικότητα: «Η αρχική σύλληψη της ιδέας για τη συγκεκριμένη κατεύθυνση έρευνας απαιτεί σε πρώτη φάση τη δημιουργικότητα και τη φαντασία, αλλά για αξιόπιστα αποτελέσματα και τη διατύπωση θεωρίας απαιτούνται τα επιστημονικά βήματα της επιστημονικής μεθόδου». Όπως φαίνεται, δεν αναφέρεται τίποτα για την υποκειμενικότητα.

Σχετικά με το υποκειμενικό (X4) χαρακτηριστικό, 47 εκπαιδευτικοί δίνουν απαντήσεις που δεν συνδέονται με αυτό, 1 δίνει εμπειριστατωμένη άποψη και 2 απλοϊκή. Μια απλοϊκή απάντηση είναι η εξής: «Η ερμηνεία των δεδομένων υπόκειται αναπόφευκτα και στην υποκειμενική άποψη του ερευνητή, οπότε πολύ πιθανόν σε αυτό το σημείο της έρευνας να χρησιμοποιηθεί η φαντασία του ερευνητή». Στη συγκεκριμένη απάντηση φαίνεται ότι χρησιμοποιείται μεν η φαντασία, αλλά περισσότερο ως «αναγκαίο κακό» και όχι ως χαρακτηριστικό της επιστημονικής γνώσης. Ομοίως και η υποκειμενικότητα, που υπονοείται ότι θα πρέπει να βρεθεί τρόπος να παρακαμφθεί. Για το λόγο αυτό βαθμολογείται με N και στα δυο χαρακτηριστικά.

Ερώτηση 8: Υπάρχει διαφορά ανάμεσα σε μια επιστημονική θεωρία και έναν επιστημονικό νόμο; Εξηγήστε την απάντησή σας με παραδείγματα.

Η ερώτηση αφορά άμεσα στη διαφορά θεωρίας-νόμου (X7). Είναι η μοναδική ερώτηση που βαθμολογείται το συγκεκριμένο χαρακτηριστικό, οπότε η βαθμολογία της είναι και η τελική. Μόνον ένας δεν έχει απαντήσει στην ερώτηση αυτή. 30 δίνουν απλοϊκές απαντήσεις εκ των οποίων οι 24 δίνουν την «κλασική» από τη βιβλιογραφία απάντηση, ότι ο νόμος είναι καθολική και αποδεδειγμένη γνώση που δεν μπορεί να αλλάξει, ενώ η θεωρία είναι εικασίες και μπορεί να αλλάξει σχετικά εύκολα. 5 δίνουν μεταβατικές απαντήσεις, 9 εμπειριστατωμένες, 5 ιδιαίτερα εμπειριστατωμένες και 1 δεν απαντά. Παραδείγματα από ιδιαίτερα εμπειριστατωμένες απαντήσεις: «Ο επιστημονικός νόμος περιέχεται στην επιστημονική θεωρία. Η θεωρία είναι πιο γενική από το νόμο. Για παράδειγμα, μιλάμε για τη θεωρία στο στατικό ηλεκτρισμό και για το νόμο του Coulomb» και: «Η θεωρία αποτελεί ένα σύνολο υποθέσεων, αρχών, φυσικών μεταβλητών αλλά και νόμων, οι οποίοι συσχετίζουν τα μεγέθη μεταξύ τους...»

Ερώτηση 9: Αφού οι επιστήμονες έχουν αναπτύξει μια θεωρία πχ την ατομική θεωρία, τη θεωρία της εξέλιξης) πιστεύετε ότι αυτή η θεωρία μπορεί να αλλάξει; Εξηγήστε την απάντησή σας και δώστε παράδειγμα.

Η ερώτηση αφορά άμεσα στο αβέβαιο (X5) χαρακτηριστικό. Μία ερώτηση που οι εκπαιδευτικοί δείχνουν να γνωρίζουν, μιας και 30 εξ αυτών δίνουν εμπειριστατωμένες απαντήσεις και 10 ιδιαίτερα εμπειριστατωμένες. Πρόκειται για ένα ζήτημα που διδάσκεται στο σχολείο, π.χ. με την αλλαγή των ατομικών μοντέλων. 10 δίνουν μεταβατικές απαντήσεις, οι οποίες είναι πιο γενικές, αναφέροντας π.χ. ότι «νέα πειραματικά δεδομένα μπορεί να αλλάξουν την υπάρχουσα γνώση», το οποίο δεν είναι λάθος, αλλά όταν υπάρχουν πιο τεκμηριωμένες απαντήσεις, πρέπει να διαχωρίζονται μεταξύ τους. Κανένας εκπαιδευτικός δεν έδωσε απλοϊκή απάντηση ή δεν άφησε αναπάντητη την ερώτηση.

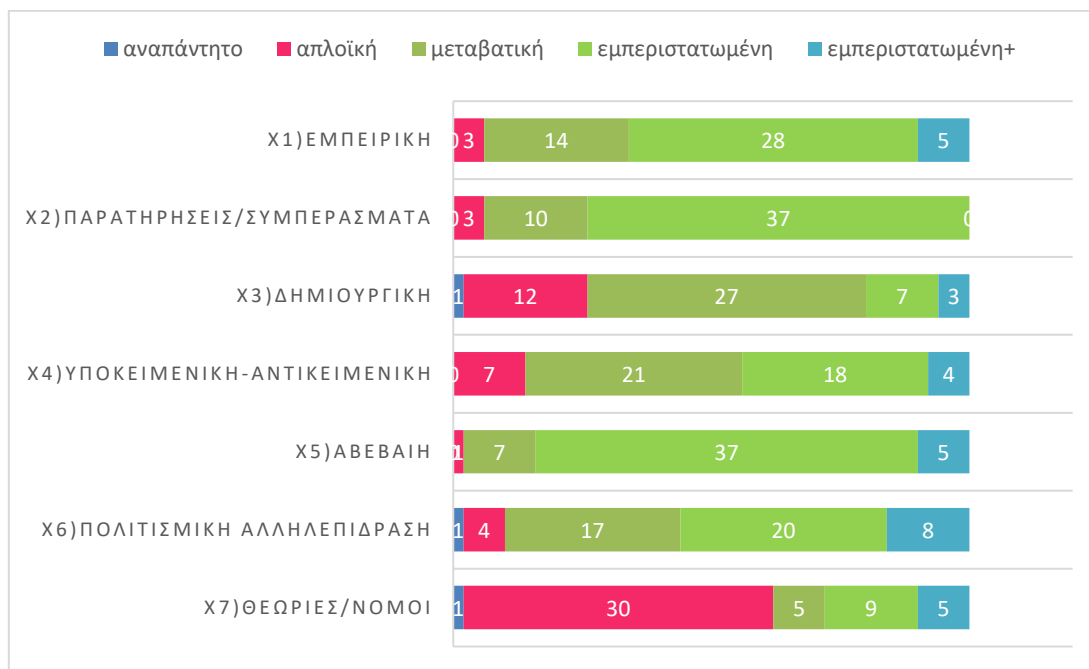
Ερώτηση 10: Υπάρχει σχέση ανάμεσα στην επιστήμη, την κοινωνία και τις πολιτισμικές αξίες; Αν ναι, πώς; Αν όχι, γιατί; Εξηγήστε και δώστε παραδείγματα.

Η ερώτηση αφορά άμεσα στο χαρακτηριστικό της πολιτισμικής αλληλεπίδρασης (X6). Είναι η μοναδική ερώτηση που βαθμολογείται το συγκεκριμένο χαρακτηριστικό, οπότε η βαθμολογία της είναι και η τελική. 20 εκπαιδευτικοί δίνουν εμπεριστατωμένες απαντήσεις και 8 ιδιαίτερα εμπεριστατωμένες, 17 μεταβατικές και 4 απλοϊκές. Σε 7 ερωτηματολόγια υπάρχει η φράση «αμφίδρομη σχέση» ή «αλληλένδετα», σε 4 «η επιστήμη είναι οι άνθρωποι»: όλα αυτά χαρακτηρίζονται με i ή i+ (ανάλογα με την υπόλοιπη απάντηση). 4 εκπαιδευτικοί δίνουν απλοϊκές απαντήσεις, με έναν να αναφέρει ότι επιστήμη και κοινωνία δεν έχουν σχέση. Λόγω του σχετικά μεγάλου αριθμού και των μεταβατικών απαντήσεων (17), φαίνεται ότι πρόκειται για ένα χαρακτηριστικό που δεν το έχουν αποσαφηνισμένο.

6.4.1.5 Συνολικά αποτελέσματα και συμπεράσματα

Οι παραπάνω αριθμοί ανά ερώτηση είναι αποτέλεσμα της αναλυτικής συζήτησης μεταξύ των τριών ερευνητών, οι οποίοι στη συνέχεια συζήτησαν και για τη συνολική βαθμολογία, η οποία και παρουσιάζεται στην Εικόνα 6.4 και στον Πίνακα 6.4. Υπενθυμίζεται ότι η συνολική βαθμολογία δεν είναι απλά ο μέσος όρος των βαθμολογιών για τα χαρακτηριστικά που κρίνονταν από περισσότερων της μίας ερωτήσεις, αλλά η γενική εικόνα – το προφίλ – των ερωτώμενων για κάθε χαρακτηριστικό, όπου η συνολική εικόνα έπαιξε ρόλο. Έτσι, για παράδειγμα, το δημιουργικό χαρακτηριστικό προκύπτει από δύο ερωτήσεις, από τη 2 έμμεσα και από την ερώτηση 7 άμεσα. Αν ο ερωτώμενος απαντήσει εμπεριστατωμένα στην ερώτηση 7, ενώ δεν αναφέρει απολύτως τίποτα για τη δημιουργικότητα στην ερώτηση 2, δεν γίνεται αυτό να αγνοηθεί και η τελική βαθμολογία να είναι «i». Αντίθετα, το συμπερασματικό (X2) χαρακτηριστικό, που προκύπτει από έξι ερωτήσεις, αν στις πέντε οι βαθμολογίες είναι “i” και “i+”, τότε θα μπορούσε να αγνοηθεί το αν στην ερώτηση 3, που το εξετάζει έμμεσα, δεν περιγράφεται. Δεν μπορούν μεν να υπάρξουν απόλυτοι κανόνες, αλλά μετά τη συζήτηση μεταξύ των βαθμολογητών και τη βαθμολόγηση των πρώτων ερωτηματολογίων ο τρόπος της τελικής βαθμολόγησης γίνεται σαφής.

Τα συνολικά αποτελέσματα δίνονται στην Εικόνα 6.4 και στον Πίνακα 6.4:



Εικόνα 6.4 Τα αποτελέσματα από τις απαντήσεις των εκπαιδευτικών στο ερωτηματολόγιο VNOS-D+

και στον αντίστοιχο Πίνακα 6.4:

Χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε.	I ⁺	I	M	N	U
(X1) εμπειρικό	5	28	14	3	0
(X2) διαφορά παρατήρησης - συμπεράσματος	0	37	10	3	0
(X3) δημιουργικό	3	7	27	12	1
(X4) υποκειμενικό/αντικειμενικό	4	18	21	7	0
(X5) αβέβαιο	5	37	7	1	0
(X6) πολιτισμικό	8	20	17	4	1
(X7) διαφορά θεωρίας – νόμου	5	9	5	30	1

Πίνακας 6.4: Τα αποτελέσματα από τις απαντήσεις των εκπαιδευτικών στο ερωτηματολόγιο VNOS-D+

Τα συμπεράσματα³⁴ που μπορούν να εξαχθούν είτε από το διάγραμμα της Εικόνας 6.4 είτε από τον Πίνακα 6.4 είναι:

³⁴ Με τη βοήθεια της Στατιστικής μπορούμε στηριζόμενοι σε πληροφορίες, που πήραμε από ένα δείγμα, να εκτιμήσουμε παραμέτρους αναφερόμενες σε όλο τον πληθυσμό. Τις ανάγκες του παρόντος μπορεί να καλύψει η μέθοδος του διαστήματος εμπιστοσύνης. Με εκτίμηση σε διάστημα εμπιστοσύνης είμαστε σίγουροι, σε ποσοστό που προσδιορίζουμε από την αρχή, ότι έχουμε ένα διάστημα μέσα στο οποίο περιέχεται η πραγματική τιμή της παραμέτρου για την οποία ενδιαφερόμαστε. Έτσι το διάστημα μέσα στο οποίο με βεβαιότητα 95% βρίσκεται η πραγματική αναλογία των εκπαιδευτικών που δίνουν ιδιαίτερα εμπειριστατωμένη και εμπειριστατωμένη απάντηση δίνεται από τη σχέση (Κουνιάς κ.ά. 2009, σελ. 141-142).

- Πάνω από τα 2/3 των εκπαιδευτικών γνωρίζουν καλά (I,I+) τρία χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε.: το εμπειρικό (X1) οι 33 από τους 50, τη διαφορά παρατήρησης- συμπεράσματος (X2) οι 37 από τους 50 και το αβέβαιο (X5) οι 42 από τους 50.
- Περίπου οι μισοί γνωρίζουν καλά το υποκειμενικό (X4) χαρακτηριστικό (22/50) και το πολιτισμικό (X6) χαρακτηριστικό (28/50). Για τα χαρακτηριστικά αυτά είναι αυξημένο το ποσοστό των εκπαιδευτικών με μεταβατικές απόψεις (21/50 και 17/50 αντίστοιχα)
- Το μεγαλύτερο πρόβλημα φαίνεται να υπάρχει α) με τη διαφορά Νόμου – Θεωρίας (X7), όπου μόνο 14/50 γνωρίζουν τη διαφορά και οι 30/50 έχουν απλοϊκές απόψεις, ουσιαστικά ότι ο Νόμος είναι κάτι ανώτερο από τη θεωρία, π.χ. επιβεβαιωμένη θεωρία και β) το δημιουργικό χαρακτηριστικό (X3) όπου μόνο οι 10/50 το γνωρίζουν. Πάνω από τους μισούς (27/50) έχουν μεταβατικές/συγκεχυμένες απόψεις.

Υπενθυμίζεται ότι οι εκπαιδευτικοί που διδάσκουν στη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση δεν έχουν διδαχθεί τη φύση της γνώσης των Φ.Ε. στις σπουδές τους, τουλάχιστον με άμεσο και ρητό τρόπο.

Σημειώνεται ότι οι εκπαιδευτικοί συμμετείχαν στο πρόγραμμα επιμόρφωσης εθελοντικά, αφιερώνοντας προσωπικό απογευματινό χρόνο, ενώ είχαν ακολουθήσει κανονικά το πρόγραμμα του σχολείου τους το ίδιο πρωινό. Κατά συνέπεια, πρόκειται για εκπαιδευτικούς που ενδιαφέρονται για τη δουλειά τους, φροντίζουν να είναι

$$p - Z_{\frac{\alpha}{2}} \sqrt{\frac{p(1-p)}{n}} < p < p + Z_{\frac{\alpha}{2}} \sqrt{\frac{p(1-p)}{n}}$$

όπου $p = \frac{\text{Αριθμός επιτυχιών από το δείγμα (ατόμων που δίνουν την επιθυμητή απάντηση)}}{\text{αριθμός των ατόμων που αποτελούν το δείγμα}}$
 n ο αριθμός των ατόμων που αποτελούν το δείγμα

και για το διάστημα εμπιστοσύνης που θέλουμε (95%) ισχύει $Z(\alpha/2) = 1,96$

Χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε.	Διάστημα μέσα στο οποίο με βεβαιότητα 95% βρίσκεται η τιμή
(X1) εμπειρικό	66 ± 13,1 (52,9 – 79,1)
(X2) διαφορά παρατήρησης - συμπεράσματος	74 ± 12,2 (61,8 – 86,2)
(X3) δημιουργικό	20 ± 11,1 (8,9 – 31,1)
(X4) υποκειμενικό/ αντικειμενικό	44 ± 13,8 (30,2 – 57,8)
(X5) αβέβαιο	84 ± 10,2 (73,8 – 94,2)
(X6) πολιτισμικό	56 ± 13,8 (42,2 – 69,8)
(X7) διαφορά νόμου – θεωρίας	28 ± 12,4 (15,6 - 40,4)

Τα αποτελέσματα από τις απαντήσεις των εκπαιδευτικών στο ερωτηματολόγιο VNOS-D+ κατόπιν στατιστικής ανάλυσης.

Από τον παραπάνω πίνακα προκύπτουν και στατιστικά οι τρεις ομάδες: Η πρώτη ομάδα περιλαμβάνει τα χαρακτηριστικά 1, 2 και 5, η δεύτερη ομάδα τα χαρακτηριστικά 3 και 7. Οι δυο αυτές ομάδες διαφέρουν στατιστικά – δεν υπάρχει καμιά επικάλυψη μεταξύ τους. Η τρίτη ομάδα περιλαμβάνει τα χαρακτηριστικά 4 και 6. Στην ομάδα αυτή παρατηρούμε μικρή επικάλυψη τόσο με την πρώτη όσο και με την τρίτη ομάδα. Τα συμπεράσματα που δίνονται παραπάνω είναι σε συμφωνία με αυτές τις στατιστικές παρατηρήσεις.

ενημερωμένοι για τις τρέχουσες εξελίξεις και προσπαθούν να κρατούν το μάθημά τους σε υψηλό επίπεδο, ενώ δεν είναι υποχρεωμένοι βάσει νόμου να το κάνουν. Γενικά, στην Ελλάδα, εξαιτίας του ενός συγγράμματος που χρησιμοποιείται, οι εκπαιδευτικοί δεν οργανώνουν τα δικά τους σχέδια μαθήματος και συνήθως χρησιμοποιούν το επίσημο υλικό του σχολικού βιβλίου.

Τα παραπάνω αναφέρονται ώστε να τονιστεί ότι οι συγκεκριμένοι 50 εκπαιδευτικοί δεν αντιπροσωπεύουν το μέσο Έλληνα εκπαιδευτικό ΠΕ.04, οπότε τα όποια συμπεράσματα δεν μπορούν να γενικευτούν για το σύνολο του πληθυσμού των εκπαιδευτικών, καθώς το δείγμα δεν είναι αντιπροσωπευτικό. Επίσης, παρόλο που τα αποτελέσματα δεν μπορούν να γενικευτούν στο σύνολο του πληθυσμού, εν τούτοις είναι σημαντικά, διότι δείχνουν πως αν δυσκολεύονται να απαντήσουν οι εκπαιδευτικοί που νοιάζονται για το «κάτι παραπάνω», όσοι αρκούνται στο τυπικό μάθημα θα απαντούσαν χειρότερα (ως λογικό επαγωγικό συμπέρασμα, δεν έχουμε δεδομένα από τυχαίο δείγμα). Η σπουδαιότητα του ερωτηματολογίου είναι μεγάλη, καθώς, αν αποδειχθεί ότι οι εκπαιδευτικοί έχουν απλοϊκές απόψεις πάνω στα χαρακτηριστικά της φύσης των Φ.Ε., είναι αναμενόμενο οι μαθητές να έχουν περισσότερο απλοϊκές απόψεις για το ίδιο θέμα.

6.4.2 Συνεντεύξεις με 10 εκπαιδευτικούς ΠΕ.04 που παρακολούθησαν το πρόγραμμα και συμπλήρωσαν το ερωτηματολόγιο VNOS-D+.

Οι συνεντεύξεις έγιναν από την ερευνήτρια με το 20% των συμμετεχόντων, όπως δίνεται ως οδηγία από τους δημιουργούς του ερωτηματολογίου. Οι συνεντεύξεις με τους εκπαιδευτικούς έγιναν σε δύο στάδια Α) αμέσως μετά τη συμπλήρωση του ερωτηματολογίου και τα αποτελέσματα τους διαμόρφωσαν την τελική βαθμολόγηση του ερωτηματολογίου, βλέπε παράγραφο 6.4.1.3 και Β) μετά τη λήξη του προγράμματος επιμόρφωσης όπου και έδωσαν επιπλέον πληροφορίες. Το πρωτόκολλο της ημιδομημένης συνέντευξης παρουσιάζεται στο Παράρτημα Β.

6.4.2.1 Ταυτότητα του δείγματος.

Από τους 10 εκπαιδευτικούς, οι 7 είναι Φυσικοί, οι 2 Χημικοί και 1 Βιολόγος, 7 γυναίκες και 3 άντρες. 3 έχουν διδακτορικό σε θέμα Διδακτικής των Φ.Ε., 2 έχουν μεταπτυχιακό τίτλο στην Εκπαίδευση, 2 διδακτορικό και 1 μεταπτυχιακό σε θέμα θεωρητικής ή εφαρμοσμένης επιστήμης. Οι υπόλοιποι 2 δεν έχουν μεταπτυχιακές σπουδές, αλλά παρακολουθούν επιμορφωτικά σεμινάρια με κάθε αφορμή. Είναι όλοι τους μόνιμοι εκπαιδευτικοί στο Νομό Θεσσαλονίκης, 7 ανήκουν στην Ανατολική Διεύθυνση Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης και 3 στη Δυτική. 3 εργάζονται σε ιδιωτικά σχολεία και 7 σε δημόσια, εκ των οποίων 3 σε Πειραματικά. 1 εκπαιδευτικός είναι υπεύθυνη ΕΚΦΕ. Η διάκριση σε Γυμνάσια – Λύκεια δεν μπορεί να γίνει, καθώς σε ορισμένα συγκροτήματα το Γυμνάσιο και το Λύκειο λειτουργούν ενιαία, με το ίδιο εκπαιδευτικό προσωπικό. Τέλος, όσον αφορά στις ηλικίες τους είναι μεταξύ 38-62 ετών. 2 έχουν 10 χρόνια υπηρεσίας, 4 έχουν 14-18 και 4 έχουν περισσότερα από 18. Το δείγμα όσον αφορά την ηλικία είναι αντιπροσωπευτικό του γενικού πληθυσμού των εκπαιδευτικών (δεδομένου ότι δεν έχουν γίνει μόνιμοι διορισμοί εδώ και 10 χρόνια είναι λογικό ο πληθυσμός να είναι γερασμένος, ιδίως στη διεύθυνση Θεσσαλονίκης), αλλά όχι του επιπέδου σπουδών.

Η πρώτη συνάντηση έγινε αφού η ερευνήτρια είχε βαθμολογήσει για πρώτη φορά τις απαντήσεις τους. Στις συνεντεύξεις, ο ερωτώμενος απαντούσε προφορικά στις

ερωτήσεις του ερωτηματολογίου και αν η ερευνήτρια διαπίστωνε ότι εννοούσε κάτι διαφορετικό από αυτό που είχε (ή που ερευνήτρια θεώρησε ότι είχε) εκφράσει γραπτά, άλλαζε τη βαθμολογία και το σημείωνε ως σχόλιο για τους άλλους ερευνητές.

Στη δεύτερη συνάντηση, μετά τη λήξη του προγράμματος, έγινε μια ημι-δομημένη συζήτηση που προσαρμοζόταν στις εμπειρίες/ειδικές γνώσεις του εκάστοτε εκπαιδευτικού. Οι ερωτήσεις ήταν ταξινομημένες σε τρεις ομάδες: α) ερωτήσεις που αφορούσε το τι ήξεραν αρχικά για τα χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. και τι από αυτά δίδασκαν τους μαθητές τους, β) ερωτήσεις που αφορούσαν το τι συνήθως διδάσκεται στις σχολικές τάξεις από τους ίδιους και γενικότερα και γ) ερωτήσεις που αφορούσαν στο πρόγραμμα επιμόρφωσης. Σε αυτό το σημείο της Διατριβής παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των ερωτήσεων των δύο πρώτων ομάδων. Τα αποτελέσματα των ερωτήσεων της τρίτης ομάδας παρουσιάζονται στο 9^ο Κεφάλαιο.

6.4.2.2 Προηγούμενη γνώση για τα χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε.

Έξι από τους 10 εκπαιδευτικούς δηλώνουν ότι δεν είχαν ακούσει ποτέ για τα χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε., δεν είχαν σκεφτεί ποια θα ήταν αυτά – ή ίσως είχαν ακούσει κάποτε τον όρο αλλά δεν τον συγκράτησαν. Οι τέσσερις που δήλωσαν ότι τα είχαν ξανακούσει, είτε είχαν κάνει πρόσφατα διδακτορικό στην εκπαίδευση (2 άτομα), είτε παρακολουθούν συνέδρια (2 άτομα), οπότε διαβάζοντας τη βιβλιογραφία ή κατά τις αλληλεπιδράσεις τους με την ακαδημαϊκή κοινότητα είχαν ακούσει τον όρο και είχαν διαβάσει σχετικά κείμενα. Κανένας όμως δεν τα είχε δει οργανωμένα, πέρα από μια εκπαιδευτικό που στο πλαίσιο του διδακτορικού της διάβασε άρθρα για τη φύση των Φ.Ε.. Αναγνωρίζουν ότι τα χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. δεν είναι καθόλου αυτονόητα και δεν θα μπορούσαν να τα γνωρίζουν αν δεν τους είχαν παρουσιαστεί με σαφή τρόπο. Σε σχέση με το ερωτηματολόγιο VNOS που συμπλήρωσαν, θεωρούν ότι χρειάστηκε αρκετός χρόνος για τη συμπλήρωσή του, επίσης οι απαντήσεις δεν ήταν αυτονόητες. Οι 6 αναφέρουν ότι δυσκολεύτηκαν, οι άλλοι 4 όχι.

6.4.2.3 Ποια χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. θεωρούν ότι διδάσκουν;

Παρόλο που δεν γνώριζαν οργανωμένα τα χαρακτηριστικά των Φ.Ε., θεωρούν ότι διαισθητικά δίδασκαν ορισμένα από αυτά: και οι 10 θεωρούν ότι διδάσκουν πως η γνώση βασίζεται στην εμπειρία (X1), βάσει της οποίας οδηγούμαστε σε συμπεράσματα, χωρίς όμως να τονίζουν τη διαφορά ανάμεσα στις παρατηρήσεις και τα συμπεράσματα (X2) και την αβεβαιότητα της επιστημονικής γνώσης (X5). Μόνο 2 δηλώνουν ότι περιλαμβάνουν στη διδασκαλία τους στοιχεία υποκειμενικότητας (X4) ή δημιουργικότητας (X3). 3 δηλώνουν ότι συμπεριλαμβάνουν στη διδασκαλία τους την αλληλεπίδραση της επιστήμης με την κοινωνία (X6). Σχετικά με τη διαφοροποίηση θεωρίας - νόμου (X7), μόνο ένας την ήξερε και είπε ότι το διδάσκει. Όλοι είπαν ότι δεν τα δίδασκαν ρητά, όπως παρουσιάστηκε στο πρόγραμμα επιμόρφωσης.

Στην ερώτηση αν αξιολογούν τους μαθητές στα χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. οι 9 στους 10 – με εξαίρεση μία εκπαιδευτικό με διδακτορικό στην εκπαίδευση – δηλώνουν ότι δεν τα εξετάζουν. Θεωρούν, μάλιστα ότι στο Λύκειο το μάθημα οφείλει να είναι περισσότερο φορμαλιστικό, ώστε οι μαθητές να είναι κατάλληλα προετοιμασμένοι για τις εξετάσεις. Η ενασχόληση με την λύση δύσκολων

ασκήσεων δίνει «κύρος» σε όποιον το επιχειρεί. Όποιος κάνει «άλλα πράγματα» έχει να αντιμετωπίσει τους συναδέλφους του, τους Σχολικούς Συμβούλους, αλλά και γονείς, οι οποίοι δεν καταλαβαίνουν ότι οι κοινωνικο-επιστημονικές ή ιστορικές συζητήσεις ή ακόμη και οι πειραματικές δραστηριότητες είναι επίσης μάθημα. Συγκεκριμένα, η εκπαιδευτικός που δήλωσε ότι εξέταζε στοιχεία της φύσης των Φ.Ε., ανέφερε ότι συχνά αντιμετώπιζε διαμαρτυρίες γονέων, επειδή οι ερωτήσεις των διαγωνισμάτων της διέφεραν από τα συνηθισμένα. Η εκπαιδευτικός που ήταν υπεύθυνη ΕΚΦΕ αναφέρει ότι από τους περίπου 250 εκπαιδευτικούς ΠΕ.04, που υπάρχουν στην περιοχή ευθύνης της, περίπου οι 50 συνεργάζονται μαζί της (στο 1/5 περίπου των μαθημάτων τους), ώστε να δανειστούν εξοπλισμό για πειράματα ή παρακολουθούν τις επιμορφώσεις που οργανώνει. Οι εκπαιδευτικοί Λυκείου στην πλειοψηφία τους κάνουν το μάθημά τους στην τάξη λύνοντας ασκήσεις, πολλές φορές εξαιρετικά πολύπλοκες. Ουσιαστικά οι περισσότεροι δίνουν ιδιαίτερη αξία στο περιεχόμενο της επιστήμης τους, σέβονται την επιστήμη που σπούδασαν.

Και οι 10 εκπαιδευτικοί δήλωσαν ότι το εκπαιδευτικό σύστημα δεν περιλαμβάνει τη διδασκαλία της φύσης της γνώσης των Φ.Ε., στοιχεία της οποίας υπάρχουν μεν διάχυτα στα σχολικά βιβλία, κυρίως της Χημείας Γυμνασίου, αλλά περιορίζονται στις εισαγωγές και τα παραθέματα, τα οποία συνήθως δεν διδάσκονται – και σίγουρα οι μαθητές δεν τα διαβάζουν. Επίσης, δεν είναι δηλωμένα με ρητό τρόπο. Όλοι θεωρούν πως ο εκπαιδευτικός έχει τη δυνατότητα να καθορίζει το μάθημά του όπως ο ίδιος κρίνει αλλά ότι είναι «θέμα χρόνου και εξωδιδασκτικών υποχρεώσεων των εκπαιδευτικών αυτό που δεν τους δίνει τη δυνατότητα ή τη διάθεση να επενδύσουν σε κάτι παραπάνω από το τυπικό μάθημα». Όλοι οι εκπαιδευτικοί συμφωνούν τελικά ότι η φύση της γνώσης των Φ.Ε. ίσως είναι ένας τρόπος να αγαπήσουν οι μαθητές τις Φ.Ε. και να τις κατανοήσουν καλύτερα. Θεωρούν ότι υπάρχουν πολλά κεφάλαια και αφορμές για να ενσωματωθεί στη διδασκαλία, αλλά «αυτό θέλει ένα εντελώς καινούριο πλάνο μαθήματος, το οποίο είναι χρονοβόρο για να γίνει».

Συνοπτικά, προκύπτει ότι: οι εκπαιδευτικοί δεν γνώριζαν οργανωμένα τα χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε., παρόλα αυτά αναζητούσαν αφορμές να συμπεριλαμβάνουν διαισθητικά στο μάθημά τους αυτά που γνώριζαν. Όμως δεν τα εξετάζουν και θεωρούν ότι είναι σημαντικό να μην εκτρέπονται από τις οδηγίες που τους δίνονται.

6.5 Αξιολόγηση της γνώσης των χαρακτηριστικών της φύσης της γνώσης των Φ.Ε.

Για να ερευνήσουμε αν αξιολογούνται οι μαθητές σε γνώσεις χαρακτηριστικών της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. προβήκαμε σε:

1. Μελέτη και ταξινόμηση των έργων προς αξιολόγηση που προτείνονται στα σχολικά βιβλία, και
2. Ανάλυση των θεμάτων προαγωγικών και απολυτήριων εξετάσεων

Θεωρείται ότι οι μαθητές (και γενικότερα οι μαθητευόμενοι κάθε ηλικίας) καθοδηγούνται στο διάβασμά τους από τα χαρακτηριστικά των θεμάτων αξιολόγησης που έχουν να αντιμετωπίσουν στις εξετάσεις. Τελικά το τι θα μάθουν οι μαθητές προσδιορίζεται λιγότερο από το περιεχόμενο του βιβλίου και περισσότερο από το είδος των θεμάτων εξέτασης. Οι απαιτήσεις της αξιολόγησης επιδρούν στις στρατηγικές μελέτης των μαθητών. (Αναγνωστοπούλου 2015, σελίδα 177- 178; Harlen & Elstgeest

2005, σελ. 239; Arons 1992, σελ. 478). Πέραν όμως από την επίδραση στους μαθητές, και οι εκπαιδευτικοί καθοδηγούνται στη διδασκαλία τους από αυτό που αξιολογείται στις εξετάσεις, ουσιαστικά προσαρμόζουν τη διδασκαλία τους στις απαιτήσεις των εξετάσεων και ετοιμάζουν τους μαθητές τους για αυτές. Έτσι, και οι ίδιοι νοιώθουν επιτυχημένοι και καλύπτουν τις απαιτήσεις/προσδοκίες των γονέων (Barma et al. 2014; Αναγνωστοπούλου 2015, σελ. 177). Τα παραπάνω είναι αυτά που μας οδήγησαν στη διερεύνηση των έργων αξιολόγησης των μαθητών, τα αποτελέσματα της ερευνάς μας παρουσιάζονται στη συνέχεια.

Επιπλέον στοιχεία, που απαντούν στην ερώτηση του τίτλου της παραγράφου, χωρίς όμως στατιστικές απαιτήσεις, λόγω του μικρού αριθμού των συνεντευξιζόμενων λήφθηκαν: 1) από τις συνεντεύξεις με εκπαιδευτικούς, βλέπε παράγραφο 6.4.2) από τις συνεντεύξεις με συμβούλους, (βλέπε παράγραφο 6.6) από τις συνεντεύξεις με μαθητές, βλέπε παράγραφο 6.7.2. Στις παραπάνω συνεντεύξεις οι εκπαιδευτικοί απαντούν ότι και αν ακόμη διδάσκουν κάτι για τη φύση της γνώσης των Φ.Ε. δεν το αξιολογούν. Οι Σχολικοί Σύμβουλοι επίσης δίνουν την ίδια απάντηση: θεωρούν ότι οι εκπαιδευτικοί αξιολογούν γνώση ορισμών, κανόνων, νόμων, τύπων, και την ικανότητα να λύνουν οι μαθητές μαθηματικοποιημένες ασκήσεις. Τέλος οι μαθητές απαντούν ότι ποτέ δεν αξιολογήθηκαν σε θέματα σχετικά με τη φύση της γνώσης των Φ.Ε.

6.5.1 Έργα των σχολικών βιβλίων προς αξιολόγηση των μαθητών σε προαγωγικές και απολυτήριες εξετάσεις

6.5.1.1. Βιβλία Γυμνασίου

Βιολογία Α΄ Γυμνασίου

Υπάρχουν 169 έργα αξιολόγησης, από τα οποία 2 σχετίζονται με τις παρατηρήσεις και τα συμπεράσματα που εξάγονται από αυτές και 23 με την άμεση σχέση της Βιολογίας με την καθημερινή ζωή των μαθητών, όμως τονίζουν μόνο την επίδραση της Βιολογίας στην Κοινωνία και όχι το αντίστροφο.

Επιπλέον, υπάρχουν 27 έρευνες – εργασίες, όπου 2 σχετίζονται άμεσα με τις παρατηρήσεις και τα συμπεράσματα που προκύπτουν από αυτές και 1 με την αλληλεπίδραση Φυσικών Επιστημών και Κοινωνίας με σαφήνεια. Και οι τρεις αυτές εργασίες υπάρχουν στην Εισαγωγή του Βιβλίου. Τέλος, άλλες 12 έρευνες – εργασίες αναφέρονται στη σύνδεση της επιστήμης με την κοινωνία αλλά προς μία κατεύθυνση και δεν θέτουν και την επίδραση της κοινωνίας στην επιστήμη.

Βιολογία Β-Γ΄ Γυμνασίου

Υπάρχουν 122 έργα προς αξιολόγηση των μαθητών, από τα οποία 4 σχετίζονται με τις παρατηρήσεις και τα συμπεράσματα που προκύπτουν από αυτές. Τα 2 υπάρχουν στο εισαγωγικό κεφάλαιο. Άλλα 13 θέματα σχετίζονται μονοκατευθυντικά με την επίδραση της Βιολογίας στην καθημερινή ζωή των μαθητών.

Επίσης, υπάρχουν 27 έρευνες – εργασίες, όπου σε 3 φαίνεται άμεσα και σαφώς η αλληλεπίδραση των Φυσικών Επιστημών με την Κοινωνία (X6), σε 4 έμμεσα διαχέεται το χαρακτηριστικό της υποκειμενικότητας (X4) στην έρευνα (δίνονται δύο θεωρίες και ζητείται σχολιασμός από τους μαθητές, ο εκπαιδευτικός θα μπορούσε να δώσει την επιθυμητή διάσταση). Στα 2 από αυτά έμμεσα δίνεται και το αβέβαιο (X5) χαρακτηριστικό. Τέλος, 14 εργασίες αφορούν θέματα ενσωμάτωσης της Βιολογίας

στην καθημερινότητα και την υγιεινή των μαθητών, χωρίς όμως να αναφέρεται και η επίδραση της Κοινωνίας στη Βιολογία.

Φυσική Α΄ Γυμνασίου

Το βιβλίο αποτελείται από φύλλα εργασίας και δεν περιέχει έργα προς αξιολόγηση των μαθητών. Το «Σημείωμα για τον Εκπαιδευτικό», που βρίσκεται στην εισαγωγή του βιβλίου, περιέχει το πρόγραμμα σπουδών δίνονται οδηγίες για αξιολόγηση των μαθητών, που δεν περιλαμβάνει κάτι σχετικό με τη φύση της γνώσης των Φ.Ε.

Φυσική Β΄ Γυμνασίου

Στις 116 ερωτήσεις και τις 68 ασκήσεις δεν περιέχεται κάποιο χαρακτηριστικό της φύσης της γνώσης των Φ.Ε.. Αντίθετα, όλες οι ερωτήσεις/ασκήσεις εξετάζουν γνώσεις περιεχομένου των Φ.Ε. και δίνουν μια φορμαλιστική εικόνα για τη Φυσική.

Φυσική Γ΄ Γυμνασίου

Στις 138 ερωτήσεις και 46 ασκήσεις δεν περιέχεται άμεσα κάποιο χαρακτηριστικό της φύσης της γνώσης των Φ.Ε.. Σε 5 ερωτήσεις υπάρχει η φράση «Τι παρατηρείς; Πώς το εξηγείς;», από το οποίο φαίνεται μεν ότι η παρατήρηση και η εξήγηση/συμπεράσμα είναι διαφορετικά, αλλά αυτό προϋποθέτει ότι ο εκπαιδευτικός θα ασχοληθεί με αυτό ώστε να υπάρξει το επιθυμητό αποτέλεσμα..

Χημεία Β΄ Γυμνασίου

Από τα 79 έργα αξιολόγησης που υπάρχουν στο βιβλίο, τα 29 έχουν άμεση σχέση με την καθημερινή ζωή των μαθητών, όμως – όπως όλος ο σχεδιασμός του βιβλίου – τονίζουν την επίδραση της Χημείας στην Κοινωνία και όχι και το αντίστροφο. Επίσης, 3 θέματα αφορούν σε παρατηρήσεις και συμπεράσματα που καλούνται να εξάγουν οι μαθητές προς συζήτηση στην τάξη.

Χημεία Γ΄ Γυμνασίου

Από τα 101 έργα αξιολόγησης που υπάρχουν στο βιβλίο, τα 21 έχουν άμεση σχέση με την καθημερινή ζωή των μαθητών, όμως – όπως όλος ο σχεδιασμός του βιβλίου – τονίζουν την επίδραση της Χημείας στην Κοινωνία και όχι και το αντίστροφο.

Ανεξάρτητα από εμάς έρευνα καταλήγει ότι στα σχολικά βιβλία Φ.Ε. του Γυμνασίου (χωρίς να συμπεριλαμβάνεται στην έρευνα η Φυσική Α΄ Γυμνασίου, και περιλαμβάνοντας εργασίες που υπάρχουν στο σώμα του κειμένου) τα έργα αξιολόγησης που προτείνονται αναφέρονται κατά 92,7% στην αξιολόγηση γνώσεων του περιεχομένου της επιστήμης και μόνο κατά 7,3% στην αξιολόγηση γνώσεων για την επιστήμη (Αναγνωστοπούλου 2015, σελ. 270). Από την ερευνητρία σημειώνεται ότι «...Τα έργα αξιολόγησης των σχολικών βιβλίων που εστιάζουν στη γνώση της επιστήμης αφορούν κυρίως σε εργασίες που ανατίθενται στους μαθητές και αποσκοπούν στην περαιτέρω διερεύνηση κάποιου ζητήματος και όχι σε ερωτήσεις που αποσκοπούν στην εμπέδωση της διδαχθείσας ύλης» (Αναγνωστοπούλου 2015, σελ. 300). Οι ερωτήσεις στο σχολικό πλαίσιο αξιολόγησης για τη φύση της γνώσης των Φ.Ε., αφορούν σε θέματα συνήθως επιστημονικής έρευνας (που είναι το 71% του 7,3%) δηλ. είναι σε ποσοστό (του συνολικού) μικρότερο του 5,2%, δεν προσδιορίζει πόσο ακριβώς, και βρίσκεται κυρίως σε εργασίες, τις οποίες αρκετοί εκπαιδευτικοί ίσως αγνοήσουν, καθώς φαίνεται ότι απέχουν από την αναδυόμενη κουλτούρα τους.

6.5.1.2 Βιβλία Α΄ και Β΄ τάξεων Λυκείου

Τα παρακάτω αναφέρονται σε σχολικά βιβλία που χρησιμοποιούνται στα Λύκεια σήμερα.

Βιολογία Α΄ Λυκείου

Από τα 149 έργα για αξιολόγηση των μαθητών που περιλαμβάνονται στο βιβλίο μόνο 1 σχετίζεται με τη φύση της γνώσης των Φ.Ε. (παρατήρηση που οδηγεί σε συμπέρασμα). Από τα υπόλοιπα θέματα 2 αφορούν σε διερευνήσεις, 2 σε κοινωνικο-επιστημονικά ζητήματα (χωρίς όμως να αναφέρεται πουθενά η φύση της γνώσης των Φ.Ε.) και τα υπόλοιπα 144 εξετάζουν αποκλειστικά γνώσεις περιεχομένου των Φ.Ε..

Φυσική Α΄ Λυκείου

Στις 193 Ερωτήσεις και τις 91 Ασκήσεις – Προβλήματα δεν υπάρχει κανένα που να σχετίζεται με τη φύση της γνώσης των Φ.Ε.. Όλα εξετάζουν γνώσεις περιεχομένου των Φ.Ε..

Φυσική Γενικής Παιδείας Β΄ Λυκείου

Στις 259 Ερωτήσεις και τις 116 Ασκήσεις – Προβλήματα δεν υπάρχει κανένα έργο που να σχετίζεται με τη φύση της γνώσης των Φ.Ε.. Όλα εξετάζουν γνώσεις περιεχομένου των Φ.Ε..

Χημεία Α΄ Λυκείου

Από τις 53 Ερωτήσεις Επανάληψης και τις 310 Ασκήσεις – Προβλήματα κανένα δεν σχετίζεται με τη φύση της γνώσης των Φ.Ε.. Όλα εξετάζουν γνώσεις περιεχομένου των Φ.Ε..

Χημεία Β΄ Λυκείου

Από τις 78 Ερωτήσεις Επανάληψης και 173 Ασκήσεις – Προβλήματα κανένα δεν σχετίζεται με τη φύση της γνώσης των Φ.Ε.. Όλα εξετάζουν γνώσεις περιεχομένου των Φ.Ε..

Ως συμπέρασμα προκύπτει ότι πολύ μικρό μέρος των έργων προς αξιολόγηση των μαθητών που προτείνονται στα σχολικά βιβλία περιλαμβάνει χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε..

6.5.2 Ανάλυση των θεμάτων προαγωγικών και απολυτήριων εξετάσεων.

6.5.2.1 Θέματα προαγωγικών και απολυτηρίων εξετάσεων Γυμνασίου

Από την Αναγνωστοπούλου (2015) συγκεντρώθηκαν από 50 δημόσια και ιδιωτικά Γυμνάσια από όλη τη χώρα συνολικά 4428 θέματα προαγωγικών και απολυτηρίων εξετάσεων Φ.Ε. στο Γυμνάσιο. Τα θέματα καλύπτουν τα σχολικά έτη από το 2007 – 2008 μέχρι και 2011-12. Το σχολικό έτος 2007-2008 είναι το σχολικό έτος από το οποίο εφαρμόστηκε για πρώτη φορά στο Γυμνάσιο το Διαθεματικό Ενιαίο Πλαίσιο Προγραμμάτων Σπουδών Φ.Ε και τα αντίστοιχα σχολικά βιβλία, το οποίο ισχύει μέχρι σήμερα. (Αναγνωστοπούλου 2015, σελ. 179). Από το 2013-14 προστέθηκε και μάθημα Φυσικής στην Α΄ Γυμνασίου.

Η έρευνά της έδειξε ότι από τα 4288 θέματα Φ.Ε. (1476 Φυσικής, 1413 Χημείας και 1359 Βιολογίας) τα 4233, ποσοστό 99,6%, είναι θέματα που αξιολογούν γνώση του περιεχομένου των Φ.Ε. και μόνο 15 έργα, ποσοστό 0,4%, αξιολογεί γνώση «περί την επιστήμη», μέσα στο οποίο περιλαμβάνεται γνώση για την επιστημονική έρευνα μέρος της οποίας μπορεί να είναι γνώση για τη φύση των Φ.Ε. (Αναγνωστοπούλου 2015, σελ. 284).

Για τη Φυσική της Α΄ Γυμνασίου στο πρόγραμμα σπουδών και στις οδηγίες του υπουργείου για την αξιολόγηση των μαθητών δεν συμπεριλαμβάνεται θέμα σχετιζόμενο με τη φύση της γνώσης των Φ.Ε..

Από το σχολικό έτος 2015-16, στο Γυμνάσιο εξετάζεται πλέον μόνο η Φυσική.

6.5.2.2 Θέματα προαγωγικών εξετάσεων Α΄ και Β΄ Λυκείου

Αρχικά αναζητήσαμε θέματα εξετάσεων από ιστολόγια, τελικά καταλήξαμε στην μελέτη των θεμάτων που είναι αναρτημένα στην τράπεζα θεμάτων του Υπουργείου Παιδείας, ως πιο αντιπροσωπευτικά. Ο λόγος ήταν ότι οι εκπαιδευτικοί που αναρτούν τα θέματά τους σε προσωπικά ιστολόγια ήταν στην πλειοψηφία τους και αυτοί που συμμετείχαν στη δημιουργία της Τράπεζας θεμάτων. Η εφαρμογή της τράπεζας θεμάτων ίσχυσε μόνο κατά τη σχολική χρονιά 2013-14, αλλά είναι ενδεικτική της νοοτροπίας που επικρατεί και από το σχολικό έτος 2020-21 γίνεται η επαναφορά της. Γενικά, η Τράπεζα Θεμάτων και στα τρία μαθήματα συνδέεται με γνωστικά θέματα³⁵. Αναλυτικά για κάθε επιμέρους αντικείμενο των Φ.Ε.:

Βιολογία Α΄ Λυκείου

Μόνο 1, από τα 315 θέματα που περιέχει, σχετίζεται με τη φύση της γνώσης των Φ.Ε.. Οι μαθητές καλούνται να εξάγουν οι ίδιοι ένα συμπέρασμα βασισμένοι στις παρατηρήσεις, να γίνουν δημιουργικοί και να εκφράσουν προσωπικές απόψεις. Όμως, και πάλι είναι έμμεση και μη σαφής η αναφορά, καθώς οι ίδιοι καλούνται να σκεφτούν μία απάντηση, χωρίς να αναφέρεται ότι οι επιστήμονες αναρωτιούνται και απαντούν με παρόμοιους τρόπους. Τα υπόλοιπα 314 σχετίζονται με θέματα γνωστικού περιεχομένου. Από αυτά περίπου τα μισά αφορούν συσχέτιση φαινομένων ή προβλημάτων από την καθημερινή ζωή του σύγχρονου ανθρώπου με τις λειτουργίες βιολογικών δομών ή συστημάτων και τους παράγοντες που επηρεάζουν θετικά ή αρνητικά τις λειτουργίες αυτές, τα οποία εξετάζονται από γνωστική σκοπιά.

Φυσική Α΄ Λυκείου

Μόνο 2, από τα 255 θέματα που περιέχει, σχετίζονται με τη φύση της γνώσης των Φ.Ε.. Όμως, αυτά τα δύο θέματα έχουν μη σαφή και έμμεση σχέση με το συμπερασματικό (X2) χαρακτηριστικό. Συγκεκριμένα, οι μαθητές, διαβάζοντας την εκφώνηση, καλούνται να κατανοήσουν ορισμένα χαρακτηριστικά των φαινομένων που περιγράφονται, ώστε στη συνέχεια να ακολουθήσουν τη φορμαλιστική σειρά σκέψεων που έχουν μάθει. Γενικά, η Τράπεζα θεμάτων περιέχει ερωτήσεις και προβλήματα με σύνθετες μαθηματικές πράξεις. Η ανάκληση, η ποιοτική και ποσοτική ερμηνεία των μαθηματικών τύπων και η συσχέτιση των μεγεθών που περιλαμβάνονται σε αυτούς είναι ο πρωταρχικός στόχος. Σημαντικός αριθμός θεμάτων αφορά την ερμηνεία διαγραμμάτων.

Φυσική Β΄ Λυκείου Γενικής Παιδείας

Και τα 525 θέματα που προτείνονται περιέχουν ανάκληση γνώσεων και χρήση μαθηματικών τύπων στο Β΄ Θέμα και επίλυση τυπικών προβλημάτων στο Δ΄ Θέμα. Επικρατεί η ίδια λογική με αυτή της Α΄ Λυκείου.

Χημεία Α΄ Λυκείου

Και τα 363 προτεινόμενα θέματα αφορούν σε ανάκληση και εφαρμογή γνώσεων περιεχομένου.

³⁵ <https://edu.klimaka.gr/sxoleia/genika/563-trapeza-thematwn>

Χημεία Β΄ Λυκείου Γενικής Παιδείας

Κανένα από τα 172 θέματα της Τράπεζας Θεμάτων δεν περιλαμβάνει ερώτηση που αναφέρεται στη φύση της γνώσης των Φ.Ε.. Όλα τα θέματα αφορούν σε ερωτήσεις ανάκλησης γνώσεων και επίλυσης ασκήσεων με χημικές αντιδράσεις και μαθηματικούς χειρισμούς.

Ως συμπέρασμα, τόσο στα θέματα προαγωγικών και απολυτήριων εξετάσεων του Γυμνασίου, όσο και στα θέματα της Τράπεζας Θεμάτων του Λυκείου, φαίνεται ότι η φύση της γνώσης των Φ.Ε. δεν περιλαμβάνεται.

6.6 Συνεντεύξεις με Σχολικούς Συμβούλους

Οι συνεντεύξεις με τους Σχολικούς Συμβούλους (πλέον ονομάζονται Συντονιστές Εκπαιδευτικού Έργου) δόθηκαν τηλεφωνικά (κλήση – skype) και δια ζώσης. Από αυτούς οι πέντε είναι φυσικοί (ΠΕ04.01) και οι δύο χημικοί (ΠΕ04.02), οι τέσσερις είναι κάτοχοι διδακτορικού τίτλου στη Διδακτική των Φ.Ε. και ο ένας είχε συμμετάσχει σε συγγραφική ομάδα σχολικών εγχειριδίων. 3 προέρχονται από μεγάλες πόλεις (Θεσσαλονίκη – Αθήνα) και οι υπόλοιποι τέσσερις από την περιφέρεια. Η έρευνα έγινε κατά τους μήνες Φεβρουάριο – Μάιο 2017.

6.6.1 Απόψεις των σχολικών συμβούλων για το αν τα σχολικά βιβλία περιέχουν, και αν οι εκπαιδευτικοί διδάσκουν, χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε..

Αρχικά τους είχε δοθεί μια περιγραφική λίστα των χαρακτηριστικών των Φ.Ε, όπως αυτή παρουσιάζεται στην παράγραφο 2.2.2.1α΄ και ακολούθησε συζήτηση πάνω σε αυτή, όπου τους ζητήθηκε να σχολιάσουν αν το κάθε ένα από τα χαρακτηριστικά αυτά θεωρούν ότι περιέχεται στα σχολικά βιβλία και αν διδάσκεται από τους εκπαιδευτικούς. Στη συνέχεια παρουσιάζονται οι απόψεις τους.

(X1), εμπειρικό: Όλοι οι Σχολικοί Σύμβουλοι υποστηρίζουν ότι γενικά το χαρακτηριστικό αυτό υπάρχει στα σχολικά βιβλία, κυρίως στη Χημεία Β΄ Γυμνασίου. Γενικά είναι κυρίαρχη η άποψη ότι η γνώση βασίζεται στην εμπειρία και οι επιστήμονες παρατηρούν/εξηγούν τον κόσμο γύρω τους. Θεωρούν ότι οι εκπαιδευτικοί το περιλαμβάνουν στη διδασκαλία τους.

(X2), συμπερασματικό: Όλοι οι Σχολικοί Σύμβουλοι υποστηρίζουν ότι επίσης υπάρχει στα σχολικά βιβλία, άμεσα ή έμμεσα. Τα συμπεράσματα θεωρούνται άμεση συνέπεια της παρατήρησης και η διαφορά τους αναδεικνύεται, κυρίως από τη χρήση της γλώσσας και των κατάλληλων ρημάτων. Οι Σχολικοί Σύμβουλοι διχάζονται στο κατά πόσο οι εκπαιδευτικοί το διδάσκουν, καθώς οι 3 υποστηρίζουν ότι το κάνουν, ενώ οι υπόλοιποι 4 θεωρούν ότι αν διδάσκεται γίνεται με μη σαφή τρόπο, οπότε οι μαθητές δεν το εμπεδώνουν.

(X3), δημιουργικό: Όλοι οι Σχολικοί Σύμβουλοι συμφωνούν ότι δεν υπάρχουν αναφορές ούτε στα βιβλία ούτε στη διδασκαλία. Μάλιστα, δύο Σχολικοί Σύμβουλοι αναφέρουν ότι οι εκπαιδευτικοί δεν φαίνεται να γνωρίζουν τη λειτουργία θεωρητικών μοντέλων ως μεθοδολογία των Φ.Ε. Η φαντασία και η δημιουργικότητα είναι κάτι τελείως ξένο στη διδασκαλία των Φ.Ε.

(X4), υποκειμενικό/αντικειμενικό: Σύμφωνα με όλους τους Συμβούλους δεν αναφέρεται πουθενά. Σχετικά με την υποκειμενικότητα, η επιστημονική γνώση

απεναντίας θεωρείται αντικειμενική και μονοσήμαντη. Υπάρχουν λίγες αναφορές στη Χημεία Β΄ Γυμνασίου κατά τη σύνδεση με την ιστορία των Φ.Ε. και με τις εφαρμογές της καθημερινής ζωής – κυρίως στα παραρτήματα. Οι εκπαιδευτικοί δεν το διδάσκουν. Διδάσκουν τη δημοσιοποίηση και το διαχρονικό έλεγχο ως χαρακτηριστικά των Φ.Ε., ενώ η επιστημονική γνώση παρουσιάζεται ως μια αλήθεια που είναι προϊόν της προσωπικής εργασίας κάποιου επιστήμονα. Εξαίρεση στα παραπάνω μπορεί να αποτελέσουν εργασίες που γίνονται στους ομίλους των πειραματικών σχολείων, όπως επίσης ορισμένες μεμονωμένες περιπτώσεις εκπαιδευτικών, κάτι που ισχύει γενικότερα για όλα τα χαρακτηριστικά.

(X5), **αβέβαιο**: Σύμφωνα με όλους τους Συμβούλους πουθενά στα βιβλία δεν αναφέρεται άμεσα ότι η γνώση μπορεί να αλλάξει με την πάροδο του χρόνου. Η εξέλιξη της επιστημονικής γνώσης γίνεται αντιληπτή με όρους «σωστό» και «λάθος» με το βέλος του χρόνου να δείχνει πάντα προς το σωστό. Υπονοείται ότι στόχος της επιστημονικής δραστηριότητας είναι η προσέγγιση της απόλυτης αλήθειας. Η γνώση παρουσιάζεται παγιωμένη, σχεδόν απόλυτη, αναλλοίωτη και αιώνια.

(X6), **πολιτισμικό**: Όλοι οι Σχολικοί Σύμβουλοι θεωρούν ότι στα βιβλία η επιστήμη δεν θεωρείται κοινωνικό και πολιτιστικό επίτευγμα, αλλά μια αντικειμενική περιγραφή του πραγματικού φυσικού κόσμου. Γίνονται κάποιες αναφορές της συμβολής των Φ.Ε. στο κοινωνικό και οικονομικό περιβάλλον, αλλά όχι το αντίστροφο. Εξαίρεση η Χημεία Β΄ Γυμνασίου που αναφέρεται σε αλληλεπιδράσεις με την καθημερινή ζωή (αλλά όχι στο κλίμα της ερώτησης). Στο παραπάνω πλαίσιο των βιβλίων διδάσκουν και οι εκπαιδευτικοί.

(X7), **διαφορά νόμου/θεωρίας**: Όλοι οι Σχολικοί Σύμβουλοι θεωρούν ότι ξεκάθαρα οι νόμοι και οι θεωρίες δεν παρουσιάζονται ως διαφορετικά είδη γνώσης. Προβληματίζονται μάλιστα για το αν οι εκπαιδευτικοί γνωρίζουν τη διαφορά τους.

6.6.2 Γενικότερες παρατηρήσεις από τους Σχολικούς Συμβούλους για την κατάσταση που επικρατεί στις σχολικές τάξεις

Η συζήτηση επεκτάθηκε στα γενικότερα χαρακτηριστικά της ελληνικής Δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης, των αναγκών της και των προβλημάτων της. Από τη συζήτηση αυτή προέκυψαν στοιχεία χρήσιμα για την καταγραφή πολιτισμικών χαρακτηριστικών των εκπαιδευτικών, όπως:

- Οι περισσότεροι εκπαιδευτικοί προσπαθούν να διεκπεραιώσουν την ύλη, όπως καθορίζεται με εγκυκλίους αναφερόμενες σε κεφάλαια/σελίδες των σχολικών βιβλίων, χωρίς καν να έχουν διαβάσει το πρόγραμμα Δ.Ε.Π.Π.Σ. – Α.Π.Σ. που είναι σε ισχύ. Γενικά υπάρχει η αίσθηση ότι κάθε τάξη προετοιμάζει το μαθητή για τις επόμενες, με τελικό σκοπό την επιτυχία στις Πανελλήνιες εξετάσεις. Άρα, το μάθημα έχει χαρακτήρα γνώσης ορισμών, κανόνων, νόμων, τύπων, τα οποία ο μαθητής πρέπει να απομνημονεύσει και να λύνει δύσκολες μαθηματικοποιημένες ασκήσεις. Αυτό φαίνεται και από τα θέματα των εξετάσεων στο τέλος της χρονιάς, αλλά και από τα διαγωνίσματα. Οι στόχοι στο ελληνικό σχολείο προσδιορίζονται από τις εξετάσεις. Έτσι ακόμη και οι εκπαιδευτικοί που διδάσκουν χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. δεν αξιολογούν τη γνώση των μαθητών τους σε αυτά.

- Πιο ελεύθερα θέματα μπορούν να συζητούνται στο μάθημα της ερευνητικής εργασίας (Project), αλλά λόγω ωραρίου δεν το αναλαμβάνουν ΠΕ.04, οπότε η ευκαιρία χάνεται.
- Γύρω στο 10 – 20% των εκπαιδευτικών κάνει μάθημα με διερεύνηση και πιθανόν κάποιοι από αυτούς να αναφέρονται και σε χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε.. Θεωρούν ότι περίπου 2-5% των εκπαιδευτικών ΠΕ.04 γνωρίζει και διδάσκει τα χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε.. Οι Σχολικοί Σύμβουλοι προσπαθούν να πείσουν τους εκπαιδευτικούς να εντάξουν τη διερεύνηση στα μαθήματά τους. Οι εκπαιδευτικοί ισχυρίζονται ότι δεν τους βοηθάει το βιβλίο και ο χρόνος.
- Οι εκπαιδευτικοί δεν είναι σίγουρο ότι ξέρουν τι είναι φύση της γνώσης των Φ.Ε., καθώς ποτέ δεν το διδάχθηκαν, ούτε στις σπουδές τους ούτε σε σεμινάρια.
- Δεν έχει συζητηθεί στα μαθήματα Φ.Ε. ο κοινωνικός ρόλος του επιστήμονα, οι ηθικές του υποχρεώσεις ή η αναζήτηση κεφαλαίων και χορηγών για επιστημονική έρευνα, το οποίο συζητείται στο μάθημα της Έκθεσης από φιλόλογους.
- Οι 6 από τους 7 Συμβούλους θεωρούν μειονέκτημα το ότι οι εργαστηριακοί οδηγοί είναι γραμμένοι ως «συνταγές μαγειρικής». Ο έβδομος θεωρεί ότι σκόπιμα είναι έτσι γραμμένοι προκειμένου να μάθουν οι μαθητές να ακολουθούν μια συγκεκριμένη διαδικασία. *«Είμαστε μεν πίσω από την Ευρώπη, αλλά κάτι κάνουμε. Κάπου βέβαια αυτό χάνεται μέσα στην όλη κατάσταση και ενώ γίνονται φιλότιμες προσπάθειες, τελικά κανείς δεν είναι σίγουρος πόσο εκτιμώνται και πόσο αποτιμώνται αυτές»*, αναφέρει.

Ως συμπέρασμα προκύπτει ότι: οι Σχολικοί Σύμβουλοι θεωρούν ότι η φύση της γνώσης των Φ.Ε. δεν είναι στόχος της εκπαίδευσης στις Φ.Ε. και κατά κανόνα δεν περιλαμβάνεται στην καθημερινή διδασκαλία. Θεωρούν ότι οι εκπαιδευτικοί δεν τη γνωρίζουν, σίγουρα όχι οργανωμένα, και δεν έχουν εκπαιδευθεί να τη συμπεριλαμβάνουν στη διδασκαλία τους.

6.7 Τι γνωρίζουν οι απόφοιτοι Λυκείου από τα χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε.

6.7.1 Ανάλυση του ερωτηματολογίου VNOS-D+ αποφοίτων Λυκείου

Τελικός αποδέκτης των βιβλίων, της διδασκαλίας των εκπαιδευτικών, της αξιολόγησης κτλ. και άρα μια ακόμα πηγή πληροφοριών για το αν η φύση της γνώσης των Φ.Ε. διδάσκεται, και κυρίως αν μαθαίνεται, είναι οι γνώσεις που έχουν οι απόφοιτοι του ελληνικού Λυκείου για το θέμα. Έτσι η ερευνά μας απλώθηκε και σε αυτούς με τη χρήση του ερωτηματολογίου VNOS-D+ και συνεντεύξεων.

6.7.1.1 Παρουσίαση του ερωτηματολογίου

Χρησιμοποιήθηκε το ερωτηματολόγιο VNOS-D+ (από τα αρχικά των Views of Nature of Science), το ίδιο δηλ. που χρησιμοποιήθηκε και για την καταγραφή των γνώσεων των εκπαιδευτικών. Το ερωτηματολόγιο VNOS-D+ αποτελείται από 10 ανοικτού τύπου ερωτήσεις, μια εκ των οποίων έχει 4 υποερωτήματα, και κάθε μία ερευνά άμεσα ή έμμεσα ένα ή και περισσότερα από τα χαρακτηριστικά της φύσης των Φ.Ε. Οι απαντήσεις επεξεργάστηκαν από τρεις ερευνητές ακριβώς με τον ίδιο τρόπο όπως και

οι απαντήσεις εκπαιδευτικών. Περισσότερα για το περιεχόμενο του ερωτηματολογίου, το τι ερευνά κάθε ερώτηση, την κλίμακα βαθμολόγησης και τον τρόπο επεξεργασίας παρουσιάζονται στις παραγράφους 6.4.1.1 και 6.4.1.3.

6.7.1.2 Το Δείγμα της έρευνας

Το δείγμα αποτελείται από 149 φοιτητές του 1^{ου} έτους του Παιδαγωγικού Τμήματος Δημοτικής Εκπαίδευσης του Α.Π.Θ. Ο λόγος για τον οποίο επιλέχθηκαν φοιτητές 1^{ου} έτους και όχι μαθητές Γ' Λυκείου, είναι διότι θεωρήσαμε ότι με τον τρόπο αυτό θα πετύχουμε αντικειμενικότερα συμπεράσματα για το σύνολο των μαθητών της χώρας. Συγκεκριμένα, σε ένα πανεπιστημιακό τμήμα μεγάλης πόλης εισάγονται μαθητές από όλη την Ελλάδα, από αστικές, αγροτικές και νησιωτικές περιοχές, έχοντας φοιτήσει σε πολλά και διαφορετικά σχολεία, με πολλούς και διαφορετικούς εκπαιδευτικούς, άρα έχοντας εν δυνάμει διαφορετικά ερεθίσματα. Επιπλέον, θεωρούμε ότι οι πρωτοετείς φοιτητές που έχουν παρακολουθήσει μόλις ένα μήνα σπουδών στο πανεπιστήμιο, ουσιαστικά δεν έχουν προσαρμοστεί ακόμα στην Τριτοβάθμια εκπαίδευση αλλά έχουν τη νοοτροπία και τα χαρακτηριστικά των μαθητών της Δευτεροβάθμιας.

Οι 149 φοιτητές είναι 103 κορίτσια (69%) και 46 αγόρια (31%), ενώ σε σχέση με την κατεύθυνση που ακολούθησαν 90 φοιτητές είναι από τον προσανατολισμό θεωρητικών σπουδών (60%), 28 από των θετικών σπουδών (19%) και οι υπόλοιποι 31 (21%) από των οικονομικών σπουδών. Επειδή η ερευνά μας αφορά το τι διδάσκεται (και τι μένει από αυτό) στο γενικό μέρος της Δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης (Γυμνάσιο και τις δυο πρώτες τάξεις του Λυκείου) δεν θεωρούμε το παραπάνω περιορισμό της ερευνάς μας. Βεβαίως ένας περιορισμός είναι το ότι τα 2/3 των συμμετεχόντων είναι κορίτσια. Η στατιστική μελέτη των αποτελεσμάτων της έρευνας Pisa 2015 έδειξε ότι όσον αφορά στις Φυσικές Επιστήμες τα κορίτσια σημειώνουν υψηλότερες επιδόσεις από τα αγόρια, ωστόσο η διαφορά επίδοσης δεν είναι ισχυρή (Σοφιανοπούλου κ.ά. 2017, σελ.97). Αυτό, καθώς και το γεγονός ότι το Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης του Α.Π.Θ. είχε βαθμολογική βάση πάνω από το μέσο όρο των βάσεων όλων των σχολών στις Πανελλήνιες οδηγούν στο συμπέρασμα ότι τα αποτελέσματα από το δείγμα μας μπορεί να ήταν και ελαφρά καλύτερα από το γενικό δείγμα, άρα δίνει μια ικανοποιητική εικόνα, ίσως και βελτιωμένη, για το τι ξέρει ένας απόφοιτος της Δευτεροβάθμιας για τη φύση της γνώσης των Φ.Ε.

Μετά την ολοκλήρωση της συμπλήρωσης των ερωτηματολογίων ακολούθησαν συνεντεύξεις με το 20% του δείγματος (30 φοιτητές), όπου συζητήθηκε το ερωτηματολόγιο και άλλες γενικές ερωτήσεις (βλ. τμήμα συνεντεύξεων μαθητών). Τα ερωτηματολόγια ήταν ανώνυμα, αλλά περιείχαν την ημερομηνία γέννησης του κάθε φοιτητή ώστε να μπορέσει να γίνει ταυτοποίηση για τις συνεντεύξεις.

Στη συνέχεια της εργασίας οι παραπάνω πρωτοετείς φοιτητές αποκαλούνται μαθητές, αφού έχουν ληφθεί ως δείγμα που εκπροσωπεί τους αποφοίτους της Δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης. Το ερωτηματολόγιο απαντήθηκε γραπτά κατά τη διάρκεια μίας ώρας μαθήματος. Ακολουθεί παρουσίαση των αποτελεσμάτων της κάθε ερώτησης ξεχωριστά.

Η έρευνα διεξήχθη το Νοέμβριο του 2017.

6.7.1.3 Οι απαντήσεις στο ερωτηματολόγιο

Ερώτηση 1: Τι είναι οι Φυσικές Επιστήμες:

Πρόκειται για μία γενική ερώτηση από την οποία μπορούν έμμεσα να βγουν συμπεράσματα για το υποκειμενικό (X4) και το αβέβαιο (X5) χαρακτηριστικό της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. Από την ερώτηση αυτή δεν κατέστη δυνατό να εξαχθούν σημαντικές πληροφορίες καθώς οι περισσότεροι μαθητές έδωσαν ιδιαίτερα σύντομες απαντήσεις, οι οποίες δεν περιείχαν πληροφορίες που θα αναδείκνυαν τα χαρακτηριστικά που ανέμεναν οι δημιουργοί του ερωτηματολογίου. Παρόλα αυτά δίνεται μία εικόνα για το πώς αντιμετωπίζουν οι ερωτώμενοι τις Φυσικές Επιστήμες.

Ειδικότερα, 67 μαθητές απαντάνε ότι οι Φυσικές Επιστήμες ασχολούνται με «τη μελέτη των φυσικών / χημικών / βιολογικών φαινομένων», κάτι που, ανάλογα, αναφέρεται στις εισαγωγές πολλών σχολικών βιβλίων και 31 μαθητές χρησιμοποιούν τη φράση «πρακτικά προβλήματα της καθημερινότητας». 3 μαθητές, τέλος χρησιμοποιούν τα βήματα της (μίας, και για τα βιβλία) επιστημονικής μεθόδου ως ορισμό. Η ερώτηση αυτή τελικά δεν χρησιμοποιήθηκε στη βαθμολόγηση των χαρακτηριστικών, γιατί δεν θα οδηγούσε σε ασφαλή συμπεράσματα.

Ερώτηση 2: Τι είναι αυτό που κάνει τις Φυσικές Επιστήμες (ή έναν κλάδο τους, όπως η Φυσική, η Βιολογία, κλπ) διαφορετικό από άλλους κλάδους, όπως η Τέχνη, η Ιστορία, η Φιλοσοφία, κλπ;

Είναι ακόμα μία γενική ερώτηση, με την οποία έμμεσα μπορεί να συλλεχθούν στοιχεία για τρία από τα χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε.: Το εμπειρικό (X1), το δημιουργικό (X3) και το υποκειμενικό (X4).

Σχετικά με το εμπειρικό χαρακτηριστικό (X1), 1 μαθητής δίνει ιδιαίτερα εμπειριστατωμένη απάντηση, 67 δίνουν εμπειριστατωμένες, 53 μεταβατικές και 27 απλοϊκές. Ενός μαθητή η απάντηση δεν σχετίζεται με το εμπειρικό χαρακτηριστικό (X1). Από τους 58 μαθητές των δύο πρώτων κατηγοριών υπάρχουν 46 αιτιολογήσεις της μορφής «δεν είναι θεωρητική, αλλά βασίζεται στην εμπειρία», 29 αιτιολογήσεις της μορφής «η γνώση των Φ.Ε. αποδεικνύεται με πειράματα», 14 αιτιολογήσεις «έχει πρακτική εφαρμογή στην καθημερινότητα», και 6 ότι οι Φ.Ε. «περιγράφουν κάτι πραγματικό». Οι παραπάνω αιτιολογήσεις είναι περισσότερες σε αριθμό από τους μαθητές γιατί πολλοί περιλαμβάνουν στην απάντησή τους περισσότερες από μια.

Σχετικά με το υποκειμενικό (X4) χαρακτηριστικό, 77 μαθητές δεν αναφέρονται σε αυτό, ενώ 34 δίνουν απλοϊκές απαντήσεις, 34 δίνουν μεταβατικές και μόνο 4 μαθητές δίνουν εμπειριστατωμένες απαντήσεις. Κανένας δεν δίνει ιδιαίτερα εμπειριστατωμένη απάντηση.

Σχετικά με το δημιουργικό (X3) χαρακτηριστικό, 87 μαθητές δεν αναφέρουν κάτι που να μπορεί να συνδεθεί με αυτό. 58 δίνουν απλοϊκές απαντήσεις, 2 μεταβατικές, 2 εμπειριστατωμένες και κανένας ιδιαίτερα εμπειριστατωμένη. Από αυτούς που δίνουν απλοϊκή απάντηση 6 άτομα απαντάνε ότι η Τέχνη είναι «ανθρωπογενής», 5 ότι οι καλλιτέχνες χρησιμοποιούν «προσωπικές ερμηνείες, ενώ οι επιστήμονες όχι», και 13 μαθητές απαντάνε ότι οι Φ.Ε. και η Τέχνη δεν έχουν καμία σχέση. Τέλος, 1 μαθητής χρησιμοποιεί τα στάδια της (μίας) επιστημονικής μεθόδου ως απάντηση.

Ερώτηση 3: Οι επιστήμονες παράγουν την επιστημονική γνώση. Πιστεύετε ότι αυτή η γνώση μπορεί να μεταβληθεί στο μέλλον; Εξηγήστε την απάντησή σας και δώστε ένα παράδειγμα.

Με την ερώτηση αυτή μπορεί να συλλεχθούν άμεσα στοιχεία για το αβέβαιο (X5) χαρακτηριστικό της επιστημονικής γνώσης και έμμεσα στοιχεία για το συμπερασματικό (X2) και το υποκειμενικό (X4) χαρακτηριστικό.

Για το αβέβαιο χαρακτηριστικό 2 μαθητές δίνουν ιδιαίτερα εμπειριστατωμένες απαντήσεις, 51 μαθητές εμπειριστατωμένες, 51 μεταβατικές και 43 απλοϊκές και 2 δεν συνδέουν την απάντησή τους με αυτό. Από αυτούς που δίνουν απλοϊκές απαντήσεις: 10 απάντησαν ότι η επιστημονική γνώση δεν αλλάζει γιατί είναι πλέον αποδεδειγμένη, 3 είχαν αρχικά απαντήσει σωστά, αλλά έδωσαν άστοχα παραδείγματα, οπότε πήραν τη βαθμολογία του απλοϊκού. Παράδειγμα είναι η πρόταση: «Οι γνώσεις των επιστημόνων μπορούν να αλλάξουν με την πάροδο του χρόνου. Ο σημαντικότερος λόγος είναι η εξέλιξη της τεχνολογίας, η οποία βοηθάει όλο και περισσότερο στην επίλυση των προβλημάτων τους. Χαρακτηριστικότερο παράδειγμα είναι η αμφισβήτηση ύπαρξης του Θεού, μια θεωρία υποστηρίζει ότι όντως υπάρχει ενώ μια άλλη όχι».

Σχετικά με το συμπερασματικό (X2) χαρακτηριστικό, 79 μαθητές δεν το αναφέρουν καθόλου, 8 δίνουν απλοϊκές απαντήσεις, 32 μεταβατικές και 30 εμπειριστατωμένη απάντηση. Κανένας δεν δίνει ιδιαίτερα εμπειριστατωμένη απάντηση. Ένα παράδειγμα εμπειριστατωμένης απάντησης: «ένας επιστήμονας του μέλλοντος που ερευνά κάτι που μελετάται και σήμερα, μπορεί να εμβαθύνει συνδυάζοντας τη δική του γνώση και καινούρια ευρήματα που θα έχουν παρατηρηθεί και να βγάλει τα δικά του συμπεράσματα».

Σχετικά με το υποκειμενικό (X4) χαρακτηριστικό, 113 δεν το αναφέρουν καθόλου. Από τους υπόλοιπους 36 μαθητές, από 10 δίνουν απλοϊκές και μεταβατικές απαντήσεις και 16 εμπειριστατωμένες. Κανένας δεν δίνει ιδιαίτερα εμπειριστατωμένη απάντηση. Μία εμπειριστατωμένη απάντηση: «Κάποιοι επιστήμονες πιθανόν να ερμηνεύσουν διαφορετικά τα συμπεράσματα των παρατηρήσεων και να διατυπώσουν άλλες υποθέσεις για τα ζητήματα που ερευνούν».

Ερώτηση 4α: Πώς οι επιστήμονες ξέρουν ότι οι δεινόσαυροι πράγματι υπήρξαν; Εξηγήστε την απάντησή σας.

Η ερώτηση αφορά άμεσα το συμπερασματικό (X2) χαρακτηριστικό της γνώσης των Φ.Ε..

7 μαθητές δίνουν ιδιαίτερα εμπειριστατωμένες απαντήσεις, 18 εμπειριστατωμένες, 86 μεταβατικές, 33 απλοϊκές και 5 δεν δίνουν απάντηση που σχετίζεται με αυτό.

Από τους 149 μαθητές οι 110 αναφέρονται σε απολιθώματα ή σε οστά. Αυτό, αν αποτελούσε τη μονολεκτική τους απάντηση βαθμολογήθηκε ως μεταβατική απάντηση, γιατί από τη μία είναι σωστό και οι μαθητές εννοούν ότι μελετήθηκαν τα ευρήματα, αλλά οι μονολεκτικές απαντήσεις δεν μπορούν να θεωρηθούν εμπειριστατωμένες. Ένα παράδειγμα ιδιαίτερα εμπειριστατωμένης απάντησης είναι η εξής: «Η άποψη των επιστημόνων για την ύπαρξη των δεινοσαύρων στηρίζεται σε συγκεκριμένες έρευνες των απολιθωμάτων και των διάφορων άλλων οργανισμών που με το πέρασμα των αιώνων μαρτυρούν την ύπαρξη και την εξελικτική πορεία αυτών των δημιουργημάτων». Ακόμη 10 αναφέρουν τη θεωρία της εξέλιξης ως συμπληρωματικό τρόπο επιβεβαίωσης, το οποίο είναι εμπειριστατωμένη (ή ιδιαίτερα εμπειριστατωμένη, ανάλογα με το υπόλοιπο της απάντησης) άποψη.

Ερώτηση 4β: Πόσο σίγουροι πιστεύετε ότι είναι οι επιστήμονες για το πώς έμοιαζαν οι δεινόσαυροι; Εξηγήστε την απάντησή σας.

Η ερώτηση αφορά άμεσα στο συμπερασματικό (X2) και το αβέβαιο (X5) χαρακτηριστικό.

Στο συμπερασματικό (X2) χαρακτηριστικό αναφέρονται σχεδόν όλοι οι μαθητές, εκτός από 9. Από τους υπόλοιπους 140, οι 54 δίνουν απλοϊκές απαντήσεις, 40 μεταβατικές, 44 εμπειριστατωμένες και 2 ιδιαίτερα εμπειριστατωμένες. Στις απλοϊκές απαντήσεις συμπεριελήφθησαν οι απαντήσεις 16 μαθητών που πιστεύουν ότι οι επιστήμονες είναι απόλυτα σίγουροι για το πώς έμοιαζαν οι δεινόσαυροι. Οι απαντήσεις 18 ατόμων που θεωρούν ότι οι επιστήμονες είναι «αρκετά σίγουροι» βαθμολογήθηκαν είτε ως μεταβατικές είτε ως εμπειριστατωμένες, ανάλογα με την αιτιολόγηση.

Στο αβέβαιο (X5) χαρακτηριστικό ομοίως αναφέρονται σχεδόν όλοι οι μαθητές, εκτός από 9. Από τους υπόλοιπους 140, οι 103 δίνουν απλοϊκές απαντήσεις, 21 μεταβατικές, 14 εμπειριστατωμένες και 2 ιδιαίτερα εμπειριστατωμένες.

Μια ιδιαίτερα εμπειριστατωμένη απάντηση και για τα δυο χαρακτηριστικά είναι η εξής: «Δεν νομίζω ότι οι επιστήμονες μπορούν ποτέ να είναι σίγουροι. Πιστεύω πως ένας σωστός επιστήμονας δέχεται τις ενδείξεις, ερευνώντας κάθε ενδεχόμενο που μπορεί να σκεφτεί, αλλά παραμένει ανοιχτός σε νεότερες ανακαλύψεις που μπορεί να οδηγήσουν σε διαφορετικά αποτελέσματα. Δεν είναι στατική η Επιστήμη, ούτε και οι γνώσεις που αποκτιούνται μέσω αυτής». Μία απάντηση που είναι εμπειριστατωμένη για το συμπερασματικό (X2) χαρακτηριστικό, αλλά απλοϊκή για το αβέβαιο είναι η εξής: «Εφόσον έχουν βρεθεί οι σκελετοί των δεινοσαύρων, οι επιστήμονες έχουν καταφέρει να δημιουργήσουν ένα σκελετικό μοντέλο και αυτό δεν αλλάζει».

Ερώτηση 4γ: Οι επιστήμονες συμφωνούν ότι πριν από 65 δισεκατομμύρια χρόνια οι δεινόσαυροι εξαφανίστηκαν. Παρόλα αυτά, διαφωνούν για την αιτία που προκάλεσε αυτή την εξαφάνιση. Γιατί πιστεύετε ότι διαφωνούν, αν και έχουν πρόσβαση στις ίδιες πληροφορίες;

Η ερώτηση αφορά άμεσα στο συμπερασματικό (X2) και το υποκειμενικό (X4) χαρακτηριστικό.

Για το συμπερασματικό (X2) χαρακτηριστικό 11 μαθητές δεν απαντούν, 67 δίνουν απλοϊκές απαντήσεις, 45 μεταβατικές, 25 εμπειριστατωμένες και 1 ιδιαίτερα εμπειριστατωμένη. 42 μαθητές αναφέρουν τη φράση «οπτική γωνία του ερευνητή» ως αιτία της διαφωνίας, το οποίο χαρακτηρίζεται ως εμπειριστατωμένη ή ιδιαίτερα εμπειριστατωμένη απάντηση για το υποκειμενικό (X4) χαρακτηριστικό.

Για το υποκειμενικό (X4) χαρακτηριστικό 11 δεν απαντούν, 65 δίνουν απλοϊκές απαντήσεις, 15 μεταβατικές, 42 εμπειριστατωμένες και 16 ιδιαίτερα εμπειριστατωμένες. Παρατηρούμε ότι σε αυτή την ερώτηση οι μαθητές είναι χωρισμένοι στη μέση σε σχέση με τις απόψεις τους. 16 μαθητές πιστεύουν ότι οι αιτίες διαφωνίας είναι οι πολλές παράμετροι ενός προβλήματος, οπότε δεν μπορούν να τις συμπεριλάβουν όλες στη μελέτη τους. Οι απαντήσεις αυτές χαρακτηρίζονται ως απλοϊκές και για τα δύο χαρακτηριστικά. Μια εμπειριστατωμένη άποψη και για τα δύο χαρακτηριστικά είναι η εξής: «Αρχικά ο καθένας επεξεργάζεται και αντιλαμβάνεται τα δεδομένα που έχει στη διάθεσή του διαφορετικά. Επιπλέον, πιθανότατα να στηρίχθηκε σε διαφορετικό κλάδο

ο καθένας, πχ στη φυσική υποστηρίζουν ότι με τις αλλαγές του περιβάλλοντος ... δεν μπόρεσαν να προσαρμοστούν στις συνθήκες της γης... ή στη βιολογία ... δεν εξαφανίστηκε αλλά εξελίχθηκε...».

Ερώτηση 4δ: Αν ένας επιστήμονας επιθυμεί να πείσει τους συναδέλφους του για τη θεωρία του πάνω στην εξαφάνιση των δεινοσαύρων, τι πιστεύετε ότι χρειάζεται να κάνει για να τους πείσει; Εξηγήστε την απάντησή σας.

Η ερώτηση αφορά άμεσα στο εμπειρικό (X1) χαρακτηριστικό.

6 μαθητές δίνουν ιδιαίτερα εμπειριστατωμένες απαντήσεις, 36 εμπειριστατωμένες, 56 μεταβατικές και 43 απλοϊκές απαντήσεις. 8 άτομα δεν απαντούν κάτι που να σχετίζεται με το εμπειρικό (X1) χαρακτηριστικό. Ενδιαφέρον είναι ότι 21 άτομα αναφέρονται στους τρόπους πειθούς που έμαθαν στην Έκθεση: οι απαντήσεις τους χαρακτηρίστηκαν απλοϊκές. Ένα ακόμη παράδειγμα απλοϊκής απάντησης είναι: «να παρουσιάσει ένα πειστικό πείραμα». Μια εμπειριστατωμένη απάντηση: «Να παρουσιάσει μια θεωρία η οποία να στηρίζεται όσο το δυνατόν περισσότερο σε απτά ευρήματα». Τέλος, μία μεταβατική απάντηση για το εμπειρικό (X1) χαρακτηριστικό, όπου συγχρόνως είναι απλοϊκή για τον ορισμό της θεωρίας (ερώτηση 8) είναι: «για να μπορέσει να πείσει τους άλλους επιστήμονες δεν πρέπει να βασίζεται μόνο σε θεωρίες αλλά πρέπει να αποδείξει επιστημονικά τις απόψεις του με παρατηρήσεις και πειράματα». Σχετικά με τη διαφορά θεωρίας-νόμου, η απάντηση αυτή σημειώνεται και λαμβάνεται υπόψη για το αντίστοιχο χαρακτηριστικό.

Ερώτηση 5: Προκειμένου οι μετεωρολόγοι να προβλέψουν τον καιρό, συλλέγουν διαφορετικά είδη πληροφοριών. Συχνά δημιουργούν διαφορετικά υπολογιστικά αριθμητικά μοντέλα καιρού. (α) Πιστεύετε ότι οι μετεωρολόγοι είναι απόλυτα σίγουροι για τα υπολογιστικά αριθμητικά μοντέλα καιρού; (β) Γιατί ναι/γιατί όχι;

Η ερώτηση αφορά άμεσα στο συμπερασματικό (X2) και το αβέβαιο (X5) χαρακτηριστικό.

Σχετικά με το συμπερασματικό (X2) χαρακτηριστικό, 104 μαθητές δίνουν απλοϊκές απαντήσεις, 37 μεταβατικές, 3 εμπειριστατωμένες και κανένας ιδιαίτερα εμπειριστατωμένη. 5 μαθητών η απάντηση δεν συνδέεται με το συμπερασματικό χαρακτηριστικό.

Σχετικά με το αβέβαιο χαρακτηριστικό, 107 δίνουν απλοϊκές απαντήσεις, 32 μεταβατικές, 6 εμπειριστατωμένες και κανένας ιδιαίτερα εμπειριστατωμένη. 4 μαθητές δεν απαντούν.

16 άτομα γράφουν ότι οι μετεωρολόγοι είναι απόλυτα σίγουροι για τις προβλέψεις τους (απλοϊκή απάντηση για το αβέβαιο χαρακτηριστικό), ενώ 30 δηλώνουν μεν ότι τα «στοιχεία του καιρού αλλάζουν διαρκώς», αλλά η διατύπωσή τους δεν είναι καλή για να χαρακτηριστεί κάτι περισσότερο από απλοϊκή ή μεταβατική ανάλογα με την υπόλοιπη απάντηση. Ένα παράδειγμα μεταβατικής απάντησης και για τα δύο χαρακτηριστικά είναι η εξής: «Δεν είναι σίγουροι για τα μοντέλα καιρού, γιατί μπορεί να κάνουν κάποιο υπολογιστικό λάθος ή να συμβεί κάτι απρόοπτο και ξαφνικό στη Γη. Γι' αυτό και πολλές φορές δεν είναι σωστός ο καιρός που έχουμε με αυτό που λένε». Ένα παράδειγμα απλοϊκής απάντησης και για τα δύο είναι η εξής: «οι επιστήμονες υπολογίζουν τα πάντα κατά προσέγγιση». Ενδιαφέρον είναι ότι ο συγκεκριμένος μαθητής σε άλλες ερωτήσεις απαντάει για την ακρίβεια και την

«απολυτότητα» των Φ.Ε., το οποίο λαμβάνεται υπόψη για το χαρακτηρισμό των απαντήσεών του.

Ερώτηση 6: Το μοντέλο του εσωτερικού της Γης περιγράφει ότι η Γη αποτελείται από στρώματα που ονομάζονται φλοιός, άνω μανδύας, μανδύας, εξωτερικός πυρήνας και εσωτερικός πυρήνας. Αυτό το μοντέλο για τα γεωλογικά στρώματα αντιπροσωπεύει επακριβώς πώς είναι το εσωτερικό της Γης; Εξηγήστε την απάντησή σας.

Η ερώτηση αφορά άμεσα στο συμπερασματικό (X2) χαρακτηριστικό.

Στην ερώτηση αυτή 8 άτομα δίνουν ιδιαίτερα εμπειριστατωμένες απαντήσεις, 18 εμπειριστατωμένες, 21 μεταβατικές και 83 απλοϊκές. 19 άτομα δεν απαντάνε καθόλου. Παράδειγμα ιδιαίτερα εμπειριστατωμένη απάντησης «δεν έχουμε δει το εσωτερικό της Γης, άρα δεν μπορούμε να είμαστε σίγουροι για το εσωτερικό της»

Ερώτηση 7: Οι επιστήμονες ψάχνουν να βρουν απαντήσεις στα ερωτήματά τους κάνοντας επιστημονικές έρευνες/πειράματα. Πιστεύετε ότι οι επιστήμονες χρησιμοποιούν τη φαντασία και τη δημιουργικότητά τους όταν εκτελούν τις έρευνες/πειράματα; α. Αν όχι εξηγήστε γιατί, β. Αν ναι, σε ποια σημεία της έρευνας (σχεδιασμός, πειραματική διαδικασία, διαδικασία παρατηρήσεων, ανάλυση δεδομένων, ερμηνεία δεδομένων, αναφορά αποτελεσμάτων, κλπ) πιστεύετε ότι χρησιμοποιούν τη φαντασία και τη δημιουργικότητά τους; Δώστε παραδείγματα.

Η ερώτηση αφορά άμεσα στο δημιουργικό (X3) και το υποκειμενικό (X4) χαρακτηριστικό.

Για το δημιουργικό (X3) χαρακτηριστικό 5 δίνουν ιδιαίτερα εμπειριστατωμένες απαντήσεις, 18 εμπειριστατωμένες, 65 μεταβατικές, 58 απλοϊκές και 3 δεν απαντούν. Σε σχέση με το δημιουργικό χαρακτηριστικό 23 μαθητές δηλώνουν ότι οι επιστήμονες χρησιμοποιούν τη φαντασία τους σε όλα τα στάδια μιας έρευνας, η απάντηση αυτών των 23 έχει βαθμολογηθεί ως εμπειριστατωμένη ή ιδιαίτερα εμπειριστατωμένη. 50 δηλώνουν ότι οι επιστήμονες χρησιμοποιούν τη φαντασία τους μόνο στο σχεδιασμό, 42 μόνο κατά την πειραματική διαδικασία και 6 μόνο στην ερμηνεία. Οι απαντήσεις αυτές έχουν χαρακτηριστεί ως μεταβατικές ή απλοϊκές ανάλογα με τον τρόπο που είχαν εκφράσει την απάντησή τους. 29 γράφουν ότι η φαντασία δεν έχει σχέση με την επιστήμη, οι απαντήσεις αυτές έχουν χαρακτηριστεί ως απλοϊκές.

Για το υποκειμενικό (X4) χαρακτηριστικό, κανένας δεν δίνει ιδιαίτερα εμπειριστατωμένη απάντηση, 1 δίνει εμπειριστατωμένη, 7 μεταβατική, 33 απλοϊκή και 108 μαθητές δεν συνδέουν την απάντηση με το υποκειμενικό χαρακτηριστικό. Μια ενδεικτική απλοϊκή απάντηση: «οι επιστήμονες εκτελούν ένα υπεύθυνο έργο και πρέπει να ακολουθήσουν με προσοχή τις οδηγίες για να βγάλουν έγκυρα αποτελέσματα».

Ερώτηση 8: Υπάρχει διαφορά ανάμεσα σε μια επιστημονική θεωρία και έναν επιστημονικό νόμο; Εξηγήστε την απάντησή σας με παραδείγματα.

Η ερώτηση αφορά άμεσα στη διαφορά θεωρίας-νόμου (X7).

Στην ερώτηση αυτή, 138 άτομα δίνουν απλοϊκές απαντήσεις, εκ των οποίων οι 111 γράφουν ότι ο νόμος έχει μεγαλύτερη ισχύ, είναι καθολικός και αποδεδειγμένος, ενώ η θεωρία είναι υποθέσεις που δεν έχουν αποδειχθεί, γι' αυτό αλλάζουν εύκολα. 3 μαθητές αναφέρουν ότι ο νόμος είναι «διαταγή που εφαρμόζεται κατά γράμμα», 4

γράφουν ότι νόμος και θεωρία είναι το ίδιο είδος γνώσης. Επίσης, χωρίς να βαθμολογείται στο παρόν ερωτηματολόγιο, τρεις μαθητές γράφουν ότι η «θεωρία της εξέλιξης έχει καταρριφθεί». 5 μαθητές δίνουν μεταβατικές απαντήσεις, 3 εμπειριστατωμένες και 1 ιδιαίτερα εμπειριστατωμένη. 2 δεν απάντησαν. Μία εμπειριστατωμένη απάντηση αναφέρει ότι «ο νόμος δείχνει μια μαθηματική σχέση ενώ η θεωρία ερμηνεύει ένα φαινόμενο» και η ιδιαίτερα εμπειριστατωμένη ότι «επιστημονικός νόμος είναι η περιγραφή ενός φαινομένου με μορφή μαθηματικού κανόνα, ενώ η επιστημονική θεωρία ερμηνεύει τα φαινόμενα στο σύνολό τους και περιέχει νόμους».

Ερώτηση 9): Αφού οι επιστήμονες έχουν αναπτύξει μια θεωρία (πχ την ατομική θεωρία, τη θεωρία της εξέλιξης) πιστεύετε ότι αυτή η θεωρία μπορεί να αλλάξει; Εξηγήστε την απάντησή σας και δώστε παράδειγμα.

Η ερώτηση αφορά άμεσα στο αβέβαιο (X5) χαρακτηριστικό.

Στην ερώτηση αυτή 49 απαντήσεις είναι απλοϊκές, 56 μεταβατικές, 35 εμπειριστατωμένες και 9 ιδιαίτερα εμπειριστατωμένες. 14 μαθητές αναφέρουν ότι οι θεωρίες βελτιώνονται ή συμπληρώνονται, 34 άτομα χρησιμοποιούν τη φράση ότι οι θεωρίες «αλλάζουν όταν εμφανίζονται νέα δεδομένα», 27 πιστεύουν ότι οι θεωρίες «εξελισσονται». Οι απαντήσεις βαθμολογήθηκαν ανάλογα με την υπόλοιπη απάντηση, αλλά και σε συνδυασμό με την ερώτηση 8. Ενδιαφέρον παρουσιάζουν πέντε γραπτά που στην ερώτηση 8 διαβάζουμε ότι «ο νόμος έχει αποδειχθεί με βάση το πείραμα, ενώ η θεωρία όχι» και στην αμέσως επόμενη ερώτηση για την αλλαγή της θεωρίας διαβάζουμε ότι «οι επιστήμονες έχουν αποδείξει ότι η θεωρία είναι αληθινή και δεν μπορεί να αλλάξει». Και οι δυο απαντήσεις είναι απλοϊκές. Μάλιστα, σε ένα από τα γραπτά είναι παράξενο ότι ο μαθητής γράφει «η θεωρία μπορεί να αλλάξει με την πάροδο του χρόνου ενώ ο νόμος είναι κάτι απόλυτο», και η επόμενη γραμμή που γράφει είναι «δεν πιστεύω πως μπορούν να αλλάξουν οι ήδη υπάρχουσες θεωρίες». Ενδιαφέρουσα είναι και η άποψη που εκφράζει ένας μαθητής πως «αφού το γράφουν στα σχολικά βιβλία θα είναι σωστό και δεν μπορεί να αλλάξει», το οποίο επίσης χαρακτηρίζεται ως απλοϊκή. Στις απλοϊκές συγκαταλέγονται και οι απαντήσεις 10 ατόμων που γράφουν ότι οι θεωρίες παραμένουν ίδιες, και 6, που πιθανά επηρεασμένοι από την προηγούμενη ερώτηση, συνεχίζουν, αναφέροντας ότι αφού η θεωρία δεν είναι κάτι θεμελιωμένο, λογικό είναι να αλλάζει συχνά. Μια ιδιαίτερα εμπειριστατωμένη απάντηση αναφέρει ότι «στο φως νέων εξελίξεων/δεδομένων μια θεωρία μπορεί να αντικατασταθεί από μια πληρέστερη» και μία άλλη «πιστεύω ότι οι θεωρίες αντιπροσωπεύουν τον τρόπο με τον οποίο σκέφτονται οι άνθρωποι σε κάθε εποχή και με τα μέσα που διαθέτουν».

Ερώτηση 10): Υπάρχει σχέση ανάμεσα στην επιστήμη, την κοινωνία και τις πολιτισμικές αξίες; Αν ναι, πώς; Αν όχι, γιατί; Εξηγήστε και δώστε παραδείγματα.

Η ερώτηση αφορά άμεσα στο χαρακτηριστικό της πολιτισμικής αλληλεπίδρασης (X6).

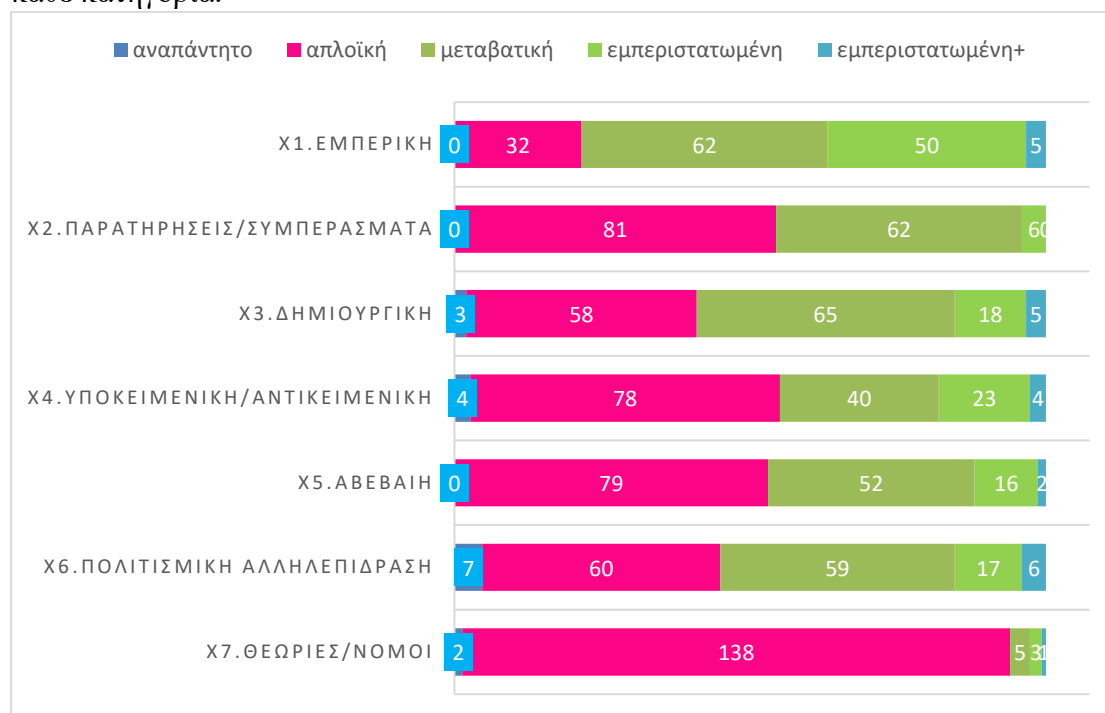
Στην ερώτηση αυτή 60 μαθητές δίνουν απλοϊκές απαντήσεις, 59 μεταβατικές, 17 εμπειριστατωμένες και 6 ιδιαίτερα εμπειριστατωμένες. 7 δεν απαντούν. Στις απαντήσεις 41 μαθητές χρησιμοποιούν τη φράση «είναι αλληλένδετες» και 6 ότι έχουν «ηθική» σχέση μεταξύ τους. Οι βαθμολογίες αυτών των μαθητών καθορίστηκαν από το υπόλοιπο της απάντησης. 13 απάντησαν ότι δεν σχετίζονται, οπότε χαρακτηρίζονται

απλοϊκές. Μια εμπειριστατωμένη άποψη αναφέρει ότι «μια επιστημονική θεωρία προκύπτει από ανθρώπους, άρα είναι μια υποκειμενική υπόθεση. Αυτό συμβαίνει γιατί το κάθε άτομο επηρεάζεται από τις πολιτισμικές αξίες και ιδεολογικές απόψεις της εκάστοτε κοινωνίας και ανάλογα με αυτές βγάζει συμπεράσματα και θεωρίες για φαινόμενα».

6.7.1.4 Συνολικά αποτελέσματα και συμπεράσματα από τις απαντήσεις των μαθητών.

Τα συνολικά αποτελέσματα από τις απαντήσεις των μαθητών παρουσιάζονται στην Εικόνα 6.5 και τον Πίνακα 6.5 που ακολουθούν:

Α) Στην Εικόνα 6.5 οι απαντήσεις πόσων μαθητών, αριθμητικά, κατατάσσονται σε κάθε κατηγορία.



Εικόνα 6.5: Τα αποτελέσματα από τις απαντήσεις των μαθητών στο ερωτηματολόγιο VNOS-D+

Β) Στον Πίνακα 6.5 οι απαντήσεις πόσων μαθητών, αριθμητικά, κατατάσσονται σε κάθε κατηγορία:

Χαρακτηριστικά της φύσης των Φ.Ε.	I+	I	M	N	U
(X1) εμπειρικό	5	50	62	32	0
(X2) συμπερασματικό	0	6	62	81	0
(X3) δημιουργικό	5	18	65	58	3
(X4) υποκειμενικό/αντικειμενικό	4	23	40	78	4
(X5) αβέβαιο	2	16	52	79	0
(X6) πολιτισμικό	6	17	59	60	7
(X7) διαφορά θεωρίας – νόμου	1	3	5	138	2

Πίνακας 6.5: Αποτελέσματα από τις απαντήσεις των μαθητών στο ερωτηματολόγιο VNOS-D+

Από τα δεδομένα του Πίνακα 6.5 προκύπτει ο Πίνακας 6.6, ο οποίος στη δεύτερη στήλη περιλαμβάνει μόνο τον αριθμό των μαθητών που έδωσαν ιδιαίτερα εμπειριστατωμένες και εμπειριστατωμένες απαντήσεις και στην τρίτη το διάστημα μέσα στο οποίο με βεβαιότητα 95% (Κουνιάς κ.ά. 2009, σελ. 141-142) βρίσκεται η τιμή για τον ευρύτερο πληθυσμό των Ελλήνων αποφοίτων Λυκείου.

Χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε.	Αριθ. απαντ. I+I ⁺	Διάστημα μέσα στο οποίο με βεβαιότητα 95% βρίσκεται η τιμή
(X1) εμπειρικό	55	36,9±7,7 29,2 – 44,9
(X2) συμπερασματικό	6	4,0±3,2 0,8 – 7,2
(X3) δημιουργικό	23	15,4±5,8 9,6 – 21,2
(X4) υποκειμενικό/ αντικειμενικό	27	18,1±6,2 11,9 – 24,3
(X5) αβέβαιο	18	12,1±5,1 7,0 – 17,2
(X6) πολιτισμικό	23	15,4 ±5,8 9,6 – 21,2
(X7) διαφορά νόμου – θεωρίας	4 ³⁶	Μικρότερο από 3.4±2,9

Πίνακας 6.6: Απαντήσεις ιδιαίτερα εμπειριστατωμένες (I+) και εμπειριστατωμένες (I) των μαθητών στο ερωτηματολόγιο VNOS-D+ και στατιστική τους ανάλυση

Τα συμπεράσματα που μπορούν να εξαχθούν από τον Πίνακα 6.6:

1. Αυτό που στατιστικά ξεχωρίζει είναι η γνώση των μαθητών για το εμπειρικό (X1) χαρακτηριστικό, καθώς περίπου το 30 έως 40% των μαθητών φαίνεται να το ξέρει.
2. Οι γνώσεις των μαθητών για τα χαρακτηριστικά: αβέβαιο (X5), υποκειμενικό/αντικειμενικό (X4), δημιουργικό (X3) και πολιτισμικό (X6) δεν διαφέρουν μεταξύ τους σημαντικά. Η γνώση για όλα αυτά τα χαρακτηριστικά φαίνεται να υπάρχει περίπου στους μαθητές στην τάξη του 10 έως 20%.
3. Για τα χαρακτηριστικά: συμπερασματικό – διαφορά παρατήρησης συμπεράσματος- (X2) και τη διαφορά Νόμου – Θεωρίας (X7) η γνώση των μαθητών φαίνεται να είναι ελάχιστη.

Συμπληρωματικά με τα παραπάνω μπορούμε να δούμε και τα αποτελέσματα που προκύπτουν από την ανάλυση των απλοϊκών απαντήσεων. Από τα δεδομένα του Πίνακα 6.5 προκύπτει ο Πίνακας 6.7 ο οποίος στη δεύτερη στήλη περιλαμβάνει μόνο τον αριθμό των μαθητών που έδωσαν απλοϊκές απαντήσεις και στην τρίτη το διάστημα μέσα στο οποίο με βεβαιότητα 95% βρίσκεται η τιμή για τον ευρύτερο πληθυσμό των Ελλήνων αποφοίτων Λυκείου.

³⁶ Η σχέση που δίνει το διάστημα εμπιστοσύνης ισχύει αν $n \geq 30$, $np \geq 5$ και $n(1 - p) \geq 5$ (Κουνιάς κ..α 2009, σελ.142) άρα δεν ισχύει για αυτή την περίπτωση. Αν αντί να δίνουν την συγκεκριμένη απάντηση 4 μαθητές την έδιναν 5, τότε θα ίσχυε $np \geq 5$ και το αντίστοιχο διάστημα θα ήταν $3.4 \pm 2,9$ δηλ. από 0,5 – 6,3. Άρα στην περίπτωσή μας θα είναι κατά τι μικρότερο, και προφανώς αυτό μας αρκεί.

Χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε.	Αριθμ. N απαντήσεων	Διάστημα μέσα στο οποίο με βεβαιότητα 95% βρίσκεται η τιμή
(X1) εμπειρικό	32	21,5±6,6 14,9 – 28,1
(X2) συμπερασματικό	81	54,4±8,0 46,4 – 62,4
(X3) δημιουργικό	58	38,9±7,8 31,1 – 46,7
(X4) υποκειμενικό/ αντικειμενικό	78	52,3±8,0 44,3 – 60,3
(X5) αβέβαιο	79	53,0±8,0 45,0 – 61,0
(X6) πολιτισμικό	60	40,3±7,9 32,4 – 48,2
(X7) διαφορά νόμου – θεωρίας	138	92,6±4,2 88,4 – 96,8

Πίνακας 6.7: Απλοϊκές απαντήσεις (N) των μαθητών στο ερωτηματολόγιο VNOS-D+ και στατιστική τους ανάλυση

Τα συμπεράσματα που μπορούν να εξαχθούν από τον Πίνακα 6.7:

1. Στατιστικά οι λιγότερες απλοϊκές απαντήσεις των μαθητών αφορούν το εμπειρικό (X1) χαρακτηριστικό.
2. Οι απλοϊκές απαντήσεις μαθητών για τα χαρακτηριστικά: συμπερασματικό (X2), αβέβαιο (X5), υποκειμενικό/αντικειμενικό (X4) δεν διαφέρουν μεταξύ τους σημαντικά. Σε όλες κυμαίνονται σε ποσοστά 45-60%.
3. Οι απλοϊκές απαντήσεις μαθητών για τα χαρακτηριστικά: δημιουργικό (X3) και πολιτισμικό (X6) δεν διαφέρουν μεταξύ τους σημαντικά. Και στις δυο κυμαίνονται σε ποσοστά 30-45%.
4. Οι απλοϊκές απαντήσεις στην ερώτηση που αφορά τη διαφορά νόμου – θεωρίας (X7) είναι κυρίαρχες.

Είδαμε από τον Πίνακα 6.5 ότι οι μαθητές δεν γνωρίζουν α) τη διαφορά ανάμεσα στη θεωρία και το νόμο (X7) και β) το συμπερασματικό (X2) χαρακτηριστικό της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. Από τους Πίνακα 6.6 και 6.7 προκύπτει μια διαφοροποίηση μεταξύ αυτών των δύο χαρακτηριστικών, καθώς υπάρχει στατιστική διαφορά όσον αφορά τις απλοϊκές απαντήσεις: Για τη διαφορά θεωρίας – νόμου (X7) οι απλοϊκές απαντήσεις είναι πάνω από 90% ενώ για το συμπερασματικό (X2) χαρακτηριστικό 45-60%. Θεωρούμε ότι οι μαθητές για τη διαφορά θεωρίας – νόμου, δίνουν περισσότερες απλοϊκές απαντήσεις επηρεασμένοι από την καθημερινή γλώσσα, όπου ο νόμος είναι μια πρόταση απαράβατη που έχει απόλυτη ισχύ και δεν επιδέχεται αλλαγές και παρερμηνείες (π.χ. «Είναι νόμος»). Αντίθετα, η θεωρία είναι κάτι που έχει εμπνευστεί κάποιος άνθρωπος, αλλά δεν έχει απόλυτη ισχύ και δεν είναι επιβεβαιωμένη, ώστε να γίνει νόμος (π.χ. «η θεωρία μου είναι...», «Θεωρία συνωμοσίας»). Σε σχέση με το συμπερασματικό (X2) χαρακτηριστικό, το ποσοστό των απλοϊκών απαντήσεων μειώνεται με αύξηση του ποσοστού των μεταβατικών απαντήσεων, κάτι που μάλλον οφείλεται, όπως προκύπτει από τις συνεντεύξεις μαζί τους (βλ. παράγραφο 6.7.2) στη δυσκολία των μαθητών να διακρίνουν τις παρατηρήσεις από τα συμπεράσματα.

6.7.2 Συνεντεύξεις με 30 απόφοιτους Λυκείου από αυτούς που συμπλήρωσαν το ερωτηματολόγιο VNOS-D+.

Κατά τους μήνες Δεκέμβριο 2017 – Ιανουάριο 2018, αφού η ερευνήτρια είχε αρχικά βαθμολογήσει τις απαντήσεις στο ερωτηματολόγιο VNOS-D+, πραγματοποιήθηκαν συνεντεύξεις με 30 πρωτοετείς φοιτητές του Παιδαγωγικού Τμήματος Δημοτικής Εκπαίδευσης Θεσσαλονίκης. Οι συνεντεύξεις έγιναν από την ερευνήτρια με το 20% των συμμετεχόντων, όπως δίνεται ως οδηγία από τους δημιουργούς του ερωτηματολογίου. Κάθε μια από συνεντεύξεις περιλαμβάνει τρία μέρη: Α) ζητείται από κάθε μαθητή να απαντήσει προφορικά σε κάθε μια από τις ερωτήσεις του ερωτηματολογίου στο οποίο έχει ήδη απαντήσει γραπτά. Τα αποτελέσματα αυτών των συνεντεύξεων διαμόρφωσαν την τελική βαθμολόγηση του ερωτηματολογίου, βλέπε παράγραφο 6.7.1.3 Β) Ζητήθηκε από τους φοιτητές να απαντήσουν στο αν έχουν διδαχθεί στο σχολείο τους θέματα σχετικά με τη φύση της γνώσης των Φ.Ε. και αν έχουν αξιολογηθεί σε αυτά. και Γ) στην περιγραφή του συνηθισμένου τρόπου διεξαγωγής της διδασκαλίας στα μαθήματα Φ.Ε. στο Γυμνάσιο και στο Λύκειο, σε τι θέματα αξιολογούνταν, στην ύπαρξη ή όχι εργαστηριακών χώρων και του εξοπλισμού τους και αν μετείχαν σε δραστηριότητες, έξω από την τάξη, σχετικές με τις Φ.Ε. Το τελευταίο μέρος συμπεριελήφθη για να έχουμε μια εικόνα, δοσμένη από τη ματιά των μαθητών, για τα πολιτισμικά χαρακτηριστικά των εκπαιδευτικών. Αυτό, μαζί με δεδομένα που συγκεντρώθηκαν από τις συνεντεύξεις μας με εκπαιδευτικούς και σχολικούς συμβούλους και άτυπες επαφές μας με εκπαιδευτικούς από την προέρευνα του 2017, χρησιμοποιήθηκαν για το σχεδιασμό του προγράμματος επιμόρφωσης των εκπαιδευτικών. Το πρωτόκολλο των ημιδομημένων συνεντεύξεων παρουσιάζεται στο Παράρτημα Γ.

Στη συνέχεια παρουσιάζονται τα αποτελέσματα από το δεύτερο και τρίτο μέρος των συνεντεύξεων. Οι παραπάνω πρωτοετείς φοιτητές θα αποκαλούνται στο εξής μαθητές, αφού έχουν ληφθεί ως δείγμα που εκπροσωπεί τους αποφοίτους της Δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης, βλέπε παράγραφο 6.7.1.2.

6.7.2.1 Στοιχεία για το δείγμα της έρευνας

Από τους 30, 11 είναι αγόρια και 19 κορίτσια, οι 7 αποφοίτησαν από ΓΕΛ της Θεσσαλονίκης, οι 2 από την περιοχή του πολεοδομικού συγκροτήματος της Αθήνας (στατιστικά λίγοι μαθητές από την Αθήνα σπουδάζουν στη Θεσσαλονίκη) και οι υπόλοιποι 21 από επαρχιακές πόλεις: οι 14 από σχολεία που βρίσκονταν σε 12 πρωτεύουσες νομών και οι υπόλοιποι 7 από επαρχιακές κωμοπόλεις. Κανένας μαθητής δεν ήταν στο ίδιο σχολείο με άλλον. Όλοι αποφοίτησαν από δημόσια σχολεία, 2 από Πειραματικά και 2 από Μουσικά. Τέλος, 18 παρακολούθησαν τον Προσανατολισμό Ανθρωπιστικών Σπουδών, 9 των Θετικών Σπουδών και 3 των Οικονομικών Σπουδών. Η συμμετοχή όλων ήταν εθελοντική. Από τους 30 που πήραμε συνεντεύξεις οι 16 είχαν δώσει γραπτά, στην πλειοψηφία των ερωτήσεων, απλοϊκές απαντήσεις, οι 10 μεταβατικές και οι 4 ενημερωμένες. Οι παραπάνω αριθμοί είναι ανάλογοι με τις απαντήσεις των μαθητών στο γραπτό ερωτηματολόγιο.

6.7.2.2 Έχουν διδαχθεί στο σχολείο τους θέματα σχετικά με τη φύση της γνώσης των Φ.Ε.; Έχουν αξιολογηθεί σε αυτά;

Και οι 30 μαθητές ισχυρίστηκαν ότι δεν είχαν ακούσει ξανά τον όρο «φύση της γνώσης των Φ.Ε.» ή τουλάχιστον δεν τον θυμούνταν, πριν τη συζήτησή μας. Στην ερώτηση για

το αν το καθημερινό μάθημα συμπεριελάμβανε χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. (για την κατανόηση της ερώτησης τους δόθηκε μια σελίδα με αυτά τα χαρακτηριστικά και έγινε συζήτηση πάνω σε αυτά), 10 μαθητές απάντησαν ότι δεν είχαν αναφερθεί ποτέ σε κανένα μάθημα, ενώ 15 μαθητές ανέφεραν ότι δίνονταν στοιχεία από τα οποία μπορούσε κάποιος να συμπεράνει ότι η γνώση των Φ.Ε. στηρίζεται στην εμπειρία (το εμπειρικό (X1) χαρακτηριστικό) και έχει συμπερασματικό χαρακτήρα, χωρίς να αναφέρεται όμως η διαφορά συμπεράσματος και παρατήρησης (X2). 3 μαθητές είπαν ότι στην τάξη τους είχαν γίνει αρκετά διεξοδικές αναφορές για την εξέλιξη των επιστημονικών ιδεών στο μάθημα της Φυσικής, και ότι η γνώση μπορεί να αλλάξει με την πάροδο του χρόνου (το αβέβαιο (X5) χαρακτηριστικό), αυτό όμως φαινόταν σαν να αφορά κυρίως το παρελθόν και είχε μείνει η εντύπωση ότι ήταν μια ενημερωτική συζήτηση και όχι ουσιαστικό περιεχόμενο του μαθήματος. 1 μαθητής είπε ότι στην τάξη του το μάθημα της Βιολογίας Λυκείου γινόταν στο εργαστήριο με φύλλα εργασίας και με ερωτήσεις που επεκτείνονταν σε κοινωνικο-πολιτισμικά θέματα. Τέλος 1 μαθητής είχε συμμετάσχει σε e-twinning με τίτλο «Πώς λειτουργεί η Επιστήμη», στο οποίο διαχέονταν μεν τα χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε., αλλά όχι οργανωμένα και ρητά.

Οι 20 από τους 30 είπαν ότι γίνονταν συχνές συνδέσεις της καθημερινής ζωής με το μάθημα στη Χημεία του Γυμνασίου, αλλά αυτό δεν είναι χαρακτηριστικό της φύσης της γνώσης των Φ.Ε., περισσότερο δείχνει εφαρμογές της Χημείας στην καθημερινή ζωή (επίδραση της επιστήμης στην κοινωνία), που σε πολύ λίγες περιπτώσεις θα μπορούσε να επεκταθεί στο ότι και η κοινωνία μπορεί να επηρεάσει την εξέλιξη των Φ.Ε..

Κανένας δεν ανέφερε ότι είχε αξιολογηθεί σε θέματα που αφορούσαν στα χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε., όλοι τους απάντησαν ότι η αξιολόγηση σε τεστ και διαγωνίσματα κατά τη διάρκεια της σχολικής χρονιάς και οι τελικές εξετάσεις περιλάμβαναν θέματα γνωστικού περιεχομένου (κυρίως ανάκληση γνώσεων και επίλυση μαθηματικών ασκήσεων). Ακόμα και όσοι έκαναν τακτικά εργαστηριακές ασκήσεις δεν αξιολογούνταν σε αυτές. Δύο μαθητές απάντησαν ότι τα θέματα εξετάσεων περιείχαν και «ερωτήσεις κρίσεως», αλλά από τις περιγραφές τους προέκυψε ότι απλά οι ερωτήσεις αυτές αφορούσαν συνδυασμό περισσότερων του ενός κεφαλαίων.

6.7.2.3 Ποια είναι η μορφή της καθημερινής διδασκαλίας για κάθε επιμέρους μάθημα Φ.Ε.;

Ανάλογα με τον τρόπο που οι ερωτώμενοι περιέγραφαν τον τρόπο διεξαγωγής των μαθημάτων Φ.Ε. στο Γυμνάσιο και στο Λύκειο, δημιουργήθηκε η παρακάτω ρουμπρίκα, Πίνακας 6.8, με βάση την οποία ταξινομήθηκαν περιληπτικά όσα είπαν οι μαθητές.

Βαθμολογία	Περιγραφή διδασκαλίας
1	Παραδοσιακό μάθημα: διάλεξη γνωστικού περιεχομένου από τον καθηγητή, ασκήσεις στον πίνακα, εξέταση
2	1-2 φορές το χρόνο η διδασκαλία ξέφυγε από το συνηθισμένο

3	1 φορά το μήνα, κατά μέσο όρο, η διδασκαλία ξέφευγε από το συνηθισμένο
4	Το συνηθισμένο μάθημα γινόταν με Φύλλα Εργασίας ή πείραμα ή κάτι έξω από το παραδοσιακό μάθημα
5	Το μάθημα περιλάμβανε πάντα συζήτηση και υπήρχε φύλλο εργασίας ή πείραμα.

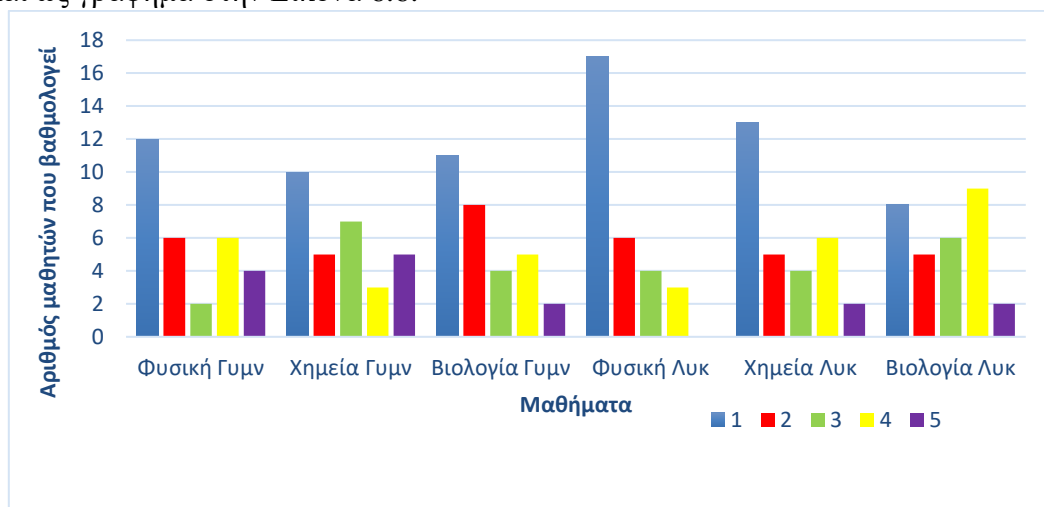
Πίνακας 6.8: Πρωτόκολλο βαθμολόγησης της διδασκαλίας κάθε μαθήματος Φ.Ε. από τους μαθητές

Ως «η διδασκαλία ξέφευγε από συνηθισμένο» ορίζεται η συζήτηση για κάποιο θέμα πέρα από την παραδοσιακή διδασκαλία, για παράδειγμα συζήτηση για κοινωνικο-επιστημονικά ζητήματα, εφαρμογή των γνώσεων στην καθημερινή ζωή, δραστηριότητες διερεύνησης με πειράματα είτε στο εργαστήριο είτε στην τάξη. Οι απαντήσεις των μαθητών, ταξινομημένες με τη βοήθεια του Πίνακα 6.8, και η συνολική βαθμολογία που προκύπτει ως μέσος όρος για τη διδασκαλία κάθε μαθήματος φαίνονται στον Πίνακα 6.9, στον οποίο φαίνονται ακόμη οι ονομασίες των μαθημάτων και η Βαθμίδα Εκπαίδευσης, δηλ. Γυμνάσιο ή Λύκειο.

	Φυσική Γυμνασίου	Χημεία Γυμνασίου	Βιολογία Γυμνασίου	Φυσική Λυκείου	Χημεία Λυκείου	Βιολογία Λυκείου
1	12	10	11	17	13	8
2	6	5	8	6	5	5
3	2	7	4	4	4	6
4	6	3	5	3	6	9
5	4	5	2	0	2	2
M.O.	2.47	2.6	2.3	1.77	2.3	2.73

Πίνακας 6.9: Βαθμολόγηση της διδασκαλίας κάθε μαθήματος Φ.Ε. από τους μαθητές

Και ως γράφημα στην Εικόνα 6.6:



Εικόνα 6.6: Βαθμολόγηση της διδασκαλίας Φ.Ε. από τους μαθητές

Από τα παραπάνω προκύπτει ότι για τους περισσότερους η διδασκαλία σε όλα τα μαθήματα, εκτός της Βιολογίας Λυκείου και λιγότερο της Χημείας Γυμνασίου, ήταν παραδοσιακού τύπου (βαθμολογία 1). Την μεγαλύτερη βαθμολογία – λιγότερο παραδοσιακή διδασκαλία – συγκεντρώνει η Βιολογία του Λυκείου και ακολουθεί η Χημεία του Γυμνασίου. Το παραπάνω μπορεί να ερμηνευτεί διότι η Βιολογία του Λυκείου προσφέρεται για συζητήσεις κοινωνικο-επιστημονικών ζητημάτων, τις οποίες ευνοεί η ηλικία των μαθητών – και αυτές πραγματοποιούνταν κατά τα λεγόμενά τους – ενώ επιπλέον σχεδόν όλα τα σχολικά εργαστήρια διαθέτουν μικροσκόπια, με τα οποία οι μαθητές μπορούν να κάνουν – και έκαναν – παρατηρήσεις. Όσον αφορά στη Χημεία του Γυμνασίου: το βιβλίο είναι προσανατολισμένο στη σύνδεση του μαθήματος με τη καθημερινή ζωή, βλέπε και παράγραφο 6.3.2.1γ', και, σύμφωνα με τους μαθητές, γίνονταν πειραματικές δραστηριότητες πιο συχνές από ότι στα άλλα μαθήματα. Η πιο παραδοσιακή διδασκαλία, με μεγάλη διαφορά, φαίνεται ότι γίνεται στη Φυσική του Λυκείου: ορισμοί, τύποι, ασκήσεις.

Γενικά από το Γυμνάσιο στο Λύκειο παρατηρείται πτώση στη βαθμολογία της διδασκαλίας του μαθήματος, κάτι που ερμηνεύεται από το γεγονός ότι η διδασκαλία στο Λύκειο έχει στόχο την προετοιμασία των μαθητών για τις πανελλαδικές εξετάσεις. Εντύπωση προκαλεί η μεγαλύτερη βαθμολογία που συγκεντρώνει η Βιολογία στο Λύκειο αντί για το Γυμνάσιο. Αυτό πιθανά ερμηνεύεται πέρα από το γεγονός της συζήτησης πιο «ενήλικων» θεμάτων, ίσως και από το γεγονός ότι στο Λύκειο διδάσκουν περισσότεροι ΠΕ04.04 (Βιολόγοι), ενώ στο Γυμνάσιο η Βιολογία ανατίθεται και σε μη Βιολόγους. Ενδιαφέρον είναι, πάντως, ότι κάθε σχολείο δείχνει να έχει μία «ταυτότητα»: πολύ σπάνια κάποιος μαθητής περιέγραφε ριζικές αλλαγές από τη μία τάξη στην άλλη, παρόλο που ο εκπαιδευτικός άλλαζε. Παρατηρούνται διαφορές όταν ο εκπαιδευτικός δεν έκανε το μάθημα της ειδικότητάς του, π.χ. ο Φυσικός που διδάσκει Βιολογία.

Σχετικά με την ύπαρξη ή όχι εργαστηρίου Φ.Ε. και τον εξοπλισμό του: 9 μαθητές απαντούν ότι δεν υπήρχε (ή ότι δεν χρησιμοποιήθηκε ποτέ) στο Γυμνάσιό τους και 7 για το Λύκειο. 8 μαθητές για το Γυμνάσιο και 11 για το Λύκειο δήλωσαν ότι είχαν πολύ καλά εξοπλισμένο εργαστήριο και το επισκέπτονταν τουλάχιστον 1 φορά το μήνα. 3 είπαν ότι έκαναν το μάθημα καθημερινά εκεί. Όμως, μόνο 3 μαθητές απάντησαν ότι έκαναν συνήθως οι ίδιοι τα πειράματα δουλεύοντας σε ομάδες, καθώς τις περισσότερες φορές, οι εκπαιδευτικοί προχωρούσαν σε επίδειξη ενός πειράματος είτε στην τάξη είτε στο εργαστήριο με κάποιον μαθητή να βοηθάει και γινόταν συζήτηση πάνω στα αποτελέσματα. Θεωρούν ότι ένας λόγος για τον οποίο συνέβαινε αυτό ήταν η έλλειψη πολλών υλικών για να δουλέψουν σε ομάδες. Σημειώνεται ότι τον λόγο αυτόν μαζί με την επίκληση της ανάγκης για οικονομία χρόνου προβάλλουν και οι εκπαιδευτικοί. Οι τάξεις που πήγαιναν περισσότερο στο εργαστήριο ήταν η Φυσική Α' Γυμνασίου, η Χημεία στο Γυμνάσιο και η Βιολογία του Λυκείου.

Από τους μαθητές ζητήθηκαν πληροφορίες για εργαστηριακές δραστηριότητες, σύμφωνα με αυτές: Μέσα στο εργαστήριο γίνεται η πλειοψηφία των επιστημονικών διερευνήσεων, με εργασία σε ομάδες, στα μαθήματα των Φ.Ε.. Με δεδομένο ότι η διερεύνηση είναι μία από τις διδακτικές προσεγγίσεις για τη διδασκαλία της φύσης της γνώσης των Φ.Ε., μπορούν να βγουν συμπεράσματα τόσο και για τη διδασκαλία της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. όσο και για την κουλτούρα των εκπαιδευτικών.

Τέλος, ζητήθηκαν από τους μαθητές πληροφορίες σχετικές με δραστηριότητες πέρα από τη σχολική τάξη συνδεδεμένες με τις Φ.Ε.. 9 μαθητές δεν μπόρεσαν να θυμηθούν καμιά τέτοια δραστηριότητα σε όλη τη διάρκεια των μαθητικών τους χρόνων. Από τους υπόλοιπους 21 πολλοί αναφέρονται σε περισσότερες από μια δραστηριότητες και από τις απαντήσεις τους προκύπτει ότι συγκεκριμένα σχολεία τις είχαν για τα καλά εντάξει στο πρόγραμμά τους. Έτσι 12 μαθητές αναφέρουν ότι, κατά τη φοίτησή τους σε όλη τη διάρκεια της Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης, επισκέφτηκαν το NOESIS (Κέντρο Διάδοσης Επιστημών και Μουσείο Τεχνολογίας στη Θεσσαλονίκη), 6 πήγαν στο CERN στην Ελβετία, 5 συμμετείχαν στο EUSO (Ολυμπιάδα Πειραμάτων Φυσικών Επιστημών), για την οποία τους προετοίμασαν οι εκπαιδευτικοί τους, 3 συμμετείχαν σε Μαθητικά Συνέδρια, 3 οργάνωσαν Astroparty στο σχολείο τους, 3 Φεστιβάλ Ρομποτικής, 4 Φεστιβάλ Επιστημών, 1 είχε συμμετάσχει στο Πείραμα του Ερατοσθένη, 3 είχαν επισκεφτεί το Πλανητάριο της Αθήνας, άλλοι 3 το Μουσείο Φυσικής Ιστορίας του Ηρακλείου, 4 είχαν στο σχολείο τους Ομίλους Φυσικών Επιστημών και τέλος 1 συμμετείχε σε ένα διετές πρόγραμμα e-twinning με θέμα «Πώς λειτουργεί η Επιστήμη».

Οι δραστηριότητες αυτές αναφέρονται καθώς σε αυτές οι μαθητές έρχονται σε επαφή με πιο «δημιουργικές» όψεις των Φ.Ε., εκτός προγράμματος σπουδών ή αυστηρού χρονοδιαγράμματος και με μεγαλύτερη ελευθερία αποφάσεων και συνεργασίας. Σε αυτό το περιβάλλον, θα μπορούσαν εύκολα να ενσωματωθούν τα χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε..

Σύντομα συμπεράσματα που μπορούν να προκύψουν από τα ερωτηματολόγια και τη συζήτηση με τους μαθητές είναι ότι δεν διδάχτηκαν οργανωμένα τη φύση της γνώσης των Φ.Ε.. Τα χαρακτηριστικά που γνωρίζουν προέκυψαν έμμεσα από τη διδασκαλία του μαθήματος. Πάντως, φαίνεται ότι οι μαθητές που είχαν περισσότερη τριβή με τις Φ.Ε., είτε κάνοντας πληρέστερο μάθημα στην τάξη, είτε συμμετέχοντας σε δραστηριότητες Φ.Ε., έχουν περισσότερο εμπειριστατωμένες απόψεις για τα χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε..

6.8 Γενικά Συμπεράσματα

Από τα ερευνητικά αποτελέσματα που παρουσιάστηκαν στις προηγούμενες σελίδες αυτού του κεφαλαίου μπορούν να εξαχθούν συμπεράσματα για: 1) την κατάσταση στην Ελληνική Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση ως προς τη διδασκαλία της φύσης της γνώσης των Φυσικών Επιστημών και 2) Τι γίνεται συνήθως στην τάξη και τα πολιτισμικά χαρακτηριστικά των εκπαιδευτικών.

6.8.1 Η κατάσταση στην Ελληνική Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση ως προς τη διδασκαλία της φύσης της γνώσης των Φυσικών Επιστημών

Από όλα τα παραπάνω, για το ζήτημα αυτό, μπορούν να εξαχθούν τα ακόλουθα συμπεράσματα:

- Τα Προγράμματα Σπουδών Φ.Ε. του Γυμνασίου και του Λυκείου δεν περιλαμβάνουν με σαφήνεια σκοπούς και στόχους για τη φύση της γνώσης των Φ.Ε., αναφέρονται όμως σε στοιχεία του επιστημονικού αλφαριθμητισμού, χωρίς να τον ονομάζουν, που μπορούν να δώσουν ευκαιρίες στον εκπαιδευτικό που γνωρίζει τα χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. να συνδέσει συγκεκριμένους στόχους των προγραμμάτων με αυτά.

- Τα Σχολικά Βιβλία περιέχουν με σαφήνεια μόνο το εμπειρικό (X1) χαρακτηριστικό (στην πλειοψηφία τους) και δίνουν αφορμές για τα υπόλοιπα. Η διαφορά Νόμου-Θεωρίας (X7) είναι το μόνο χαρακτηριστικό που αναφέρεται διαστρεβλωμένο ή δεν αναφέρεται καθόλου, ενώ το δημιουργικό (X3), το υποκειμενικό/αντικειμενικό (X4) και το πολιτισμικό (X6) χαρακτηριστικό περιέχονται κυρίως στα παραρτήματα και τις εισαγωγές, που συνήθως είναι εκτός ύλης. Αν ο εκπαιδευτικός γνωρίζει τα χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε., θα μπορούσε να βρει αφορμή να μιλήσει για αυτά.
- Οι εκπαιδευτικοί δεν γνωρίζουν εμπεριστατωμένα όλα τα χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε.. Οι ίδιοι αναφέρουν ότι δεν τα διδάχθηκαν ποτέ στις σπουδές τους, και δεν είναι όλα προφανή. Διαισθητικά ενσωμάτωναν ορισμένα στη διδασκαλία τους, αλλά δεν αξιολογούσαν τους μαθητές τους σε αυτά. Θεωρούν το χρόνο και τον όγκο της ύλης που έχουν να βγάλουν ως καθοριστικούς παράγοντες για να μην τα διδάσκουν σε μεγαλύτερο βαθμό.
- Τα χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. δεν υπάρχουν στα προτεινόμενα έργα προς αξιολόγηση των μαθητών στα σχολικά βιβλία, ούτε στις τελικές εξετάσεις.
- Οι Σχολικοί Σύμβουλοι θεωρούν ότι το εκπαιδευτικό σύστημα είναι εστιασμένο στην προετοιμασία των μαθητών για τις εισαγωγικές εξετάσεις στην Τριτοβάθμια εκπαίδευση και τα χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. δεν περιλαμβάνονται στη διδακτέα ύλη. Θεωρούν ότι πολλοί εκπαιδευτικοί δεν τα γνωρίζουν.
- Οι απόφοιτοι του σχολείου δεν διδάχθηκαν ποτέ οργανωμένα τα χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε., έχουν σε κάποια ποσοστά αντιληφθεί ορισμένα από αυτά, κατά πλειοψηφία το εμπειρικό (X1). Οι μαθητές που είχαν ασχοληθεί με δραστηριότητες Φ.Ε. στην τυπική και μη τυπική εκπαίδευσή τους (συμμετοχή σε δραστηριότητες Φ.Ε.) έχουν λιγότερο απλοϊκές απόψεις για τα χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε.

Τα συμπεράσματα που προκύπτουν, από όλες τις διαφορετικές πηγές που χρησιμοποιήσαμε, βρίσκονται σε απόλυτη συμφωνία: τα χαρακτηριστικά τη φύσης της γνώσης των Φ.Ε. δεν αποτελούν αξιόλογο αντικείμενο της διδασκαλίας των Φυσικών επιστημών.

6.8.2 Η σημερινή κατάσταση στην εκπαίδευση στις Φ.Ε. - Τα πολιτισμικά χαρακτηριστικά των εκπαιδευτικών Φ.Ε.

Οι εκπαιδευτικοί Φ.Ε. στην Ελλάδα είναι απόφοιτοι των Τμημάτων Φυσικής (ΠΕ04.01), Χημείας (ΠΕ04.02), Βιολογίας (ΠΕ04.04) και Γεωλογίας (ΠΕ04.05). Από στοιχεία του 2019, από τους 64.282 μόνιμους εκπαιδευτικούς που υπηρετούν στη δημόσια Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση, οι ΠΕ04 είναι 6760 συν ακόμα περίπου 500 αναπληρωτές³⁷ (αποτελούν, δηλαδή περίπου το 10% των εκπαιδευτικών της χώρας). Σε σχέση με τις ηλικίες τους, **από 50 ετών και άνω είναι 5.481 ΠΕ04 δηλαδή το 73,8% αυτών και πιο ειδικά, το 46% έχει ηλικία από 56-65 ετών. 40 ετών και κάτω**

³⁷ Οι τελευταίοι μόνιμοι διορισμοί έγιναν το 2009 με τον τελευταίο διαγωνισμό ΑΣΕΠ εκπαιδευτικών. Έκτοτε οι καινούριες ανάγκες καλύπτονται μόνο από αναπληρωτές

είναι μόλις 246 ΠΕ04 δηλαδή το 3,6% αυτών³⁸. Από τα παραπάνω φαίνεται ότι ο πληθυσμός είναι γερασμένος. Οι μεταθέσεις των εκπαιδευτικών από Νομό σε Νομό και οι τοποθετήσεις τους σε οργανικές θέσεις γίνεται με βάση μόρια προϋπηρεσίας και κοινωνικής – οικογενειακής κατάστασης, εκτός από τα πειραματικά και ειδικά σχολεία στα οποία οι τοποθετήσεις γίνονται βάσει ειδικών προσόντων. Αυτό έχει ως συνέπεια οι εκπαιδευτικοί της πόλης της Θεσσαλονίκης στους οποίους απευθύνθηκε το πρόγραμμα να είναι από τους πιο γηρασμένους αλλά και πιο μορφωμένους.

Σημειώνεται ότι οι Έλληνες εκπαιδευτικοί ΠΕ04 δεν έχουν παρακολουθήσει υποχρεωτικά μαθήματα διδακτικής Φ.Ε. ή γενικής παιδαγωγικής κατά τη διάρκεια των σπουδών τους. Μόνο όσοι έχουν διοριστεί μέσω εξετάσεων ΑΣΕΠ (δηλαδή η πλειοψηφία αυτών που διορίστηκαν μεταξύ 2000 και 2009 που έγιναν οι τελευταίοι διορισμοί) εξετάστηκαν στα Παιδαγωγικά, αλλά δεν είναι γνωστό σε ποιο ποσοστό αντιστοιχούν.

Σημαντική αξία της εκπαίδευσης στην Ελλάδα, όπως φάνηκε τόσο στην προέρευνα (Koumara & Plakitsi, 2017a) και στη συνέχεια στην πρώτη ολοκληρωμένη μορφή της (Koumara & Plakitsi, 2017b) όσο και από τις συνεντεύξεις των εκπαιδευτικών (βλ. παράγραφο 6.4.2) των συμβούλων (βλ. παράγραφο 6.6) και των μαθητών (βλ. παράγραφο 6.7.2.3), είναι η επιτυχία στις Πανελλαδικές εξετάσεις, η προετοιμασία για τις οποίες ξεκινάει αρκετά χρόνια πριν τη Γ' Λυκείου³⁹. Τα θέματα των εξετάσεων στις Φ.Ε. απαιτούν συνδυασμό γνώσεων από περισσότερα του ενός κεφάλαια και επίλυση σύνθετων μαθηματικοποιημένων προβλημάτων. Κατά συνέπεια, οι εκπαιδευτικοί, ιδίως στο Λύκειο, προσανατολίζουν το μάθημά τους προς αυτή την κατεύθυνση, και η πλειοψηφία αυτών θεωρεί ότι αυτές είναι οι προδιαγραφές του ιδανικού μαθήματος, όντας και οι ίδιοι προϊόντα του ίδιου εκπαιδευτικού συστήματος. Οι Έλληνες εκπαιδευτικοί Φ.Ε. έχουν ασκηθεί στη φορμαλιστική σκέψη, θεωρούν προσόν τους να μπορούν να λύνουν δύσκολες μαθηματικοποιημένες ασκήσεις, κάτι που τους προσδίδει κύρος, και έχουν βαθύ θεωρητικό επιστημονικό υπόβαθρο. Εκτιμούν ιδιαίτερα την επιστήμη τους, ιδίως οι καθηγητές Λυκείου, όχι όμως και τη Διδακτική – την οποία άλλωστε στην πλειοψηφία τους δεν γνωρίζουν/ δεν διδάχτηκαν στις πανεπιστημιακές τους σπουδές.

Οι εργαστηριακές δραστηριότητες είναι ένα κομμάτι των Φ.Ε. που η πλειοψηφία των εκπαιδευτικών θα επιθυμούσε να συμπεριλάβει στο μάθημα. Παρ' όλα αυτά, από τις συνεντεύξεις των εκπαιδευτικών και των σχολικών συμβούλων (βλ. παραγράφους 6.4.2 και 6.6.1 αντίστοιχα), φαίνεται ότι περίπου το 20% των εκπαιδευτικών διεξάγουν πειράματα σε τακτική βάση. Η πιο συνηθισμένη δικαιολογία για την μη διεξαγωγή πειραμάτων είναι η έλλειψη χρόνου που πιέζει για την ολοκλήρωση της ύλης. Γενικά, οι εκπαιδευτικοί που διδάσκουν σε Γυμνάσια αισθάνονται πιο ελεύθεροι, σε αντίθεση με τους συναδέλφους τους του Λυκείου που πιέζονται να ολοκληρώσουν την ύλη. Αρκετά σχολεία (ιδίως Γυμνάσια) δεν διαθέτουν εργαστήριο, υπάρχουν όμως και περιπτώσεις που τα εργαστήρια είναι πλήρως εξοπλισμένα, αλλά οι εκπαιδευτικοί δεν τα χρησιμοποιούν. Οι Σχολικοί Σύμβουλοι

³⁸ https://www.alfavita.gr/ekpaideysi/anakoinoiseis/302638_ilikiaki-katanomi-ton-monimon-ekpaideytikon-analytiko-pinakes

³⁹ Αυτό επιβεβαιώνεται και από έρευνά μας, συμμετοχή σε διεθνή έρευνα για τη γνώση των χαρακτηριστικών της Επιστημονικής Διερεύνησης (Κουμαρά και Πλακίτση 2019β)

υποστήριξαν ότι αυτοί οι εκπαιδευτικοί δεν έχουν τις δεξιότητες να κάνουν πειράματα. Πάντως, σε κάθε περίπτωση, οι μαθητές δεν εξετάζονται σε εργαστηριακά θέματα. Σημειώνουμε ότι, όπως είναι αναμενόμενο, ο κάθε εκπαιδευτικός αναπτύσσει τη δική του εκπαιδευτική ταυτότητα. Έτσι, ορισμένοι εκπαιδευτικοί είναι περισσότερο «πειραματικοί», οργανώνουν το εργαστήριό τους και δουλεύουν ανάλογα, άλλοι μοιράζονται με τους μαθητές τους αφηγήσεις για ιστορικά περιστατικά, ενώ άλλοι (κυρίως Χημικοί ή Βιολόγοι) ενδιαφέρονται για την περιβαλλοντική εκπαίδευση και την αειφόρο ανάπτυξη και θίγουν στα μαθήματά τους κοινωνικο - επιστημονικά θέματα.

Ενδιαφέρουσα για την ανάπτυξη διερευνητικών δεξιοτήτων είναι η περίπτωση του μαθήματος της ερευνητικής εργασίας (project) στην Α΄ και Β΄ Λυκείου, αλλά οι Σχολικοί Σύμβουλοι ανέφεραν ότι για λόγους ωραρίου δεν ανατίθενται σε ΠΕ04, οπότε η ευκαιρία χάνεται. Πάντως στις συνεντεύξεις οι εκπαιδευτικοί περιέγραψαν με περηφάνεια τις δραστηριότητες που δημιούργησαν με τους μαθητές τους όταν έκαναν το συγκεκριμένο μάθημα. Διερευνητικές δεξιότητες εξασκούνται περισσότερο σε Ομίλους Φ.Ε. (σε Πειραματικά ή ιδιωτικά σχολεία) ή κατά τη συμμετοχή του σχολείου σε ευρωπαϊκά προγράμματα (e-twinning και Erasmus+), όπου οι μαθητές συμμετέχουν εθελοντικά και δεν υπάρχει πίεση χρόνου. Για τους λόγους αυτούς, οι εκπαιδευτικοί θεωρούν ότι η ανάπτυξη διερευνητικών δεξιοτήτων είναι περισσότερο ταιριαστή σε μη-τυπικές εκπαιδευτικές διαδικασίες μάθησης ή σε μαθήματα όπως η ερευνητική εργασία (project) ή η Τεχνολογία (δηλαδή μαθήματα που δεν σχετίζονται άμεσα με τις εξετάσεις).

Η αξιολόγηση των μαθητών γίνεται σε γνωστικά θέματα, παρόμοια με αυτά που ζητούνται στις εξετάσεις. Ακόμα και οι εκπαιδευτικοί που διεξάγουν διερευνητικές δραστηριότητες στα εργαστήρια, ή εμπλουτίζουν τα μαθήματά τους με αφηγήσεις από την Ιστορία των Φ.Ε. ή με σύγχρονα κοινωνικο-επιστημονικά θέματα, δεν τα εξετάζουν. Αν αναλογιστούμε το επιχείρημα ότι «αυτό που εξετάζεται είναι αυτό που τελικά μαθαίνουν οι μαθητές» (Harlen & Elstgeest 2005, σελ. 239; Arons 1992, σελ. 478; Lederman & Lederman, 2014), φαίνεται ότι τα θέματα γύρω από τις Φ.Ε. οι εκπαιδευτικοί δεν τα αντιμετωπίζουν ως εξίσου σημαντικά με τα θέματα της γνώσης των Φ.Ε..

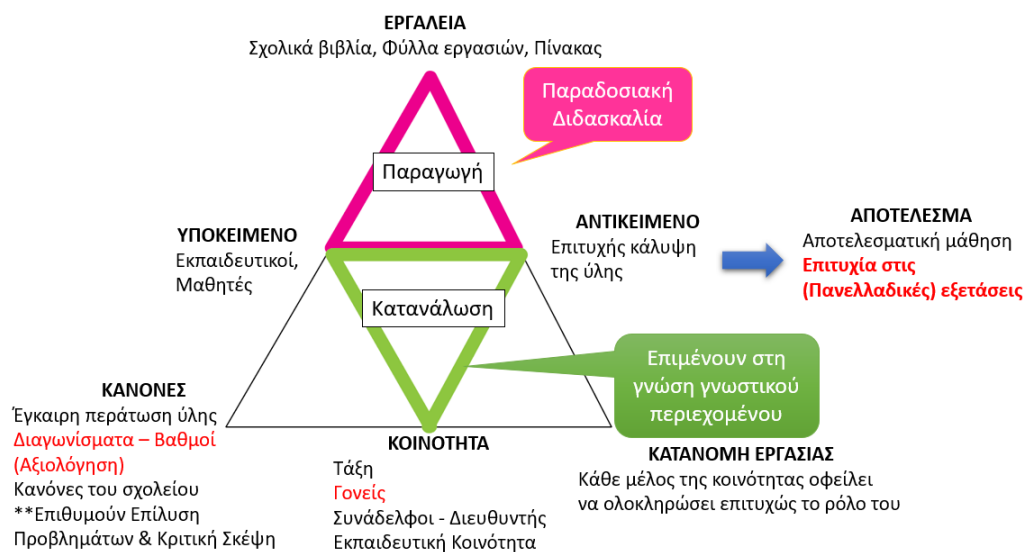
Από την άλλη, οι εκπαιδευτικοί αναγνωρίζουν ότι το περιεχόμενο που καλούνται να διδάξουν δεν άπτεται των ενδιαφερόντων των μαθητών τους και γι' αυτό δεν συμμετέχουν στο μάθημα. Η μη συμμετοχή των μαθητών είναι κάτι που τους κουράζει. Έτσι, αναγνωρίζουν την άμεση ανάγκη μεταβολής του καθημερινού μαθήματος των Φ.Ε., προκειμένου περισσότεροι μαθητές να είναι ενεργοποιημένοι και να συμμετέχουν (υπάρχει πρωτογενής αντίφαση σύμφωνα με την ορολογία της θεωρίας της Δραστηριότητας, βλέπε παράγραφο 3.4)

Τόσο οι εκπαιδευτικοί, όσο και οι Σχολικοί Σύμβουλοι, θεώρησαν ότι η ενσωμάτωση των χαρακτηριστικών της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. στη διδασκαλία θα ήταν ένας ενδιαφέρον τρόπος κινητοποίησης των μαθητών ώστε να αγαπήσουν τις Φ.Ε. και να τις κατανοήσουν καλύτερα. Θεωρούν ότι υπάρχουν πολλά κεφάλαια και αφορμές για να ενσωματωθεί στη διδασκαλία, αλλά αφενός «η ενσωμάτωση της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. στη διδασκαλία θέλει ένα εντελώς καινούριο πλάνο μαθήματος, το οποίο είναι χρονοβόρο για να γίνει» και αφετέρου θεωρούν ότι ένα διαφορετικό μάθημα, που δεν εστιάζει στην προετοιμασία για τις εξετάσεις, θα φέρει τους

εκπαιδευτικούς σε αντιπαράθεση με τους γονείς και τη διεύθυνση το σχολείου (Δευτερογενείς αντιφάσεις σύμφωνα με την ορολογία της θεωρίας της Δραστηριότητας, βλέπε παράγραφο 3.4).

Ως συμπέρασμα όσων παρουσιάστηκαν στο παρόν κεφάλαιο, στην εικόνα 6.7 σκιαγραφείται η επικρατούσα κατάσταση σε μια τυπική τάξη Φ.Ε. της ελληνικής Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης ως ένα σύστημα δραστηριότητας, με τα μέρη της δραστηριότητας σαφώς σημειωμένα στο τρίγωνο αυτής. Με κόκκινο σημειώνονται μέρη της δραστηριότητας που δημιουργούν πιθανές αντιφάσεις (για παράδειγμα οι γονείς επεμβαίνουν με τις απαιτήσεις τους στην εκπαιδευτική διαδικασία, δυσκολεύοντας το έργο του εκπαιδευτικού, ενώ η επιτυχία στις εξετάσεις κατευθύνει τα μέλη της κοινότητας να ενδιαφέρονται ιδιαίτερα για την επίτευξη υψηλής βαθμολογίας σε όλες τις μορφές αξιολόγησης). Ενδιαφέρον έχει η μελέτη των υποτριγώνων της παραγωγής και της κατανάλωσης, καθώς «η παραγωγή δημιουργεί τα αντικείμενα-αγαθά που καλύπτουν τις εκάστοτε ανάγκες και η κατανάλωση παράγει το τελικό προϊόν, το οποίο είναι έτοιμο για χρήση» (Πλακίτση, κ.α, 2018, σελ. 221), δηλαδή τα σημεία που μας ενδιαφέρουν περισσότερο για την επίτευξη της αποτελεσματικής διδασκαλίας. Επίσης, είναι σημαντικά για να κατανοήσουμε επιπλέον πιθανές αντιφάσεις, τις οποίες καλούμαστε να επιλύσουμε κατά την οργάνωση του προγράμματος επιμόρφωσης.

Σε σχέση με την ενσωμάτωση των χαρακτηριστικών της φύσης της γνώσης των Φ.Ε., ενδιαφέρον παρουσιάζει το υποτρίγωνο της (τότε) παραγωγής, όπου οι εκπαιδευτικοί που επιθυμούν να την εντάξουν στη διδασκαλία τους, θα πρέπει να οργανώσουν καινούρια σχέδια μαθήματος, για τα οποία δεν έχουν πηγές. Ενδιαφέρον παρουσιάζει και το υποτρίγωνο της (τότε) κατανάλωσης, όπου οι ίδιοι οι εκπαιδευτικοί θα κληθούν να πείσουν την κοινότητα (γονείς, μαθητές, διεύθυνση του σχολείου και συναδέλφους τους) ώστε να γίνει αποδεκτό, ότι η ενσωμάτωση των χαρακτηριστικών της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. είναι προς όφελος της εξελικτικής πορείας μάθησης του μαθητή.



Εικόνα 6.7: Σκιαγράφηση του συστήματος δραστηριότητας μιας τυπικής τάξης Φ.Ε. στην ελληνική δευτεροβάθμια εκπαίδευση όπως προκύπτει από την ερευνά μας

6.9 Η συμβολή της έρευνας στη διαμόρφωση του επιμορφωτικού προγράμματος

Τα αποτελέσματα της έρευνάς μας, από την αρχική προέρευνα (Κουμαρα & Plakitsi, 2017a) και στη συνέχεια στην πρώτη ολοκληρωμένη μορφή της (Κουμαρα & Plakitsi, 2017b) μέχρι την τελική της μορφή (Κουμαρά και Πλακίτση, 2019; Κουμαρα & Plakitsi, 2020b) που περιγράφηκε στο κεφάλαιο αυτό, δείχνουν ότι: Τα χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. δεν αποτελούν αντικείμενο της διδασκαλίας των Φ.Ε. και οι εκπαιδευτικοί Φ.Ε. δεν τα γνωρίζουν. Αυτά συνεπάγονται την ανάγκη διοργάνωσης κατάλληλου προγράμματος επιμόρφωσης εν ενεργεία εκπαιδευτικών Φ.Ε., προκειμένου να μάθουν τα χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. και να μπορούν να τα ενσωματώνουν με σαφήνεια στη διδασκαλία τους (παιδαγωγική γνώση περιεχομένου) στο παρόν πρόγραμμα σπουδών. Τα πολιτισμικά χαρακτηριστικά των εκπαιδευτικών μας οδήγησαν στη διαμόρφωση του προγράμματος.

6.10 Ανακεφαλαίωση.

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάστηκαν τα αποτελέσματα έρευνάς μας στην χώρα μας με αντικείμενο αν διδάσκονται, στις πέντε πρώτες τάξεις της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης, τα χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε.. Η έρευνα περιλάμβανε πολλές συνιστώσες της εκπαίδευσης όπως τα προγράμματα σπουδών, τα σχολικά εγχειρίδια, τους εκπαιδευτικούς, τους συμβούλους και τους μαθητές. Τέλος παρουσιάστηκαν πολιτισμικά χαρακτηριστικά των εκπαιδευτικών χρήσιμα για τη διοργάνωση του επιμορφωτικού προγράμματος στο πλαίσιο της Διατριβής.

Κεφάλαιο 7ο:

Σχεδιασμός του προγράμματος επιμόρφωσης

7.1 Εισαγωγή

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται οι αποφάσεις, σε σχέση με το περιεχόμενο και γενικότερα το σχεδιασμό του επιμορφωτικού προγράμματος, στις οποίες οδηγηθήκαμε από όσα παρουσιάστηκαν στα κεφάλαια 2 έως 6 που προηγήθηκαν. Περιλαμβάνει πέντε παραγράφους. Στην 7.2 αιτιολογείται η επιλογή να χρησιμοποιηθεί η έννοια «φύση της γνώσης των Φυσικών Επιστημών» και τα χαρακτηριστικά που προτείνει για αυτήν η ομάδα του Lederman. Στην παράγραφο 7.3 παρουσιάζονται τα χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. όπως προτείνονται από την ομάδα του Lederman. Στην 7.4 περιγράφεται το περιεχόμενο του προγράμματος επιμόρφωσης, στην 7.5 η απόφασή μας για οργάνωση του επιμορφωτικού προγράμματος, ως κύκλο επεκτατικής μάθησης. Το κεφάλαιο κλείνει με σύντομη Ανακεφαλαίωση

7.2 Γιατί επιλέχθηκε να χρησιμοποιηθεί η έννοια «φύση της γνώσης των Φυσικών Επιστημών» και τα χαρακτηριστικά που προτείνει για αυτήν η ομάδα του Lederman.

Ερευνά μας στη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση στην Ελλάδα έδειξε ότι η φύση της γνώσης των Φ.Ε. δεν περιλαμβάνεται στο Πρόγραμμα Σπουδών, στα βιβλία και στη διδασκαλία των εκπαιδευτικών καθώς και ότι οι γνώσεις των εκπαιδευτικών για το θέμα αυτό είναι περιορισμένες (βλέπε Κεφάλαιο 6). Πολλοί εκπαιδευτικοί δεν έχουν διδαχθεί στις σπουδές τους υποχρεωτικά μαθήματα ιστορίας και φιλοσοφίας των Φ.Ε.. Επίσης, σε πολλά σχολεία, κυρίως σε νησιωτικές και ορεινές περιοχές, εκπαιδευτικοί Φυσικών Επιστημών έχουν αναθέσεις μαθημάτων εκτός της ειδικότητάς τους (για παράδειγμα Φυσικός διδάσκει Χημεία ή Βιολογία και αντιστρόφως), οπότε δεν γνωρίζουν επιστημολογικά στοιχεία από αντικείμενα που δεν έχουν διδαχθεί ακαδημαϊκά. Αυτό οδηγεί στο συμπέρασμα ότι η προσέγγιση οικογενειακής ομοιότητας θα ήταν δύσκολο να εφαρμοστεί. Η δυσκολία εφαρμογής της προσέγγισης της οικογενειακής ομοιότητας έχει ήδη καταγραφεί στον επιστημονικό διάλογο, βλέπε παράγραφο 2.2.2.5, στον οποίο προτείνεται η εφαρμογή της σε ένα δεύτερο στάδιο.

Τα παραπάνω οδήγησαν στην υιοθέτηση της «συναινετικής άποψης». Από τις προτάσεις που περιλαμβάνονται σε αυτήν, επιλέχθηκε η πρόταση της ομάδας Lederman, για τους εξής λόγους:

- Έχει χωριστά την επιστημονική διερεύνηση και έτσι η ερευνά μας μπορεί να επικεντρωθεί στη φύση της επιστημονικής γνώσης
- Υπάρχει πλούσια βιβλιογραφία από εφαρμογές σε πλήθος χωρών και ομάδων μελέτης (μαθητές, φοιτητές, εκπαιδευτικοί)
- Υπάρχουν εργαλεία αξιολόγησης (ερωτηματολόγια VNOS), τα οποία είναι εγκυροποιημένα και αξιόπιστα. Εκτός από τη χρήση τους, θα ήταν δυνατή και η σύγκριση των δικών μας αποτελεσμάτων με άλλες έρευνες.
- Τέλος, η ερευνητική μας ομάδα συμμετείχε ως εκπρόσωπος της Ελλάδας στη διεθνή έρευνα για τα χαρακτηριστικά της επιστημονικής διερεύνησης (Lederman et al, 2014a, Κουμαρά και Πλακίτση 2019), οπότε η επικοινωνία μας με τον καθηγητή Lederman έγινε περισσότερο άμεση.

Υιοθετώντας την ορολογία που έχει προτείνει ο Lederman (2019), η φράση «φύση των Φ.Ε.» θα αναφέρεται στην ερευνά μας ως «φύση της γνώσης των Φ.Ε.» ή εν' συντομία ως NOSK από το αγγλικό “Nature of Scientific Knowledge”.

7.3 Τα χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. όπως προτείνονται από την ομάδα του Lederman

Αφού υιοθετήσαμε την πρόταση της ομάδας του Lederman παραθέτουμε στη συνέχεια αναλυτικά την περιγραφή των χαρακτηριστικών που αυτή προτείνει, συνθέτοντας τις παρουσιάσεις από διάφορες εργασίες τους (Lederman, Lederman, Antink & Bartos, 2014; Lederman, 2006; Lederman, Abd-El-Khalick, Bell & Schwartz, 2002).

7.3.1 Η επιστημονική γνώση είναι εμπειρική (X1)

Οι Φ.Ε. βασίζονται, τουλάχιστον εν μέρει, σε παρατηρήσεις του φυσικού κόσμου και η εγκυρότητα των επιστημονικών ισχυρισμών γίνεται με αναφορά σε παρατηρήσεις φαινομένων. Ωστόσο, οι παρατηρήσεις φιλτράρονται πάντα μέσω του αντιληπτικού μας μηχανισμού ή/και περίπλοκων οργάνων, ερμηνεύονται μέσα από περίπλοκα θεωρητικά πλαίσια και σχεδόν πάντα διαμεσολαβούνται από μια σειρά προϋποθέσεων, οι οποίες αποτελούν την αρχή λειτουργίας των επιστημονικών οργάνων.

7.3.2 Διαφορά παρατήρησης – συμπεράσματος (X2)

Οι μαθητές πρέπει να είναι σε θέση να κάνουν διάκριση μεταξύ παρατήρησης και συμπερασμάτων. Οι παρατηρήσεις είναι περιγραφικές δηλώσεις σχετικά με φυσικά φαινόμενα που είναι άμεσα προσβάσιμα στις αισθήσεις (ή επεκτάσεις των αισθήσεων μέσω οργάνων) και για τις οποίες οι παρατηρητές μπορούν συνήθως να καταλήξουν σε συναίνεση με σχετική ευκολία. Για παράδειγμα, αντικείμενα που απελευθερώνονται πάνω από το επίπεδο του εδάφους τείνουν να πέφτουν στο έδαφος. Αντίθετα, τα συμπεράσματα είναι δηλώσεις για τα φαινόμενα οι οποίες δεν είναι άμεσα προσβάσιμες στις αισθήσεις. Για παράδειγμα, τα αντικείμενα τείνουν να πέφτουν στο έδαφος λόγω της βαρύτητας. Η έννοια της βαρύτητας είναι συμπερασματική υπό την έννοια ότι μπορεί να προσεγγιστεί ή/και να μετρηθεί μόνο μέσω των αποτελεσμάτων της, όπως οι αποκλίσεις της κίνησης πλανητών, από τις έλξεις άλλου πλανήτη (περίπτωση Ουρανού) και η κάμψη του φωτός που προέρχεται από τα αστέρια, καθώς οι ακτίνες περνούν κοντά από τον Ήλιο (επιβεβαίωση της γενικής θεωρίας της Σχετικότητας).

Η κατανόηση της κρίσιμης διάκρισης μεταξύ παρατήρησης και συμπερασμάτων είναι ένας πρόδρομος για να κατανοήσουμε ένα πλήθος συμπερασματικών και θεωρητικών οντοτήτων και όρων (inferential and theoretical entities and terms) του κόσμου των Φ.Ε.. Παραδείγματα τέτοιων οντοτήτων αποτελούν τα άτομα, τα μοριακά τροχιακά, τα γονίδια, τα φωτόνια, τα μαγνητικά πεδία και οι βαρυτικές δυνάμεις.

7.3.3 Η επιστημονική γνώση περιλαμβάνει την ανθρώπινη φαντασία και δημιουργικότητα (X3)

Οι Φυσικές Επιστήμες, σε αντίθεση με την κοινή πεποίθηση, δεν είναι μια ορθολογική και μεθοδική/συστηματική δραστηριότητα. Περιλαμβάνουν την επινόηση ερμηνειών και την παραγωγή ιδεών, κάτι που απαιτεί τη δημιουργικότητα των επιστημόνων. Το άλμα από τις ατομικές φασματικές γραμμές του μοντέλου του Bohr για το άτομο στην ερμηνεία για καθορισμένες τροχιές και συγκεκριμένα επίπεδα ενέργειας είναι ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα. Οι επιστήμονες χρησιμοποιούν συχνά τη φαντασία και τη δημιουργική τους σκέψη σε όλα τα στάδια της έρευνάς τους. Αυτό το χαρακτηριστικό

των Φυσικών Επιστημών, συνδυαζόμενο με το συμπερασματικό χαρακτήρα, εισάγει την άποψη ότι οι επιστημονικές «οντότητες» (έννοιες) όπως τα άτομα, οι μαύρες τρύπες είναι λειτουργικά θεωρητικά μοντέλα και όχι πιστές αναπαραστάσεις της πραγματικότητας.

7.3.4 Η επιστημονική γνώση είναι υποκειμενική (X4)

Τα πιστεύω των επιστημόνων, οι προηγούμενες γνώσεις τους, η εκπαίδευσή τους, οι εμπειρίες και οι προσδοκίες τους, σε συνδυασμό με όλες τις θεωρητικές τους δεσμεύσεις, στην πραγματικότητα επηρεάζουν το έργο τους. Όλοι αυτοί οι «παρασκηνιακοί» (ιστορικοί) παράγοντες δημιουργούν έναν τρόπο σκέψης που επηρεάζει τα προβλήματα που ερευνούν οι επιστήμονες, τον τρόπο που διενεργούν τις έρευνές τους, αυτά που παρατηρούν (ή δεν παρατηρούν), και πώς αντιλαμβάνονται ή ερμηνεύουν τις παρατηρήσεις τους. Αυτή η ατομικότητα (μπορεί να αναφέρεται σε ομάδα επιστημόνων που μοιράζονται το ίδιο παράδειγμα) ή ο τρόπος σκέψης δικαιολογεί το ρόλο της υποκειμενικότητας στην παραγωγή της επιστημονικής σκέψης: παρόλο που δεν υπάρχει πρόθεση, είναι αναπόφευκτη. Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι, αντίθετα με την κοινή πεποίθηση, οι Φυσικές Επιστήμες ποτέ δεν ξεκινούν με ουδέτερες παρατηρήσεις. Οι παρατηρήσεις (και οι έρευνες) πάντα παρακινούνται, καθοδηγούνται και αποκτούν νόημα από τις αρχικές ερωτήσεις ή τα προβλήματα. Αυτές οι ερωτήσεις ή προβλήματα, με τη σειρά τους, προέρχονται μέσα από καθορισμένες θεωρητικές αντιλήψεις. Τελικά η συζήτηση (ανακοινώσεις σε συνέδρια, δημοσιεύσεις σε περιοδικά κτλ) μεταξύ των επιστημόνων οδηγεί στην αντικειμενικότητα της γνώσης. Σημειώνεται ότι η φράση «Η επιστημονική γνώση είναι υποκειμενική» δεν έχει το νόημα της γενικότητας ότι όλη η επιστημονική γνώση είναι υποκειμενική, έχει το νόημα ότι η επιστημονική γνώση είναι περισσότερο υποκειμενική από ότι γενικά θεωρείται από τους μη ειδικούς.

7.3.5 Η επιστημονική γνώση δεν είναι ποτέ απόλυτη και σίγουρη (X5)

Η επιστημονική γνώση, συμπεριλαμβανομένων «γεγονότων», θεωριών και νόμων είναι αβέβαιη και μπορεί να υπόκειται σε αλλαγές. Οι επιστημονικοί ισχυρισμοί μεταβάλλονται καθώς καινούριες ενδείξεις έρχονται στο φως, μέσω εξελίξεων στη σκέψη και την τεχνολογία, που σχετίζεται με τις υπάρχουσες θεωρίες και νόμους, ή καθώς παλιές ενδείξεις επανερμηνεύονται μέσα από το πρίσμα νέων θεωρητικών εξελίξεων. Πρέπει να τονιστεί ότι η αβεβαιότητα στις Φυσικές Επιστήμες δεν προκύπτει μόνο από το γεγονός ότι η επιστημονική γνώση είναι συμπερασματική, δημιουργική και κοινωνικά και πολιτισμικά ενσωματωμένη: υπάρχουν επίσης αδιάσειστα λογικά επιχειρήματα που παρέχουν αξιοπιστία στην αρχή της παροδικότητας των Φυσικών Επιστημών. Πράγματι, αντίθετα με την κοινή πεποίθηση, οι επιστημονικές υποθέσεις, οι θεωρίες και οι νόμοι ποτέ δεν μπορεί να θεωρηθούν απόλυτα «αποδεδειγμένοι». Αυτό είναι ανεξάρτητο από την ποσότητα των εμπειρικών ενδείξεων που συγκεντρώνονται υπέρ της μιας ή της άλλης ιδέας, κατά τον Popper.

Για παράδειγμα, προκειμένου να θεωρηθεί «αποδεδειγμένος», ένας συγκεκριμένος επιστημονικός νόμος θα πρέπει να ισχύει για κάθε μία ξεχωριστή περίπτωση του φαινομένου που ισχυρίζεται ότι περιγράφει, σε όλες τις στιγμές. Μπορεί λογικά να υποστηριχθεί ότι σε μια μελλοντική περίπτωση για την οποία δεν θα έχουμε καμία γνώση, μια παρατήρηση είναι δυνατόν να δείξει κάτι διαφορετικό από ό,τι

υποστηρίζει ο νόμος. Κατά συνέπεια, ο νόμος ποτέ δεν μπορεί να θεωρηθεί ως μια απόλυτα «αποδεδειγμένη» κατάσταση. Το ίδιο ισχύει στην περίπτωση των υποθέσεων και των θεωριών.

Ορισμένοι ερευνητές έχουν θέσει θέμα με τη χρήση της λέξης «αβέβαιη» (“tentative”) για να περιγράψει τις επιστημονικές γνώσεις. Λέξεις όπως «αναθεωρήσιμη» (“revisionary”) ή «υποκείμενη σε αλλαγές» (“subject to change”) προτιμώνται από όσους ισχυρίζονται ότι το «αβέβαιη» υπονοεί ότι η γνώση είναι ατεκμηρίωτη και όχι καλά θεμελιωμένη. Όμως, όποια λέξη κι αν χρησιμοποιηθεί, το επιδιωκόμενο νόημα είναι ότι η γνώση των Φ.Ε., ανεξάρτητα από το πόσα υποστηρικτικά στοιχεία υπάρχουν, μπορεί να αλλάξει στο μέλλον.

7.3.6 Οι Φ.Ε., ως ανθρώπινη δραστηριότητα, εφαρμόζονται στα πλαίσια μιας ευρύτερης κοινωνίας και όσοι δραστηριοποιούνται σε αυτές (οι επιστήμονες) είναι προϊόντα αυτής (X6)

Οι Φυσικές Επιστήμες ακολουθούν, επηρεάζουν και επηρεάζονται από τα διάφορα στοιχεία και τις πνευματικές/διανοητικές σφαίρες του πολιτισμού στον οποίο ενσωματώνονται. Αυτά τα στοιχεία περιλαμβάνουν και τις δομές ισχύος, τους πολιτικούς και κοινωνικο-οικονομικούς παράγοντες, τη φιλοσοφία και τη θρησκεία.

Για παράδειγμα, η ιστορία για την εξέλιξη των ανθρώπων (*Homo sapiens*) στα τελευταία επτά εκατομμύρια χρόνια είναι ζήτημα των βιο-κοινωνικών επιστημών: Οι επιστήμονες έχουν σχηματίσει πολλές περίτεχνες και διαφορετικές εκδοχές αυτής της εξέλιξης. Μέχρι πρόσφατα, η κυρίαρχη ιστορία βασιζόταν στον «άνθρωπο-κυνηγό» και τον κρίσιμο ρόλο του στην εξέλιξη των ανθρώπων που γνωρίζουμε σήμερα. Η ερμηνεία αυτή ήταν σύμφωνη με την ανδροκρατούμενη λευκή κοινωνία που επικρατούσε στην επιστημονική κοινότητα από τη δεκαετία του 1960 ως τις αρχές της δεκαετίας του 1970. Καθώς το φεμινιστικό κίνημα γινόταν ισχυρότερο και οι γυναίκες στάθηκαν ικανές να διεκδικήσουν την αναγνώρισή τους στους διάφορους κλάδους των Φυσικών Επιστημών, η ιστορία για την εξέλιξη των ανθρωπιδών άρχισε να αλλάζει. Η ιστορία που είναι περισσότερο σύμφωνη με τη φεμινιστική προσέγγιση σχετίζεται με το «θηλυκό-τροφοσυλλέκτη» και τον κεντρικό της ρόλο στην εξέλιξη του ανθρώπου. Και οι δυο ιστορίες είναι σύμφωνες με τα διαθέσιμα ευρήματα.

7.3.7 Διαφορά νόμου – θεωρίας (X7)

Στενά συνδεδεμένη με τη διαφορά ανάμεσα στις παρατηρήσεις και τα συμπεράσματα είναι και η διαφορά ανάμεσα στους επιστημονικούς νόμους και τις θεωρίες. Οι περισσότεροι άνθρωποι συνήθως έχουν μια απλοποιημένη, ιεραρχημένη εικόνα για τη σχέση ανάμεσα στις θεωρίες και τους νόμους, όπου οι θεωρίες γίνονται νόμοι ανάλογα με τη διαθεσιμότητα των απαιτούμενων ενδείξεων. Αυτό συνεχίζεται με την άποψη ότι οι επιστημονικοί νόμοι είναι πιο ισχυροί από τις επιστημονικές θεωρίες. Και οι δυο απόψεις όμως είναι λανθασμένες, καθώς οι θεωρίες και οι νόμοι είναι διαφορετικά είδη γνώσης και το ένα δεν μπορεί να μετατραπεί στο άλλο. Έτσι, οι νόμοι είναι δηλώσεις ή περιγραφές των σχέσεων ανάμεσα σε παρατηρήσιμα φαινόμενα: ο νόμος του Boyle, ο οποίος συσχετίζει την πίεση ενός αερίου με τον όγκο του (σε σταθερή θερμοκρασία), είναι ένα τέτοιο παράδειγμα. Οι θεωρίες, σε αντίθεση, είναι συμπερασματικές επεξηγήσεις για τα παρατηρήσιμα φαινόμενα. Για παράδειγμα, η κινητική θεωρία των αερίων επεξηγεί το νόμο του Boyle. Οι επιστημονικές θεωρίες παίζουν με τη σειρά

τους σημαντικό ρόλο, όπως το να καθοδηγούν τις έρευνες, να δημιουργούν νέα ερευνητικά προβλήματα και να ερμηνεύουν μεγάλες σειρές από φαινομενικά μη σχετιζόμενες παρατηρήσεις σε περισσότερα του ενός πεδία έρευνας. Για παράδειγμα, η κινητική θεωρία των αερίων χρησιμεύει μεταξύ άλλων στην ερμηνεία φαινομένων που αφορούν στις μεταβολές της φυσικής κατάστασης της ύλης, στο ρυθμό των χημικών αντιδράσεων ή στη θερμότητα και τη μεταφορά της. Επομένως, οι θεωρίες είναι εξίσου έγκυρες ως προϊόντα της επιστήμης, όσο και οι νόμοι. Παρόλο που οι φιλόσοφοι της επιστήμης μπορεί να ισχυριστούν ότι η περιγραφή είναι ελλιπής, αυτός ο βαθμός γενίκευσης είναι κατάλληλος και προσβάσιμος για τους μαθητές, επομένως αρκεί.

7.4 Περιεχόμενο του προγράμματος επιμόρφωσης

7.4.1 Διδασκαλία με σαφή και αναστοχαστικό τρόπο, εντός πλαισίου και με τις τρεις προσεγγίσεις διδασκαλίας που έχουν καταγραφεί βιβλιογραφικά

Το πρόγραμμα θα περιλαμβάνει την επιμόρφωση των εκπαιδευτικών στο να διδάξουν με σαφή και αναστοχαστικό τρόπο, εντός πλαισίου και με τις τρεις προσεγγίσεις διδασκαλίας της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. που έχουν βιβλιογραφικά καταγραφεί: α) της ιστορίας των Φ.Ε., β) της επιστημονικής διερεύνησης και γ) των σύγχρονων κοινωνικο-επιστημονικών ζητημάτων, βλέπε παράγραφο 4.3.

Για κάθε μία από τις παραπάνω προσεγγίσεις υπάρχουν πλεονεκτήματα αλλά και μειονεκτήματα. Συμφωνούμε με την βιβλιογραφική πρόταση, ότι η χρήση και των τριών προσεγγίσεων για τη διδασκαλία της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. προσφέρεται ώστε τα μειονεκτήματα που έχει η εφαρμογή της κάθε μιας προσέγγισης χωριστά (βλέπε παράγραφο 4.3.4) να αναιρούνται από την εφαρμογή των δυο άλλων προσεγγίσεων. Ένας επιπλέον λόγος που συνηγορεί υπέρ της επιμόρφωσης των εκπαιδευτικών στη χρήση και των τριών προσεγγίσεων είναι ότι κάθε εκπαιδευτικός έχει τις δικές του γνώσεις, απόψεις και ενδιαφέροντα, γενικότερα πολιτισμικά χαρακτηριστικά, οπότε μία από τις τρεις προσεγγίσεις μπορεί να ταιριάζει περισσότερο στην προσωπικότητά του έναντι μιας άλλης. Το ίδιο ισχύει και για τους μαθητές τόσο για τον τρόπο μαθήματος Φ.Ε. που πιθανά προτιμούν όσο και για τα πλεονεκτήματα της ποικιλίας μαθημάτων. Τέλος σε χώρες, όπως η Ελλάδα, που τόσο στα προγράμματα σπουδών όσο και στα διδακτικά εγχειρίδια δεν περιλαμβάνεται η διδασκαλία της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. (βλέπε Κεφάλαιο 6) η χρήση και των τριών προσεγγίσεων δίνει περισσότερες ευκαιρίες στον εκπαιδευτικό να εκμεταλλευτεί ευκαιρίες που δίνουν νύξεις των βιβλίων και να διδάξει τα χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. Λαμβάνοντας υπόψη τα παραπάνω, αποφασίστηκε στα τρία πρώτα τρίωρα του προγράμματος επιμόρφωσης να συμπεριληφθεί η διαπραγμάτευση και των τριών προσεγγίσεων.

7.4.2 Η σειρά παρουσίασης των τριών προσεγγίσεων

Η σειρά με την οποία θα διαπραγματευτούν οι τρεις προσεγγίσεις θα είναι α) μέσω της ιστορίας των Φ.Ε., β) μέσω της επιστημονικής διερεύνησης και γ) μέσω της διαπραγμάτευσης σύγχρονων κοινωνικο-επιστημονικών ζητημάτων.

Οι επαφές μας με εκπαιδευτικούς και σχολικούς συμβούλους από την προέρευνα του 2017 μέχρι και την έρευνα που παρουσιάζεται στο 6^ο Κεφάλαιο, έδειξαν

ότι αυτοί στη μεγάλη τους πλειοψηφία αφενός δεν θεωρούν τη φύση της γνώσης των Φ.Ε. εξίσου σημαντική με το σώμα γνώσης των Φ.Ε. και αφετέρου θεωρούν ότι δεν έχει μεγάλη σχέση με τη γνώση των Φ.Ε. Αυτό μπορεί να εξηγηθεί από το γεγονός ότι εκπαιδεύτηκαν σε Τμήματα Φυσικών Επιστημών, χωρίς παιδαγωγική διδασκαλία και το σύστημα δραστηριοτήτων στο οποίο ζούσαν - τόσο ως μαθητές όσο και ως εκπαιδευτικοί - ήταν αυτό των Εθνικών εξετάσεων το οποίο απαιτούσε τη λύση προηγμένων μαθηματικών προβλημάτων, χωρίς εργασίες που περιλαμβάνουν ή αξιολογούν πτυχές της φύσης της γνώσης των Φ.Ε.. Ο «σεβασμός» που έδειχναν για την επιστημονική γνώση μας οδήγησε στην απόφαση να ξεκινήσει το πρόγραμμα από την προσέγγιση μέσω της Ιστορίας των Φ.Ε.. Θεωρήσαμε ότι με αυτόν τον τρόπο δίνεται η ευκαιρία να αναδειχθεί ότι τα χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. είναι εγγενή στο σώμα της. Θεωρήσαμε μάλιστα ότι θα ήταν ιδανικό να αναγνωρίσουν όλα τα χαρακτηριστικά της γνώσης των Φ.Ε. στην ανάπτυξη μιας έννοιας. Διαβλέπαμε την πιθανότητα, αν ξεκινούσαμε από τις προσεγγίσεις της επιστημονικής διερεύνησης ή των σύγχρονων κοινωνικο-επιστημονικών ζητημάτων να θεωρήσουν οι εκπαιδευτικοί ότι αυτά είναι χαρακτηριστικά/δημιουργήματα της διδασκαλίας των Φ.Ε..

Ακολούθησε η προσέγγιση της διδασκαλίας των χαρακτηριστικών της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. μέσω της επιστημονικής διερεύνησης, η οποία εντάσσεται στην επιθυμητή κουλτούρα της εκπαίδευσης στις Φ.Ε. και οι εκπαιδευτικοί επιθυμούν να οργανώσουν μαθήματα που βασίζονται στη διερεύνηση. Από την άλλη μεριά, θεωρείται ότι αν οι μαθητές βιώσουν, μέσω δραστηριοτήτων που αποσκοπούν στην ανάδειξη τους, συγκεκριμένες πτυχές της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. είναι περισσότερο πιθανό να αναπτύξουν την ουσιαστική τους κατανόηση από ότι απλά να τους πει ο καθηγητής τους ότι η επιστημονική γνώση βασίζεται σε παρατήρηση και συμπεράσματα ή ότι η επιστημονική γνώση υπόκειται σε αλλαγές. Η φύση της γνώσης των Φ.Ε. είναι πολύ απομακρυσμένη από την καθημερινή ζωή για να την κατανοήσουν οι περισσότεροι μαθητές απλά με το να το ακούσουν (Bell 2008, p 10; Abd-El-Khalick & Lederman, 2000b).

Τέλος, το επιμορφωτικό πρόγραμμα κλείνει με την προσέγγιση της διδασκαλίας των χαρακτηριστικών της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. μέσω της συζήτησης κοινωνικο-επιστημονικών ζητημάτων, θέμα για το οποίο η έρευνα μας έδειξε ότι είναι το πιο προβληματικό μεταξύ των τριών για τους εκπαιδευτικούς των Φ.Ε. Από την άλλη μεριά θεωρήσαμε ότι η συζήτηση κοινωνικο-επιστημονικών ζητημάτων στο τέλος έχει και ένα χαρακτήρα εφαρμογής όσων ειπώθηκαν στην καθημερινή ζωή των μαθητών ως μελλοντικών πολιτών.

Η παραπάνω λοιπόν σειρά παρουσίασης που επιλέχτηκε έχει μια «λογική»: Αρχικά οι εκπαιδευτικοί αναγνωρίζουν ότι τα χαρακτηριστικά της γνώσης των Φ.Ε. είναι συνυφασμένα με τον τρόπο παραγωγής της γνώσης των Φ.Ε., στη συνέχεια τα διδάσκουν στους μαθητές τους μέσω της επιστημονικής διερεύνησης και τέλος καλούνται οι μαθητές να τα αναγνωρίσουν εφαρμοζόμενα στην καθημερινή ζωή του πολίτη. Το να εκπαιδευτούν οι μαθητές να τα εφαρμόζουν ως μελλοντικοί πολίτες είναι ο πραγματικός στόχος για τη διδασκαλία των χαρακτηριστικών της φύσης της γνώσης των Φ.Ε.

Θεωρούμε σημαντικό ότι οι αποφάσεις μας αυτές βρήκαν σύμφωνους τους εκπαιδευτικούς. Έτσι σε ερωτηματολόγιο που δόθηκε στην πέμπτη συνάντηση και στο

οποίο ζητούσαμε τη γνώμη τους για τη σειρά παρουσίασης των τριών προσεγγίσεων πήραμε απαντήσεις, βλέπε παράγραφο 9.7.1, όπως ότι «η ιστορία ως μέθοδος διδασκαλίας είναι πιο οικεία στους εκπαιδευτικούς και μέσω αυτής γίνεται πιο πλήρης η προσέγγιση όλων των πτυχών της φύσης της γνώσης των Φ.Ε.», «επιτυγχάνεται ρεαλιστικότερη προσέγγιση της φύσης της γνώσης των Φ.Ε.». «Η σειρά παρουσίασης ήταν εξαιρετική, αφού μέσω της προσέγγισης με την Ιστορία οι εκπαιδευτικοί έμαθαν για τον εαυτό τους, μέσω της επιστημονικής διερεύνησης μπορούν να μάθουν οι μαθητές και τέλος, μέσω της συζήτησης κοινωνικο-επιστημονικών θεμάτων μπορούν οι μαθητές να δουν τα χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. στη ζωή τους». Στη συζήτηση που ακολούθησε οι περισσότεροι επιμορφούμενοι συμφωνούν ότι η προσέγγιση με την Ιστορία είναι κατάλληλη για να ξεκινήσει ένα πρόγραμμα επιμόρφωσης στα χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε., επειδή συνδέει την εξέλιξη της επιστημονικής γνώσης με αυτά τα χαρακτηριστικά. «Η Ιστορία είναι η αρχή, ένα προοίμιο, για να τραβήξει την προσοχή και να θέσει ερωτήματα, προορίζεται για «εκπαίδευση γνώσης» των εκπαιδευτικών, ενώ η επιστημονική διερεύνηση και η συζήτηση κοινωνικο-επιστημονικών θεμάτων είναι εργαλεία διδασκαλίας.

7.5 Οργάνωση του επιμορφωτικού προγράμματος, ως κύκλος επεκτατικής μάθησης

Θεωρούμε ότι:

1. Η πρόταση του Korthagen (2017) για επιμόρφωση «Επιπέδου 3.0» στο οποίο λαμβάνεται επιπλέον υπόψη η προσωπικότητα του κάθε εκπαιδευτικού, τα συναισθήματα, οι σκέψεις και οι ανησυχίες του (βλ. παράγραφο 4.2.4.1β')
2. Οι προτάσεις των Akerson & Hanuskin (2007) ότι «η διάρκεια του προγράμματος πρέπει να είναι μεγάλη» και «Οι εκπαιδευτές πρέπει να είναι έτοιμοι για αναπροσαρμογές σε αυτά που είχαν ετοιμάσει. Οι ανάγκες και οι απορίες των εκπαιδευόμενων μπορεί να κατευθύνουν τη συζήτηση/μάθημα σε διαφορετικά μονοπάτια από αυτό που σχεδίαζαν αρχικά οι εκπαιδευτές. Μέσω αυτών, ίσως και οι εκπαιδευτές μάθουν καλύτερα τη δουλειά τους» (βλ. παράγραφο 4.2.4.1β') και
3. Οι προτάσεις των Lederman et al (2012), Akerson and Hanuskin (2007), Bell and Maeng (2013) και Akerson, Morrison and McDuffie (2006) ότι η αποτελεσματική εκπαίδευση των εκπαιδευτικών λαμβάνει υπόψη τις τρέχουσες απόψεις και τις πρακτικές τους, ενθαρρύνει τη συνεργασία μεταξύ τους και τους παρέχει δυνατότητα για πρακτική εφαρμογή, προβληματισμό και ανάδραση (βλ. παράγραφο 4.2.4.1β')

μπορούν να υπερκαλυφθούν από την υιοθέτηση του κύκλου επεκτατικής μάθησης, βλέπε παράγραφο 3.5.1, ο οποίος από τη φύση του έχει και μεγάλη διάρκεια. Το πρόγραμμα είχε διάρκεια ενός έτους (Απρίλιος 2018 –Μάιος 2019). Η υιοθέτηση του κύκλου επεκτατικής μάθησης θεωρούμε ότι υπερκαλύπτει επίσης απαιτήσεις για να είναι μια μαθησιακή διεργασία που απευθύνεται σε ενήλικους αποτελεσματική (Κόκκος 2005), όπως π.χ. (βλ. παράγραφο 3.7):

1. οι εκπαιδευτικοί στόχοι αποσαφηνίζονται εξ αρχής, και είναι κατά το δυνατόν πιο ρεαλιστικοί, ακριβείς, συνδεδεμένοι με τις εμπειρίες και με τις αντικειμενικές ανάγκες των εκπαιδευόμενων,
2. το περιεχόμενο έχει άμεση σχέση με τις ανάγκες και τις εμπειρίες των εκπαιδευόμενων, καθώς τα θέματα που αντιμετωπίζονται θα συνδέονται στενά με

καταστάσεις που αντιμετωπίζουν στο παρόν ή θα αντιμετωπίσουν στο άμεσο μέλλον οι εκπαιδευόμενοι. Θεωρείται σκόπιμο να τους δίνονται εναύσματα ώστε να αξιοποιούν τις εμπειρίες τους, να τις επεξεργάζονται και να μαθαίνουν από αυτές,

3. ενθαρρύνεται η ενεργητική συμμετοχή στην εκπαιδευτική διαδικασία,
4. διαμορφώνεται μαθησιακό κλίμα που χαρακτηρίζεται από ουσιαστική επικοινωνία, συνεργατικό πνεύμα και αμοιβαίο σεβασμό. Σε αυτό το πλαίσιο ο εκπαιδευτής λειτουργεί ως συντονιστής, που ενθαρρύνει την ευρετική πορεία προς τη γνώση και αλληλεπιδρά με τους εκπαιδευόμενους.

7.5.1 Τα τέσσερα πρώτα στάδια του κύκλου επεκτατικής μάθησης

Όπως έχει παρουσιαστεί στην παράγραφο 3.5, στην επεκτατική μάθηση, οι «μαθητές» (κάθε ηλικίας) μαθαίνουν κάτι που «δεν υπάρχει ακόμα» δηλ. διαμορφώνουν τη νέα γνώση, το νέο αντικείμενο για τη συλλογική τους δραστηριότητα και το εφαρμόζουν στην πράξη (Engeström and Sannino 2010). Η επεκτατική μάθηση απαιτεί διαμορφωτικές παρεμβάσεις οι οποίες βασίζονται στη μέθοδο της διπλής διέγερσης (Engeström, 2007; Engeström and Sannino 2010), Εικόνα 3.6 ή εδώ Εικόνα 7.1



Εικόνα 7.1: Διπλή διέγερση (Van Amstel, 2014)

Το πρώτο ερέθισμα, στην Εικόνα 7.1, είναι μια αντιφατική/συγκρουσιακή κατάσταση (το πρόβλημα, η κατάσταση, η εργασία με την οποία αναμένεται να ασχοληθούν οι εκπαιδευόμενοι) και το δεύτερο ερέθισμα είναι ένα, ασαφές σε κάποιο βαθμό, εργαλείο, το διαμεσολαβητικό μέσο, το οποίο μπορεί κατάλληλα διαμορφωμένο να χρησιμοποιηθεί για να ξεπεραστούν οι αντιφάσεις, βλέπε και παράγραφο 3.5 (Engeström 2001, p.604; Van Amstel, 2014; Barma, 2015).

Στο επιμορφωτικό μας πρόγραμμα το πρώτο ερέθισμα, η αντιφατική κατάσταση, όπως έχει προκύψει από τι συνεντεύξεις αναμένεται να είναι: Οι επιμορφούμενοι θεωρούν ότι πρέπει να αλλάξει το περιεχόμενο του μαθήματος ώστε οι μαθητές να μετέχουν σε αυτό, αν όμως συμβεί αυτό προβληματίζονται ότι αφενός θα αντιδράσουν οι γονείς των μαθητών και η διεύθυνση του Σχολείου (θεωρώντας ότι έτσι δεν ετοιμάζονται τα παιδιά για τις εξετάσεις) και αφετέρου θα έχουν οι ίδιοι περισσότερη δουλειά για να ετοιμάσουν νέα σχέδια μαθήματος. Το δεύτερο ερέθισμα, το εργαλείο, είναι το μερικώς σχεδιασμένο περιεχόμενο του επιμορφωτικού προγράμματος. Το επιμορφωτικό πρόγραμμα δεν δίνεται στους μετέχοντες στην τελική/έτοιμη μορφή του με το ακριβές του περιεχόμενο, έχει βέβαια ορισμένες δομές και προτεινόμενο περιεχόμενο για να βοηθήσει τους μετέχοντες να οργανώσουν τη

δική τους διαδικασία μάθησης, όπως ακριβώς μια σκαλωσιά οργανώνει τη διαδικασία κατασκευής αλλά δεν καθορίζει το περιεχόμενό της (Van Amstel, 2014).

Ουσιαστικά από τον κύκλο της επεκτατικής μάθησης των 7 σταδίων, βλέπε παράγραφο 3.5.1 έχουν σχεδιαστεί τα 4 πρώτα στάδια, Εικόνα 7.2:



Εικόνα 7.2: Τα 4 πρώτα στάδια του κύκλου της επεκτατικής μάθησης (Engeström & Sannino 2010, Engeström 2001)

Στο πρώτο στάδιο αναμένουμε, στηριζόμενοι στις συνεντεύξεις αλλά και άτυπες συζητήσεις που είχαμε με εκπαιδευτικούς, ότι η πρωτογενής αντίφαση, που θα έχουν βιώσει οι εκπαιδευτικοί στις τάξεις τους και θα τους φέρει στο πρόγραμμα, είναι ότι το μάθημα που κάνουν στην τάξη δεν προσελκύει τους μαθητές με αποτέλεσμα να μην μετέχουν σε αυτό, κάτι που τους κουράζει. Στο δεύτερο στάδιο, όταν παρουσιάσουμε τη πρότασή μας για τη διδασκαλία της φύσης των Φ.Ε., αναμένουμε ως δευτερογενείς αντιφάσεις τον προβληματισμό τους ότι αφενός θα αντιδράσουν οι γονείς των μαθητών και η διεύθυνση του Σχολείου (θεωρώντας ότι έτσι δεν ετοιμάζονται τα παιδιά για τις εξετάσεις) και αφετέρου θα έχουν οι ίδιοι περισσότερη δουλειά για να ετοιμάσουν νέα σχέδια μαθήματος. Στο τρίτο στάδιο έχει σχεδιαστεί να διαπραγματευτούν, μία ανά τρίωρο οι τρεις προσεγγίσεις διδασκαλίας της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. α) μέσω της ιστορίας των Φ.Ε., β) μέσω της επιστημονικής διερεύνησης και γ) μέσω της διαπραγμάτευσης σύγχρονων κοινωνικο-επιστημονικών ζητημάτων. Για το 4^ο τρίωρο έχει σχεδιαστεί να παρουσιαστούν από εκπαιδευόμενους στην ολομέλεια δικά τους σχέδια μαθήματος⁴⁰ αφιερωμένα στη διδασκαλία της φύσης της γνώσης των Φ.Ε.. Την κάθε παρουσίαση έχει σχεδιαστεί να ακολουθήσει συζήτηση στην οποία οι επιμορφούμενοι θα σχολιάζουν την παρουσίαση, θα εντοπίζουν αδύναμα και ισχυρά σημεία της, θα κάνουν δικές τους προτάσεις κτλ. Το τέταρτο αυτό τρίωρο ουσιαστικά δηλ. αποτελεί την πρώτη εξέταση και δοκιμή του νέου μοντέλου από τους εκπαιδευτικούς, συμπίπτει δηλ. με την 4^η Φάση του κύκλου της επεκτατικής μάθησης. Για τα υπόλοιπα στάδια έχει αποφασιστεί να εξελιχθούν ανάλογα με σχετικά αιτήματα των επιμορφούμενων (Koumara & Plakitsi, 2020a).

⁴⁰ Σχέδιο μαθήματος έγινε εθελοντικά από κάθε εκπαιδευόμενο, και από αυτά θα παρουσιαστούν όσα απαιτηθούν για να καλύψουν το τρίωρο.

Το ότι το επιμορφωτικό πρόγραμμα (το διαμεσολαβητικό εργαλείο) δεν έχει από την αρχή την πλήρη και οριστική του μορφή δεν σημαίνει ότι δεν έχει σχεδιαστεί. Το συγκεκριμένο πρόγραμμα έχει σχεδιαστεί λαμβάνοντας υπόψη τόσο τη βιβλιογραφία (2^ο - 4^ο Κεφάλαια) όσο και τα αποτελέσματα της πολυετούς ερευνάς μας (στην τελευταία της μορφή παρουσιάζεται στο 6^ο Κεφάλαιο και στο Koumara & Plakitsi, 2020b) για τους εκπαιδευτικούς. Όμως, ο σχεδιασμός βασίζεται σε αυτό που περιμένουμε από τους επιμορφούμενους, έτσι αν οι προσδοκίες δεν επαληθευτούν υπάρχουν δυνατότητες για αλλαγές οι οποίες μπορούν να προταθούν από τους συγκεκριμένους εκπαιδευτικούς προερχόμενες από την εμπειρία τους στην τάξη και στην καλύτερη γνώση των μαθητών, των προβλημάτων και των αναγκών τους. Τελικά αυτό σημαίνει ότι το μάθημα που τελικά θα γίνει δεν είναι αυτό το οποίο είχαμε στο μυαλό μας πριν μπούμε στην τάξη, αλλά έχει συμπεριλάβει τις αντιδράσεις των επιμορφούμενων και έχει προσαρμοστεί σε αυτές. Ουσιαστικά η αλληλεπίδραση έχει παραγάγει νέα γνώση, και τελικά έχει εκπαιδευτεί και ο εκπαιδευτής, κάτι που εντοπίζεται και στη βιβλιογραφία (Postholm, 2020).

7.6 Ανακεφαλαίωση

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται, και αιτιολογούνται, οι αποφάσεις, σε σχέση με το περιεχόμενο και γενικότερα το σχεδιασμό του επιμορφωτικού προγράμματος, στις οποίες οδηγηθήκαμε από όσα παρουσιάστηκαν στα κεφάλαια που προηγήθηκαν.

Κεφάλαιο 8ο:
Περιγραφή της υλοποίησης του προγράμματος επιμόρφωσης

8.1 Εισαγωγή

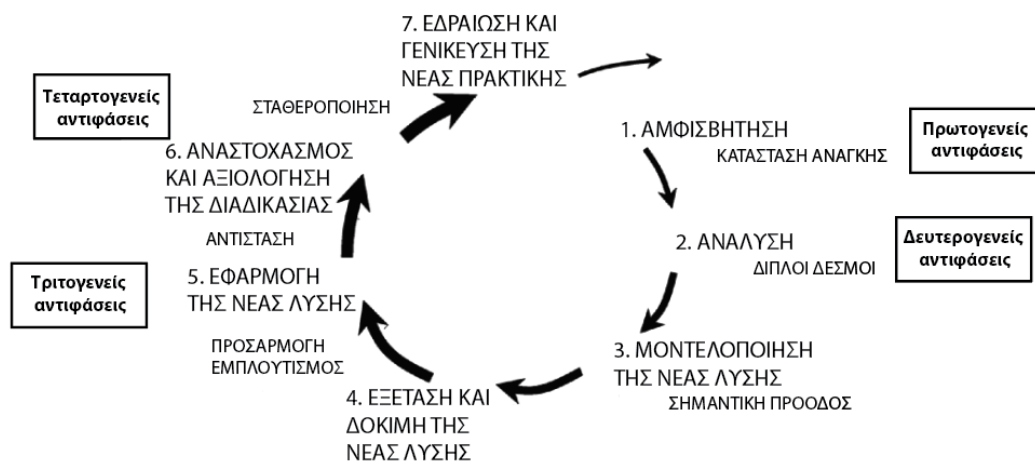
Το Κεφάλαιο ξεκινά με πληροφοριακά στοιχεία για το επιμορφωτικό πρόγραμμα (παράγραφος 8.2). Στη συνέχεια, παρουσιάζονται συνοπτικά οι έξι συναντήσεις και όλα όσα διαδραματίστηκαν και παρατηρήθηκαν στο επιμορφωτικό πρόγραμμα, ενταγμένα στα έξι στάδια δράσεων του κύκλου της επεκτατικής μάθησης (παράγραφος 8.3). Μέσω αυτών, αλλάζει μια αρχικά παγιωμένη κατάσταση σε μια άλλη, που αποτελεί ουσιαστικά το 7^ο στάδιο του κύκλου. Στις παραγράφους 8.4.1 – 8.4.6 παρουσιάζεται αναλυτικά το τι έγινε σε κάθε μια από τις έξι συναντήσεις του επιμορφωτικού προγράμματος.

8.2 Πληροφοριακά στοιχεία για το επιμορφωτικό πρόγραμμα

Το επιμορφωτικό πρόγραμμα συνδιοργανώθηκε με τα 4 Εργαστηριακά Κέντρα Φυσικών Επιστημών (ΕΚΦΕ) Θεσσαλονίκης. Από τους υπευθύνους των ΕΚΦΕ στάλθηκε στα σχολεία της Θεσσαλονίκης πρόσκληση (βλέπε Παράρτημα Δ') για να δηλώσουν, εθελοντικά, συμμετοχή όσοι εκπαιδευτικοί ΠΕ04 επιθυμούσαν. Οι δηλώσεις σταμάτησαν να γίνονται δεκτές όταν συμπληρώθηκε ο αριθμός των 50. Τελικά συμμετείχαν 49 εκπαιδευτικοί Φυσικών Επιστημών (31 Φυσικοί, 9 Χημικοί, 6 Βιολόγοι και 3 Γεωλόγοι), η μέση ηλικία τους ήταν τα 50 έτη και είχαν εργαστεί στην εκπαίδευση από 10 έως 30 χρόνια. Πραγματοποιήθηκε σε απογευματινές ώρες (6-9μ.μ.) ενώ τα πρωινά οι εκπαιδευτικοί εργάζονταν κανονικά στο σχολείο, κάτι που κρίθηκε πως ήταν αποτρεπτικό για ένα μακρόχρονο πρόγραμμα. Από την διοργάνωση του προγράμματος είχε ήδη αποφασιστεί, να περιλαμβάνονται αρχικά τέσσερις 3ωρες συναντήσεις, μία ανά δεκαπενθήμερο. Η πρώτη πραγματοποιήθηκε τον Απρίλιο του 2018. Στο τέλος της 4ης συνάντησης, οι εκπαιδευτικοί ζήτησαν μια 5η συνάντηση, που πραγματοποιήθηκε τον Δεκέμβριο του 2018 και οδήγησε σε μια άλλη, το Μάιο του 2019. Η ερευνήτρια, μετά την έκδοση της απαιτούμενης άδειας από το Υπουργείο Παιδείας, παρακολούθησε 9 από τους παραπάνω εκπαιδευτικούς στις τάξεις τους, με τους περιορισμούς που επέβαλε η άδεια του Υπουργείου, κατά το σχολικό έτος 2018-19. Όλο το επιμορφωτικό πρόγραμμα σχεδιάστηκε (βλέπε 7^ο Κεφάλαιο), υλοποιήθηκε, πήρε την τελική του μορφή και παρουσιάστηκε ως ένας κύκλος επεκτατικής μάθησης, η τελική μορφή του οποίου, μαζί με τις αντιδράσεις των εκπαιδευτικών σε αυτό, παρουσιάζεται στη συνέχεια.

8.3 Περιληπτική παρουσίαση του επιμορφωτικού προγράμματος στη μορφή που τελικά πραγματοποιήθηκε.

Στην παράγραφο αυτή παρουσιάζεται συνοπτικά το επιμορφωτικό πρόγραμμα στη μορφή που πραγματοποιήθηκε, με τη βοήθεια του επεκτατικού κύκλου μάθησης, εικόνα 3.7, 3.8 ή εδώ εικόνα 8.1 (Koumara & Plakitsi, 2020a):



Εικόνα 8.1: Δράσεις και αντίστοιχες αντιφάσεις στο κύκλο της επεκτατικής μάθησης (Engeström & Sannino 2010, Engeström 2001)

8.3.1. Αμφισβήτηση

Στην αρχή του επιμορφωτικού προγράμματος ρωτήθηκαν οι εκπαιδευτικοί που συμμετείχαν για ποιο λόγο αποφάσισαν να παρακολουθήσουν το πρόγραμμα. Η απάντησή τους ήταν μια περιγραφή του συστήματος δραστηριότητας στην τάξη, παρόμοιο με αυτό που παρουσιάζεται στην Εικόνα 6.7, βλέπε παράγραφο 6.8.2. Η πρωτογενής αντίφαση που έχουν σε σχέση με την αποδεκτή πρακτική ήταν ότι οι μαθητές τους δεν συμμετέχουν ενεργά, γεγονός που καθιστά κουραστική τη δουλειά τους. Αποφάσισαν να παρακολουθήσουν το πρόγραμμα, επειδή ήταν ήδη κριτικοί απέναντι στο υπάρχον σύστημα και αναζητούσαν οτιδήποτε θα μπορούσε να εμπνεύσει τους μαθητές τους να ενεργοποιηθούν περισσότερο.

8.3.2 Ανάλυση

Οι εκπαιδευτικοί γνώριζαν το περιεχόμενο του προγράμματος ήδη από την ανακοίνωσή του. Όταν ενημερώθηκαν ότι ο στόχος του προγράμματος ήταν: α) να μάθουν τα χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. και β) να είναι σε θέση να τα διδάξουν οι ίδιοι, οργανώνοντας κατάλληλα το μάθημά τους, προέκυψαν δευτερογενείς αντιφάσεις (ήταν κάτι αναμενόμενο για εμάς, στο οποίο ήδη έχει οδηγήσει η πρόερευνά μας, η έρευνα που παρουσιάσαμε στο 6^ο Κεφάλαιο, και η έρευνά μας για τη φύση της διερεύνησης (Κουμαρά & Πλακιτση, 2019; Lederman et al, 2019) και άτυπες συζητήσεις με εκπαιδευτικούς): α) Αν η διδασκαλία είναι εντελώς διαφορετική από τη συνηθισμένη θα υπάρχουν αντιδράσεις, κυρίως από τους γονείς, και β) Θα απαιτείται επιπλέον δουλειά για την ετοιμασία νέων σχεδίων μαθημάτων.

Η συζήτηση πάνω σε αυτές τις αντιφάσεις οδήγησε στις προτάσεις τους, μερικές από τις οποίες βασίστηκαν στη συμπερίληψη και των τριών προσεγγίσεων της διδασκαλίας της φύσης της γνώσης των Φ.Ε.: για παράδειγμα, οι εκπαιδευτικοί που χρησιμοποιούν Ιστορία των Φ.Ε. στη διδασκαλία τους, θα μπορούσαν να προσθέσουν πτυχές της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. σε αυτό το περιεχόμενο. Αντίστοιχα, οι εκπαιδευτικοί που χρησιμοποιούν επιστημονική διερεύνηση και κοινωνικο-επιστημονικά ζητήματα θα μπορούσαν να προσθέσουν πτυχές της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. σε αυτό που ήδη κάνουν, λαμβάνοντας αφορμή από αναφορές των βιβλίων. Έτσι, αφενός οι εκπαιδευτικοί θα μπορούσαν να σχεδιάσουν ευκολότερα τα μαθήματα

και από την άλλη οι μαθητές δεν θα παρευρεθούν σε εντελώς διαφορετικά μαθήματα από αυτά που έχουν συνηθίσει. Επίσης, η πρόταση για συμπερίληψη και των τριών προσεγγίσεων παρέχει περισσότερες πιθανότητες διδασκαλίας της φύσης της γνώσης των Φ.Ε., χρησιμοποιώντας τα υπάρχοντα βιβλία στο παρόν πρόγραμμα σπουδών (και αυτές οι προτάσεις ήταν αναμενόμενες). Τέλος, αποφασίστηκε να μην γίνει παρέμβαση στη Γ' Λυκείου, τάξη που οι μαθητές επικεντρώνονται στην προετοιμασία για τις Πανελλαδικές εξετάσεις και τα μαθήματα που εξετάζονται.

8.3.3 Μοντελοποίηση της νέας λύσης

Περιλαμβάνει τρεις τρίωρες συναντήσεις, κάθε μια από τις οποίες ήταν αφιερωμένη στη διδασκαλία της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. μέσω: Α) της Ιστορίας των Φ.Ε. Β) της Επιστημονικής Διερεύνησης και Γ) της διαπραγμάτευσης Κοινωνικο-επιστημονικών ζητημάτων. Το περιεχόμενό τους ήταν τόσο πρωτότυπες εργασίες όσο και προσαρμογές από τη βιβλιογραφία. Το επιμορφωτικό πρόγραμμα ξεκίνησε με μια παρουσίαση των χαρακτηριστικών της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. στηριγμένη σε όσα αναφέρονται στην παράγραφο 7.3.

Α) Διδασκαλία της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. μέσω της Ιστορίας των Φ.Ε.

Επιλέχθηκε να παρουσιαστεί η έννοια «πίεση του αέρα», η σχετιζόμενη με αυτή έννοια του κενού, και η εξέλιξή της κατά τη χρονική περίοδο 1638 -1669 δηλ. από την έκδοση του βιβλίου του Γαλιλαίου “*Dialogues Concerning Two New Sciences*” μέχρι την έκδοση του βιβλίου του Boyle “*Continuation of New Experiments Physico-mechanical Touching the Spring and Weight of the Air*”. Η επιλογή της έννοιας και της περιόδου, έγινε γιατί μπορεί να αναδείξει καθένα, και συνολικά όλα, τα χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε: α) λόγω των πολλών διαδοχικών ερμηνειών που υπήρχαν, ακόμη και για το ίδιο φαινόμενο, σε αυτά τα 30 χρόνια: φόβος του κενού, περιορισμένος φόβος του κενού, βάρος του αέρα, ελατήρια του αέρα. Οι διαφορετικές ερμηνείες στηρίχθηκαν από διάφορων εθνικοτήτων επιστήμονες της εποχής αφενός μέσω «κρίσιμων πειραμάτων» και δημιουργικών ιδεών τόσο για την επινόηση/οργάνωση των πειραμάτων όσο και για την ερμηνεία των αποτελεσμάτων τους και αφετέρου από την τεχνολογική εξέλιξη της εποχής: μεγάλου μήκους ανθεκτικοί γυάλινοι σωλήνες, αντλία κενού, β) λόγω της έντονης επίδρασης νέων φιλοσοφικών ιδεών στη διαμόρφωση της έννοιας Πίεση, με το πέρασμα από τη Φυσιοκρατία στη Μηχανοκρατία (Shapin 1996 σελ. 30-46; Westfall, 2004 σελ. 60-69), αλλά και τη δική της συμβολή στην μηχανοκρατική φιλοσοφία και στην επιστημονική επανάσταση (Chalmers, 2017, σελ. 187-191; Westfall, 2004, σελ. 68-69), και γ) έγινε η διατύπωση ενός νόμου (Νόμος του Boyle) που ισχύει μέχρι σήμερα, ενώ η αντίστοιχη θεωρία (κινητική θεωρία των αερίων) διατυπώθηκε πολύ αργότερα. Σημαντικό στοιχείο για την επιλογή μας ήταν ότι η πίεση του αέρα περιλαμβάνεται στο ελληνικό πρόγραμμα σπουδών τόσο στο Γυμνάσιο όσο και στο Λύκειο. Ρόλο τέλος στην επιλογή μας έπαιξε και το ότι η ιστορία αυτής της έννοιας αγνοείται ευρέως (Chalmers 2017, σελ. 1). Οι εκπαιδευτικοί στην Ελλάδα γνωρίζουν ορισμένα ονόματα επιστημόνων της εποχής και αποσπασματικά στοιχεία για τον καθένα. Οπότε θεωρήσαμε χρήσιμο στόχο το να έρθουν οι εκπαιδευτικοί σε μια πιο ολοκληρωμένη επαφή με την ιστορία της έννοιας Πίεση (Koumara, 2019).

B) Διδασκαλία της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. μέσω της επιστημονικής Διερεύνησης
Οι εκπαιδευτικοί συμμετείχαν: Α) αρχικά σε μια δραστηριότητα Μαύρου Κουτιού με τρισδιάστατα αντικείμενα αναφερόμενη σε ηλεκτρικά κυκλώματα (Κουμαρά & Πλακίτση, 2018) και κλήθηκαν υποδουόμενοι τους μαθητές: i) να βρουν, μέσω διερεύνησης, την εσωτερική του δομή βιώνοντας το πώς οι επιστήμονες προχωρούν στην έρευνα για πράγματα που δεν μπορούν να δουν ή να αγγίξουν, και ii) να ανακοινώσουν στην ολομέλεια και να συζητήσουν τα χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. που αναγνώρισαν κατά τη διαδικασία. Συνέχισαν με προσομοιώσεις Μαύρου Κουτιού σε υπολογιστή που κατέληξαν στο πείραμα ανάκλασης σωματιδίων α με το οποίο ο Rutherford έφτασε στο μοντέλο του για το άτομο. Και εδώ οι εκπαιδευτικοί αναγνώρισαν τα χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. Β) Συζητήθηκε ότι δεν υπάρχει μια επιστημονική μέθοδος Γ) Έκαναν ταξινομήσεις υλικών, και καλούνταν με σαφή και αναστοχαστικό τρόπο να αναγνωρίσουν χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. Δ) Η συνάντηση τελείωσε με ένα έργο όπου διαφορετικά συμπεράσματα προήλθαν από τις ίδιες παρατηρήσεις.

Γ: A) Διδασκαλία της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. μέσω της διαπραγμάτευσης κοινωνικο-επιστημονικών ζητημάτων

Τα κοινωνικο-επιστημονικά ζητήματα αντιπροσωπεύουν σημαντικά κοινωνικά ζητήματα που εννοιολογικά σχετίζονται με τις Φ.Ε. Τόσο οι επιστημονικές γνώσεις όσο και οι πρακτικές έρευνας των Φ.Ε. απαιτούνται για τη διαπραγμάτευση των κοινωνικο-επιστημονικών θεμάτων, αλλά δεν μπορούν από μόνες τους να δώσουν λύσεις. Οι λύσεις διαμορφώνονται αναγκαστικά και από ηθικές, πολιτικές, κοινωνικές και οικονομικές ανησυχίες. Στη βιβλιογραφία έχει επισημανθεί ότι το επιθυμητό εκπαιδευτικό αποτέλεσμα είναι οι μαθητές: 1) να αναγνωρίσουν την εγγενή πολυπλοκότητα του κοινωνικο-επιστημονικού προβλήματος, 2) να εξετάσουν τις πολλαπλές οπτικές ενός προβλήματος, 3) να αναγνωρίσουν ότι ένα κοινωνικο-επιστημονικό θέμα υπόκειται σε συνεχή διερεύνηση και 4) να αντιμετωπίσουν με σκεπτικισμό τα επιχειρήματα της κάθε πλευράς, θεωρώντας ότι είναι δυνατόν να είναι παραπλανητικά (Sadler et al, 2007). Μέσα από τα παραπάνω μπορούν να παρουσιαστούν με σαφή και αναστοχαστικό τρόπο χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. Είχαν επιλεγεί τρία θέματα: 1) αν η υπερθέρμανση του Πλανήτη είναι ανθρωπογενής ή οφείλεται σε φυσικά αίτια 2) Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της χρήσης πυρηνικής ενέργειας έναντι άνθρακα για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και 3) θέματα γενετικής μηχανικής. Τελικά διαπραγματεύτηκαν τα δυο πρώτα. Στους επιμορφούμενους παρουσιάζονταν διάφορα στοιχεία (διαγράμματα, πίνακες, δεδομένα από διαφορετικές πηγές) και ζητούσαμε από αυτούς να βγάλουν συμπεράσματα αναγνωρίζοντας ταυτόχρονα και χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε.

8.3.4 Εξέταση και δοκιμή της νέας λύσης

Οι εκπαιδευτικοί γνώριζαν από την ανακοίνωση του προγράμματος ότι θα παρέδιδαν ένα σχέδιο μαθήματος ως τελική εργασία, στο οποίο χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. να παρουσιάζονται ρητά και με σαφήνεια. Το σχέδιο μαθήματος μπορούσε να αναφέρεται σε οποιοδήποτε από τα διδασκόμενα κεφάλαια κάθε αντικείμενου των Φ.Ε. που να αναφέρεται σε τάξη της Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης

της επιλογής τους. Η εργασία δεν ήταν υποχρεωτική, έτσι ώστε οι εκπαιδευτικοί με αυξημένες υποχρεώσεις να μην αποθαρρυνθούν να συμμετάσχουν στο πρόγραμμα.

Παρόλο που η εργασία ήταν εθελοντική και πραγματοποιήθηκε στα τέλη Μαΐου, μια χρονική περίοδο με αυξημένες ευθύνες για τους εκπαιδευτικούς, οι 30 από τους 49 εκπαιδευτικούς που συμμετείχαν παρέδωσαν 29 σχέδια μαθημάτων (συνεργάστηκαν 2 εκπαιδευτικοί). Από τα σχέδια αυτά τα 21 ήταν επιτυχή και στα υπόλοιπα 8 υπήρχε είτε ελλιπή εφαρμογή του νέου μοντέλου δραστηριότητας είτε το παλιό μοντέλο παρέμεινε. Από τα 29 σχέδια παρουσιάστηκαν τα 6 στην 4η συνάντηση. Την κάθε παρουσίαση ακολούθησε συζήτηση στην οποία ακούστηκαν ερωτήσεις, ισχυρισμοί, διαφορετικές απόψεις και προτάσεις. Από τα σχέδια μαθήματος που παρουσιάστηκαν προέκυψε ότι οι εκπαιδευτικοί, ενώ έχουν αποφασίσει να διδάξουν τη φύση της γνώσης των Φυσικών Επιστημών αντί για τη συνηθισμένη γνώση περιεχομένου Φυσικών Επιστημών που δίδασκαν, δεν το κάνουν. Οι «παλιές συνήθειες δεν αλλάζουν εύκολα», εμφανίστηκαν δηλ. τριτογενείς αντιφάσεις (βλέπε παράγραφο 3.4 και Πίνακα 3.1). Η τέταρτη συνάντηση τελείωσε με τους εκπαιδευτικούς να ζητούν μια 5η συνάντηση, με αντικείμενο τον σαφή και αναστοχαστικό τρόπο διδασκαλίας, μέσα στον επόμενο χειμώνα, αφού προηγουμένως θα είχαν διδάξει για κάποιο διάστημα τη φύση της γνώσης των Φ.Ε. στις τάξεις τους.

8.3.5 Εφαρμογή της νέας λύσης

Κατά τη διάρκεια της σχολικής χρονιάς 2018-19, η ερευνήτρια παρακολούθησε 9 από 49 εκπαιδευτικούς στην τάξη, προκειμένου να μελετήσει το πώς ενσωμάτωσαν τη φύση της γνώσης των Φ.Ε. στη διδασκαλία τους. Η παρακολούθηση έγινε μετά την έκδοση ειδικής άδειας από το Υπουργείο Παιδείας, και η παρακολούθηση έγινε με τους περιορισμούς που αυτή επέβαλε, (δες Παράρτημα Ι)

Διαπιστώθηκε ότι, σε ορισμένες περιπτώσεις, υπήρχε δυσαρμονία μεταξύ των προτεινόμενων εργασιών για τη διδασκαλία της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. και της καθημερινής σχολικής πρακτικής (τριτογενής αντίφαση). Ουσιαστικά εμφανίζεται ως σύγκρουση μεταξύ των νέων πρακτικών και των θεσμοθετημένων πρακτικών, είναι εκδήλωση της αντίστασης στο καινούργιο. Αυτό ήταν το θέμα της 5ης συνάντησης (Δεκέμβριος 2018), όπου παρουσιάστηκαν, αναλύθηκαν και συζητήθηκαν δύο βιντεοσκοπημένα μαθήματα σχετικά με τη διδασκαλία της φύσης της γνώσης των Φ.Ε., τα οποία είχαν διαφορετικό χαρακτήρα. Μέσω αυτών και της εμπειρίας των εκπαιδευτικών στη διδασκαλία της φύσης της γνώσης των Φ.Ε., ορισμένοι εκπαιδευτικοί εμφάνισαν αντιφάσεις μεταξύ του αντικειμένου της δραστηριότητας και του κινήτρου της, που οδήγησαν σε αναβαθμίσεις της δραστηριότητας.

8.3.6 Αναστοχασμός και αξιολόγηση της διαδικασίας

Η 6η και τελευταία συνάντηση πραγματοποιήθηκε το Μάιο του 2019, όπου εκπαιδευτικοί των οποίων τα μαθήματα παρατήρησε η ερευνήτρια, παρουσίασαν την εμπειρία τους στην ολομέλεια. Ακολούθησε συζήτηση. Προέκυψαν τεταρτογενείς αντιφάσεις, που συνδέονται άμεσα με άλλα συστήματα δραστηριότητας του δικτύου (βλέπε Εικόνα 8.1), όπως το αίτημα για αλλαγές στο πρόγραμμα σπουδών και στα βιβλία. Οι εκπαιδευτικοί - που πλέον έχουν εμπειρία από πρώτο χέρι - έχουν επηρεάσει τα σχολεία τους και προετοιμάζονται για αλλαγή.

8.3.7 Εδραίωση και γενίκευση της νέας πρακτικής

Σε αυτό το στάδιο θα φτάσουμε αν/όταν αλλάξουν το πρόγραμμα σπουδών και περιλαμβάνονται σε αυτά τα χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. (βλέπε και Koumara & Plakitsi, 2020b)

8.4 Αναλυτική παρουσίαση κάθε συνάντησης.

Στην παράγραφο αυτή παρουσιάζεται αναλυτικά το τι συνέβη σε κάθε μια από τις έξι συναντήσεις με τους εκπαιδευτικούς κατά τη διάρκεια του επιμορφωτικού προγράμματος, τι παρουσιάστηκε σε κάθε μια και αντιδράσεις των εκπαιδευτικών.

8.4.1 Η 1^η συνάντηση

8.4.1.1 Εισαγωγή

Η πρώτη συνάντηση πραγματοποιήθηκε στις 17 Απριλίου 2018. Σε αυτήν παρουσιάστηκε ιστορική ανασκόπηση της εποχής 1638-1669, εστιασμένη σε επεισόδια που αναδεικνύουν με σαφήνεια και άμεσα τα προαναφερθέντα χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε.. Η αφήγηση αυτή παρουσιάζεται στη συνέχεια, σε υποσημειώσεις υποδεικνύονται σημεία όπου παρουσιάστηκαν ιστορικά πειράματα, με σημερινά υλικά καθημερινής χρήσης, και συζητήθηκαν οι ερμηνείες που έδωσε για αυτά: α) ο Pascal και με το φόβο του κενού και με το βάρος του αέρα, και, β) η ερμηνεία του ίδιου φαινομένου – δυο μικρά λεία κομμάτια μάρμαρου προσκολλώνται μεταξύ τους - από τον Γαλιλαίο, τον Pascal και τον Boyle. Οι επιμορφούμενοι μπορούσαν σε οποιοδήποτε σημείο της παρουσίασης να κάνουν διευκρινιστικές ερωτήσεις. Στην αρχή της παρουσίασης ζητήθηκε από τους επιμορφούμενους να σημειώνουν χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. που αναγνώριζαν κατά την αφήγηση και τους ενημερώσαμε ότι στο τέλος της αφήγησης θα κληθούν σε ομαδική συζήτηση για τη συμπλήρωση πίνακα με τα χαρακτηριστικά που αναγνώρισαν. Συχνά στην αφήγηση υπήρχε η ερώτηση/υπενθύμιση: Αναγνωρίζετε εδώ κάποιο χαρακτηριστικό της φύσης της γνώσης των Φ.Ε.; Από τη στιγμή που ο στόχος μας είναι να αναγνωρίσουν τα χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. ως συνυφασμένες με τον τρόπο παραγωγής της, η αξιολόγηση του μαθήματος θα είναι στο κατά πόσο το πέτυχαν.

8.4.1.2 Το υλικό που χρησιμοποιήθηκε: Η πίεση του αέρα. Ιστορική ανασκόπηση της εποχής 1638-1669

8.4.1.2α' Πριν από το Γαλιλαίο και Γαλιλαίος

Η γνώση ότι μια αντλία αναρρόφησης έχει τη δυνατότητα να αντλεί νερό από περιορισμένο βάθος ήταν γνωστή στους τεχνίτες πριν από το Γαλιλαίο, έτσι π.χ. μία εικόνα βιβλίου (Agricola 1556, σελ.186) δείχνει αντλίες συνδεδεμένες η μία μετά την άλλη, ευρισκόμενες σε διαφορετικά ύψη, να βγάζουν νερά από ορυχεία. Ο Γαλιλαίος στους Διαλόγους βάζει τον Sagredo να λέει ότι έμαθε από τεχνίτη αντλιών «πως δεν ήταν πιθανό, ούτε με αντλία ούτε με άλλη μηχανή που λειτουργεί με την αρχή της έλξης, να ανεβάσει νερό [ακόμη και] πλάτους μιας τρίχας πάνω από 18 cubits⁴¹»

⁴¹ Το cubit ήταν μονάδα μήκους, από την εποχή ακόμη της αρχαίας Αιγύπτου, που είχε διάφορους ορισμούς σύμφωνα με καθεμία από τις διάφορες κουλτούρες που χρησιμοποίησαν τη μονάδα. Το μήκος

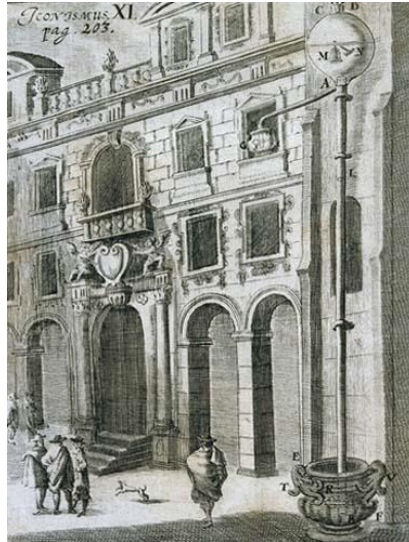
(Galileo 1638, σελ. 16). Για να ερμηνεύσει το παραπάνω όριο, στο πλαίσιο πραγματείας του για την αντοχή υλικών, συνδυάζει την «αποστροφή» της φύσης για το κενό με τη γνώση ότι «ένα σχοινί ή μια ράβδος από ξύλο ή σίδηρο, αν είναι αρκετά μακρύ, θα σπάσει λόγω του δικού του βάρους όταν συγκρατείται από το άνω άκρο του». Θεωρεί ότι το νερό ανεβαίνει προσκολλημένο στο κάτω μέρος του εμβόλου της αντλίας, ώστε να αποφευχθεί η δημιουργία κενού μεταξύ εμβόλου και νερού. Σχηματίζεται έτσι μια στήλη νερού αναρτημένη από το πάνω άκρο της, η οποία καταρρέει από το βάρος της (όπως το σχοινί ή η ράβδος του σιδήρου που αναφέρονται παραπάνω) όταν φτάσει στο όριο που έχει παρατηρηθεί. Ουσιαστικά αυτό το ύψος ήταν ένα είδος οροφής στην, αριστοτελική, αποστοφή της φύσης προς το κενό (Galileo 1638, σελ. 1-17).

Την ερμηνεία αυτή έστειλε ο Galileo ως απάντηση (6 Αυγούστου 1630) σε επιστολή του Baliani (27 Ιουλίου 1630) με την οποία του γνωστοποιούσε ένα πρακτικό πρόβλημα και ζητούσε τη βοήθειά του: Σίφωνα σχεδιασμένος να περάσει νερό, για την υδροδότηση της Genova, πάνω από ένα λόφο δεν λειτουργούσε⁴². Ο ήχος, που έδινε ο σωλήνας μετά από χτύπημα, έδειχνε ότι η στήλη του νερού είχε κοπεί στο υψηλότερο σημείο του σωλήνα σχηματίζοντας εκεί ένα κενό. Στην απάντησή του ο Baliani ισχυρίστηκε ότι αν ο αέρας έχει βάρος τότε μπορεί να ερμηνευτεί η δημιουργία κενού. Εντυπωσιακό είναι ότι την πληροφορία ότι ο αέρας έχει βάρος του την είχε δώσει ο ίδιος Γαλιλαίος το 1614. Ο Γαλιλαίος είχε υπολογίσει το βάρος του αέρα ως το 1/400 του βάρους ίσου όγκου νερού (αντί του γνωστού μας σήμερα περίπου 1/800) αλλά ποτέ δεν συνέδεσε το βάρος του αέρα με τη δυνατότητα δημιουργίας κενού, όπως έκανε ο Balliani, και πριν από αυτόν το 1624 ο Ολλανδός Beeckman (Webster 1965, σελ. 445; Shea 2003, σελ.157), και στη συνέχεια ο Toricelli και ο Pascal. Ο Γαλιλαίος αναζήτησε τη λύση του προβλήματος στην ίδια τη στήλη του νερού και όχι στον περιβάλλοντα χώρο (αέρας), αφομοιώνοντας τα φαινόμενα της πνευματικής⁴³ με εκείνα της συνοχής στην στερεά κατάσταση. Λανθασμένη ερμηνεία που ωστόσο με τη δημοσίευση στο βιβλίο του (Galileo 1638) προσέφερε: αφενός έφερε το πρόβλημα στο ρεύμα του επιστημονικού διαλόγου, και σύντομα μετά το θάνατό του δρομολογήθηκε η λύση, και αφετέρου με το όριο που έθετε άνοιγε το δρόμο για την πειραματική παραγωγή κενού (Webster 1965, σελ. 445).

κουαίνονταν συνήθως από 44,4 έως 52.9 cm, με ένα αρχαίο ρωμαϊκό cubit να έχει μήκος έως 120 cm. Η βραχύτερη μονάδα - κοινό cubit - βασίστηκε στο μήκος από την άκρη του μεσαίου δακτύλου έως το κάτω μέρος του αγκώνα. Το ελληνικό του όνομα ήταν «πήχυς». Στις περισσότερες Ιταλικές πόλεις ένα μακρύ ρωμαϊκό Cubit ήταν συνήθως ένα braccio (Landrus 2010). Στη Φλωρεντία ένα braccio ήταν 58,4 cm (Shea 2003, p.18), έτσι τα 18 cubit (braccia) είναι περίπου 10,5 m.

⁴² Την ώρα της διάλεξης, χρησιμοποιώντας διάφανο εύκαμπτο σωλήνα από PVC ακτίνας 8mm, δείχτηκε η λειτουργία σίφωνα ύψους δύο περίπου μέτρων, περιορισμός από το ύψος της αίθουσας. Μετά από αίτημα των επιμορφούμενων το πείραμα επαναλήφθηκε, σε ώρα πέραν της διάλεξης, στην αυλή του πολυόροφου κτηρίου της Παιδαγωγικής σχολής. Δείχτηκε ότι για ύψος σίφωνα μέχρι περίπου 10m αυτός λειτουργεί, διακόπτεται όταν ξεπαραστεί αυτό το ύψος και ξαναλειτουργεί όταν επανέλθει κάτω από 10m. Στην ίδια επίδειξη, χρησιμοποιώντας κομμάτι του παραπάνω σωλήνα μήκους 11m, εφοδιασμένου με δυο στρόφιγγες στα δυο του άκρα και στηριγμένου παράλληλα σε δυο σκοινί, δείχτηκε ότι το νερό μπορεί να παραμείνει μέχρι ύψος περίπου 10 μέτρα (βαρόμετρο με νερό).

⁴³ Έτσι ονομάστηκε ο κλάδος της επιστήμης του 17^{ου} αιώνα (και στη συνέχεια και της τεχνολογίας) που ασχολήθηκε με τη μελέτη πειραμάτων με τον αέρα και την επίδραση της πίεσης του αέρα στα υγρά (Conant 1966, σελ.3).



Εικόνα 8.2: Επίδειξη δημιουργίας κενού σε δρόμο της Ρώμης

Μεταξύ των ετών 1639 και 1641 ο Berti έχοντας διαβάσει το βιβλίο του Γαλιλαίου “Two New Sciences” θέλησε να ελέγξει τον ισχυρισμό ότι το νερό δεν μπορεί να μείνει υψωμένο πάνω από περίπου 10,5m. Αρχικά το πείραμα έγινε με μολύβδινο σωλήνα μήκους 13 μέτρων, με στρόφιγγες στο πάνω και κάτω άκρο, αναποδογυρισμένο σε κουβά. Όταν άνοιξε η κάτω στρόφιγγα χυνόταν μέρος του νερού και, από τον ήχο που παράγονταν χτυπώντας το σωλήνα, γίνονταν αντιληπτό ότι το επίπεδο του παραμένουτος σε αυτόν νερού ήταν περίπου 10,5m. Αργότερα το πάνω άκρο του σωλήνα αντικαταστάθηκε, για λόγους ορατότητας, από γυάλινη σφαίρα και κατέληξε σε δημόσιες επιδείξεις στη Ρώμη (Εικόνα 8.2). Τέλος, προστέθηκε στη γυάλινη σφαίρα ένα κουδούνι και δείχτηκε ότι όταν αδειάσει η σφαίρα από το νερό επιτρέπει τη μετάδοση φωτός, μαγνητισμού και ήχου, το τελευταίο οφείλεται στην αγωγιμότητα από το ξύλινο πλαίσιο που υποστηρίζει το κουδούνι (Webster 1965; Shea 2003, σελ.24-29). Ήταν τα πρώτα πειράματα που έγιναν σε κενό.

8.4.1.2β' Torricelli

Ο Torricelli ενημερώθηκε για το πείραμα του Berti από τον Magiotti ο οποίος (όπως ισχυρίζεται σε επιστολή του στον Mersenne) του ανέφερε ότι αν χρησιμοποιούσε αλμυρό νερό, αυτό δεν ανέβαινε τόσο ψηλά όσο το συνηθισμένο νερό. Αν αυτό είναι αληθινό, μπορεί να έδωσε το ερέθισμα στον Torricelli να χρησιμοποιήσει υδράργυρο, ο οποίος όντας 14 περίπου φορές βαρύτερος από ίσο όγκο νερού, θα σχημάτιζε στήλη ύψους 76 cm. Έτσι θα μπορούσε εύκολα να βρεθεί γυάλινος σωλήνας του απαιτούμενου μήκους (Shea 2003, σελ. 32). Κάτι που πειραματικά επαλήθευσε.

Στο γράμμα του προς τον Ricci (11 Ιουνίου 1644), στο οποίο περιλαμβάνεται και το σκίτσο της εικόνας 8.3, ο Torricelli αρχικά περιγράφει τι κάνει: «Έχουμε φτιάξει πολλά γυάλινα δοχεία, όπως τα ακόλουθα με τη σήμανση A και B, που έχουν μήκος δύο cubits [116,8cm]. Τα γεμίσαμε με υδράργυρο και, στη συνέχεια, κλείσαμε τα στόμιά τους με το δάχτυλο και τα αναστρέψαμε σε μια λεκάνη στην οποία υπήρχε υδράργυρος μέχρι το σημείο C (βλέπε εικόνα 8.3). Στην αρχή ο υδράργυρος χυνόταν, στη συνέχεια όμως σταμάτησε και παρέμεινε στο σωλήνα σε ύψος $1\frac{1}{4}$ cubit και επιπλέον 1 inch [75,54cm]»



Εικόνα 8.3: Σκίτσο του Torricelli για την περιγραφή του πειράματός του

Στη συνέχεια:

- a) για να δείξει ότι ο χώρος πάνω από το A ήταν απολύτως άδειος, «γέμισε την υποκείμενη λεκάνη με νερό μέχρι το D και ανύψωσε αργά το σωλήνα, όταν το στόμιο του σωλήνα έφτασε στο νερό, μπορούσε κάποιος να δει τον υδράργυρο να πέφτει από το σωλήνα, και ο σωλήνας να γεμίζει με νερό, βιαίως ωθούμενο, εντελώς μέχρι το σημείο E.»
- b) Θεωρεί πως το πειραματικό γεγονός ότι ο υδράργυρος και στους δυο σωλήνες ανεβαίνει στο ίδιο επίπεδο «είναι μια σχεδόν σίγουρη ένδειξη ότι η δύναμη δεν προέρχεται από μέσα. γιατί εάν ήταν έτσι, στο δοχείο AE θα υπήρχε μεγαλύτερη δύναμη, αφού μέσα του υπήρχε πιο αραιωμένο υλικό για να τραβήξει τον υδράργυρο και είναι ένα υλικό πολύ πιο ισχυρό από αυτό στον πολύ μικρό χώρο B, λόγω της μεγαλύτερης αραιώσεως» (Evans 1973, σελ. 164-165)

Ο Torricelli αναζητά τη δύναμη, που κρατά τον υδράργυρο αναρτημένο, έξω από το σωλήνα σε αντίθεση με τους προηγούμενους από αυτόν που την αναζητούσαν μέσα. Δεν θεωρεί τη στήλη κρεμασμένη από την κορυφή της, όπως ο Γαλιλαίος, (κάποιος τη ρουφά προς τα πάνω) αλλά υποστηριζόμενη από τη βάση της (κάποιος την σπρώχνει προς τα πάνω). Γράφει: «Ζούμε βυθισμένοι στον πυθμένα ενός ωκεανού από αέρα, ο οποίος με αναμφισβήτητα πειράματα είναι γνωστό ότι έχει βάρος» (Evans 1973, σελ. 164).

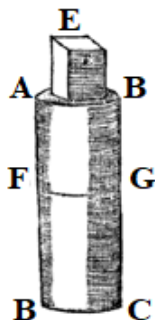
Ότι ο αέρας έχει βάρος το γνώριζε από το βιβλίο “Two New Sciences” του Γαλιλαίου. Δεν λέει πώς του δημιουργήθηκε η ιδέα ότι είμαστε περιτριγυρισμένοι από έναν ωκεανό αέρα. Πριν από αυτόν πάντως το έχουν πει τουλάχιστον ο Baliani και ο Beeckman. Σύμφωνα με τον Torricelli: «Στην επιφάνεια του υγρού που βρίσκεται στη λεκάνη, βαραίνει η μάζα αέρα ύψους πενήντα μιλίων. Είναι λοιπόν να αναρωτιέται κανείς αν στο γυάλινο δοχείο CE ο υδράργυρος, επειδή δεν υπάρχει τίποτα εκεί που να τον έλκει ούτε να τον απωθεί, εισέρχεται και ανεβαίνει σε τέτοιο βαθμό ώστε να φτάσει σε ισορροπία με το βάρος αυτού του εξωτερικού αέρα που πιέζει πάνω του;» (Evans 1973, σελ. 165).

Η συσκευή δεν είναι πια συσκευή επίδειξης παραγωγής κενού (βλέπε Berté) αλλά σχεδιάστηκε να κάνει αυτό που στα ελληνικά δηλώνει το όνομά της: Να μετράει το βάρος του αέρα (βαρόμετρο, από τις ελληνικές λέξεις: βάρος + μετρώ). Ο Torricelli

γράφει στον Ricci ότι η κύρια πρόθεσή του ήταν: «*Όχι μόνο για να παράγει κενό, αλλά για να φτιάξει ένα όργανο που θα δείχνει τις αλλαγές στον αέρα, που είναι κάποιες στιγμές βαρύτερος και πυκνότερος και κάποιες άλλες ελαφρύτερος και πιο αραιός*» (Evans 1973, σελ. 166). Στο τέλος της επιστολής τον πληροφορεί ότι απέτυχε σε αυτό. Η αποτυχία του μπορεί σήμερα να εξηγηθεί από τον εγκλωβισμό μικρής ποσότητας υγρασίας στον κενό χώρο του «βαρόμετρου» (Shea 2003, σελ. 36). Η μέτρηση «των αλλαγών του αέρα» έπρεπε να περιμένει λίγα χρόνια ακόμη.

Στην απαντητική του επιστολή (18 Ιουνίου 1644) ο Ricci προτείνει ένα «κρίσιμο πείραμα»: να τοποθετηθεί πάνω από την επιφάνεια του υδράργυρου στη λεκάνη ένα ανένδοτο κάλυμμα με μία μόνο τρύπα μέσω της οποίας να βγαίνει ο γυάλινος σωλήνας. Έτσι το βάρος του αέρα που βρίσκεται πάνω από τη λεκάνη δεν θα πέφτει πλέον στην επιφάνεια του υδράργυρου, αλλά πάνω στο κάλυμμα. Αν ο υδράργυρος παραμένει αναρτημένος όπως και πριν, το αποτέλεσμα δεν θα μπορεί να αποδοθεί στο βάρος του αέρα που υποτίθεται ότι το κρατά εκεί σε ένα είδος ισορροπίας και η ερμηνεία του Torricelli θα ήταν λανθασμένη (Evans 1973, σελ. 166).

Η απάντηση του Torricelli: «*Αν εισάγετε αυτό το φύλλο έτσι ώστε να εγκλωβίζεται επίσης λίγος αέρας, θα ήθελα να ρωτήσω εάν επιθυμείτε ή όχι ο εγκλωβιζόμενος αέρας να είναι το ίδιο πυκνός με τον εξωτερικό αέρα. Εάν ναι, τότε ο υδράργυρος θα μένει στο ίδιο ύψος όπως και πριν (σύμφωνα με το παράδειγμα του μαλλιού που θα αναφέρω στη συνέχεια). Αν όμως επιθυμείτε ο εγκλωβιζόμενος αέρας να είναι πιο αραιός από τον εξωτερικό αέρα, τότε το ανυψωμένο μέταλλο [ο υδράργυρος] θα κατέβει κάπως. Επιπλέον, εάν ήταν άπειρα αραιός - δηλαδή ένα κενό - τότε το μέταλλο θα κατέρρεε εντελώς, υπό την προϋπόθεση βέβαια ότι ο κλειστός χώρος θα μπορούσε να το χωρέσει*» (Evans 1973, σελ. 168). Η απάντηση αυτή, όπως και η αναλογία με το μαλλί που έδωσε, Εικόνα 8.4, είναι κάτι που θα συναντήσουμε στους διαδόχους του. Μέσα σε ένα κυλινδρικό κουτί ABCD υπάρχει μαλλί, στην πάνω επιφάνεια AB τοποθετείται ένα βαρύ σώμα E. Το μαλλί συμπιέζεται. Αν το κουτί «κοπεί» στο επίπεδο FG με φύλλο μετάλλου που στηρίζεται στα τοιχώματα του κουτιού και το διαιρεί στα δυο, το μαλλί στο χώρο κάτω από το FG θα παραμείνει το ίδιο συμπιεσμένο με πριν, παρόλο που το βάρος δεν πέφτει τώρα πάνω του (Evans 1973, σελ. 168). Ο Conant (1966, p. 6) θεωρεί ότι ο Torricelli δεν θα μπορούσε ποτέ να διατυπώσει τις ιδέες του τόσο καθαρά όσο έκανε, αν δεν ήταν ενήμερος για την προηγούμενη δουλειά εκείνων που είχαν ασχοληθεί με την πίεση υγρών και ιδιαίτερα του Stevin η οποία ήταν διαθέσιμη στα Λατινικά από το 1608 (Chalmers 2017, σελ. 52) και τα Γαλλικά από τα πρώτα χρόνια του δέκατου έβδομου αιώνα (Malet 2013).



Εικόνα 8.4: Μια αναλογία του Torricelli που θα χρησιμοποιηθεί από τους διαδόχους του

Μια παρόμοια αναλογία, ο αέρας σαν ένα μεγάλο σφουγγάρι που περιβάλλει τη Γη, είχε προταθεί το 1624 από τον Ολλανδό Beeckman. Η αναλογία αυτή εισήγαγε τις έννοιες της συμπιεστότητας των κατώτερων στρωμάτων του αέρα, του βάρους και της ελαστικότητας ολόκληρης της μάζας του αέρα. Πιθανά αυτή η αναλογία επηρέασε τον Descartes ο οποίος, ανεξάρτητα από τον Torricelli πρότεινε ότι ο αέρας ήταν ανάλογος με ένα σωρό από μαλλί. Έτσι, από την έναρξη ήδη των ερευνών για την πίεση του αέρα, εμφανίστηκε ένα μοντέλο που ευνόησε την έννοια της ελαστικότητας του αέρα (Webster 1965, σελ. 445; Boschiero 2007, p.130) και κατέληξε, με το νόμο του Boyle, σε ποσοτική σχέση.

Υπήρχαν ήδη από τον Γαλιλαίο, αλλά με τον Torricelli μπαίνουν έντονα, δυο ερωτήματα:

α) Τι κρατά αναρτημένη τη στήλη του υδραργύρου; και β) Υπάρχει κάτι, και αν ναι τι, στο χώρο του κλειστού σωλήνα πάνω από τον υδράργυρο; Το δεύτερο από αυτά οδήγησε τελικά σε άγονη φιλοσοφική συζήτηση σε αντίθεση με το πρώτο που ήταν ιδιαίτερα παραγωγικό.

8.4.1.2γ' Pascal

Η αλληλογραφία του Torricelli με τον Ricci έγινε γνωστή, όχι όμως σε όλες τις λεπτομέρειες, στο Mersenne, ο οποίος στη συνέχεια (Φθινόπωρο του 1644) παρακολούθησε και επίδειξη του πειράματός του Torricelli (Shea, 2003 σελ.39). Από τον Mersenne το έμαθε ο Petit ο οποίος το επανέλαβε, το φθινόπωρο του 1646, με τους Etienne and Blaise Pascal στη Ρουέν. Στη συνέχεια ο Pascal έκανε το πείραμα με πολλούς τρόπους, με σωλήνες διαφόρων μεγεθών (12 και 15 πόδια μήκος) και με μεγάλη γυάλινη σφαίρα στην κορυφή, με διαφορετικές κλίσεις στους σωλήνες και χρησιμοποιώντας ποικιλία υγρών όπως υδράργυρο, νερό, κρασί και λάδι. Η εξάρτηση του ύψους της στήλης του υγρού μόνο από το είδος του υγρού και όχι από τον κενό χώρο που αφήνει στην κορυφή της τον οδήγησε στο συμπέρασμα ότι ο χώρος που μένει πάνω από τη στάθμη του υγρού δεν περιέχει καμιά γνωστή στη φύση ουσία. Μένει πειραματικά ανοιχτό το ενδεχόμενο για την “subtle” matter του Descartes, τον αιθέρα, η οποία όμως δεν έχει καμιά γνωστή ιδιότητα. Ο Pascal γράφει: «Όταν τους ζητείται, όπως από εσάς, να μας δείξετε αυτό το υλικό, απαντούν ότι δεν είναι ορατό. Εάν ερωτηθούν εάν ακούγεται λίγο, λένε ότι δεν μπορεί να ακουστεί και ούτω καθεξής για όλες τις άλλες αισθήσεις. Νομίζουν ότι έχουν επιτύχει πολλά έχοντας βάλει τους άλλους στη θέση να μην μπορούν να αποδείξουν ότι αυτό το υλικό δεν υπάρχει, όταν έχουν στερήσει τους εαυτούς τους από τη δυνατότητα να αποδείξουν ότι αυτό γίνεται». (Shea

2003, σελ. 74). Λίγο αργότερα ο Boyle ξεκίνησε πειραματικά το κυνήγι του αιθέρα, με μια σειρά ευφυιών πειραμάτων, με αρνητικό όμως αποτέλεσμα (Boyle 1669, σελ.127-19), δεν περιορίστηκε όμως σε αυτό. Παραγωγικό και για τον Pascal και για τον Boyle ήταν το γεγονός ότι δεν ενεπλάκησαν σε φιλοσοφικές διαμάχες της εποχής για το αν ο χώρος πάνω από τον υδράργυρο ήταν πλήρης (και αν ναι, από τι) ή κενός.

Εντυπωσιακό και με μεγάλες απαιτήσεις, τόσο από την μεριά της υαλοουργίας (δείχνει και τη συμβολή της στην υλοποίηση απαιτητικών πειραμάτων που σχεδίασε ο Pascal) όσο και από πλευράς τεχνικής εκτέλεσης και παρουσίασης, είναι το πείραμα που έκανε τον Ιανουάριο – Φεβρουάριο του 1647 στη Ρουέν, παρουσία 500 ανθρώπων, μπροστά από το τοπικό εργοστάσιο γυαλιού. Για να αντικρούσει το επιχείρημα του Pierius, καθηγητή φιλοσοφίας στη Rouen, ότι η στήλη δεν φτάνει στην κορυφή του σωλήνα διότι την ωθούν προς τα κάτω ατμοί του υγρού που υπάρχουν στο χώρο πάνω από αυτό, γέμισε δυο γυάλινους σωλήνες μήκους 40 ποδιών, κλειστούς στο πάνω άκρο, τον ένα με νερό και τον άλλον με κρασί. Τους στήριξε όρθιους στο κατάρτι ενός πλοίου με το κάτω μέρος κλειστό με στρόφιγγα και βυθισμένο σε δοχείο. Ζήτησε από τον αντίπαλο να στοιχηματίσει ποιο υγρό θα ισορροπούσε χαμηλότερα. Ο Pascal είχε ακριβώς προβλέψει τα αποτελέσματα κάνοντας ιδιωτικά λίγη ώρα πριν το πείραμα με υδράργυρο και γνωρίζοντας τις ακριβείς πυκνότητες των υγρών (Shea 2003, σελ. 45; Westfall 2004, σελ. 63). Ο αντίπαλος υποστήριξε ότι το κρασί ως πιο οينوπνευματώδες θα παράγει περισσότερους ατμούς και άρα η στήλη του θα ωθηθεί πιο κάτω. Αφού το πλήθος πήρε θέση, ο Pascal άνοιξε τη στρόφιγγα στο κάτω μέρος του σωλήνα: το νερό δημιούργησε στήλη $31\frac{1}{9}$ ποδιών, ενώ το κρασί $31\frac{6}{9}$ ποδιών. Ο Webster (1965) σχολιάζει τη συμβολή της προόδου της υαλοουργίας στην εκτέλεση των πειραμάτων: ήταν απαραίτητο να εξελιχθούν μέθοδοι παραγωγής σωλήνων μεγάλου μήκους, ομοιόμορφης οπής και να παραχθούν μέθοδοι βαθμονόμησής τους. Ο Shea (2003, σελ.108) λαμβάνοντας υπόψη την αποτυχημένη προσπάθεια των υαλοργών να προμηθεύσουν τον Mersenne με κατάλληλο γυάλινο σωλήνα σχολιάζει το πόσο πλούσιος μπορεί να ήταν ο Pascal που χωρίς προφανείς δυσκολίες, κατείχε τους απαιτούμενους σωλήνες. Μπαίνει έτσι και ο οικονομικός παράγοντας στην πρόοδο της επιστήμης.

Τον Οκτώβριο του 1647 ο Pascal εκτυπώνει το “New Experiments Concerning Vacuum”, το οποίο στάλθηκε σε όλη τη Γαλλία και στο εξωτερικό (Evans 1973. σελ. xvii), όπου περιγράφει τα πειράματα που έκανε και καταλήγει σε συμπεράσματα παρόμοια με αυτά του Γαλιλαίου: «η φύση απεχθάνεται το κενό» και στη συνέχεια θέτει οροφή: «Η δύναμη αυτής της αποστρόφης είναι περιορισμένη και ισούται με εκείνη που νερό ενός δεδομένου ύψους (που είναι περίπου τριάντα ένα πόδια) τείνει να ρέει προς τα κάτω». Θεωρεί ότι μόνο αυτά μπορεί να υποστηρίξει με τα πειραματικά του αποτελέσματα.

Έχοντας, όπως δηλώνει ο ίδιος, πληροφορηθεί από τις αρχές του 1647 (Shea 2003, σελ. 52) την υπόθεση του Torricelli ότι «ζούμε βυθισμένοι στη θάλασσα του αέρα» και μέσα από αυτή ότι ο Torricelli έβλεπε στο φαινόμενο μια ισορροπία της στήλης του υγρού μέσα στο σωλήνα με το βάρος της στήλης του αέρα που πατάει στο υγρό στη λεκάνη, επιχείρησε να το ελέγξει πειραματικά, αρχικά με το πείραμα «κενό εν κενώ»⁴⁴

(Westfall 2004, σελ. 66) που δείχνει την πειραματική μεγαλοφυΐα του Pascal (Shea 2003, σελ. 100-101) και στη συνέχεια, θεωρώντας ότι και αυτό αφήνει περιθώρια για ερμηνεία του με την αποστροφή της φύσης προς το κενό, με την απόφαση να αναζητήσει το αποφασιστικό πείραμα στη φύση (Shea 2003, σελ. 105-107). Στις 15 Νοεμβρίου 1647, πέντε μόλις βδομάδες μετά την έκδοση των *New Experiments* γράφει στον Périer την καινούργια του ιδέα «*Νιώθω πιο διατεθειμένος να αποδώσω όλα αυτά τα αποτελέσματα στο βάρος και την πίεση του αέρα*» και ζητάει την βοήθειά του στην υλοποίησή της: Να ελεγχθεί το ύψος της στήλης υδραργύρου στη βάση ενός βουνού (επιλέγει το Puy de Dôme) και σε υψόμετρο 1000-1200 μέτρων.

«Εάν συμβεί το ύψος της στήλης του υδραργύρου να είναι μικρότερο στην κορυφή από ό,τι στη βάση του βουνού (καθώς έχω πολλούς λόγους να πιστεύω ότι θα είναι, αν και οι άλλοι που έχουν μελετήσει το θέμα έχουν την αντίθετη άποψη), ακολουθεί ως αναγκαιότητα ότι το βάρος και η πίεση του αέρα είναι η μόνη αιτία αυτής της ανάρτησης του υδράργου, και όχι η αποστροφή της φύσης για το κενό: γιατί είναι πολύ σίγουρο ότι υπάρχει πολύ περισσότερος αέρας που πιέζει στους πρόποδες του βουνού από ό,τι υπάρχει στην κορυφή του, και δεν μπορεί κανείς να πει ότι η φύση αποστρέφεται το κενό περισσότερο στους πρόποδες του βουνού από ό,τι στην κορυφή του» (Evans 1973, σελ. 99-101).

Το πείραμα έγινε στις 19 Σεπτεμβρίου του 1648. Μετά το πείραμα στο Puy-de-Dôme ο Pascal γράφει:

«Κατά συνέπεια, γνωρίζω ότι δεν δυσκολεύομαι να αποδεχτώ [...] ότι η φύση δεν αποστρέφεται το κενό και δεν προσπαθεί να το αποφύγει· ότι όλα τα αποτελέσματα που αποδίδονται σε μια τέτοια αποστροφή οφείλονται στο βάρος και την πίεση του αέρα, που είναι η μόνη πραγματική αιτία τους· και ότι λόγω έλλειψης γνώσης, οι άνθρωποι εφηύραν εσκεμμένα αυτήν τη φανταστική αποστροφή του κενού για να τα ερμηνεύσουν. Αυτό απέχει πολύ από το να είναι η μόνη περίπτωση στην οποία, όταν η αδυναμία των ανθρώπων τους έκανε να μην μπορούν να διακρίνουν τα αληθινά αίτια, η ευφυΐα τους τα αντικατέστησε με φανταστικές αιτίες στις



Το πείραμα «κενό εν κενώ»: Κάθε σκέλος του σωλήνα έχει μήκος μεγαλύτερο από 76 εκατοστά. Στο σημείο M υπάρχει τρύπα που μπορεί να σφραγίζεται αεροστεγώς. Αρχικά όλος ο σωλήνας AN, με κλειστή την τρύπα στο σημείο M, γεμίζεται με υδράργυρο και αντιστρέφεται στο δοχείο N, που επίσης περιέχει υδράργυρο. Ο επάνω σωλήνας αδειάζει, παραμένει υδράργυρος μόνο μέσα στη κοιλότητα που υπάρχει στην περιοχή B και στον σωλήνα MN μέχρι ύψος 76 εκατοστά. Στη συνέχεια ανοίγεται η τρύπα που υπάρχει στο σημείο M. Ο υδράργυρος στο σωλήνα MN καταρρέει στο δοχείο N και ο υδράργυρος που είναι στην καμπή του σωλήνα κάτω από το B ανέρχεται στο σωλήνα AB σε ύψος 76 εκατοστά (Evans 1973, p. 56-57). Στο σχήμα υπάρχει λάθος, όπως εντοπίζεται από τον Périer στην πρώτη έκδοση: ο σωλήνας στην περιοχή B δεν είναι καμπυλωμένος αρκετά, πρέπει να μην αφήνει κενό πάνω από τον υδράργυρο (Evans 1973, p.xxii)

οποίες έχουν δώσει περίεργα ονόματα που γεμίζουν τα αυτιά, αλλά όχι το μυαλό».

(Evans 1973, σελ. 110)

Στο έργο του “Treatise on the weight of the mass of the air” στηρίζει με έξυπνες πειραματικές προτάσεις για εννέα φαινόμενα⁴⁵, που ερμηνεύονταν μέχρι τότε με την «αποστροφή του κενού», την ερμηνεία με το βάρος του αέρα (Evans 1973, σελ. 32-48).

Ο Descartes ισχυρίζονταν ότι αυτός πρότεινε στον Pascal να πειραματιστεί για να δει αν ο υδράργυρος ανεβαίνει τόσο ψηλά στην κορυφή όσο στη βάση ενός βουνού. Ο ίδιος ισχυρισμός έγινε και από άλλους. Ο Pascal παραμένει ανένδοτος ότι η ιδέα ήταν δική του. Μπορούμε να συμπεράνουμε ότι είχε ωριμάσει η ιδέα και ότι ο καθένας θεώρησε ότι η ιδέα ήταν δική του. Θα μπορούσε κάποιος να ισχυριστεί ότι η απάντηση του Torricelli (28ης Ιουνίου 1644), στο «κρίσιμο πείραμα» που είχε προτείνει ο Ricci (βλέπε παράγραφο 8.4.1.2β') ενέπνευσαν τόσο το πείραμα «κενό εν κενώ» όσο και το πείραμα του Puy-de-Dôme (Shea 2003, σελ. 123).

Τελικά και η αρχική πρόθεση του Torricelli «να φτιάξει ένα όργανο που θα δείχνει τις αλλαγές στον αέρα», πραγματοποιήθηκε. Ο Pascal, συλλέγοντας δεδομένα μεταξύ 1647 και 1651, καταλήγει:

«ο υδράργυρος είναι μερικές φορές υψηλά το καλοκαίρι, χαμηλά το χειμώνα, ακανόνιστα στα ηλιοστάσια και σταθερά στις ισημερίες...». Προχωράει μάλιστα και σε προγνώσεις καιρού (Shea 2003, σελ. 181).

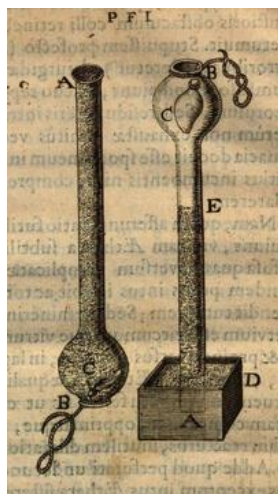
Από τον Webster (1965, σελ. 447) σημειώνεται ότι αν και πειράματα στη Γαλλία συνδέονται συνήθως με τον Pascal και τον Perrier, σημαντικό ρόλο παίζουν και οι Mersenne, Noel, Roberval, Auzoult, Petit, Pierius, Pecquet καθώς και οι Descartes και Gassendi που χρησιμοποίησαν τα πειραματικά στοιχεία στις δικές τους ανταγωνιστικές φιλοσοφίες της φύσης. Ο Mersenne, που έφερε το πείραμα του Torricelli στη Γαλλία, διέδωσε τα αποτελέσματα στην Αγγλία, την Ολλανδία, την Ιταλία και την Πολωνία. Έχουμε ένα από τα πρωτοπόρα παραδείγματα συνεργατικής προσέγγισης της πειραματικής έρευνας.

8.4.1.2δ' Ευρωπαίοι πρόδρομοι του Boyle.

Πέρα από τα πειράματα του Pascal, που εκπροσωπεί το κύριο ρεύμα της έρευνας στη Γαλλία, που επαλήθευαν την υπόθεση του βάρους του αέρα υπήρχαν και πειράματα που δεν μπορούσαν να ερμηνευτούν από το βάρος. Ο Noel διαπίστωσε (1647) ότι η εισαγωγή ενός μικρού όγκου αέρα, εισαγόμενου πάνω από τον υδράργυρο στο πείραμα του Torricelli, προκαλεί μεγαλύτερη πτώση του επιπέδου του υδραργύρου από ότι ο ίδιος όγκος νερού. Αυτό ήταν ένα παράδοξο αποτέλεσμα, δεδομένου ότι το νερό ήταν πυκνότερο από τον αέρα και άρα η πτώση του επιπέδου του υδραργύρου δεν ήταν μόνο εκδήλωση βάρους. Ο Noel το ερμήνευσε υποθέτοντας ότι ο αέρας περιέχει περισσότερο αιθέρα από το νερό (Webster 1965, σελ. 448). Το ίδιο πείραμα δημοσιεύεται από τον Roberval το Μάιο του 1648 μαζί με το πείραμα της κύστης κυπρίνου, το οποίο επινόησε. Η νηκτική κύστη αφαιρέθηκε από τον κυπρίνο πιάστηκε ώστε να αφαιρεθεί ο αέρας που υπήρχε από αυτήν και στη συνέχεια δέθηκε σφιχτά ο

⁴⁵ Δύο από αυτά τα πειράματα απλά περιγράφηκαν και συζητήθηκαν οι ερμηνείες που δίνονταν με την abhorrence of a vacuum και με το βάρος του αέρα, για άλλα δύο έγινε αρχικά επίδειξή τους με υλικά καθημερινής χρήσης και στη συνέχεια συζητήθηκαν οι ερμηνείες τους με την abhorrence of a vacuum και με το βάρος του αέρα.

λαιμός της ώστε να μην μπορεί να μπει ή να βγει από αυτήν αέρας. Το επόμενο βήμα ήταν να τοποθετηθεί στην κορυφή ενός μανομετρικού σωλήνα. Ο σωλήνας γέμισε με υδράργυρο και στη συνέχεια αναποδογυρίστηκε σε δοχείο με υδράργυρο. Ο υδράργυρος έπεσε στο αναμενόμενο επίπεδο, η κύστη παρέμεινε στον κενό χώρο πάνω από τον υδράργυρο έχοντας διογκωθεί (Εικόνα 8.5, Pecquet 1651, σελ.51).



Εικόνα 8.5: Η χρήση των διασταλτικών δυνάμεων του αέρα για την ερμηνεία φαινομένων

Ο Roberval πρότεινε ότι υπό κανονικές συνθήκες ο αέρας συμπιέζεται ή συμπυκνώνεται από τα ανώτερα στρώματα και ότι έχει την ιδιότητα να επεκτείνεται όταν απελευθερώνεται από τη συμπίεση. Αυτό συνέβη στην κύστη στην οποία είχε παραμείνει μικρή ποσότητα αέρα και όταν βρέθηκε στην μειωμένη πίεση επεκτάθηκε μέχρις ότου οι δυνάμεις που ασκούσε ο διαστελλόμενος αέρας στη μεμβράνη εξισορροπήθηκαν από την τάση της ελαστικής κύστης (Webster 1965, σελ. 449). Το πείραμα και η θεωρία του Roberval για την αυθόρμητη αραίωση του αέρα εντυπωσίασαν. Ο Pecquet έγραψε (5 Μαΐου 1648) στον Mersenne: «*O Monsieur de Roberval έκανε θαύματα εδώ, και χθες έκανε επιτυχώς το πείραμα με την κύστη του κυπρίνου είχε μεγάλο αριθμό παρατηρητών*» (Webster 1965, σελ. 451). Ενδεικτική είναι και η ταχύτητα με την οποία έφτασαν τα νέα στον Boyle: πληροφορήθηκε, από τον Hartlib, για το πείραμα στις 9 Μαΐου του 1648 (Shea 2003, σελ.92).

Πιθανά ο εντυπωσιασμός από το πείραμα οδήγησε τον Pecquet να συμπεριλάβει στο βιβλίο του “*Experimenta Nova Anatomica*”, ένα μικρό βιβλίο με σύντομα δοκίμια για τη φυσιολογία που εκδόθηκε το 1651, κεφάλαιο με τίτλο: «δεν είναι υπεύθυνο μόνο το βάρος του αέρα αλλά και το ελατήριο του αέρα για τα πειράματα που επιδεικνύονται» (Pecquet 1651, σελ. 48). Η σημασία του έργου του Pecquet έγκειται στην έμφαση που δίνει στην ιδιότητα της ελαστικότητας του αέρα. Επιπλέον αυτός υιοθέτησε την ορολογία, τους όρους “*elater*” και “*elastic*” για να περιγράψει το φαινόμενο (τα πήρε από το ελληνικό ουσιαστικό «ελατήριο», που σήμαινε «αυτός που απωθεί»). Ο όρος υιοθετήθηκε στη συνέχεια από τους Άγγλους συγγραφείς και μέσα από τα έργα των Charleton, Power και Boyle έγινε οικείος στους αναγνώστες του δέκατου έβδομου αιώνα. (Webster 1965, σελ. 452-453).

Ο Boyle όμως είναι αυτός που επέλεξε την έννοια της ελαστικότητας ως ιδιαίτερα σημαντική έννοια από τα έργα των Gassendi, Mersenne, Charleton και

Pescquet και την υπέβαλε σε πιο εμπειριστατωμένη εξέταση από οποιονδήποτε άλλον ερευνητή.

Πριν φτάσουμε όμως στον Boyle, ας επιστρέψουμε για λίγο στην Ιταλία από όπου ξεκινήσαμε. Τον Αύγουστο του 1657 τα μέλη της Accademia del Cimento άρχισαν δημόσια στη Φλωρεντία να προσπαθούν να επαναλάβουν και να ελέγξουν τα γαλλικά πειράματα που αφορούσαν την πίεση του αέρα. Πρώτο έκαναν το πείραμα «κενό εν κενώ», (βλέπε παράγραφο 8.4.1.2γ') το αποτέλεσμα του οποίου πολλοί θεώρησαν ως απόδειξη του επιχειρήματος ότι το βάρος του ατμοσφαιρικού αέρα εξισορροπεί τη στήλη του υδράργυρου. Μετά από αυτό ζητήθηκε, από την ομάδα των Αριστοτελικών, να τοποθετηθεί ένα γυάλινο δοχείο πάνω από το βαρόμετρο, το οποίο θα προστατεύει τον υδράργυρο της λεκάνης του βαρομέτρου από την επίδραση του βάρους του αέρα (Εικόνα 8.6).



Εικόνα 8.6: Βαρόμετρο τοποθετημένο κάτω από γυάλινο δοχείο

Η πρόβλεψή τους ήταν ότι το ανεπαίσθητο βάρος του λίγου αέρα που περιλαμβάνεται κάτω από το γυάλινο δοχείο δεν θα μπορούσε να διατηρήσει τη στήλη του υδραργύρου στο ίδιο ύψος με εκείνο στο οποίο το έφερνε το βάρος της τεράστιας στήλης αέρα που δρούσε στον υδράργυρο της λεκάνης όταν δεν υπήρχε το κουδούνι. Αν η στήλη έμενε στο ίδιο ύψος τότε δεν θα ήταν το βάρος του αέρα η αιτία του φαινομένου. Το πείραμα έγινε. Η στήλη του υδραργύρου έφτασε στο ίδιο με πριν ύψος. Ο Magalotti γράφει

«... Ο άμεσος λόγος για τον οποίο ο υδράργυρος ωθείται βίαια σε ύψος ενός *ell* (συνώνυμο του *cubit*) και ενός τετάρτου και παραμένει εκεί δεν είναι στην πραγματικότητα το βάρος του υπερκείμενου αέρα, διότι αυτό αφαιρείται από το γυάλινο δοχείο ... αντίθετα είναι η συμπίεση που είχε παραχθεί από αυτό το βάρος ... Επομένως, δεν πρέπει να αναρωτιόμαστε διότι καθώς διατηρείται η ίδια κατάσταση συμπίεσης, η ανύψωση του υδραργύρου δεν πέφτει κάτω από αυτή που συνήθως μετράμε». (Boschiero 2007, p. 128-130). Είναι η ίδια αναλογία που πρότεινε ο Torricelli!

8.4.1.2ε' Boyle

Το πιθανότερο είναι ότι η εκτέλεση του πειράματος του Torricelli στην Αγγλία έγινε με μικρή καθυστέρηση από την αντίστοιχη στην Γαλλία (Φθινόπωρο του 1646). Ο Wallis κατέγραψε ότι «το βάρος του αέρα, η πιθανότητα ή το ανέφικτο της ύπαρξης του

κενού, η αποστροφή της φύσης για αυτό και το πείραμα του Torricelli με τον υδράργυρο» ήταν μεταξύ των θεμάτων που συζητήθηκαν στις εβδομαδιαίες επιστημονικές συναντήσεις, στις οποίες μετείχαν διακεκριμένοι Φυσικοί Φιλόσοφοι της Αγγλίας, στο Λονδίνο (Webster 1965, σελ. 454). Περίπου το 1648 η ομάδα επέκτεινε τις δραστηριότητές της στην Οξφόρδη και αυτό γνωστοποίησε το πείραμα του Torricelli σε μια ευρύτερη ομάδα, η οποία περιέλαβε σύντομα και τον Boyle.

Το πείραμα πιθανά εισήχθη από τον Haak ο οποίος είχε ταξιδέψει εκτεταμένα στην Ευρώπη και ήταν από τους ανταποκριτές του Mersenne. Στη συνέχεια φαίνεται ότι υπήρξε μικρή μόνο καθυστέρηση στη μετάδοση νέων πειραμάτων από τη Γαλλία στην Αγγλία και ότι ο Mersenne έπαιξε σημαντικό ρόλο σε αυτό. Πέραν του Mersenne στη διάδοση των πληροφοριών έπαιξε σημαντικό ρόλο και ο Cavendish που ήταν εξόριστος στην Ευρώπη και την τριετία 1645-48 έζησε στο Παρίσι. Ο Cavendish ανακοίνωσε το πείραμα της κύστης-κυπρίνου του Roberval στον Petty τον Απρίλιο του 1648, και ένα μήνα αργότερα ο Hartlib το ανακοίνωσε στον Boyle (Webster 1965, σελ. 491). Τελικά ο Boyle γνώρισε για το θέμα πολλά χρόνια πριν ξεκινήσει την κατασκευή της πρώτης αντλίας του αέρα για την οποία είχε μάθει από το βιβλίο που κυκλοφόρησε το 1657 ο Schott και στο οποίο περιγράφεται η αντλία που είχε κατασκευάσει ο Otto von Guericke και με την οποία μπορούσε να βγάλει τον αέρα από κάπου.

Ο Boyle με τη βοήθεια του Hook βελτίωσαν την αντλία του Otto von Guericke με κύριο στόχο, όπως γράφει ο ίδιος (Boyle 1660, p.51, Conant 1966, p.17), το πείραμα που αναφέρεται ως πείραμα 17 στο βιβλίο του.

Η πρώτη αντλία του Boyle (ο κύλινδρος κάτω από την σφαίρα στην Εικόνα 8.7) ήταν με τη βοήθεια βαλβίδας συνδεδεμένη με τον υποδοχέα από τον οποίο και αφαιρούσε τον αέρα. Ο υποδοχέας ήταν μια γυάλινη σφαίρα, η μεγαλύτερη που μπορούσαν να φτιάξουν οι τεχνίτες γυαλιού της εποχής (30 wine quarts) που να αντέχει και στις συνθήκες κενού. Τα πάνω μέρος του υποδοχέα είχε άνοιγμα από το οποίο έβαζαν στον υποδοχέα τις συσκευές και τα υλικά που επιθυμούσαν και το οποίο έκλεινε αεροστεγώς (Conant 1966, σελ. 16-21). Ακολούθησαν δυο βελτιώσεις της συσκευής.

Από την κατασκευή της αντλίας φαίνεται σαφώς η συμβολή της τεχνολογίας στην ανάπτυξη της επιστήμης. Η κατασκευή και ο σχεδιασμός της αντλίας αέρα ήταν δύσκολη, πέραν αυτού όμως απαιτούνταν ανθεκτικές γυάλινες σφαίρες και μέθοδοι για την παραγωγή αεροστεγούς σφράγισης (Webster 1965, σελ 464-466). Ο Conant (1966, σελ.9) σχολιάζει: *«Το έργο του Boyle στην πνευματική είναι ένα εξαιρετικό παράδειγμα της σημασίας της βελτίωσης του πειραματικού εξοπλισμού στην πρόοδο της επιστήμης. Η βελτιωμένη αντλία του κατέστησε δυνατή την εξερεύνηση ενός μεγάλου πεδίου μελέτης. Ήταν για την εποχή του ότι οι σωλήνες ακτίνων X στα τέλη του 19ου αιώνα, το κύκλοτρο στον εικοστό αιώνα κλπ...»*



Εικόνα 8.7: Η πρώτη αντλία του Boyle με τον γυάλινο υποδοχέα στηριγμένη σε ξύλινη βάση

Ακολουθεί σύντομη περιγραφή του πειράματος 17 (Conant 1966, p.19): Ο Boyle τοποθέτησε τη λεκάνη του βαρόμετρου μέσα στον υποδοχέα. Έβγαλε τον σωλήνα από το άνοιγμα του υποδοχέα και έκλεισε αεροστεγώς τον υποδοχέα. Παρατήρησε⁴⁶ ότι η στήλη του υδραργύρου παρέμενε στο ίδιο ύψος με αυτό που είχε στην ελεύθερη ατμόσφαιρα. Η παρατήρηση αυτή τον οδήγησε στο συμπέρασμα ότι το φαινόμενο δεν μπορεί να εξηγείται ως ισορροπία βαρών, μιας και το βάρος του αέρα μέσα στον υποδοχέα ήταν πολύ μικρότερο από το βάρος της στήλης του υδραργύρου. Στη συνέχεια αρχισε να αφαιρεί τον αέρα από τον υποδοχέα. Ο υδράργυρος σταδιακά έπεφτε.

Το φαινόμενο αυτό (και άλλα παρόμοια όπως π.χ. μισοφουσκωμένη ουροδόχος κύστη από ζώο μέσα στον υποδοχέα φούσκωνε όταν αφαιρούσε τον αέρα από αυτόν⁴⁷) δεν μπορούσε πια να ερμηνευτεί ως ισορροπία βαρών, η ερμηνεία τώρα περιλαμβάνει την ελαστικότητα του αέρα. Ο Boyle υποθέτει ότι το «ελατήριο» του αέρα είναι αυτό που συγκρατεί συγκολλημένα μεταξύ τους δύο λεία κομμάτια μαρμάρου⁴⁸. Τοποθέτησε λοιπόν στον υποδοχέα της αντλίας του δυο τέτοια κομμάτια και αφαιρώντας τον αέρα από αυτόν επιχείρησε το διαχωρισμό τους. Το πείραμα απέτυχε με την πρώτη του αντλία (Boyle 1660. Experiment 31, p. 116-118). Ο Boyle απέδωσε την αποτυχία του είτε στην αδυναμία της αντλίας του να δημιουργήσει το απαιτούμενο κενό, ή στο οινόπνευμα που τοποθέτησε ανάμεσα στις δυο επιφάνειες των μαρμάρων

⁴⁶ «Κατά το κλείσιμο [του υποδοχέα] δεν παρουσιάστηκε καμία αλλαγή στο ύψος του κυλίνδρου του υδραργύρου. Ήταν ακριβώς σαν το παρεμβλλόμενο γυάλινο κάλυμμα να μην παρεμπόδιζε την άμεση πίεση της ατμόσφαιρας του περιβάλλοντος στον εγκλωβισμένο αέρα, ο οποίος φαίνεται να κρατάει πάνω τον υδράργυρο, μάλλον λόγω του ελατηρίου του παρά του βάρους του: δεδομένου ότι το βάρος του υπολογίζεται ότι δεν μπορεί υπερβαίνει τις δύο ή τρεις ουγγιές, κάτι που είναι αδιανόητο σε σύγκριση με το βάρος του κύλινδρου υδραργύρου που το συγκρατεί από την υποχώρηση» (Boyle 1660, σελ.52).

⁴⁷ Στους επιμορφούμενους παρουσιάστηκε το πείραμα: Μπαλόνι πολύ χαλαρά φουσκωμένο και με καλά δεμένο το λαιμό του τοποθετείται σε δοχείο συντήρησης τροφίμων σε κενό αέρος. Αφαιρείται ο αέρας από το δοχείο και το μπαλόνι φουσκώνει. Συζητήθηκαν τα: Θα μπορούσε να το εξηγήσει αυτό ο Γαλιλαίος; Ο Pascal; Ο Boyle;

⁴⁸ Στους επιμορφούμενους δείχτηκε αν ότι δυο μικρά κομμάτια από τζάμι τοποθετούνται ο ένα πάνω στο άλλο είναι δύσκολο να αποκολληθούν. Συζητήθηκε η ερμηνεία που έδινε για το αντίστοιχο φαινόμενο cohesion με δυο καλά γυαλισμένα μάρμαρα ο Γαλιλαίος (1638, p.11), ο Πασκάλ (Evans 1973, p. 37-38) και ο Boyle (1669, p.173-174).

ώστε να αποφύγει την ύπαρξη ανέρα ανάμεσα σε αυτές. Τελικά πέτυχε με τη χρήση της βελτιωμένης δεύτερης έκδοσής της (Boyle 1669. Experiment 50, p. 173-174).

Για την ελαστικότητα του αέρα έχει διατυπώσει δυο ερμηνευτικές απόψεις, ο ίδιος προτιμούσε την πρώτη, χωρίς όμως να την υποστηρίζει κατηγορηματικά (Holton and Brush 2001, σελ.272). Σύμφωνα με την πρώτη ερμηνεία, ο αέρας αποτελείται από εφραπτόμενα σωματίδια σε ηρεμία τα οποία είναι συμπιεστά, σαν μικρά ελατήρια ή σαν κομμάτια μαλλιού που είχε προτείνει ο Torricelli. Σύμφωνα με τη δεύτερη άποψη, τα σωματίδια κινούνται συνεχώς σε όλον το διαθέσιμο χώρο μέσα σε ένα στροβιλώδες ανεπαίσθητο ρευστό, αυτό του Καρτέσιου. Μια ιστορία που ξεκίνησε από το φόβο του κενού πλησιάζει στην μικροσκοπική δομή της ύλης.

Ο Boyle ισχυρίζεται ότι αφήνει μια ευδιάκριτη απόσταση μεταξύ της αφήγησης των γεγονότων που είχε επιδείξει η αεραντλία και των δικών του στοχασμών σχετικά με την αιτιακή ερμηνεία τους. Τα γεγονότα της αεραντλίας ήταν προσιτά στις αισθήσεις, οι αιτίες τους (ερμηνεία) απρόσιτα. Η αγαπητή αναλογία των φυσιοκρατών, με το ρολόι, χρησιμοποιείται και εδώ «*Όπως ακριβώς κάποιος επιμελής ωρολογοποιός μπορεί να κατασκευάσει δυο ρολόγια που να λειτουργούν εξίσου καλά και να μην διαφέρουν καθόλου εξωτερικά, χωρίς ωστόσο να έχουν οποιαδήποτε ομοιότητα στη σύνθεση των τροχών τους, με τον ίδιο τρόπο είναι βέβαιο ότι ο Θεός εργάζεται με άπειρους διαφορετικούς τρόπους...*» (Shapin 2003, σελ. 128). Ο Boyle καλούσε τους αναγνώστες, αν το επιθυμούσαν, να διαβάσουν ξεχωριστά τα πειράματα από τους ερμηνευτικούς «στοχασμούς» (Shapin 2003, σελ. 129). Η εμπειρία ότι ένα συνηθισμένο ελατήριο αντιστέκεται στη συμπίεση, αλλά δεν διαστέλλεται συνεχώς αν αφεθεί ελεύθερο, οδήγησε οπαδούς της πρώτης άποψης να θεωρήσουν ότι τα σωματίδια του αερίου δεν μεταβάλλονται σε μέγεθος απλά απωθούνται αμοιβαία εξ αποστάσεως (Holton and Brush 2001, σελ. 272). Την άποψη αυτή φαίνεται να στηρίζει ο Νεύτωνας ο οποίος ξεκινώντας από την υπόθεση ότι ένα ελαστικό ρευστό συντίθεται από μικρά σωματίδια που απωθούνται μεταξύ τους με δύναμη αντιστρόφως ανάλογη από την απόσταση κέντρων τους, καταλήγει στο νόμο του Boyle (Newton 1729, σελ. 300-301).

Μετά την έκδοση του βιβλίου του Boyle ο Linus αμφισβητεί την ερμηνεία του Boyle. Θεωρεί ότι ο υδράργυρος παραμένει αναρτημένος στο βαρομετρικό σωλήνα από ένα αόρατο σκοινί, μια μεμβράνη που ξεκινάει από τον υδράργυρο και καταλήγει στο κλειστό άκρο του σωλήνα, το οποίο ονόμαζε funiculus. Μπορούσε να ανασύρει στήλη υδραργύρου το πολύ 29 ίντσες. Στήριζε την αποψη του αναφέροντας το γνωστό γεγονός: αν κλείσουμε το πάνω άκρο του σωλήνα με το δάχτυλό μας όταν εκτελέσουμε το πείραμα, νοιώθουμε τη σάρκα να τραβιέται προς τα μέσα. Αυτό το τράβηγμα το αποδίδει στο funiculus. Ο Boyle απάντησε ότι ο εξωτερικός αέρας πίεζε τη σάρκα προς τα μέσα αλλά αναζήτησε και ένα πείραμα για να απαντήσει με πειραματικά δεδομένα. Η απάντηση δημοσιεύτηκε το 1662 (Conant 1966, σελ. 50)

Το πείραμα για την απόρριψη της ύπαρξης του funiculus που τελικά οδήγησε στο Νόμο του Boyle.

Στόχος του πειράματος ήταν να δείξει ότι μπορεί να αναρτηθεί στήλη υδραργύρου μήκους μεγαλύτερου των 29 ιντσών. Χρησιμοποίησε σωλήνα σχήματος J με το κοντό σκέλος σφραγισμένο και το μακρύ ανοιχτό (Εικόνα 8.8). Έριξε υδράργυρο στο ανοιχτό σκέλος μέχρις ότου η διαφορά των σταθμών του υδραργύρου στα δυο σκέλη να γίνει

29 ίντσες (υποθέτουμε ότι, στη σημερινή γλώσσα, η ατμοσφαιρική πίεση ήταν 29 ίντσες, άρα το παραπάνω σημαίνει ότι η πίεση του εγκλωβισμένου αέρα είναι διπλάσια από την ατμοσφαιρική).



Εικόνα 8.8: Ο σωλήνας που χρησιμοποιήθηκε στο πείραμα για την απόρριψη της ύπαρξης του funiculus

Σημειώνει, «*όχι χωρίς απόλαυση και ικανοποίηση*», ότι ο όγκος του εγκλωβισμένου αέρα είναι περίπου ο μισός του αρχικού. Συνέχισε να προσθέτει υδράργυρο στον ανοιχτό σωλήνα. Όταν ο όγκος του εγκλωβισμένου αέρα στο κοντό σκέλος έγινε ίσος με το $\frac{1}{4}$ του αρχικού όγκου ο Boyle σημείωσε ότι η διαφορά των σταθμών ήταν περίπου 88 ίντσες. Αυτό σημαίνει ότι η πίεση του εγκλωβισμένου αέρα ήταν $\frac{88+29}{29} = 4,0344$ (θα ήταν ακριβώς 4 αν η διαφορά των σταθμών ήταν μια ίντσα μικρότερη δηλ. 87 αντί για 88). Ο Boyle καταλήγει: «*Είναι προφανές, ότι ο κοινός αέρας, όταν μειώνεται στο μισό της αρχικής του έκτασης, αποκτά σχεδόν διπλάσιο βίαιο ελατήριο από ό,τι πριν; οπότε αν αυτός ο αέρας που παρέμεινε ωθηθεί περαιτέρω στο μισό αυτού του στενού χώρου, θα αποκτήσει έτσι ένα ελατήριο περίπου δυο φορές πιο ισχυρό από εκείνο που είχε τελευταία, και κατά συνέπεια τέσσερις φορές πιο δυνατό από αυτό του κοινού αέρα.*» (Conant 1966, σελ.52)

Σημειώνεται ότι μετά από τη δημοσίευση των μετρήσεων, έφτασε στο γνωστό νόμο του Boyle (Ο νόμος «ανακαλύφθηκε» ανεξάρτητα από τον Mariotte το 1676, ο οποίος έβαλε επιπλέον και την προϋπόθεση ότι η θερμοκρασία παραμένει σταθερή) με υπόδειξη αναγνωστών (Conant 1966, σελ.54). Ο νόμος του Boyle ήταν ο πρώτος αριθμητικός νόμος που απεικόνιζε τη λειτουργική εξάρτηση δύο μεταβλητών μεγεθών. Βέβαια, η τότε ερμηνεία του νόμου του Boyle δεν ήταν παρόμοια με τη σημερινή (Webster 1965, σελ. 486).

Και τώρα το κρίσιμο σημείο για την απόρριψη της ύπαρξης του funiculus: Ο Boyle έδειξε ότι, ρουφώντας με το στόμα του στην κορυφή από το μακρύ σκέλος, η στήλη του υδραργύρου, πολύ μεγαλύτερη από 29 ίντσες, ανεβαίνει (εκμεταλλεύεται τη διαστολή του πεπιεσμένου αέρα στο κοντό σκέλος) άρα δεν ισχύει το όριο που μπορεί το funiculus να κρατήσει μια στήλη αναρτημένη (Conant 1966, σελ. 51-52).

Από τον μεγάλο αριθμό των επιστημόνων της εποχής που ασχολήθηκαν με την έννοια της πίεσης οι Torricelli, Pascal και Boyle ξεχώρισαν. Σύμφωνα με τον Webster (1965, σελ. 491) αυτό πιθανότατα οφείλεται στην παρουσία τους σε κέντρα μεγάλης επιστημονικής δραστηριότητας τη Φλωρεντία, το Παρίσι και το Λονδίνο, τα οποία ήταν και τα κέντρα των αναπτυσσόμενων επιστημονικών εταιρειών που προσέλκυαν στις ανεπίσημες συναντήσεις τους πολλές από τις πιο γόνιμες διάνοιες στα τρία έθνη. Πολλά από τα πειράματα σχετικά με την πίεση του αέρα εγκαινιάστηκαν σε τέτοιες

συναντήσεις και υπήρχαν πολλά πλεονεκτήματα που προέκυψαν από την ομαδική μελέτη αυτού του συγκεκριμένου προβλήματος.

8.4.1.3 Ανάδραση από τους εκπαιδευτικούς: Αναγνώριση χαρακτηριστικών της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. που συναντήθηκαν στην αφήγηση.

Οι σημειώσεις που είχαν κρατήσει οι επιμορφούμενοι κατά τη διάρκεια της αφήγησης χρησίμευσαν στο μέρος αυτό ως βάση για συζήτηση στην τάξη με την αναγνώριση χαρακτηριστικών της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. που συναντήθηκαν στην αφήγηση και τη συμπλήρωση σχετικού πίνακα. Το σύνολο των επιμορφούμενων μετείχε ενεργά στη συζήτηση τόσο στην αναγνώριση χαρακτηριστικών της φύσης της γνώσης των Φ.Ε., βρήκαν μάλιστα ενδιαφέρουσα τη διαδικασία, όσο και στον σχολιασμό που ακολουθούσε, κάνοντας προτάσεις. Το ενδιαφέρον-τους φάνηκε και από το ότι διαμαρτυρήθηκαν ότι ο χρόνος ήταν λίγος και μας ανάγκασε να διακόψουμε τη συζήτηση. Ακολουθεί μια σύντομη παρουσίαση των προτάσεων των εκπαιδευτικών για κάθε χαρακτηριστικό της φύσης της γνώσης των Φ.Ε.

(X1) Η επιστημονική γνώση είναι εμπειρική, καθώς στηρίζεται σε, ή προέρχεται από, εμπειρικά δεδομένα.

Σχολιάζουν ότι η μετάβαση από την ερμηνεία της ισορροπίας της στήλης του υγρού στον αντεστραμμένο κατακόρυφο σωλήνα με την «απέχθεια της φύσης για το κενό» στην ερμηνεία με το «βάρος του αέρα» έγινε μετά από το πείραμα στο όρος Puy-de-Dôme. Επίσης, η επόμενη μετάβαση στην ερμηνεία με «τα ελατήρια του αέρα» έγινε μετά το Πείραμα 17 του Boyle. Παρατηρήσεις οδήγησαν να απορριφθούν ισχυρισμοί, όπως α) «ο χώρος, μέσα στον κατακόρυφο σωλήνα, πάνω από τη στήλη του υγρού, περιέχει ατμούς οινοπνεύματος», μετά από το πείραμα με τους μεγάλους μήκους σωλήνες που ανεστάφηκαν γεμάτοι με νερό και κρασί β) οι γυάλινοι σωλήνες διαφορετικών μεγεθών και όγκων, που χρησιμοποιήθηκαν αρχικά από τον Torricelli και στη συνέχεια από τον Pascal, αποκλείουν την παρουσία κάποιας γνωστής ύλης πάνω από τον υδράργυρο και γ) η ύπαρξη του funiculus, μετά από το πείραμα του Boyle με τον σωλήνα μορφής J. Ενδιαφέρουσα συζήτηση προκάλεσε η ερώτηση εκπαιδευτικού «πώς ενώ ο Γαλιλαίος είχε υπολογίσει το «βάρος» (την πυκνότητα) του αέρα δεν το συνέδεσε με τη δυνατότητα δημιουργίας κενού, όπως έκανε ο Balliani, ακόμη και όταν αυτός του το έγραψε». Τελικά, ακόμα και σπουδαιίοι επιστήμονες κάνουν λάθη, και επιμένουν σε αυτά.

(X2) Οι παρατηρήσεις διαφέρουν από τα συμπεράσματα.

Οι εκπαιδευτικοί σχολιάζουν ότι και ο Γαλιλαίος και ο Torricelli παρατήρησαν το ίδιο: μια στήλη υγρού να ισορροπεί μέσα σε έναν αντεστραμμένο κατακόρυφο σωλήνα. Ο πρώτος υποστήριζε ότι η στήλη κρατιέται από την κορυφή και ερμήνευε το φαινόμενο χρησιμοποιώντας την περιορισμένη απέχθεια της φύσης για το κενό και ο δεύτερος ερμήνευε το φαινόμενο υποστηρίζοντας ότι η στήλη πιέζεται στη βάση της και χρησιμοποίησε το βάρος του αέρα. Τους έκανε εντύπωση η αναλογία του ρολογιού, που χρησιμοποιούσαν οι φυσιοκράτες, με τη διαφορά παρατήρησης – συμπεράσματος: Δυο ρολόγια μπορούν να είναι εξωτερικά ολόιδια και να δείχνουν την ίδια ώρα, αλλά οι μηχανισμοί τους να είναι τελείως διαφορετικοί. Σημειώνουν ότι ο Boyle καλούσε τους αναγνώστες, αν το επιθυμούσαν, να διαβάσουν ξεχωριστά τα πειράματα από τους

ερμηνευτικούς «στοχασμούς». Δίνει δυο ερμηνείες για την ελαστικότητα του αέρα, δίχως να υποστηρίζει τη μια ή την άλλη. Τέλος αναφέρουν όλοι τις δυο ερμηνείες που δίνει ο Pascal για το ίδιο φαινόμενο και τις τρεις ερμηνείες, κατά Γαλιλαίο, Pascal και Boyle, που δόθηκαν για τη δυσκολία που παρουσιάζεται στο να αποκολληθούν δυο μικρά κομμάτια από τζάμι τοποθετημένα το ένα πάνω στο άλλο, ίσως τα συγκράτησαν όλοι λόγω της πειραματικής επίδειξης που παρακολούθησαν.

(X3) Η επιστημονική γνώση περιλαμβάνει την ανθρώπινη φαντασία και δημιουργικότητα

Χαρακτηριστικά παραδείγματα δημιουργικότητας και φαντασίας θεωρήθηκαν οι αναλογίες «Ζούμε βυθισμένοι στον πυθμένα ενός ωκεανού από αέρα» που έγινε από τον Torricelli και «ο αέρας συνίσταται από λεπτά ελατήρια» που έγινε από τον Boyle, οι οποίες οδήγησαν σε νέες ερμηνείες. Δημιουργική η αλλαγή ματιάς που έγινε από τον Torricelli: Η στήλη δεν είναι αναρτημένη από την κορυφή αλλά υποστηρίζεται από τη βάση καθώς και η αναλογία με το μαλλί (Εικόνα 8.4) που παραμένει συμπιεσμένο παρόλο που το μαλλί δεν δέχεται πλέον την επίδραση του σώματος που αρχικά είχε τοποθετηθεί πάνω του. Φαντασία και δημιουργικότητα αναγνωρίζονται στον σχεδιασμό του πειράματος της Εικόνας 8.3 από τον Toricelli, πολλών πειραμάτων από τον Pascal και του πειράματος με το οποίο ο Boyle απέρριψε την ύπαρξη του funiculus.

(X4) Η επιστημονική γνώση είναι υποκειμενική.

Υπάρχει μια διαδρομή από το Γαλιλαίο έως τον Boyle στη διάρκεια της οποίας η γνώση γίνεται βαθμιαία πιο αντικειμενική με την έννοια ότι σχεδιάζονται και πραγματοποιούνται πειράματα τα οποία ενώ δεν μπορούν να ερμηνευτούν με την προηγούμενη «θεωρία» ερμηνεύονται με τη νέα.

(X5) Η επιστημονική γνώση δεν είναι ποτέ απόλυτη και σίγουρη

Εντυπωσίασαν οι αλλαγές που έγιναν μέσα σε 30 χρόνια (1638-1669): από την (περιορισμένη) απέχθεια της Φύσης για το κενό φτάσαμε, με τα ελατήρια του αέρα, σε μια έννοια κοντά στο μόριο. Αναφέρθηκαν οι αλλαγές στην ερμηνεία του φαινομένου της συγκράτησης της στήλης του υγρού μέσα στον κατακόρυφο σωλήνα από το 1638 μέχρι το 1669: i) η (περιορισμένη) απέχθεια της φύσης για το κενό, ii) το βάρος του αέρα και iii) τα ελατήρια του αέρα. Σχολιάζεται ότι ανάλογη πορεία προς τη γνώση μπορεί τις μέρες μας να υπάρχει στη γνώση για στοιχειώδη σώματα ή στην αστροφυσική.

(X6) Κοινωνική και πολιτισμική ενσωμάτωση

Αναγνωρίστηκε α) η επίδραση της Τεχνολογίας, η οποία με νέα όργανα και τεχνικές επιτρέπει το σχεδιασμό και την εκτέλεση νέων πειραμάτων και μέσω αυτών την υποστήριξη νέων ιδεών, έτσι: i) Ο Pascal έζησε στη Ρουέν και λόγω των εργοστασίων γυαλιού που υπήρχαν εκεί, μπόρεσε να κατασκευάσει ανθεκτικούς και μεγάλου μήκους σωλήνες, ιδανικούς για την εκτέλεση των πειραμάτων του, και ii) Ο Boyle, σε συνεργασία με τον Hook, έκαναν βελτιώσεις στην αεραντλία του von Guericke, και χρειάστηκαν την υαλοργία για την κατασκευή μεγάλου και ανθεκτικού γυάλινου δοχείου για τα πειράματά τους και την εφεύρεση μεθόδων για την παραγωγή αεροστεγών σφραγίσεων, και β) η επίδραση της Φιλοσοφίας με την αναφορά στην

μετάβαση από τη Φυσιοκρατία στην Μηχανοκρατία. Με την μετάβαση αυτή εγκαταλείπονται οι τελεολογικές ερμηνείες και αναπτύσσονται νέες οι οποίες, στηριζόμενες σε πειραματικά δεδομένα, οδηγούν σε περισσότερο αντικειμενική γνώση.

(X7) Διαφορά Νόμου - θεωρίας. Καταγράφηκε η διατύπωση του νόμου του Boyle (1662) η οποία είναι αποδεκτή έως σήμερα (με την προσθήκη ότι η θερμοκρασία παραμένει σταθερή), και αντιπαράτεθηκε με την κινητική θεωρία των αερίων, που σήμερα ερμηνεύει το νόμο, η οποία διατυπώθηκε αργότερα από το έργο των Clausius (1857), Boltzmann (1871) και Maxwell (1873).

Στην αρχή της δεύτερης συνάντησης, που έγινε 8 μέρες αργότερα, οι εκπαιδευτικοί σχολιάζοντας όσα έγιναν στην πρώτη συνάντηση ανέφεραν ότι λειτούργησε μεταγνωστικά για τους ίδιους, καθώς αναγνώρισαν παράγοντες που οδηγούν στην εξέλιξη μιας έννοιας και κατά συνέπεια της επιστημονικής γνώσης και σκέψης. Εντυπωσιάστηκαν από την ενημέρωση που είχαν οι επιστήμονες του 17^{ου} αιώνα για τη δουλειά συναδέλφων τους, αναφέρουν ότι «δεν ήξεραν ότι η αλληλογραφία του κάθε επιστήμονα ήταν προσβάσιμη στους υπόλοιπους», Επίσης, εκτίμησαν ότι η κατακερματισμένη γνώση τέθηκε σε τάξη, π.χ. ένας εκπαιδευτικός αναφέρει: «Γνώριζα μεμονωμένα το έργο του καθενός αλλά δεν ήξερα την επιρροή καθενός στους άλλους», έμειναν εντυπωσιασμένοι από το πόσο επηρεάστηκαν ο Pascal και ο Boyle από τον Torricelli. Συμφωνούν ότι «πρόκειται για ένα ιστορικό παράδειγμα όχι ιδιαίτερα γνωστό, όπου όμως όλα τα χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. αναδεικνύονται από την αφήγηση».

8.4.1.4 Προτεινόμενες εφαρμογές προσαρμοσμένες στη διδακτέα ύλη

Στους επιμορφούμενους στάλθηκαν προτάσεις για περιεχόμενα των σχολικών βιβλίων στα οποία μπορεί να γίνει η διδασκαλία χαρακτηριστικών της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. με τη χρήση της Ιστορίας των Φ.Ε. και αρχική ενδεικτική βιβλιογραφία. Γενικά: η εξέλιξη των θεωριών, π.χ. τα πέντε μοντέλα για το άτομο, το γεωκεντρικό ή το ηλιοκεντρικό μοντέλο κ.ά., αναδεικνύουν τόσο το εμπειρικό (X1) όσο και το αβέβαιο (X5) χαρακτηριστικό της φύσης της γνώσης επιστήμης, όπου τα νέα στοιχεία οδηγούν σε εξέλιξη των ιδεών. Πέρα όμως από τα εμπειρικά δεδομένα η ανάπτυξη της επιστημονικής γνώσης εξαρτάται από την κοινωνία και το πόσο έτοιμη είναι να αποδεχτεί τις αλλαγές που η Επιστήμη προτείνει (π.χ. Γαλιλαίος και Ιερά Εξέταση σε αντιδιαστολή με τη Βιομηχανική Επανάσταση και τη Θερμοδυναμική).

Ιδέες για παραδείγματα που μπορούν να χρησιμοποιηθούν στο μάθημα

A. Τα ίδια δεδομένα ερμηνεύτηκαν διαφορετικά από διαφορετικούς επιστήμονες:

- **Για το φως:** Η ανάκλαση, η διάθλαση και η ευθύγραμμη διάδοση του φωτός ερμηνεύονται διαφορετικά από τον Νεύτωνα (το φως ως σωματίδιο) και διαφορετικά από τον Χόουχενς (το φως ως κύμα) (Westfall 2004, σελ. 89-90). Εδώ τα ίδια δεδομένα ερμηνεύτηκαν διαφορετικά από διαφορετικούς επιστήμονες. Μπορεί επίσης δυο επιστήμονες να ξεκινήσουν από διαφορετικά δεδομένα και να καταλήξουν στο ίδιο συμπέρασμα. Έτσι ο Fresnel και ο Young ξεκίνησαν από διαφορετικές αφετηρίες (η αφετηρία του Fresnel ήταν φαινομενικά Νευτώνεια ενώ

του Young αντινευτώνεια, θεωρούσε ότι εφαρμόζε ένα αξίωμα του Huygens) και φτάσανε και οι δυο στην κυματική θεωρία (Gillispie 1986, σελ. 372- 375).

- **Η ανακάλυψη του οξυγόνου** και πώς ερμηνεύτηκε από τον Priestley (με τη θεωρία του φλογιστού) και πώς από τον Lavoisier (απέρριψε τη θεωρία του φλογιστού) (Bernal, 1983, σελ. 653 και σελ. 653 -54; Hankins, 1998, σελ. 156; Gillispie, 1986, σελ. 204, 213-215), όπου ο Priestley δεν κατανόησε απόλυτα τη σημασία των ανακαλύψεών του και τελικά ο Lavoisier, συμπλήρωσε το κενό. Ο Lavoisier κατάλαβε τι σήμαινε το πείραμα με το οξείδιο του υδραργύρου πιο γρήγορα από τον ίδιο τον πρωτεργάτη του.
- **Θερμότητα.** Από την κοινή έκθεση των Laplace και Lavoisier (18 Ιουνίου 1783): «Οι φυσικοί είναι διχασμένοι στο ζήτημα της φύσης της θερμότητας. Μερικοί τη θεωρούν ένα ρευστό που διαπερνάει όλη τη φύση, που διεισδύει στα σώματα σε μεγαλύτερο ή μικρότερο βαθμό ανάλογα με τη θερμοκρασία τους και τη χωρητικότητά τους. [...] Άλλοι φυσικοί, πάλι πιστεύουν ότι η θερμότητα δεν είναι παρά το αποτέλεσμα ανεπαίσθητων κινήσεων στα μόρια της ύλης.[...] Δεν θα κρίνουμε ποια από τις δυο υποθέσεις που αναφέραμε είναι η σωστή. Μερικά φαινόμενα φαίνεται να ευνοούν τη δεύτερη [...] υπάρχουν όμως και άλλα φαινόμενα που μπορούν να εξηγηθούν απλούστερα με την πρώτη.

B. Ζητήματα που διδάσκαμε, μόνο γνωστικά, να διδάσκονται και σχετικά με τη φύση της γνώσης των Φ.Ε..

- Τα χρώματα δεν είναι ιδιότητες των αντικειμένων που βλέπουμε [...] είναι ιδιότητες του φωτός. Νεύτωνας: Κρίσιμο πείραμα η διάθλαση του λευκού φωτός με πρίσμα. Όπως αλλάξατε εσείς άποψη, άλλαξαν και οι επιστήμονες με το πείραμα του Νεύτωνα.
- Διαφοροποίηση μαγνητικών – ηλεκτροστατικών δυνάμεων.
Από την εποχή του Θαλή του Μιλήσιου μέχρι τα μέσα του 16^{ου} αιώνα οι επιστήμονες θεωρούσαν ότι τα φαινόμενα στατικού ηλεκτρισμού και μαγνητισμού είναι ίδια (το ίδιο θεωρούν και τα παιδιά). Το 1550 ο Gardano έκανε έναν πίνακα με διαφορές τους, τον οποίο συμπλήρωσε ο Gilbert το 1600, όπως 1) Ο μαγνήτης τραβάει μόνο σιδερένια αντικείμενα (επιπλέον και αντικείμενα από νικέλιο και κοβάλτιο) ενώ το τριμμένο στυλό (στατικός ηλεκτρισμός) τραβάει ελαφριά σιδερένια αντικείμενα αλλά και χαρτάκια κτλ. 2) Ο μαγνήτης μόνο τραβάει ενώ το καλά τριμμένο στυλό αρχικά τραβάει τα ελαφριά αντικείμενα και στη συνέχεια τα απωθεί. 3) Ο μαγνήτης τραβάει και μέσα από νερό ενώ το τριμμένο στυλό (στατικός ηλεκτρισμός) δεν κάνει τίποτε όταν υπάρχει υγρασία.
Όπως τα παιδιά άλλαξαν άποψη με τη νέα εμπειρία έτσι και οι επιστήμονες άλλαξαν άποψη στην ιστορία της Φυσικής.

Οι αλλαγές θεωριών δεν είναι μόνο στο παρελθόν, και σήμερα αλλάζουν π.χ. πειράματα ανίχνευσης νετρίνων απειλούν το Καθιερωμένο Πρότυπο που είναι σήμερα το κυρίαρχο μοντέλο στη σωματιδιακή Φυσική.

8.4.2 Η 2^η συνάντηση

8.4.2.1 Εισαγωγή

Η 2^η συνάντηση έγινε στις 24 Απριλίου 2018. Ήταν αφιερωμένη στη διδασκαλία των χαρακτηριστικών της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. μέσω της επιστημονικής διερεύνησης. Οι επιμορφούμενοι κλήθηκαν, στην μεγαλύτερη έκταση του τριώρου, υποδύομενοι τους μαθητές: α) να επιλύσουν προβλήματα Μαύρου Κουτιού, βιώνοντας το πώς οι επιστήμονες προχωρούν στην έρευνα για πράγματα που δεν μπορούν να δουν ή να αγγίξουν, και β) να κάνουν ταξινομήσεις υλικών. Στα βήματα που έκαναν, και στις δυο δραστηριότητες, καλούνταν με σαφή και αναστοχαστικό τρόπο να αναγνωρίσουν χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. Σε οποιοδήποτε σημείο του μαθήματος μπορούσαν να κάνουν σχετικές ερωτήσεις, παρατηρήσεις και εισηγήσεις.

8.4.2.2 Μαύρα κουτιά και φύση των Φ.Ε.

8.4.2.2α' Εισαγωγή

Τα Μαύρα Κουτιά, είναι κλειστές κατασκευές που δεν αφήνουν να φανεί το περιεχόμενό τους. Η προσπάθεια για την εξαγωγή συμπεράσματος σχετικά την εσωτερική τους δομή απαιτεί επαναλαμβανόμενες μεταβολές και μετρήσεις ή/και παρατηρήσεις στην είσοδο και την έξοδο του (βλ. Εικόνα 8.9), χωρίς όμως το Μαύρο Κουτί να ανοίξει. Μάλιστα, είναι δυνατόν να υπάρχουν περισσότερα του ενός προτεινόμενα μοντέλα για την εσωτερική δομή ενός Μαύρου Κουτιού που να είναι συμβατά με τις παρατηρήσεις (Rode & Friege, 2017).



Εικόνα 8.9: Η ενασχόληση με τα πειράματα Μαύρου Κουτιού (Rode & Friege, 2017)

Η αρχική χρήση Μαύρων Κουτιών στη διδασκαλία των Φ.Ε. από τη δεκαετία ήδη του 1970 ήταν η διδασκαλία γνωστικού περιεχομένου, π.χ. μέσω μεταβολών και μετρήσεων στην είσοδο και την έξοδο του κουτιού να προσδιορισθεί η συνδεσμολογία ηλεκτρικών κυκλωμάτων που βρίσκονται στο εσωτερικό του (Wray 1974). Αντίστοιχα παραδείγματα παρουσιάζονται στα άρθρα των Keller & Wang (1994), Terry (1995); Kao et al (2006); Rode & Friege (2017) and Harrison (2018), που χρησιμοποιούν Μαύρα Κουτιά για διδασκαλία περιεχομένου Φυσικής, με σκοπό την πρόκληση ενδιαφέροντος, την αύξηση της περιέργειας, τη βελτίωση της ικανότητας διατύπωσης ερωτήσεων και τον έλεγχο της γνώσης των μαθητών πάνω στο γνωστικό περιεχόμενο. Τέλος, Μαύρα Κουτιά έχουν χρησιμοποιηθεί στο πειραματικό μέρος ολυμπιάδων Φυσικής (Chakrabarti et al, 2013).

Τα τελευταία χρόνια, υπάρχει μια αυξανόμενη τάση στη Διδακτική των Φ.Ε. να χρησιμοποιούνται τα Μαύρα Κουτιά και για την ανάδειξη χαρακτηριστικών της φύσης της γνώσης των Φ.Ε μέσα από δραστηριότητες επιστημονικής διερεύνησης (Bell, 2008· Lederman & Abd-Al- Khalick 1998· Aydin & Hanuscin, 2011· Miller, 2014· Briggs, 2019). Οι επιστήμονες συχνά καλούνται να ερευνήσουν «πράγματα» – και να βγάλουν συμπεράσματα για τη σύσταση και τη λειτουργία τους – που δεν μπορούν να δουν ή να αγγίξουν επειδή είναι πολύ μικρά (π.χ. εσωτερικό του ατόμου, στοιχειώδη σωματίδια ή οτιδήποτε σχετίζεται με την Πυρηνική Φυσική), πολύ μεγάλα και μακρινά (π.χ. αστέρια, Μαύρες Τρύπες, αστέρες νετρονίων ή οτιδήποτε σχετίζεται με το σύμπαν) ή γενικότερα απρόσιτα (π.χ. η σύσταση του εσωτερικού της Γης). Τα παραπάνω προσομοιάζονται με Μαύρα Κουτιά για τα οποία οι επιστήμονες καλούνται να βγάλουν συμπεράσματα για τη δομή ή/και τη λειτουργία τους χωρίς να έχουν άμεση πρόσβαση σε αυτά και προφανώς χωρίς να μπορούν να τα «ανοίξουν».

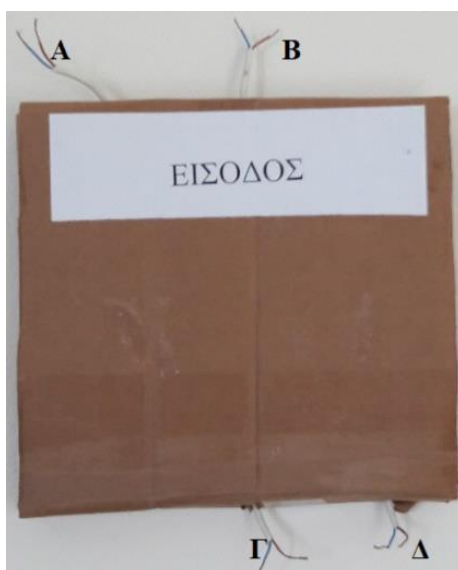
Θεωρείται σημαντικό να κατανοήσουν οι μαθητές, από μικρή ηλικία, ότι οι επιστήμονες σε ερευνητικά αντικείμενα όπως τα παραπάνω δεν μπορούν να κάνουν άμεσες παρατηρήσεις. Οπότε, με έμμεσες μεθόδους καταλήγουν σε συμπεράσματα και σχεδιάζουν μοντέλα, τα οποία περιγράφουν τη δομή αυτών των αντικειμένων ή/και τους τρόπους συμπεριφοράς και αλληλεπίδρασής τους με τον υπόλοιπο κόσμο. Αυτά τα μοντέλα ελέγχονται αν παράγουν επαναλήψιμα αποτελέσματα και αναθεωρούνται είτε από καινούριες παρατηρήσεις που μπορεί να γίνονται με τη βοήθεια νέων βελτιωμένων οργάνων, είτε λόγω μιας νέας δημιουργικής ιδέας, ώστε να ανταποκρίνονται καλύτερα στις καταγεγραμμένες ενδείξεις.

8.4.2.2β' Παρουσίαση του μαθήματος

Στόχοι, όσον αφορά στην ανάδειξη χαρακτηριστικών της φύσης της γνώσης των Φ.Ε., ήταν οι συμμετέχοντες να είναι ικανοί:

1. να αναγνωρίζουν ότι οι επιστήμονες χρησιμοποιούν τη δημιουργικότητά τους (X3) για θέτουν ερωτήσεις, να ελέγχουν, να καταλήγουν σε συμπεράσματα, και να τα αναθεωρούν (X5), βάσει αποδεικτικών στοιχείων (X1)
2. να κάνουν διαχωρισμό μεταξύ παρατηρήσεων και συμπερασμάτων (X2)
3. να κατανοούν ότι η επιστημονική γνώση είναι υποκειμενική (X4), καθώς η ερμηνεία των στοιχείων εξαρτάται από προϋπάρχουσες γνώσεις και εμπειρίες τους. Η αντικειμενικότητα της γνώσης μπορεί να αυξηθεί μέσα από το δημόσιο διάλογο, την κριτική και την συνεργασία
4. να κατανοούν ότι η επιστημονική γνώση είναι αβέβαιη (X5) ως ένα έργο πάντα σε εξέλιξη (κανείς δε βλέπει τι τελικά περιέχει το κουτί), η επιστημονική γνώση μπορεί να αλλάξει αν μια νέα παρατήρηση δεν ερμηνεύεται με την υπάρχουσα γνώση (λόγω εξέλιξης της τεχνολογίας μπορεί να έχει παραχθεί νέο όργανο), είτε αν παλιές ερμηνείες μπορούν να ερμηνευτούν παραγωγικότερα με βάση μια καινούργια ιδέα (X3) ενός επιστήμονα.

Το Μαύρο Κουτί που χρησιμοποιήθηκε περιέχει στοιχεία ηλεκτρικών κυκλωμάτων. Είναι ένα παραλληλεπίπεδο κουτί φτιαγμένο από τσακισμένο χαρτόνι διαστάσεων 35cm x 30cm x 5cm, από τις δυο στενές πλευρές του οποίου έβγαιναν δυο διπλά καλώδια με χρώματα μπλε και καφέ (Α, Β, Γ και Δ στην Εικόνα 8.10).



Εικόνα 8.10: Η εξωτερική εμφάνιση του Μαύρου Κουτιού

Πάνω από τις θέσεις των καλωδίων Α και Β είναι γραμμένη η λέξη ΕΙΣΟΔΟΣ (για να διευκολύνει χρονικά τη διερεύνηση, μιας κι έτσι υποδεικνύεται να συνδεθεί η μπαταρία μόνο στις θέσεις Α και Β).

Το μάθημα είχε αρχικά σχεδιαστεί να γίνει ως εξής: Οι συμμετέχοντες χωρίζονται σε ομάδες των 4 ατόμων και σε κάθε ομάδα δίνονται τα υλικά: ένα Μαύρο Κουτί, μια πλακέ μπαταρία 4,5V, ένα κλασικό λαμπάκι φακού 3,6V μέσα στη βάση του, μια πυξίδα, καλώδια με κροκοδειλάκια στις άκρες τους. Τους ζητείται να βρουν τι περιέχει το Μαύρο Κουτί, κάνοντας ό,τι αυτοί κρίνουν κατάλληλο. Το μάθημα κλείνει με συζήτηση στην ολομέλεια για να εξαχθούν τα τελικά συμπεράσματα. Με τον τρόπο αυτό το μάθημα γίνεται ανάλογο της επιστημονικής έρευνας: κάθε ερευνητική ομάδα επιστρατεύει τη δημιουργικότητα των μελών της για να σχεδιάσει και να πραγματοποιήσει την ερευνά της, από τις παρατηρήσεις της καταλήγει στα δικά της (υποκειμενικά) συμπεράσματα τα οποία ανακοινώνει και προσπαθεί να υποστηρίξει στη συζήτηση με την υπόλοιπη επιστημονική κοινότητα. Τελικά, η συζήτηση οδηγεί στα κατά τεκμήριο πιο αντικειμενικά συμπεράσματα. Τέλος ζητείται από τους επιμορφούμενους να σημειώσουν κατά τη διάρκεια της εργασίας τους, και να τα αναφέρουν στη συζήτηση, τα χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. που αναγνώρισαν στη διάρκεια της όλης διαδικασίας.

Η ύπαρξη όμως των 49 εκπαιδευτικών, η έλλειψη τραπεζιών στο χώρο που πραγματοποιήθηκε το πρόγραμμα και ο περιορισμένος χρόνος οδήγησαν σε τρόπο διερεύνησης όπου οι μαθητευόμενοι πρότειναν ενέργειες, ο παρουσιαστής του προγράμματος τις εκτελούσε, οι μαθητευόμενοι συζητούσαν τις παρατηρήσεις τους και με βάση αυτές κατέληγαν τόσο σε συμπεράσματα για το τι μπορεί να περιέχει το Μαύρο Κουτί, όσο και σε ποιο χαρακτηριστικό της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. εμφανίζονταν.

Στη συνέχεια δίνονται περιληπτικά σε μορφή Πίνακα, Πίνακας 8.1, μερικές από τις ενέργειες που πρότειναν οι συμμετέχοντες και οι παρατηρήσεις τους:

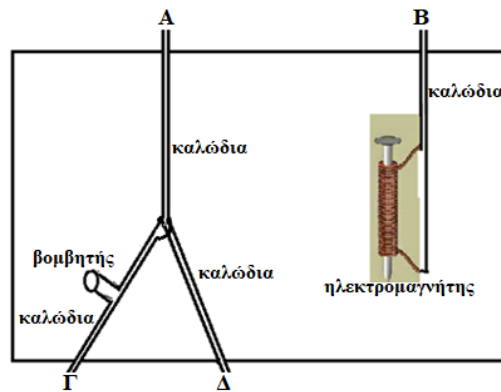
ΕΝΕΡΓΕΙΕΣ	ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ
1. Συνδέεται η μπαταρία στη θέση Α και η λάμπα στη θέση Δ	1. Η λάμπα ανάβει
2. Με τη μπαταρία συνδεδεμένη στη θέση Α συνδέεται η λάμπα στη θέση Γ	2. Η λάμπα δεν ανάβει
3. Συνδέεται πάλι η μπαταρία στη θέση Α αλλά με ανάστροφη πολικότητα (δηλ. ο θετικός πόλος της μπαταρίας να συνδεθεί με το καφέ αντί με το μπλε καλώδιο) από ότι πριν και η λάμπα παραμένει στη θέση Γ	3. Η λάμπα δεν ανάβει αλλά ακούγεται ήχος βομβητή από το εσωτερικό του κουτιού
4. Συνδέεται η μπαταρία στη θέση Β (και με τις δυο δυνατές πολικότητες) και η λάμπα στη θέση Γ ή στη θέση Δ	4. Η λάμπα δεν ανάβει ούτε ακούγεται κάποιος βόμβος
5. Συνδέεται η μπαταρία στη θέση Β και τοποθετείται η πυξίδα σε διάφορες θέσεις στην επιφάνεια του κουτιού	5. Σε μια περιοχή της επιφάνειας του κουτιού η βελόνα αποκλίνει και στριφογυρίζει.
6. Η μπαταρία συνδέεται στη θέση Β με διαφορετική πολικότητα	6. Η πυξίδα περιστρέφεται με αντίθετη φορά. Η φορά της απόκλισης ή της περιστροφής εξαρτάται από την πολικότητα σύνδεσης της μπαταρίας
7. Εκπαιδευτικός πρότεινε αντί για πυξίδα να χρησιμοποιηθεί κινητό τηλέφωνο που διαθέτει ανιχνευτή μαγνητικού πεδίου και κατάλληλο λογισμικό (πχ. Physics Toolbox Suite)	7. Έντονη ένδειξη της ύπαρξης του μαγνητικού πεδίου και αναστροφή των ενδείξεων με την αναστροφή της πολικότητας στη σύνδεση της μπαταρίας.

Πίνακας 8.1: Ενέργειες και παρατηρήσεις κατά τη διδασκαλία του Μαύρου Κουτιού

Από τις παραπάνω παρατηρήσεις προέκυψαν τελικά τα εξής συμπεράσματα:

1. Το καλώδιο από τη θέση Α καταλήγει στη θέση Δ (Παρατήρηση 1)
2. Το καλώδιο από τη θέση Α κάπου διακλαδίζεται και ο δεύτερος κλάδος της διακλάδωσης καταλήγει στη θέση Γ. Σε αυτή τη διακλάδωση είναι συνδεδεμένος ένας βομβητής με πολικότητα (Παρατηρήσεις 2 και 3). Η προσθήκη της λάμπας κλείνει το κύκλωμα, άρα ο βομβητής είναι σε σειρά, και η λάμπα δεν ανάβει γιατί ο βομβητής έχει μεγάλη αντίσταση. Ο θετικός πόλος (το κόκκινο καλώδιο) του βομβητή είναι συνδεδεμένος με το καφέ καλώδιο προς το μέρος του θετικού πόλου της μπαταρίας (Παρατήρηση 3)
3. Το καλώδιο από τη θέση Β καταλήγει σε ηλεκτρομαγνήτη που υπάρχει στο εσωτερικό του κουτιού (παρατηρήσεις 5, 6 και 7)

Σύμφωνα με τα παραπάνω συμπεράσματα μια τομή του Μαύρου Κουτιού μπορεί να είναι αυτή που ακολουθεί στην Εικόνα 8.11:



Εικόνα 8.11: Μια τομή του Μαύρου Κουτιού

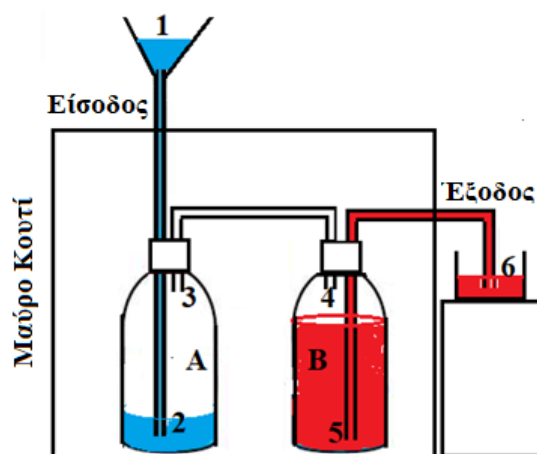
Στο σημείο αυτό συζητήθηκε με τους επιμορφούμενους ότι θα μπορούσε να κατασκευαστεί ένα μοντέλο του κουτιού, για να αποδειχτεί αν ένα Μαύρο Κουτί με αυτή την προτεινόμενη δομή λειτουργεί όπως το υπό έρευνα Μαύρο Κουτί, κάτι που δεν επέτρεψε ο χρόνος να γίνει. Σημειώνεται ότι από τη στιγμή που το κουτί δεν ανοίγεται δεν μπορούμε να είμαστε βέβαιοι ότι αυτή είναι η δομή του. Θα μπορούσε, για παράδειγμα, να υπάρχει μικρή αντίσταση συνδεδεμένη σε σειρά με τον βομβητή ή μεγάλη ωμική αντίσταση συνδεδεμένη παράλληλα με τον βομβητή και να μην ανιχνεύεται. Τέλος συζητήθηκαν με τους συμμετέχοντες στο πρόγραμμα τα χαρακτηριστικά της φύσης των Φ.Ε. που αναδεικνύονται με αυτή τη δραστηριότητα (βλέπε στόχους παραπάνω), καθώς και πώς αναδεικνύεται το καθένα. Αυτό καλύπτει την απαίτηση της βιβλιογραφίας για ρητή και αναστοχαστική διδασκαλία των χαρακτηριστικών της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. (Lederman, 2019). Οι στόχοι τους οποίους οι επιμορφούμενοι θεώρησαν ότι μπορεί να αναδείξει αυτή η δραστηριότητα συμφωνούν, σε γενικές γραμμές, με αυτές που έχουν στην αρχή της παραγράφου αυτής αναφερθεί. Η παραπάνω διαδικασία και οι αντιδράσεις των εκπαιδευτικών παρουσιάστηκαν σε συνέδριο παραγωγής εκπαιδευτικού υλικού, με θετικές αναδράσεις (Κουμαρά & Πλακίτση, 2018)

Οι συμμετέχοντες έκριναν θετικά τη δραστηριότητα και όταν στο τελευταίο τρίωρο του προγράμματος παρουσίασαν εργασίες τους για τη συμπερίληψη της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. στη διδασκαλία τους τέσσερις παρουσίασαν εργασίες με Μαύρα Κουτιά, όπως για παράδειγμα ανίχνευση χημικών δεσμών από ιδιότητες ουσιών, ηλεκτρικά κυκλώματα, προσδιορισμός ηλεκτρικών στοιχείων και τρόπου συνδεσμολογίας, μαύρα κουτιά σε ηλεκτρονικό υπολογιστή για τα μοντέλα του ατόμου ή την ενέργεια που εκλύει το άτομο του υδρογόνου.

8.4.2.2γ Ένα μαγικό μαύρο κουτί.

Στη συνέχεια, παρουσιάστηκε στους συμμετέχοντες Μαύρο Κουτί στην είσοδο του οποίου ρίχνεται νερό και στην έξοδο βγαίνει κρασί. Τους ζητήθηκε να σχεδιάσουν το εσωτερικό του Μαύρου Κουτιού. Στη συζήτηση που ακολούθησε αναφέρθηκε ότι στις πολιτισμικές συνθήκες της Αλεξανδρινής περιόδου γίνονταν ανάλογες επιδείξεις σε ναούς και αντιμετωπιζόνταν ως θαύμα (Woodcroft, 1851, p. 39-40). Τώρα που έχει αλλάξει το πλαίσιο δεν είναι πλέον θαύμα, είναι απλά απόδειξη του ότι ο αέρας καταλαμβάνει όγκο (X6). Το νερό που ρίχνουμε σε ένα χωνί (1) στην είσοδο του Μαύρου Κουτιού, καταλήγει με τη βοήθεια λεπτού σωλήνα, που περνά αεροστεγώς

από τρύπα στο πώμα, στο κάτω μέρος (2) ενός αρχικά άδειου διαφανούς μπουκαλιού (δοχείο A), βλέπε Εικόνα 8.12

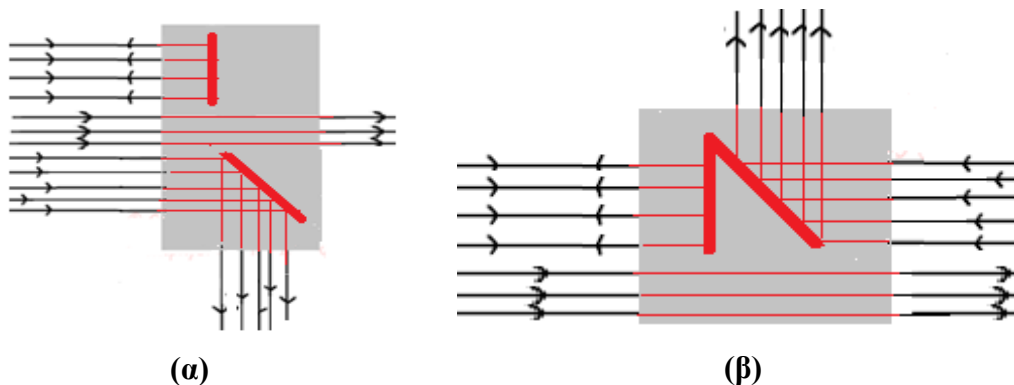


Εικόνα 8.12: Μαύρο κουτί που μετατρέπει το νερό σε κρασί.

Το δοχείο A έχει μόνο μια έξοδο (3) στο πάνω μέρος του, που συνδέεται με λεπτό σωλήνα (3-4), με το πάνω μέρος (4) δοχείου (B) που είναι γεμάτο με κρασί. Στο κάτω μέρος (5) του δοχείου B ξεκινάει ο τρίτος λεπτός σωλήνας που καταλήγει στην έξοδο (6) της συσκευής. Το νερό που μπαίνει στο δοχείο A αντικαθιστά τον αέρα που υπάρχει σε αυτό, ο αέρας με τη σειρά του περνάει με το λεπτό σωλήνα (3-4) στο δοχείο B, με αποτέλεσμα να καταλάβει όγκο και να αναγκάζει (αυξάνεται η πίεση σε αυτό) το κρασί να βγει από την έξοδο (6) του Μαύρου Κουτιού. Κρίσιμο σημείο για την επιτυχία της «μετατροπής του νερού σε κρασί» είναι όλες οι διελεύσεις του λεπτού σωλήνα από τα πώματα των μπουκαλιών να είναι αεροστεγείς.

8.4.2.2δ Προσομοίωση μαύρου κουτιού σε υπολογιστή

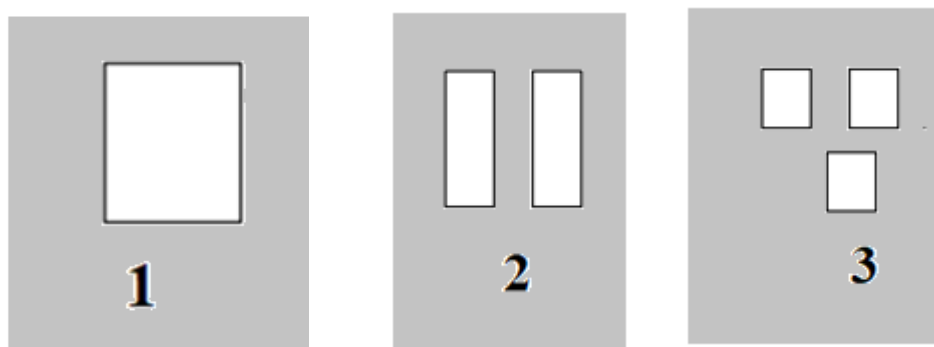
Ως πρώτο εισαγωγικό βήμα για να αναδειχθεί το μοντέλο του Rutherford για το άτομο, και κατ' επέκταση η εξέλιξη των ατομικών μοντέλων, συζητήθηκε υπολογιστική εφαρμογή που υποτίθεται ότι εκπέμπει σωματίδια, ή ακτίνες Laser, από το αριστερό μέρος της οθόνης τα οποία εισέρχονται στο κουτί που υπάρχει στην οθόνη (το γκρίζο παραλληλόγραμμο στην οθόνη). Δεν βλέπουμε τίποτε μέσα στο κουτί, (φανταζόμαστε όσα φαίνονται με κόκκινο χρώμα), βλέπουμε μόνο την τροχιά των προσπίπτοντων και ανακλώμενων σωματιδίων μόνο έξω από το κουτί (μαύρες γραμμές). Στην περίπτωση μας τα σωματίδια ανακλώνται ακολουθώντας σε μια περιοχή της οθόνης την ίδια πορεία με αντίστροφη φορά (Εικόνα 8.13α) και σε μια άλλη περιοχή της οθόνης πορεία κάθετη προς την αρχική. Από την ανάκλαση μπορεί να βρεθεί τι υπάρχει μέσα στο κουτί: (1^η απάντηση: ένα εμπόδιο με πρόσοψη κάθετη στην τροχιά των σωματιδίων στο πάνω μέρος. Είμαστε όμως 100% σίγουροι ότι το εμπόδιο δεν είναι της μορφής \perp , και 2^η απάντηση: ένα εμπόδιο σε γωνία 45° με την τροχιά των σωματιδίων στο κάτω μέρος).



Εικόνα 8.13: Ανάκλαση δέσμης σωματιδίων από το εσωτερικό μαύρου κουτιού (α), Ανάκλαση διπλής δέσμης σωματιδίων από το εσωτερικό του μαύρου κουτιού (β)

Πολυπλοκότερο γίνεται το σύστημα αν τα σωματίδια μπορούν να εκπεμφθούν, σε ελεγχόμενες διαφορετικές χρονικές στιγμές, και από το αριστερό αλλά και από το δεξιό μέρος της οθόνης, Εικόνα 8.13β.

Ως δεύτερο πιο απαιτητικό βήμα: Το Κουτί μπορεί να βομβαρδίζεται από οποιαδήποτε από τις τέσσερις πλευρές της οθόνης και ζητάμε να αναγνωριστεί κάθε μια από τις τρεις μορφές της Εικόνας 8.14 που διαδοχικά μπαίνουν στο κουτί (Bell 2008, p. 109).

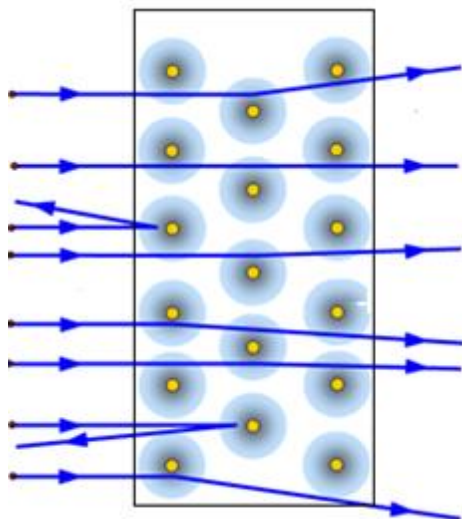


Εικόνα 8.14: Τρία Μαύρα Κουτιά

Βλέπε:

http://chemteacher.chemeddl.org/joomla/index.php?option=com_projectlog&view=project&id=96&caller=74

Τα παραπάνω παρουσιάστηκαν με στόχο να λειτουργήσουν ως εισαγωγή σε προσομοίωση του πειράματος που έγινε, το 1909, από τους Geiger και Marsden στο εργαστήριο του Rutherford. Βομβαρδίζοντας με σωματίδια α ένα φύλλο χρυσού παρατηρήθηκε ότι 1 στα 8.000 σωματίδια αναπηδούσε σχεδόν σε ευθεία γραμμή πίσω προς την πηγή. Ο Rutherford από τα αποτελέσματα αυτά απέρριψε (η δημιουργικότητα και η ανθρώπινη φαντασία στην ερμηνεία των αποτελεσμάτων) το μοντέλο του σταφιδόψωμου του J.J. Thomson (υπάρχουσα γνώση της εποχής) και προχώρησε στο δικό του μοντέλο για το άτομο.



Εικόνα 8.15: προσομοίωση σκέδασης σωματιδίων α σε φύλλο χρυσού

Ότι είναι μέσα στο παραλληλόγραμμο δεν φαίνεται, είναι ένα Μαύρο Κουτί. Εκπέμπονται σωματίδια από αριστερά και βγαίνουν όπως φαίνεται στην οθόνη, Εικόνα 8.15.

Παρατηρείται ότι:

- Πάρα πολλά (το 99%) από τα σωματίδια διαπερνούν το Μαύρο Κουτί
- μερικά από τα σωματίδια εκτρέπονται με μικρές γωνίες
- ένας πολύ μικρός αριθμός σωματιδίων γυρίζει πίσω

Ζητείται να ζωγραφίσουν τι μπορεί να είναι μέσα στο κουτί

8.4.2.3 Η «Μέθοδος» των Φυσικών Επιστημών τελικά δεν είναι μία.

Στο βιβλίο Φυσικής της Β΄ Γυμνασίου (Αντωνίου κ.α., 2012 σελ. 11) παρουσιάζεται η επιστημονική μέθοδος ως μία, με μια καθιερωμένη σειρά βημάτων. Αυτό δεν είναι κάτι που συναντάται μόνο στα ελληνικά βιβλία, συνηθισμένη είναι η εμφάνισή του και διεθνώς. Οι Lederman, Antink and Bartos (2014) σχολιάζουν:

«Οι μαθητές και η κοινή γνώμη έχουν μια διαστρεβλωμένη άποψη για την επιστημονική διερεύνηση, που είναι αποτέλεσμα της εκπαίδευσης στο σχολείο, των μέσων μαζικής ενημέρωσης και της δομής των περισσότερων επιστημονικών αναφορών. Αυτή η διαστρεβλωμένη άποψη ονομάζεται «Η Επιστημονική Μέθοδος» και περιλαμβάνει μια καθορισμένη σειρά και αλληλουχία βημάτων που όλοι οι επιστήμονες ακολουθούν όταν επιχειρούν να απαντήσουν στα επιστημονικά ερωτήματα»

Παρόλο που το «Δεν υπάρχει μία επιστημονική μέθοδος που να ακολουθείται σε όλες τις έρευνες» δεν είναι (σύμφωνα με την ομάδα του Lederman, τις απόψεις της οποίας ακολουθούμε στην παρούσα διατριβή) χαρακτηριστικό της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. αλλά χαρακτηριστικό της Επιστημονικής Διερεύνησης συμπεριλήφθηκε στην ύλη του επιμορφωτικού προγράμματος διότι: α) αν μείνουν οι μαθητές με την άποψη ότι για κάθε επιστημονική έρευνα πρέπει να ακολουθούν μια σειρά από αυστηρά καθορισμένα βήματα, θα έχουν πρόβλημα στο να κατανοούν τα όρια της επιστήμης, όπως για παράδειγμα για το κατά πόσο η θεωρία της Εξέλιξης είναι μια επιστημονική θεωρία (ο Δαρβίνος που θεμελίωσε τη θεωρία της εξέλιξης δεν έκανε κανένα πείραμα) ή για το κατά πόσο η Παρατηρησιακή Αστρονομία ή η Παλαιοντολογία είναι επιστήμες, με δεδομένο ότι κανένας παρατηρησιακός Αστρονόμος ή Παλαιοντολόγος δεν έκανε ποτέ σχετικά πειράματα. β) Δεν μπορούν να κατανοήσουν χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. (άλλωστε αυτά είναι εγγενή του τρόπου δημιουργίας της, δηλ. και της επιστημονικής διερεύνησης) π.χ. αφού οι επιστήμονες ακολουθούν αυστηρά καθορισμένα βήματα, η φαντασία και η δημιουργικότητα του ερευνητή δεν έχουν ρόλο στο επιστημονικό έργο (Lederman, 2006, σελ 306). Στόχος μας είναι να γίνει

κατανοητό ότι η επιστήμη είναι πολύ πιο ποικίλη και δημιουργική στις προσεγγίσεις από ότι υponοείται από μια ενιαία επιστημονική μέθοδο.

Αρχικά ως διερεύνηση είναι ένα μάθημα στις Φυσικές Επιστήμες το οποίο εμπλέκει τους μαθητές σε δυο δραστηριότητες:

1. Κάνουν μια οι περισσότερες ερευνητικές ερωτήσεις, και
2. Επιχειρούν να απαντήσουν την ερώτηση, ή τις ερωτήσεις, μέσω επεξεργασίας δεδομένων (Bell, Smetana and Binns 2005)

Σημειώνεται ότι ο παραπάνω ορισμός δεν απαιτεί να γίνεται κατ' ανάγκη η συλλογή των δεδομένων από τους μαθητές, ούτε την ανάγκη να λαμβάνονται δεδομένα μόνο με έλεγχο μεταβλητών.

Σε ένα γενικό επίπεδο, η επιστημονική διερεύνηση μπορεί να παίρνει τις μορφές: α) περιγραφική (παρατηρησιακή), β) συσχετιστική και γ) πειραματική, βλέπε Εικόνα 8.16. Η περιγραφική είναι η μορφή έρευνας που συνήθως χαρακτηρίζει την αρχική πορεία μιας έρευνας: είναι ο τύπος που καθορίζει τις μεταβλητές και τους παράγοντες που είναι σημαντικοί για μια συγκεκριμένη περίπτωση, β) Η συσχετιστική είναι ένας τύπος έρευνας στην οποία ο ερευνητής μετρά δύο μεταβλητές, που συνήθως αναδεικνύονται από τις περιγραφικές έρευνες, και αξιολογεί τη στατιστική σχέση (δηλ. τη συσχέτιση) μεταξύ τους με μικρή ή καθόλου προσπάθεια ελέγχου εξωτερικών μεταβλητών, π.χ. καρκίνος και κάπνισμα είναι μια συσχετιστική έρευνα (κανείς δεν πραγματοποίησε ελεγχόμενη μελέτη, αναθέτοντας τυχαία σε άτομα να καπνίζουν ή να μην καπνίζουν και στη συνέχεια να μελετήσει ποιες ασθένειες απόκτησαν) (Bell 2008, p.57) και γ) Πειραματικές έρευνες είναι αυτές στις οποίες υπάρχει έλεγχος μεταβλητών και εξέταση υποθέσεων, αυτό που συνήθως τα βιβλία παρουσιάζουν σαν τη μοναδική επιστημονική μέθοδο (Lederman, Antink and Bartos, 2014).



Εικόνα 8.16: Είδη επιστημονικής διερεύνησης

Έτσι για παράδειγμα, μεγάλο μέρος της έρευνας στην ανατομία και την ταξινομία είναι στη φύση του περιγραφικό και δεν εξελίσσεται απαραίτητα σε πειραματικούς ή συσχετιστικούς τύπους έρευνας: ο σκοπός της έρευνας σε αυτούς τους τομείς είναι συνήθως απλά περιγραφικός. Από την άλλη, υπάρχουν πολλά παραδείγματα στην ιστορία των ανατομικών ερευνών που έχουν περισσότερες απαιτήσεις από την απλή περιγραφή. Για παράδειγμα, η αρχική έρευνα για το καρδιαγγειακό σύστημα από τον Harvey ήταν εκ φύσεως περιγραφική. Όμως, από τη στιγμή που η ανατομία των αιμοφόρων αγγείων περιγράφηκε, προέκυψαν ερωτήματα σχετικά με την κυκλοφορία

του αίματος μέσα από τα αγγεία. Τέτοιες ερωτήσεις οδήγησαν σε έρευνες που συσχέτισαν τις ανατομικές δομές με τη ροή του αίματος και πειράματα που βασίστηκαν σε μοντέλα του καρδιαγγειακού συστήματος.

Συνοπτικά, προκειμένου να διαχωρίσουμε τις συσχετιστικές από τις πειραματικές έρευνες, οι πρώτες ερμηνεύουν τις σχέσεις ανάμεσα σε μεταβλητές που αναδεικνύονται από τις περιγραφικές έρευνες και οι δεύτερες περιλαμβάνουν μια οργανωμένη παρέμβαση και χειρισμό των μεταβλητών που αναφέρονται στη συσχετιστική έρευνα, σε μια προσπάθεια να εξαχθούν πρόχειρες σχέσεις. Σε μερικές περιπτώσεις, η πορεία της έρευνας μπορεί να φανεί ότι μεταβαίνει από την περιγραφική στη συσχετιστική και μετά στην πειραματική, ενώ σε άλλες περιπτώσεις (πχ. στην Παρατηρησιακή Αστρονομία) τέτοια πρόοδος δεν είναι απαραίτητη. Το αν η περιγραφική έρευνα δίνει το έναυσμα για συσχετιστικές προσεγγίσεις εξαρτάται από το πεδίο και το θέμα (Lederman, Antink and Bartos, 2014).

Μπορεί να είναι χρήσιμο να σκεφτούμε δύο πολύ ευρείες προσεγγίσεις για τη δημιουργία επιστημονικών γνώσεων: πιο περιγραφικές μεθόδους που βασίζονται σε μεγάλο βαθμό στην παρατήρηση και στο συμπεράσματα και πιο πειραματικές μεθόδους στις οποίες μπορούν να ελεγχθούν οι μεταβλητές και να εξεταστούν οι υποθέσεις. Έτσι, αντί να διδάσκουμε στους μαθητές ότι υπάρχει μια μεμονωμένη μέθοδος βήμα προς βήμα, την οποία ακολουθούν όλοι οι επιστήμονες, τους διδάσκουμε ότι η γνώση που έχουμε στην επιστήμη αναπτύσσεται μέσω πολλών δημιουργικών προσεγγίσεων. Μερικές βασίζονται σε μεγάλο βαθμό στην παρατήρηση και στο συμπέρασμα. Άλλες εστιάζουν περισσότερο στον πειραματισμό. Μερικές φορές η τυχαία εμφάνιση και ανάπτυξη των γεγονότων παίζει κάποιο ρόλο.

Ακολουθούν παραδείγματα τυχαίων ανακαλύψεων:

- Το ηλεκτρικό ρεύμα δημιουργεί απόκλιση της μαγνητικής βελόνας: Oersted
- Η πενικιλίνη: Fleming
https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%91%CE%BB%CE%B5%CE%BE%CE%AC%CE%BD%CF%84%CE%B5%CF%81_%CE%A6%CE%BB%CE%AD%CE%BC%CE%B9%CE%BD%CE%B3%CE%BA
- Ανοσία και εμβόλια: Pasteur
https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%9B%CE%BF%CF%85%CE%AF_%CE%A0%CE%B1%CF%83%CF%84%CE%AD%CF%81

Για όλες τις τυχαίες ανακαλύψεις μπορεί να ισχύει: «... Ίσως πολλοί να την παρατήρησαν, αλλά δεν τη σκέφτηκαν παραπέρα. Συχνά το δύσκολο στην επιστήμη είναι όχι τόσο το να κάνει κάποιος την ανακάλυψη, όσο το να καταλάβει ότι την έκανε (Bernal, 1983, σελ. 638). ... Ωστόσο αργά ή γρήγορα, αν στον τομέα αυτό έχουν συγκεντρωθεί πολλοί, θα βρεθεί κάποιος αρκετά παρατηρητικός, με αρκετά πλατύ μυαλό και με αρκετή κρίση ή άγνοια των ορθόδοξων θεωριών, ώστε να κάνει την ανακάλυψη» (Bernal, 1983, σελ. 639).

8.4.2.4 Ταξινόμηση

Η ταξινόμηση μπορεί να μείνει στο επίπεδο μιας περιγραφικής έρευνας. Έτσι τα παιδιά από πολύ μικρή ηλικία μπορούν να ταξινομήσουν δοθέντα υλικά σε δυο ομάδες με κριτήριο π.χ. ποια επιπλέουν και ποια βυθίζονται: τα βάζουν σε μια λεκάνη με νερό και παρατηρούν. Το πρόβλημα είναι να βρεθεί (σε μεγαλύτερη τάξη) το γενικότερο κριτήριο ταξινόμησης, δηλ. από τα δοθέντα υλικά να περάσουν σε μια υπόθεση την

οποία και να ελέγξουν στη συνέχεια (πειραματική έρευνα). Στις επόμενες σελίδες σκιαγραφούνται τρία παραδείγματα ταξινόμησης, τα οποία παρουσιάστηκαν στους επιμορφούμενους:

8.4.2.4α' 1^η πρόταση ταξινόμησης υλικών. Ποια υλικά τραβάει ένας μαγνήτης;

1. Δίνονται στους μαθητές μέταλλα που όλα είναι σιδηρομαγνητικά (σίδηρος, ατσάλι, χυτοσίδηρος και ότι άλλο σιδηρομαγνητικό βρείτε, πάνω στο καθένα είναι κολλημένο χαρτάκι με το όνομα του μετάλλου), διάφορα αμέταλλα (χαρτί, πλαστικά, ξύλινα, ...) και ένας μαγνήτης. Λέμε στους μαθητές: Ας υποθέσουμε ότι είστε επιστήμονες και σας ζητείται να ταξινομήσετε τα υλικά σε δυο κατηγορίες ανάλογα με το αν τα έλκει ή όχι ο μαγνήτης και να βγάλετε (γενικότερο) συμπέρασμα για το ποια υλικά έλκει ο μαγνήτης. Σύνηθες συμπέρασμα (είναι και η συνήθης άποψη των μαθητών): καταλήγουν ότι ο μαγνήτης έλκει τα μέταλλα.
2. Λέμε στους μαθητές: Ας υποθέσουμε ότι τώρα ανακαλύφθηκαν και άλλα μέταλλα, και δίνονται σε αυτούς μέταλλα όπως χαλκός, αλουμίνιο κτλ. (κάθε μέταλλο γράφει επάνω τι μέταλλο είναι). Ζητείται να ταξινομήσουν και αυτά σε δυο κατηγορίες ανάλογα με το αν τα έλκει ή όχι ο μαγνήτης. Φτιάχνουν τον σχετικό πίνακα. Ζητείται από τη μελέτη του πίνακα να βγάλουν (γενικότερο) συμπέρασμα για το ποια υλικά έλκει ο μαγνήτης. Επιθυμητό: τουλάχιστον να δουν ότι δεν ισχύει το προηγούμενο συμπέρασμα.

Τρόπος χειρισμού - Αντίδραση των εκπαιδευτικών

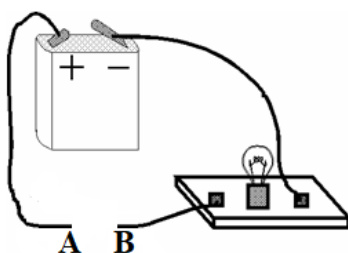
Το παραπάνω παρουσιάστηκε στους εκπαιδευτικούς σε μορφή επίδειξης. Ζητήθηκε από αυτούς στο τέλος του βήματος 1 και του βήματος 2 να βγάλουν συμπεράσματα σαν να ήταν μαθητές. Επίσης ζητήθηκε να αναγνωρίσουν ποια από τα χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. θα μπορούσαν να διδαχθούν με αυτή τη δραστηριότητα. Η απάντησή τους:

1. Η επιστημονική γνώση είναι εμπειρική (X1): Τα επιστημονικά συμπεράσματα βασίζονται σε στοιχεία που προκύπτουν από τις παρατηρήσεις. Μπορούν να αλλάξουν αν υπάρξουν νέα στοιχεία (X5).
2. Τα συμπεράσματα διαφέρουν από τις παρατηρήσεις (X2)
3. Η επιστημονική γνώση μπορεί να αλλάξει αν υπάρξουν νέα στοιχεία (X5).

Από εκπαιδευτικό σχολιάστηκε ότι η δραστηριότητα προσφέρεται για την αντιμετώπιση της συνήθους εναλλακτικής άποψης των μαθητών ότι οι μαγνήτες έλκουν γενικώς τα μέταλλα, κάτι στο οποίο συμφώνησαν όλοι.

8.4.2.4β' 2^η πρόταση ταξινόμησης υλικών. Αγωγοί – μονωτές

Η δραστηριότητα: Ζητείται, στο κύκλωμα της Εικόνας 8.17, να γεφυρώνουν το κενό με καθένα από τα υλικά που τους έχουν δοθεί.



Εικόνα 8.17: Ηλεκτρικό κύκλωμα με ενδιάμεσο κενό

1. Δίνονται όλοι οι αγωγοί σε κυλινδρική μορφή και όλοι οι μονωτές σε μορφή πλάκας. Ζητείται από τα παιδιά να ταξινομήσουν τα υλικά σε δυο κατηγορίες, ανάλογα με το αποτέλεσμα «ανάβει – δεν ανάβει», που βλέπουν στη λάμπα, και να φτιάξουν το σχετικό πίνακα. Ζητείται από τη μελέτη του πίνακα να βγάλουν (γενικότερο) συμπέρασμα για το ποια υλικά επιτρέπουν στο λαμπάκι να ανάψει. Επιθυμητό: να καταλήξουν (αν όχι μπορούμε να κατευθύνουμε τη συζήτηση ώστε να καταλήξουν) κάποιοι σε συμπέρασμα με βάση τα ορατά χαρακτηριστικά (π.χ κυλινδρικό ή πλακέ σχήμα).
2. Δίνονται στη συνέχεια νέα υλικά, όπου οι αγωγοί είναι σε μορφή πλάκας και οι μονωτές σε μορφή κυλίνδρου. Ζητείται από τα παιδιά να ταξινομήσουν τα υλικά σε δυο κατηγορίες, ανάλογα με το αποτέλεσμα «ανάβει – δεν ανάβει» που βλέπουν στη λάμπα. Φτιάχνουν τον σχετικό πίνακα. Ζητείται από τη μελέτη του πίνακα αυτού και του προηγούμενου να βγάλουν (γενικότερο) συμπέρασμα για το ποια υλικά επιτρέπουν στο λαμπάκι να ανάψει. Επιθυμητό: να καταλήξουν σε συμπέρασμα με βάση το μέταλλα – μη μέταλλα
3. Δίνεται στα παιδιά η «μύτη» (ο άξονας από γραφίτη) ενός μολυβιού, και ζητείται να ελεγχθεί αν είναι αγωγός ή μονωτής. Το αποτέλεσμα διευρύνει το προηγούμενο συμπέρασμα, η γνώση αλλάζει.
4. Και τώρα η επιστήμη προόδευσε. Επινόησε νέα ευαίσθητα όργανα (το λαμπάκι αντικαθίσταται από πιεζοηλεκτρικό βομβητή)
Κλείνει το κενό AB με αλατόνερο, με ξύδι, με το χέρι μου βρεγμένο με αλατόνερο κτλ. Το όργανο δείχνει ότι αυτά είναι αγωγοί.

Τρόπος χειρισμού - Αντίδραση των εκπαιδευτικών

Το παραπάνω παρουσιάστηκε στους εκπαιδευτικούς σε μορφή επίδειξης. Ζητήθηκε από αυτούς στο τέλος κάθε βήματος να βγάλουν συμπεράσματα σαν να ήταν μαθητές. Επίσης ζητήθηκε να αναγνωρίζουν ποια από τα χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. θα μπορούσαν να διδαχθούν με αυτή τη δραστηριότητα.

Η απάντησή τους:

1. Η επιστημονική γνώση είναι εμπειρική (X1)
2. Τα συμπεράσματα διαφέρουν από τις παρατηρήσεις (X2)
3. Η επιστημονική γνώση μπορεί να αλλάξει αν υπάρξουν νέα στοιχεία, μπορεί και να μην τελειώνει ποτέ καθώς νέα όργανα και υλικά θα συνεχίσουν να φτιάχνονται (X5) (βέβαια η σημερινή επιστήμη έχει απάντηση σε αυτά)

Στο σύνολο άρεσε η επίδειξη του ότι η χρήση νέων οργάνων μπορεί να οδηγήσει σε αλλαγή της γνώσης. Τελικά, ένα χρόνο αργότερα σε συνεργασία με έναν από τους επιμορφούμενους, στα καθήκοντα του οποίου ήταν και παρουσιάσεις σε μαθητές

Δημοτικού, πραγματοποιήθηκε με επιτυχία διδασκαλία του στην Δ' δημοτικού. Η παρουσίαση και οι αντιδράσεις των μαθητών περιγράφονται στο Pierratos & Koumara (2020).

8.4.2.4γ' 3^η Πρόταση ταξινόμησης υλικών: Ποια σώματα βουλιάζουν και ποια επιπλέουν;

Τα παιδιά από το Νηπιαγωγείο μπορούν να ταξινομήσουν δοθέντα υλικά σε δυο ομάδες με κριτήριο ποια επιπλέουν και ποια βυθίζονται. Το πρόβλημα είναι να βρεθεί (σε μεγαλύτερη τάξη) το γενικότερο κριτήριο ταξινόμησης δηλ. από τα δοθέντα υλικά να περάσουν επαγωγικά σε γενικό κριτήριο. Ποιο είναι αυτό; Στη συνέχεια θα φανεί η ανάγκη να ληφθεί υπόψη τόσο η μάζα (βάρος για τα παιδιά) όσο και ο όγκος του σώματος, και να φτάσουν τα παιδιά στην ανάγκη για εισαγωγή μιας νέα έννοιας, της πυκνότητας.

Στους μαθητές δίνονται διάφορα υλικά μικρού και μεγάλου βάρους καθώς και μικρού ή μεγάλου όγκου. Ζητείται να τα ταξινομήσουν με κριτήριο ποια βουλιάζουν και ποια επιπλέουν στο νερό. Σε απάντηση ότι βουλιάζουν τα βαριά, υποδεικνύεται ότι υπάρχουν βαριά που δεν βουλιάζουν ή τίθεται το ερώτημα: δηλ. αν το κομμάτι της πλαστελίνης που βουλιάζει το κόψω σε μικρά κομμάτια, που είναι ελαφριά, αυτά θα επιπλέουν; Σε απάντηση ότι βουλιάζουν τα μικρού ή μεγάλου όγκου σώματα υποδεικνύεται ότι μπορεί να συμβαίνει και το αντίθετο. Επιθυμητή κατάληξη: βουλιάζουν «τα βαριά για τον όγκο τους». Προς την εισαγωγή της έννοιας μπορεί να βοηθήσει και το: τσαλακώνοντας ένα αλουμινόχαρτο σε μπαλάκι το τοποθετούμε στην επιφάνεια του νερού και επιπλέει, «πυκνώνοντας» (συμπιέζοντας) το μπαλάκι από το αλουμινόχαρτο αυτό κάποια στιγμή βουλιάζει στο νερό.

Αντίδραση των επιμορφούμενων:

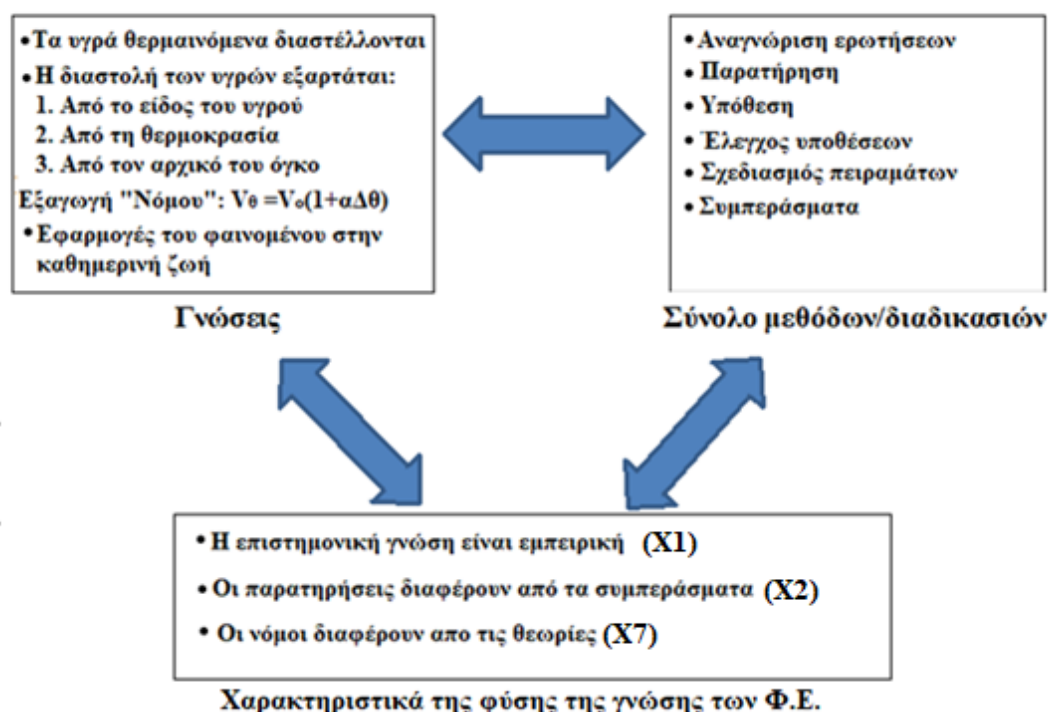
Τους άρεσε το γεγονός ότι αναδεικνύεται η ανάγκη για την εισαγωγή μιας νέας έννοιας (Χαρακτηριστικά X1 και X2). Οι γνωστές έννοιες του όγκου και της μάζας (για τους μαθητές μια αδιαφοροποίητη έννοια βάρους – μάζας) δεν επαρκεί για την ερμηνεία του φαινομένου. Σημειώνεται ότι το σχολικό βιβλίο της Β' Γυμνασίου εισάγει την έννοια πυκνότητα μέσω του τύπου, από τον οποίον προκύπτει και ο ορισμός, $\rho = \frac{m}{V}$ χωρίς να φαίνεται με σαφήνεια η ανάγκη για την εισαγωγή της. (Αντωνίου κ.ά. 2012, σελ. 16-17)

Παρατήρηση: Το κριτήριο σε μια ταξινόμηση ορίζεται από τον άνθρωπο που κάνει την ταξινόμηση. Έτσι κάποια υλικά μπορούν να ταξινομηθούν με κριτήρια: α) αν βουλιάζουν ή όχι στο νερό, β) αν είναι αγωγοί ή όχι του ηλεκτρικού ρεύματος, γ) αν έλκονται ή όχι από μαγνήτη (δηλ. όλες οι ταξινομήσεις που παρουσιάστηκαν παραπάνω). Βεβαίως θα μπορούσαν πέραν αυτών των κριτηρίων να υπάρξουν και πολλά άλλα, όπως π.χ. αν καίγονται ή όχι. Ουσιαστικά οι παραπάνω ταξινομήσεις γίνονται με βάση μια εγγενή ιδιότητα του υλικού που για κάποιο λόγο μας ενδιαφέρει εκείνη τη στιγμή. Υπάρχουν και ταξινομήσεις που δεν γίνονται βάσει εγγενών ιδιοτήτων των υλικών, π.χ. ταξινομώ κάποια αντικείμενα βάσει της χρήσης τους από τον άνθρωπο π.χ. μαγειρικά σκεύη, σκαπτικά εργαλεία κτλ.

8.4.2.5 Η «Μέθοδος» των Φυσικών επιστημών: Διαστολή των υγρών.

Με τους επιμορφούμενους συζητήθηκε η σημερινή τάση των προγραμμάτων σπουδών να περιέχουν: α) το επιστημονικό περιεχόμενο ως ένα σώμα γνώσεων, β) τις μεθόδους παραγωγής αυτής της γνώσης (επιστημονική διερεύνηση) και γ) των χαρακτηριστικών της φύσης αυτής της γνώσης (Lederman, 2006, σελ 308-310; Bell, 2008, σελ 18; Schwartz et al, 2006, σελ 331), βλέπε και παράγραφο 2.2.1. Στη συνέχεια συμπληρώθηκε, σε συνεργασία με τους εκπαιδευτικούς, το τι θα μπορούσε να διδαχθεί στο συγκεκριμένο μάθημα «διαστολή των υγρών», για κάθε μια από τις τρεις συνιστώσες, κατά συνέπεια αναγνωρίστηκαν από τους επιμορφούμενους τα χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. που μπορούν να διδαχτούν μέσα από αυτό το μάθημα, βλέπε Εικόνα 8.18.

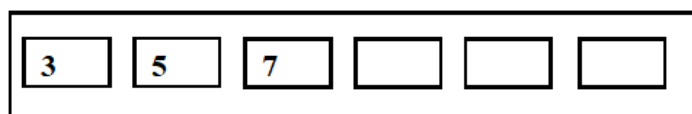
Τελικά η διδασκαλία του μαθήματος αυτού προβλήθηκε μαγνητοσκοποημένη και συζητήθηκε αναλυτικότερα στην 5^η συνάντηση.



Εικόνα 8.18: Οι συνιστώσες των σύγχρονων Προγραμμάτων Σπουδών για τις Φυσικές Επιστήμες

8.4.2.6 Ένα μαθηματικό παράδειγμα

Ο επιμορφωτής αρχικά ενημέρωσε ότι με τη βοήθεια μαθηματικών δεδομένων θα επιχειρήσει την αναλογική παρουσίαση με τα χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε., και συνέχισε: «ας υποθέσουμε ότι μετά από επίμονη και επίπονη έρευνα λήφθηκαν και ανακοινώθηκαν τα παρακάτω δεδομένα και έδειξε με τον βιντεοπροβολέα στην οθόνη τους παρακάτω τρεις αριθμούς»:



«Επειδή το θέμα ήταν σημαντικό ξεκίνησε παγκόσμια συζήτηση για το ποιο θα ήταν το επόμενο προϊόν της έρευνας, έγιναν διεθνώς πολλές προβλέψεις. Εσείς ποιος προβλέπετε ότι θα είναι ο επόμενος αριθμός (το αναμενόμενο προϊόν βάσει των μέχρι στιγμής δεδομένων); Οι περισσότεροι από τους επιμορφούμενους απάντησαν 9, και οι άλλοι 11. Οι πρώτοι εξήγησαν ότι τα χαρακτηριστικά των αριθμών που βρέθηκαν είναι πως «είναι περιττοί αριθμοί» και ο επόμενος περιττός είναι το 9, οι άλλοι είπαν ότι οι αριθμοί «είναι πρώτοι» και ο επόμενος πρώτος είναι το 11. Τελικά έγιναν δεκτές ως πιθανές λύσεις και οι δυο προτάσεις. Ο επιμορφωτής συνέχισε: «από την επίμονη και κοστοβόρα συνέχιση της έρευνας μετά από ένα χρονικό διάστημα προέκυψαν επιπλέον δεδομένα. Στα περιοδικά του χώρου ανακοινώθηκε: «βρέθηκε ότι ο επόμενος αριθμός ήταν το 4» και στις ειδήσεις ειπώθηκε ότι ο επιστήμονας, διευθυντής της επιστημονικής ομάδας που το ανακοίνωσε θα είναι ένας από τους διεκδικητές του Nobel». Ο επιμορφωτής πρόβαλε στην οθόνη την καινούργια σειρά

3	5	7	4		
---	---	---	---	--	--

και συνέχισε: «Νέες συζητήσεις ξεκίνησαν με την ανακοίνωση των καινούργιων δεδομένων. Παγκόσμια οι επιστήμονες προσπαθούσαν να προβλέψουν με βάση τα καινούργια δεδομένα ποιο θα ήταν το επόμενο αποτέλεσμα της έρευνας και ποιος γενικός «Νόμος» υπήρχε πίσω από τα δεδομένα. Ποιος θα μπορούσε να είναι ο επόμενος αριθμός; Ορισμένοι είπαν 6 με εξήγηση: το 4 είναι $3+1$ (δηλ. ο πρώτος αριθμός αυξημένος κατά 1), άρα το επόμενο θα είναι $5+1$ (δηλ. ο δεύτερος αριθμός αυξημένος κατά 1) και το μεθεπόμενο το 8 ($7+1$). Ο επιμορφωτής το σχολίασε: «Προτείνετε τη σειρά 3,5,7, 4,6,8. Θα μπορούσα να επιχειρηματολογήσω ότι κρύβει μια συμμετρία της φύσης: μετά τους 3 περιττούς αριθμούς, έρχονται οι τρεις άρτιοι που είναι αμέσως μεγαλύτεροί τους, αυτό δείχνει μπλα...μπλα. Δυστυχώς όμως μετά από ακόμα πιο επίμονη και δύσκολη έρευνα βρέθηκε ότι ο επόμενος αριθμός ήταν το 2», είτε και πρόβαλε στην οθόνη τη σειρά

3	5	7	4	2	
---	---	---	---	---	--

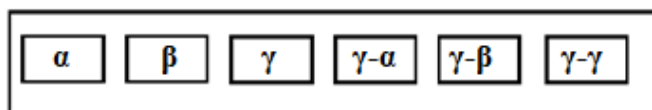
Ζήτησε τώρα να προβλέψουν με βάση τα καινούργια δεδομένα ποιος θα μπορούσε να είναι ο επόμενος αριθμός. Κάποιοι είπαν 0. Οι περισσότεροι ρώτησαν «γιατί 0»; Όπως υπάρχει διαδοχική άνοδος των περιττών υπάρχει και διαδοχική μείωση των άρτιων; (τα δεδομένα από την αρχή μέχρι το τέλος φαίνονται να στηρίζουν περισσότερα συμπεράσματα αλλά και «Νόμους» που να τους δικαιολογούν).

Ο επιμορφωτής συνέχισε: «Οι μετρήσεις για ένα καινούργιο υλικό έδωσαν τρεις άλλους αριθμούς, διαφέρουν φαίνεται από υλικό σε υλικό αλλά ισχύει ο ίδιος «Νόμος» όπως και πριν».

3	7	11			
---	---	----	--	--	--

Ζήτησε να βρουν τον 4ο, στη συνέχεια τον 5ο, και τέλος 6ο. Τονίζει ότι ισχύει ο ίδιος «Νόμος» όπως και πριν. Πολλοί είπαν 8, κάποιοι συνέχισαν να ρωτάνε «πώς το

βρήκατε». Στη συνέχεια για τον 5^ο αριθμό είπαν 4 και εδώ φάνηκε ότι όλοι βρήκαν τον «Νόμο»:



Ο επιμορφωτής είπε: «Δυστυχώς δεν έχει διατυπωθεί ακόμα η Θεωρία που να ερμηνεύει το Νόμο».

Ζητήθηκε από τους συμμετέχοντες να αναγνωρίσουν στα παραπάνω χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε.

Η δραστηριότητα άρεσε στους εκπαιδευτικούς, είπαν ότι θα μπορούσαν να τη χρησιμοποιήσουν στην τάξη τους ως «παιχνίδι» για κατ' αναλογία επανάληψη/υπενθύμιση χαρακτηριστικών της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. Τελικά η δραστηριότητα δόθηκε και ηλεκτρονικά στην μορφή που περιγράφεται στο https://undsci.berkeley.edu/lessons/number_patterns.html.

Σε ανάλογη ατμόσφαιρα παρουσιάστηκε και η δραστηριότητα «πέταλα ολόγυρα στο τριαντάφυλλο» (Bell 2008, σελ. 143-146) που ζητούσε από τους επιμορφούμενους, με βάση τα δεδομένα (η ένδειξη ενός ζαριού) και τρεις «αρχές» να βρουν τον απαιτούμενο «Νόμο» για τον υπολογισμό των πετάλων ενός τριαντάφυλλου, βλέπε <http://www.borrett.id.au/computing/petals-j.htm>

8.4.2.7 Πώς οι παρατηρήσεις μπορούν να στηρίζουν μια οι περισσότερες θεωρίες ή έστω πώς μπορούν να απορρίψουν κάποιες.

Στους επιμορφούμενους παρουσιάζεται σύντομα, λόγω περιορισμένου χρόνου δραστηριότητα από το πρόγραμμα της Νέας Ζηλανδίας

(<https://scienceonline.tki.org.nz/Nature-of-science/Nature-of-Science-Teaching-Activities/Conflicting-theories-for-the-origin-of-the-Moon>). Παρουσιάζουμε στη συνέχεια σύντομα τη δραστηριότητα. Τελικά η διδασκαλία του μαθήματος αυτού προβλήθηκε μαγνητοσκοποποιημένη και συζητήθηκε αναλυτικά στην 5^η συνάντηση.

Στους μαθητές παρουσιάζονται από τον διδάσκοντα και συζητούνται στην τάξη 4 θεωρίες για την προέλευση της Σελήνης. Στη συνέχεια δίνονται γραπτά δεκατέσσερις ενδείξεις που έχουν προκύψει από έρευνες. Δίπλα από κάθε ένδειξη υπάρχουν σύντομες «σημειώσεις των επιστημόνων» που αφορούν διευκρινήσεις σχετικές με αυτή την ένδειξη.

Στη συνέχεια η δραστηριότητα ζητάει από τον διδάσκοντα:

1. Να χωρίσει τους μαθητές σε 4 (ή 8 ομάδες) ομάδες και να αναθέσει σε κάθε ομάδα μια από τις 4 θεωρίες. Η ομάδα θα επιλέξει τα αποδεικτικά στοιχεία που υποστηρίζουν ή αντικρούουν τη θεωρία που τους ανατέθηκε.
2. Αφού τελειώσουν τη δουλειά τους, η κάθε ομάδα θα παρουσιάσει τα συμπεράσματά της στην τάξη, δίνοντας τους λόγους για τις αποφάσεις της σχετικά με το αν κάθε αποδεικτικό στοιχείο (ή συνδυασμός αποδεικτικών στοιχείων):
 - υποστηρίζει τη θεωρία τους,
 - αντικρούει τη θεωρία τους
 - έχει μια αβέβαιη / άσχετη σχέση με αυτή τη θεωρία.
3. Οι μαθητές μπορούν να ψάξουν επιπλέον και άλλα στοιχεία που να επαληθεύουν τη θεωρία τους. Οι μαθητές υπερασπίζονται στην τάξη τα ευρήματα που στηρίζουν τη θεωρία τους.

4. Συζητούν με την τάξη τα στοιχεία που φαίνονται να υποστηρίζουν δύο ή περισσότερες θεωρίες.
5. Αποφασίζουν ποια είναι η πιο πιθανή θεωρία για το σχηματισμό της Σελήνης της Γης και γιατί.

(<https://lunar.gsfc.nasa.gov/lessonkit/Total.pdf> και για τους στόχους: https://lunar.gsfc.nasa.gov/lessonkit/LRO%20Kit%20Teacher%20Implementation%20Guide_edited.pdf)

8.4.3 Η 3^η συνάντηση

8.4.3.1 Εισαγωγή

Η συνάντηση πραγματοποιήθηκε στις 8 Μαΐου 2018. Για την συνάντηση αυτή είχαν ετοιμαστεί 3 θέματα:

- Κλιματική αλλαγή
- Ενέργεια από πυρηνικά καύσιμα ή από γαιάνθρακα;
- Ζητήματα που προκύπτουν από τη Γενετική (Γενετικά Τροποποιημένα Τρόφιμα, Προγεννητικός έλεγχος και τα Βλαστοκύτταρα).

Η συζήτηση όμως των δυο πρώτων θεμάτων απορρόφησε μεγάλο μέρος από τον διαθέσιμο χρόνο, επιπλέον οι επιμορφούμενοι έθεσαν για συζήτηση το θέμα με τις Σκουριές Χαλκιδικής όπου η κυβέρνηση και η μισή τοπική κοινωνία (κυρίως κάτοικοι της παραλιακής ζώνης της περιοχής – κατά πλειοψηφία ασχολούμενοι με τον τουρισμό) είναι σε σύγκρουση με την εταιρεία των ορυχείων χρυσού και το υπόλοιπο μισό της τοπικής κοινωνίας (κάτοικοι της ορεινής περιοχής – κυρίως εργαζόμενοι στα ορυχεία) για την καταστροφή του περιβάλλοντος λόγω των διαδικασιών εξόρυξης, με επιστημονικούς φορείς να υποστηρίζουν την μια ή την άλλη άποψη και τις κατηγορίες περί χρηματισμού να αιωρούνται. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα τα 3 ζητήματα που προκύπτουν από την Γενετική να παρουσιαστούν σύντομα και για αυτό στάλθηκε στη συνέχεια στους επιμορφούμενους, μεταφρασμένο στα Ελληνικά για ευκολότερο πρόσβαση, το άρθρο των Lederman, Antink and Bartos (2014): “Nature of Science, Scientific Inquiry, and Socio-Scientific Issues Arising from Genetics: A Pathway to Developing a Scientifically Literate Citizenry”.

Ο κύριος σκοπός αυτής της συνάντησης ήταν να παρουσιαστεί η προσέγγιση της διδασκαλίας της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. μέσω κοινωνικο-επιστημονικών θεμάτων, και η κατανόηση του ότι μερικά δεδομένα ή ενδείξεις, παρόλο που αυτός δεν είναι ο κανόνας, μπορούν να ερμηνευθούν/χρησιμοποιηθούν διαφορετικά από διαφορετικές επιστημονικές ή κοινωνικές ομάδες, ακόμη και για προσωπικό όφελος.

8.4.3.2 Κλιματική αλλαγή

Πρόσφατες συζητήσεις χρησιμοποιούν τον όρο «παγκόσμια αλλαγή του κλίματος» με τη σημασία της «υπερθέρμανσης του πλανήτη λόγω ανθρώπινων δράσεων». Η θεωρία της υπερθέρμανσης του πλανήτη έχει προσελκύσει την προσοχή τόσο των επιστημόνων όσο και του ευρύτερου κοινού. Η θεωρία γενικά αναφέρει: Η μέση θερμοκρασία της γήινης ατμόσφαιρας έχει αυξηθεί τον περασμένο μισό αιώνα επειδή οι άνθρωποι απελευθερώνουν στην ατμόσφαιρα αυξημένες ποσότητες διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) μέσω της καύσης ορυκτών καυσίμων.

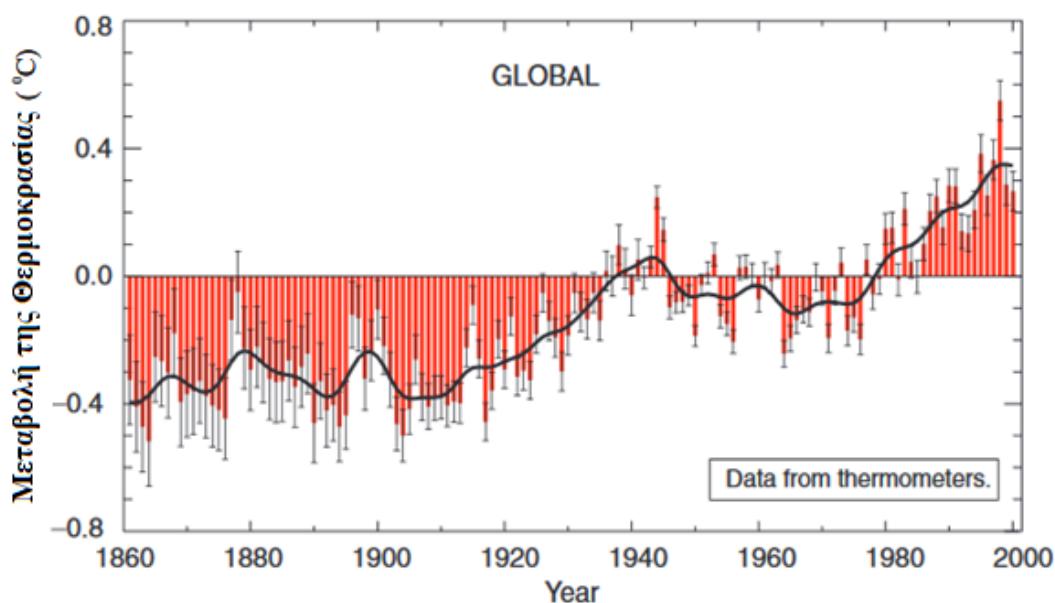
Από την άλλη μεριά υπάρχουν επιστήμονες (οι οποίοι αποτελούν τη μειοψηφία) που αμφισβητούν τους παραπάνω ισχυρισμούς, ότι δηλαδή το φαινόμενο της υπερθέρμανσης οφείλεται σε ανθρώπινες δραστηριότητες. Το αποδίδουν σε περιοδικό φαινόμενο μεταβολής της θερμοκρασίας και ισχυρίζονται ότι η απόδοση της αύξησης της θερμοκρασίας σε ανθρωπογενή αίτια κρύβει πίσω της παιχνίδια πολιτικής και εξουσίας. Επισημαίνουν ότι η διαπίστωση ότι το CO₂ είναι υπεύθυνο για τον έλεγχο του κλίματος έχει προωθηθεί από τον Al Gore (πρώην αντιπρόεδρος των Η.Π.Α. και ιδρυτής της «Alliance for climate protection»), πράγμα το οποίο είναι ύποπτο κατά την γνώμη τους και έχει πολιτικές προεκτάσεις και σκοπιμότητες. Αυτοί αντίστοιχα κατηγορούνται από τους αντιπάλους τους ότι εκπροσωπούν τα συμφέροντα πετρελαϊκών εταιρειών.

Προφανώς στόχος μας, σε ένα πρόγραμμα επιμόρφωσης εκπαιδευτικών στη διδασκαλία των χαρακτηριστικών της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. δεν είναι η υπεράσπιση ή απόρριψη της μιας ή της άλλης άποψης αλλά η αξιοποίηση αυτού του κοινωνικο-επιστημονικού ζητήματος για προβληματισμούς που σχετίζονται με το θέμα παρέχοντας αρχικά στους εκπαιδευτικούς, και μέσω αυτών στους μαθητές, ένα πλαίσιο για σκέψη γύρω από τα χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε.. Μπορούμε απλά να εξετάσουμε το πώς η επιστημονική γνώση είναι το προϊόν των ανθρώπινων συμπερασμάτων και της υποκειμενικότητας, σκεπτόμενοι τι είναι αυτό που αποτελεί απόδειξη μπροστά στα φαινομενικά διαφορούμενα δεδομένα για μια καθορισμένη θέση ή απόφαση και πώς προσωπικές απόψεις, καθώς και πολιτικές και οικονομικές δεσμεύσεις μπορεί να επηρεάσουν αυτές τις αποφάσεις.

Παρουσίαση της συνάντησης

8.4.3.2a Μεταβολή της θερμοκρασίας της Γης τα τελευταία 140 χρόνια.

Προβλήθηκε με τον βιντεοπροβολέα στην οθόνη η Εικόνα 8.19 και ζητήθηκε από τους επιμορφούμενους να πουν τι συμπεράσματα βγάζουν από την καμπύλη που βλέπουν.



Εικόνα 8.19: Μεταβολή της θερμοκρασίας του πλανήτη από το 1860 μέχρι το 2000.

Η γραμμή του 0.0 αντιπροσωπεύει τη μέση θερμοκρασία της γης από το 1961 έως το 1990. (IPCC, 2001, p.3).

Από τους εκπαιδευτικούς διατυπώθηκε η άποψη ότι: Υπάρχει αύξηση της θερμοκρασίας κατά 0,8 °C από το 1860 μέχρι το 2000 ή 0,4°C από το 1960 μέχρι το 2000. Σε αυτό το σημείο κάποιος αναρωτήθηκε: γιατί από το 1940 μέχρι το 1970 η θερμοκρασία μειώθηκε; Σε αυτό συμφώνησαν και άλλοι. Ακολούθησε και η ερώτηση: Γιατί από το 1900 μέχρι το 1940 η θερμοκρασία του πλανήτη αυξήθηκε, όσο αυξήθηκε και από το 1960 μέχρι το 2000, ενώ η κατανάλωση καυσίμων – αφού η αύξηση της θερμοκρασίας του πλανήτη θεωρείται ότι οφείλεται στην αύξηση του CO₂ - (βιομηχανική παραγωγή, μεγάλες πόλεις και κίνηση αυτοκινήτων) δεν έχει καμιά σχέση μεταξύ αυτών των δυο χρονικών περιόδων; Ενημερώσαμε τους εκπαιδευτικούς ότι παγκόσμια ορισμένοι επιστήμονες παρουσιάζουν την παραπάνω καμπύλη ως απόδειξη για την αύξηση της θερμοκρασίας από το 1860 μέχρι σήμερα κατά 0,8°C (ή βλέπουν την αύξηση αυτή μόνο στα τελευταία 60 χρόνια). Υπάρχουν όμως και άλλοι που αντιδρούν, προβάλλοντας ακριβώς ανάλογα επιχειρήματα με αυτά και ακούστηκαν νωρίτερα από τους ίδιους δηλ. τη μεγάλη αύξηση της θερμοκρασίας από το 1900 μέχρι το 1940, την μείωση της θερμοκρασίας κατά τα έτη 1940 – 1975 και επιπλέον αναρωτιούνται γιατί η πρόσφατη άνοδος της θερμοκρασίας άρχισε το 1970 (1975), δηλ. κατά την περίοδο μιας οικονομικής κρίσης.

Συζητήθηκε το πώς θα μπορούσε να ερμηνεύσει την καμπύλη κάποιος για να υποστηρίξει ότι η άνοδος της θερμοκρασίας του πλανήτη οφείλεται στην αύξηση του CO₂, και πώς κάποιος για να υποστηρίξει ότι είναι ασύνδετα γεγονότα. Καταλήξαμε ότι οι άνθρωποι, ισχύει και για τους ίδιους τους επιμορφούμενους, μπορεί να «δουν» τα υπάρχοντα δεδομένα με διαφορετικούς τρόπους και να φτάνουν σε διαφορετικά συμπεράσματα [Η επιστημονική γνώση είναι εμπειρική (X1), Διαφορά παρατήρησης – συμπεράσματος (X2), υποκειμενικότητα της γνώσης (X4) και μάλιστα αυτή η ερμηνεία μπορεί να επηρεάζεται από οικονομικά συμφέροντα (X6)]. Μια εκπαιδευτικός είπε: *«τα οικονομικά συμφέροντα πίσω από τη διαμάχη είναι μεγάλα, κάτι που κάνει τα πράγματα δύσκολα»*, το οποίο σημειώνεται και στη βιβλιογραφία (Bell 2008, p.223): *«Αυτό που κάνει το ζήτημα εξαιρετικά αμφιλεγόμενο είναι ότι είναι πολιτικά φορτισμένο. Ο αντίκτυπος της μείωσης του CO₂ έχει οικονομικές επιπτώσεις. Ίσως, τελικά, να συγκεντρωθούν αρκετά δεδομένα ώστε να επιτευχθεί κάποια συναίνεση από επιστήμονες, πολιτικούς, πολίτες και επιχειρηματίες ανά τον κόσμο»* .

8.4.3.2β Μελέτη της θερμοκρασίας της Γης για τα τελευταία 2000 χρόνια μέσω έμμεσων δεδομένων (proxy data)

Η Γη έχει περάσει στο παρελθόν περιόδους αυξημένης και μειωμένης θερμοκρασίας. Γνωρίζουμε ότι η Γη έχει περάσει περιόδους παγετώνων πολλές φορές στη διάρκεια της δημιουργίας της. Έμμεσα δεδομένα (proxy data) για την «ανάκτηση» του κλίματος του παρελθόντος μπορούν να παρθούν (Haigh 2007, p. 7-8; <https://www.ncdc.noaa.gov/news/what-are-proxy-data>):

α) από «καρότα» πάγου που λαμβάνονται από γεωτρήσεις σε μεγάλα βάθη παγετώνων (π.χ. Vostok και EPICA στην Ανταρκτική, GRIP στην Γροιλανδία). Από τις φυσαλίδες του εγκλωβισμένου στον πάγο αέρα μπορούν να δοθούν πληροφορίες α) για τη σύσταση του αέρα π.χ. σε περιεκτικότητα μεθανίου και διοξειδίου του άνθρακα της

εποχής που δημιουργήθηκε ο πάγος και β) από το λόγο του ισοτόπου ^{18}O προς το ^{16}O ή από το λόγο του ισοτόπου ^2H προς το ^1H για την θερμοκρασία της εποχής. Από την εγκλωβισμένη στον πάγο γύρη ή ηφαιστειακή στάχτη μπορούν να υπολογίσουν τον χρόνο, τον οποίο κυρίως υπολογίζουν με χρήση μαθηματικών μοντέλων από το βάθος από το οποίο προέρχεται το καρότο πάγου.

β) από πετρώματα και ιζήματα: σε αυτά διάφοροι βιολογικοί και χημικοί δείκτες μπορούν να δώσουν πληροφορίες για τη θερμοκρασία του παρελθόντος. Επιπλέον τα ιζήματα, που υπό κατάλληλες συνθήκες μπορούν να μετατραπούν σε πετρώματα, μπορούν να περιέχουν δείγματα βλάστησης, ζώα, πλαγκτόν ή γύρη δηλ. υλικά που είναι χαρακτηριστικά κλιματικών ζωνών. Ειδική κατηγορία για μακροχρόνιες μεταβολές θερμοκρασίας αποτελούν τα ιζήματα βαθιών ωκεανών. Οι σκελετοί από ασβέστιο του πλαγκτόν αποτελούν ένα μεγάλο μέρος αυτών των ιζημάτων και καθώς το συστατικό ^{18}O καθορίζεται από τη θερμοκρασία της επιφάνειας του ωκεανού όταν το ζωντανό πλαγκτόν απορρόφησε διοξείδιο του άνθρακα, μπορούν να πάρουν πληροφορίες για τη θερμοκρασία.

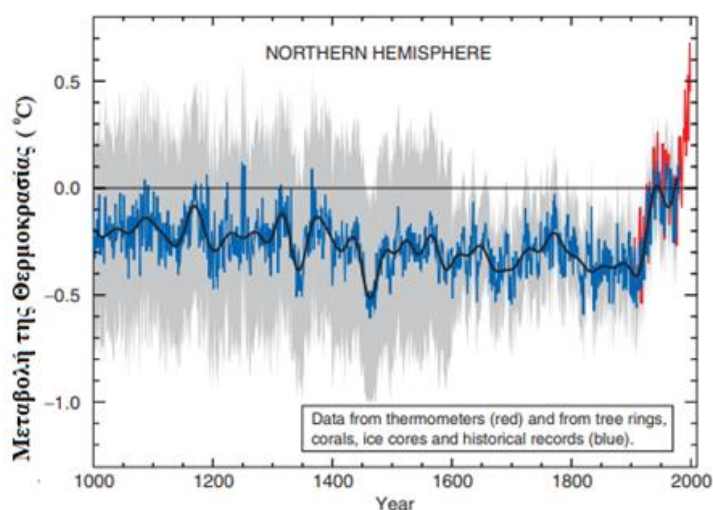
γ) από αλλαγές στους δακτυλίους δέντρων σε συνδυασμό με τεχνικές ραδιενεργού άνθρακα

δ) από κοράλλια και

ε) από ιστορικές αναφορές (Haigh 2007, p. 7-8; <https://www.ncdc.noaa.gov/news/what-are-proxy-data>).

Οι επιμορφούμενοι αναγνώρισαν στην επινόηση των παραπάνω μεθόδων την ανθρώπινη φαντασία και δημιουργικότητα (X3) που απαιτεί η δημιουργία της επιστημονικής γνώσης, καθώς και το ότι η επιστημονική γνώση στηρίζεται στην εμπειρία (X1).

Για την μεταβολή της θερμοκρασίας του Βορείου Ημισφαιρίου κατά τα τελευταία 1000 χρόνια δίνεται η καμπύλη της Εικόνας 8.20 (IPCC, 2001, p 3).



Μπλε καμπύλη: Οι διακυμάνσεις από έτος σε έτος.

Μαύρη καμπύλη: ο Μέσος όρος 50 ετών της μέσης επιφανειακής θερμοκρασίας του Β. Ημισφαιρίου.

Γκριζα περιοχή: Το εύρος εμπιστοσύνης 95% στα ετήσια δεδομένα. Πιο ευρεία όσο πιο πίσω πάμε.

Δεδομένα:

Από θερμομέτρα (κόκκινα)

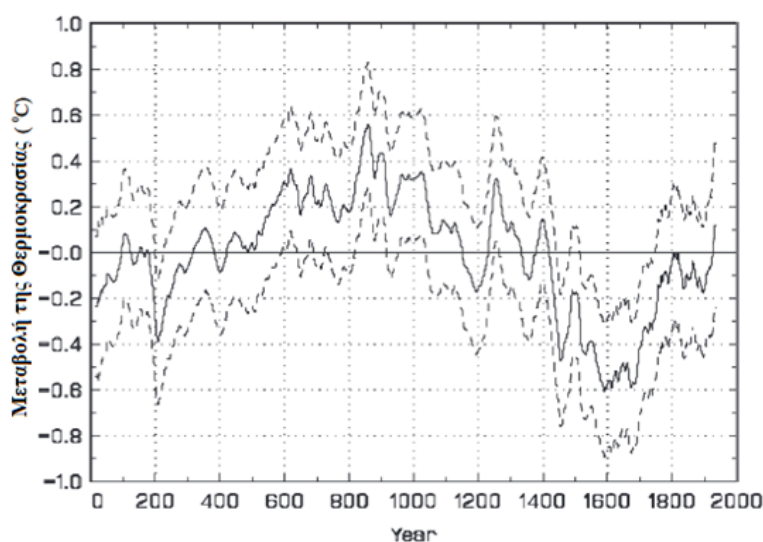
Από δακτυλίους δέντρων, κοράλλια και «καρότα» πάγου (μπλε)

Εικόνα 8.20: Μεταβολή της θερμοκρασίας του Βορείου ημισφαιρίου από το 1000 μέχρι το 2000 μ.Χ.

Η γραμμή του 0.0 αντιπροσωπεύει τη μέση θερμοκρασία της γης από το 1961 έως το 1990. (IPCC, 2001, p.3).

Από την καμπύλη των Εικόνων 8.19 και 8.20 φαίνεται ότι η διάρκεια της υπερθέρμανσης του 20ού αιώνα ήταν πολύ μεγαλύτερη από ό,τι σε οποιονδήποτε από τους προηγούμενους εννέα αιώνες. Ομοίως, είναι πιθανό ότι η δεκαετία του 1990 ήταν η θερμότερη δεκαετία και το 1998 η θερμότερη χρονιά της χιλιετίας.

Υπάρχει εκτεταμένη βιβλιογραφία με κριτική, δείγμα της δίνεται στο Foscolos (2010, σελ.12), για το γράφημα της Εικόνας 8.20. Αμφισβητούνται οι ενδείξεις που έχουν ληφθεί από δακτυλίους δέντρων, για μεγάλα χρονικά διαστήματα, και το ότι δεν λαμβάνεται υπόψη η καταγεγραμμένη ιστορία. Χωρίς να λαμβάνονται υπόψη τα δεδομένα από δακτυλίους δέντρων, αρχικά από τον Loehle (2007), και στη συνέχεια διορθωμένη από τους Loehle and McCulloch (2008) δίνεται για τη μεταβολή της θερμοκρασίας του Βορείου Ημισφαιρίου κατά τη διάρκεια 0-2000 μ.Χ. η καμπύλη της Εικόνας 8.21. Με τις δυο διακεκομμένες καμπύλες δίνονται τα όρια των υπολογιζόμενων θερμοκρασιών σε διάστημα εμπιστοσύνης 95%. Από τους ερευνητές επισημαίνεται η συμφωνία της καμπύλης με ιστορικά δεδομένα.

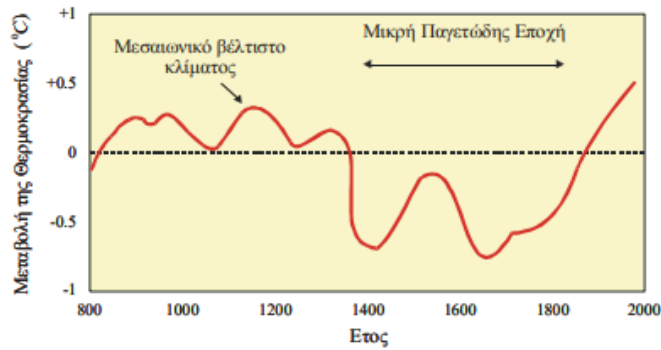


Εικόνα 8.21: Μεταβολή της θερμοκρασίας του Βορείου ημισφαιρίου από το 1000 μέχρι το 2000, χωρίς να λαμβάνονται υπόψη τα δεδομένα από δακτυλίους δέντρων (Loehle and McCulloch 2008).

Σε εκπαιδευτικό υλικό που δίνει το Υπουργείο Παιδείας για την Περιβαλλοντική εκπαίδευση (Μελάς, Ασωνίτης, Αμοιρίδης, 2000) διαβάζουμε:

«Ανάμεσα στον 10ο και τον 14ο αιώνα, το Βόρειο Ημισφαίριο βίωσε μια σχετικά θερμή και ξηρή περίοδο (Μεσαιωνική Θερμή Περίοδος) της οποίας το μέγιστο παρουσιάστηκε τον 12ο αιώνα. Οι θερμοκρασιακές συνθήκες αυτής της περιόδου φαίνεται ότι είχαν, κυρίως, ενεργητικές συνέπειες στη χλωρίδα και πανίδα της Γης. Κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου, αναπτύχθηκε η άμπελος και ξεκίνησε η παραγωγή κρασιού στην Αγγλία. Την ίδια περίοδο, αποικίσθηκε από τους Βίκινγκς η Γροιλανδία και η Ισλανδία. Για τους παραπάνω λόγους αυτή η περίοδος ονομάζεται και Μικρή Περίοδος Κλιματικού Βέλτιστου ή Μεσαιωνικό Βέλτιστο Κλίματος» .

Η καμπύλη που δίνει τη διακύμανση της μέσης θερμοκρασίας τα τελευταία 1200 χρόνια στην Ευρώπη, δίνεται στην Εικόνα 8.22 (Μελάς, Ασωνίτης & Αμοιρίδης, 2000).

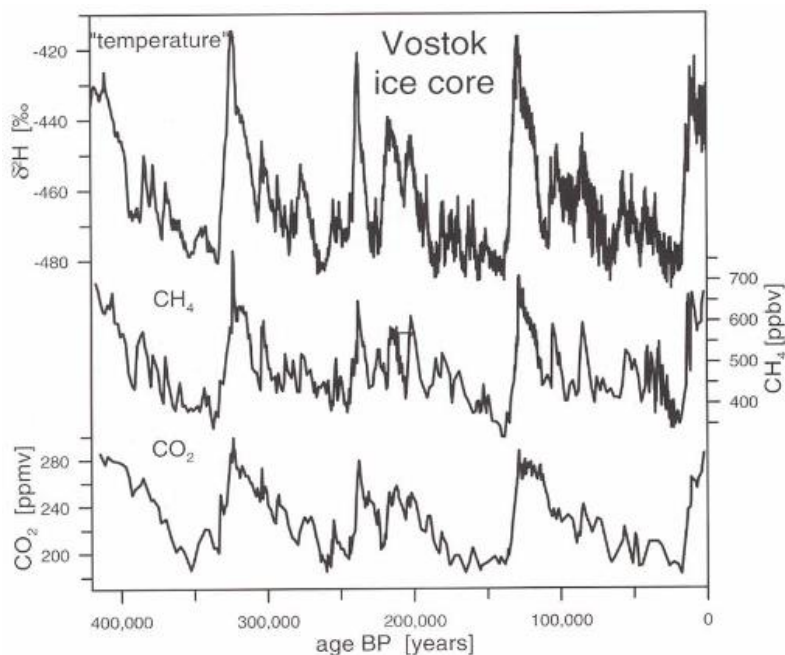


Εικόνα 8.22: Διακύμανση της μέσης θερμοκρασίας τα τελευταία 1200 χρόνια στην Ευρώπη (Μελάς, Ασωνίτης, Αμοιρίδης, 2000).

Οι επιμορφούμενοι αναγνώρισαν τα (X4), (X5) και (X6) χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. με κυρίαρχο το (X5): Η επιστημονική γνώση δεν είναι ποτέ απόλυτη και σίγουρη.

8.4.3.2γ Μεταβολές της θερμοκρασίας της Γης για εκατοντάδες χιλιάδες χρόνια

Πολύ μεγαλύτερα αρχεία θερμοκρασιών έχουν προκύψει από την ανάλυση ισοτόπων Οξυγόνου ή Υδρογόνου σε «καρότα» πάγου που λαμβάνονται από τη Γροιλανδία και την Ανταρκτική. Η αναλογία της συγκέντρωσης ^{18}O προς εκείνη του ^{16}O , ή ^2H προς ^1H , στα μόρια νερού καθορίζεται από τον ρυθμό εξάτμισης του νερού από τροπικούς ωκεανούς και επίσης από τον ρυθμό πτώσης του χιονιού πάνω από τους πόλους. Και οι δύο αυτοί παράγοντες εξαρτώνται από τη θερμοκρασία, έτσι ώστε μεγαλύτερες αναλογίες των βαριών ισοτόπων να εναποτίθενται σε περιόδους υψηλότερων παγκόσμιων θερμοκρασιών. Η χρονολόγηση του πάγου γίνεται συναρτήσει του βάθους από το οποίο προέρχεται. Υπάρχει το πρόβλημα ότι καθώς κάθε χρόνο η συσσώρευση χιονιού αυξάνεται, τα παρακάτω στρώματα συμπιέζονται έτσι ώστε σε βάθη που αντιστοιχούν σε ηλικία άνω των 800 ετών, καθίσταται δύσκολη η ακριβής χρονολόγησή τους, εν τούτοις οι επιστήμονες έχουν φτιάξει μαθηματικά μοντέλα με τα οποία χρονολογούν προς τα πίσω πάνω από εκατοντάδες χιλιάδες χρόνια. Στην Εικόνα 8.23 φαίνονται μεταβολές της θερμοκρασίας σε συσχετισμό με μεταβολές σε συγκεντρώσεις μεθανίου και διοξειδίου του άνθρακα από δεδομένα που προέρχονται από «καρότο» πάγου που ελήφθη από το Vostok της Ανατολικής Ανταρκτικής. Η θερμοκρασία έχει υπολογιστεί από το λόγο ^2H (δευτέριο) προς ^1H . Στην καμπύλη διακρίνεται μια περιοδικότητα περίπου 100.000 ετών. Οι επιμορφούμενοι κυρίως αναγνώρισαν το δημιουργικό (X3) χαρακτηριστικό της φύσης της επιστημονικής γνώσης



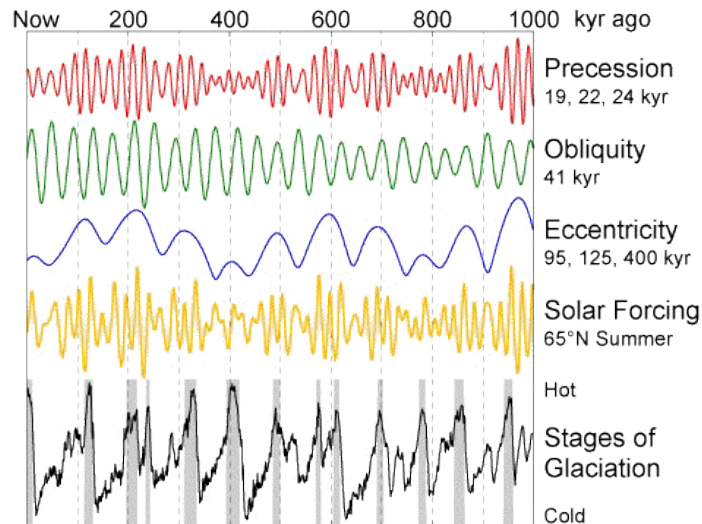
Εικόνα 8.23: Μεταβολές θερμοκρασίας σε συσχέτισμό με μεταβολές σε συγκεντρώσεις μεθανίου και διοξειδίου του άνθρακα για πάνω από 400.000 χρόνια (Haigh 2007).

8.4.3.2δ Μεταβολή της θερμοκρασίας της Γης και κύκλοι του Milankovitch

Η περιοδικότητα αυτή συνδέεται, κάτι που είναι γενικά αποδεκτό από όλους τους επιστήμονες, με τους κύκλους Milankovitch (π.χ. Petit et al 1999; Haigh 2007; Hays, Imbrie, Shackleton 1976). Ο Milankovitch, Σέρβος αστροφυσικός 1879-1958, πρότεινε ότι οι αλλαγές στην ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας που λαμβάνονται από τη Γη επηρεάζονται από τους παρακάτω τρεις παράγοντες που εξαρτώνται από τη γεωμετρία Γης – Ήλιου: α) Από την εκκεντρικότητα τη εκλειπτικής τροχιάς της Γης γύρω από τον

Ήλιο. Η εκκεντρότητα δίνεται από τη σχέση $\sqrt{1 - \frac{b^2}{a^2}}$, όπου a είναι το μήκος του μεγάλου ημιάξονα και b το μήκος του μικρού ημιάξονα της έλλειψης. Η εκκεντρότητα αυτή είναι σήμερα περίπου 0,02 (0,01671123) και μεταβάλλεται από σχεδόν 0 σε περίπου 0,05, ως αποτέλεσμα της βαρυτικής αλληλεπίδρασης με τα άλλα σώματα του ηλιακού συστήματος, κυρίως του Δία και του Κρόνου, με μια περίοδο 100.000 ετών. β) Από την κλίση του άξονα περιστροφής της Γης (λόξωση της εκλειπτικής), είναι η γωνία που σχηματίζει ο γήινος άξονας περιστροφής με το επίπεδο της γήινης τροχιάς. Η κλίση αυτή αλλάζει, σήμερα είναι $23,45^\circ$ και μεταβάλλεται από $22,1^\circ$ μέχρι $24,5^\circ$ με μια περίοδο περίπου 42.000 ετών. Και γ) Από την μετάπτωση των ισημεριών ή μεταβολή στην κατεύθυνση του γήινου άξονα της περιστροφής. Ο άξονας αυτός με μια περίοδο 26.000 ετών διαγράφει έναν κώνο στο διάστημα.

Όταν προστεθούν μαζί τα αποτελέσματα αυτών των τριών παραγόντων, οδηγούν σε διακυμάνσεις της συνολικής ενέργειας που λαμβάνει η Γη από τον Ήλιο με αντίστοιχες διακυμάνσεις στη θερμοκρασία του Πλανήτη, Εικόνα 8.24. Είναι γενικά αποδεκτό ότι σήμερα υποστηρίζονται από τα πειραματικά δεδομένα, και οι περιοδικές διακυμάνσεις των κλιματικών αρχείων με περιόδους περίπου 19, 23, 41, 100 και 413 χιλιάδων ετών αναφέρονται γενικά ως κύκλοι Milankovitch (Haigh, 2007).



Εικόνα 8.24: Κύκλοι του Milankovitch, ισχύς ηλιακής ακτινοβολίας που λαμβάνεται από τη Γη σε Βόρειο Γεωγραφικό πλάτος 45° την 1η Ιουνίου, και στάδια δημιουργίας/τήξης παγετώνων.

(http://www.zo.utexas.edu/courses/THOC/Milankovitch_Cycles.html).

Οι αποκλίσεις των εκτιμώμενων θερμοκρασιών από τα «καρότα» πάγου από τις υπολογιζόμενες από τους κύκλους του Milankovitch αποδίδονται είτε σε λανθασμένη επεξεργασία δεδομένων είτε σε λάθος υπολογισμούς της εκτιμώμενης προσλαμβανόμενης ενέργειας.

8.4.3.2ε Αύξηση της συγκέντρωσης του CO₂ στην ατμόσφαιρα και αύξηση της θερμοκρασίας, ποιο είναι το αίτιο και ποιο το αποτέλεσμα;

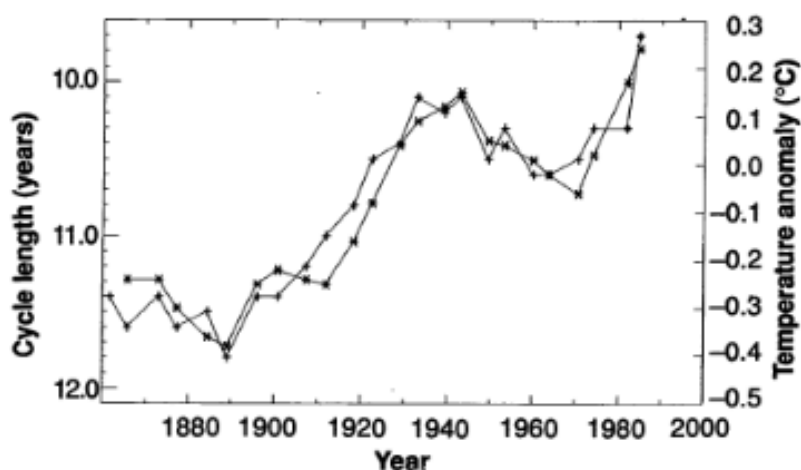
Εξετάζοντας τη συσχέτιση μεταξύ των ατμοσφαιρικών συγκεντρώσεων του CO₂ και των θερμοκρασιών, έχει παρατηρηθεί ότι η αύξηση του CO₂ καθυστερεί σε σχέση με την αύξηση της θερμοκρασίας κατά 600 ± 400 χρόνια (Khilyuk and Chillingar 2003, 2006; Petit et al 1999; Haigh, 2007) και για πιο εκτεταμένη βιβλιογραφία Foskolos (2010, σελ. 19). Από μια ομάδα ερευνητών (π.χ. Khilyuk and Chillingar 2003, 2006; Foskolos 2010, σελ.19) αυτό θεωρείται ως απόδειξη ότι οι ατμοσφαιρικές συγκεντρώσεις του CO₂ είναι το αποτέλεσμα της αύξησης της θερμοκρασίας και όχι το αίτιο για αυτήν την αύξηση. Αποδίδουν τη σημερινή υπερθέρμανση του πλανήτη όχι στην αύξηση του όγκου των αερίων του θερμοκηπίου, αλλά στην αυξημένη ηλιακή δραστηριότητα (Khilyuk and Chilingar 2003). Από τους Petit et al (1999) διατυπώθηκε η ερμηνευτική άποψη ότι προηγείται η θέρμανση των νότιων μεγάλων γεωγραφικών πλατών, η οποία προκαλείται από τους κύκλους Milankovitch. Αυτή η θέρμανση συντελεί στην απελευθέρωση CO₂ από τους νότιους ωκεανούς. Η απελευθέρωση αυτή ενισχύει την αύξηση της θερμοκρασίας της ατμόσφαιρας, η οποία τελικά ενισχύεται περαιτέρω μέσω μείωσης της ανακλαστικής ικανότητας της Γης που προκύπτει από την τήξη φύλλων πάγου του Βόρειου Ημισφαιρίου. Τέτοιοι θετικοί μηχανισμοί ανατροφοδότησης θα μπορούσαν να εξηγήσουν τις «αιχμηρές» (οξείες) αυξήσεις της θερμοκρασίας που φαίνονται στην Εικόνα 8.23 (Haigh, 2007).

Οι επιμορφούμενοι αναγνώρισαν στην επεξεργασία των δεδομένων την ανθρώπινη φαντασία και δημιουργικότητα που απαιτεί η δημιουργία της

επιστημονικής γνώσης (το X3 χαρακτηριστικό της φύσης της επιστημονικής γνώσης), και στη διαφορετική ερμηνεία (X4) που δίνεται από τους επιστήμονες για την, διαφορετικής κατεύθυνσης, αιτιακή σχέση μεταξύ της αύξησης της θερμοκρασίας και της αύξησης της συγκέντρωσης CO₂ στην ατμόσφαιρα, τη διαφορά παρατήρησης – συμπεράσματος (το X2 χαρακτηριστικό της φύσης της επιστημονικής γνώσης), καθώς η ίδια παρατήρηση ερμηνεύεται διαφορετικά από διαφορετικούς επιστήμονες.

8.4.3.2στ' Αύξηση της θερμοκρασίας και ηλιακή δραστηριότητα.

Από ερευνητές συνδέεται η θέρμανση της Γης με την ηλιακή δραστηριότητα. Η διάρκεια του ηλιακού κύκλου είναι ένας χρήσιμος δείκτης των μακροπρόθεσμων αλλαγών στην ηλιακή δραστηριότητα. Όταν η θερμοκρασία του ήλιου ανεβαίνει παρατηρούνται ηλιακοί κύκλοι (κύκλος ηλιακών κηλίδων) μικρότερης διάρκειας. Όταν ο ήλιος παρουσιάζει μακροχρόνια τάση ψύξης, η διάρκεια του ηλιακού κύκλου είναι μεγαλύτερη. Από τους Friss-Christiensen and Lassen, 1991) δίνεται η καμπύλη της Εικόνας 8.25 για τη σύνδεση της θερμοκρασίας του πλανήτη με τη διάρκεια του ηλιακού κύκλου. Για την καμπύλη της Εικόνας 8.25 έχουν διατυπωθεί πολλές αντιρρήσεις, κυρίως για τα μαθηματικά μοντέλα που χρησιμοποιήθηκαν στην επεξεργασία των δεδομένων.



Εικόνα 8.25: Θερμοκρασία στο Βόρειο ημισφαίριο της Γης (αστέρια) και μήκος ηλιακού κύκλου

8.4.3.2ζ' Μια σύμπτωση

Την ημέρα της παρουσίασης (8 Μαΐου 2018) η εφημερίδα «Καθημερινή» περιείχε είδηση με τίτλο: «Δίας και Αφροδίτη επηρεάζουν την τροχιά της Γης» (<https://www.kathimerini.gr/963029/article/epikairothta/episthmb/dias-kai-afrodith-ephreazoyn-thn-troxia-ths-ghs>) και εισαγωγικό κείμενο:

«Η επίδραση της βαρύτητας του Δία και της Αφροδίτης επιμηκώνει κατά περίπου 5% την τροχιά της Γης γύρω από τον Ήλιο κάθε 405.000 χρόνια, κάτι που συμβαίνει εδώ και τουλάχιστον 215 εκατομμύρια χρόνια. Αυτό επηρεάζει περιοδικά το κλίμα και τις μορφές της ζωής στον πλανήτη μας, σύμφωνα με μια νέα αμερικανική επιστημονική μελέτη» (Kent et al 2018).

Τελικά αποτέλεσε μια ευκαιρία για επιπλέον συζήτηση σχετική με την επίδραση των πλανητών στην εκκεντρότητα της γήινης τροχιάς και την επίδρασή της στο κλίμα (βλέπε και κύκλους Milankovitch).

8.4.3.2η Άλλα αέρια θερμοκηπίου

Η έμφαση στη συζήτηση που γίνεται στην κοινωνία για την κλιματική αλλαγή έχει δοθεί κυρίως στο CO₂. Επιστήμονες υποστηρίζουν ότι το CO₂ είναι μόνο ένα από τα αέρια θερμοκηπίου και η κατανόηση της επίδρασης των άλλων αερίων του θερμοκηπίου είναι κρίσιμη. Το μεθάνιο (CH₄), μεγάλο μέρος του οποίου προέρχεται από ζώα, όπως τα βοοειδή, είναι ένα άλλο σημαντικό αέριο θερμοκηπίου. Λίγες συζητήσεις σχετικά με την υπερθέρμανση του πλανήτη θεωρούν τους υδρατμούς ως το αέριο που συνεισφέρει τη μεγαλύτερη ποσότητα θερμότητας στη Γη. Πολλοί κλιματολόγοι υποστηρίζουν ότι ορισμένοι μηχανισμοί ανάδρασης που περιλαμβάνουν υδρατμούς, όπως σύννεφα, θα μετριασουν την υπερθέρμανση του πλανήτη και θα φέρουν ισορροπία στην ατμοσφαιρική θερμοκρασία. Έτσι, διαφορετικοί επιστήμονες όχι μόνο μπορούν να ερμηνεύσουν τα ίδια δεδομένα με διαφορετικό τρόπο (X2 χαρακτηριστικό της φύσης της επιστημονικής γνώσης), αλλά μπορούν επίσης να λάβουν υπόψη διαφορετικά δεδομένα (Bell 2008, σελ. 223).

8.4.3.2θ Επίλογος

Είναι γενικά αποδεκτό ότι η θερμοκρασία του πλανήτη ανεβαίνει. Η διαφωνία φαίνεται να είναι στο αν το αίτιο είναι ανθρωπογενές ή όχι. Προφανώς στόχος δεν ήταν να πάρουμε θέση σε αυτή τη διαμάχη. Ουσιαστικά οι παράγοντες που αναφέρθηκαν στην παρουσίαση ως ικανοί να επηρεάζουν το κλίμα της Γης σχετίζονται α) με τη χημική σύσταση της ατμόσφαιρας της Γης β) με τη γεωμετρία Ήλιου – Γης, δηλ. την απόσταση της Γης από τον Ήλιο και τη γωνία πρόσπτωσης των ηλιακών ακτίνων στη Γη και γ) με τη θερμοκρασία του Ήλιου. Ουσιαστικά σε ένα σύστημα πομπού – δέκτη, το αποτέλεσμα στο δέκτη μπορεί να εξαρτάται i) από τον δέκτη, ii) από τη γεωμετρία πομπού – δέκτη και iii) από τον πομπό.

Το θέμα τράβηξε το ενδιαφέρον των επιμορφούμενων και εντυπωσιάστηκαν από τους πολλούς παράγοντες που έχουν ερευνηθεί. Στη συντριπτική πλειοψηφία τους δεν γνώριζαν για «καρότα» πάγου και για συσχέτιση το κλίματος της Γης με τον κύκλο των ηλιακών κηλίδων, ούτε και τον κύκλο Milankovitch.

Τα χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. που αναδεικνύονται από την διαπραγμάτευση του κοινωνικο-επιστημονικού θέματος της κλιματικής αλλαγής παρουσιάστηκαν στην πορεία της ανάπτυξης του θέματος. Φάνηκε ότι το θέμα, το οποίο περιλαμβάνεται στα προγράμματα σπουδών ή και αποτελεί «προτιμητέο» θέμα για ερευνητική εργασία (project) παρέχει ένα δυναμικά αποτελεσματικό πλαίσιο για τη διδασκαλία της φύσης των Φ.Ε., διότι:

- Δείχνει ότι η επιστημονική γνώση στηρίζεται στην εμπειρία (X1) και τη διαφορά μεταξύ παρατήρησης και συμπεράσματος (X2), μιας και από τα ίδια δεδομένα μπορούν να εξαχθούν διαφορετικά συμπεράσματα (η ίδια καμπύλη μπορεί να διαβαστεί διαφορετικά από διαφορετικούς επιστήμονες, εικόνα 8.19) ή το ίδιο γεγονός ότι π.χ. η άνοδος της θερμοκρασίας προηγείται της ανόδου της συγκέντρωσης του CO₂ μπορεί να οδηγήσει σε διαφορετικά συμπεράσματα, καθώς

διαφορετικοί επιστήμονες μπορούν να λάβουν υπόψη τους διαφορετικά δεδομένα (εικόνες 8.19 και 8.23).

- Η υποστήριξη των διαφορετικών απόψεων δείχνει αφενός τον υποκειμενικό (X4) χαρακτήρα της γνώσης και αφετέρου τη φαντασία και τη δημιουργικότητα (X3) των επιστημόνων. Τα υπολογιστικά μοντέλα από διάφορα εργαστήρια που παράγουν διαφορετικές προβλέψεις για τη μεταβολή της θερμοκρασίας αντανακλούν το βαθμό υποκειμενικότητας, καθώς βασίζονται σε θεωρητικές κατασκευές και αλγοριθμικές προσεγγίσεις των κλιματικών επιδράσεων και αποτελεσμάτων, που αναπτύσσονται από διαφορετικούς κλιματολόγους. Επιπλέον, οι κλιματολόγοι επιδεικνύουν σε μεγάλο βαθμό τη φαντασία και τη δημιουργικότητά τους κατά την ανάπτυξη αυτών των μοντέλων και την επινόηση ερευνητικών διαδικασιών.
- Η αμφισβήτηση των συμπερασμάτων – ακόμα και αυτά που φέρουν το βάρος της ευρύτερης αποδοχής – δείχνει την νοοτροπία των επιστημόνων να θεωρούν τη γνώση ως «παροδική και αβέβαιη» (X5) με την έννοια ότι οι επιστήμονες «ζουν για να αμφισβητούν και να κριτικάρουν τους συναδέλφους τους».
- Αυτό που κάνει το ζήτημα εξαιρετικά αμφιλεγόμενο είναι πως είναι πολιτικά φορτισμένο (X6), καθώς ο αντίκτυπος της μείωσης του CO₂ έχει οικονομικές επιπτώσεις. Ίσως, τελικά, να συγκεντρωθούν αρκετά δεδομένα ώστε να επιτευχθεί κάποια συναίνεση από επιστήμονες, πολιτικούς, πολίτες και επιχειρηματίες ανά τον κόσμο. Τελικά αναγνωρίζονται όλα τα χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. εκτός από το (X7): διαφορά νόμου – θεωρίας.

8.4.3.3 Ενέργεια από πυρηνικά καύσιμα ή από γαιάνθρακα;

Το θέμα που ακολούθησε αφορούσε στην «παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από κάρβουνο ή από πυρηνικούς αντιδραστήρες;». Η ερώτηση επιμορφούμενου «γιατί να μην είναι κάρβουνο ή πυρηνικής ενέργειας έναντι ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (ΑΠΕ);» έδωσε την ευκαιρία να τονιστεί ότι «εξ ορισμού, τα κοινωνικο-επιστημονικά θέματα είναι περίπλοκα, ανοιχτά, ενδεχομένως αμφιλεγόμενα προβλήματα που στερούνται απλών και μη αμφισβητήσιμων λύσεων» (Sadler et al, 2007). Η σύγκριση της μιας εκ των δυο με τις ΑΠΕ δεν αποτελεί κοινωνικο-επιστημονικό θέμα μιας και οι απόψεις είναι σαφώς υπέρ της χρήσης των ΑΠΕ. Στόχος της ενσωμάτωσης των κοινωνικο-επιστημονικών ζητημάτων είναι, μέσω της συζήτησης, οι εκπαιδευτικοί αρχικά για τον εαυτό τους και στη συνέχεια για μεταφορά τους μαθητές τους: 1) να αναγνωρίσουν την εγγενή πολυπλοκότητα του κάθε κοινωνικο-επιστημονικού προβλήματος, 2) να εξετάσουν τις πολλαπλές οπτικές ενός προβλήματος, 3) να αναγνωρίσουν ότι ένα κοινωνικο-επιστημονικό θέμα υπόκειται σε συνεχή διερεύνηση και 4) να αντιμετωπίσουν με σκεπτικισμό τα επιχειρήματα της κάθε πλευράς, θεωρώντας ότι είναι δυνατόν να είναι παραπλανητικά (Sadler et al, 2007). Προτιμήθηκε να γίνει σύγκριση ανάμεσα σε παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από κάρβουνο ή από πυρηνικούς αντιδραστήρες ώστε λόγω των πλεονεκτημάτων και μειονεκτημάτων που παρουσιάζει η κάθε μία να ικανοποιηθούν οι τέσσερις παραπάνω στόχοι και η συζήτηση να αναδείξει τα χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε.. Ένας δεύτερος λόγος για την επιλογή μας είναι το γεγονός ότι οι ΑΠΕ, τουλάχιστον για κάποιο χρονικό διάστημα, δεν μπορούν να καλύψουν τις ενεργειακές ανάγκες και άρα υπάρχει η ανάγκη και μιας εκ των δύο υπό συζήτηση τρόπων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Θυμίζουμε ότι το θέμα συζητήθηκε στη Γερμανία

μετά από το πυρηνικό ατύχημα της Φουκοσίμα και από τη γερμανική Βουλή αποφασίστηκε το άμεσο κλείσιμο 8 παλαιότερων πυρηνικών εργοστασίων και το σταδιακό κλείσιμο των υπολοίπων 9 μέχρι το 2022, απόφαση που έγινε δεκτή τόσο με επιδοκμασίες όσο και με αποδοκμασίες⁴⁹. Ακόμα και η αντικατάσταση του γαιάνθρακα με φυσικό αέριο είναι, λιγότερο βέβαια, ρυπογόνα.

8.4.3.3α' Το πρόβλημα

Αρχικά δόθηκε στους εκπαιδευτικούς το πρόβλημα:

«Η Trineca είναι μια μεγάλη πόλη που βρίσκεται δίπλα από τα Γκρι Βουνά, που παίρνει όλη την ηλεκτρική ενέργεια που χρειάζεται από ένα εργοστάσιο γαιάνθρακα. Η καύση του γαιάνθρακα είναι σχετικά φτηνή επειδή υπάρχουν πολλά ορυχεία γαιάνθρακα κοντά στην πόλη, αλλά προκαλεί μεγάλη ρύπανση του αέρα και όξινη βροχή. Η πόλη έχει πληρώσει πρόστιμο στην Environmental Protection Agency για παραβάσεις στη ρύπανση του αέρα. Λόγω του συνεχιζόμενου προβλήματος, ο δήμαρχος της Trineca πρότεινε να χτιστεί ένα πυρηνικό εργοστάσιο. Το πυρηνικό εργοστάσιο θα παρέχει όλη την ενέργεια που χρειάζεται η πόλη και θα εξαλείψει όλη τη ρύπανση του αέρα από την καύση του γαιάνθρακα. Ένα από τα προβλήματα για τα πυρηνικά εργοστάσια είναι τα ραδιενεργά απόβλητα. Τα σχέδια του δημάρχου για τα απόβλητα είναι να αποθηκευτούν σε βαθιές σπηλιές κάτω από τα Γκρι Βουνά. Μια τοπική ομάδα πολιτών αντιτίθεται στο πυρηνικό εργοστάσιο, για το ρίσκο του ατυχήματος και την αποθήκευση ραδιενεργών αποβλήτων. Η ομάδα των πολιτών νοιάζεται για την υγεία των πολιτών της Trineca και το γύρω οικοσύστημα. Οι αρχές της πόλης προσπαθούν τώρα να αποφασίσουν τι πρέπει να κάνουν». (Sadler et al., 2007)

8.4.3.3β' Υλικό που παρουσιάστηκε

Στη συνέχεια, τέθηκε στους εκπαιδευτικούς το ερώτημα για το ποια θα ήταν η άποψή τους αν ήταν οι ίδιοι πολίτες της Trineca. Όλοι απάντησαν αυθόρμητα ότι «θα προτιμούσαν το γαιάνθρακα, γιατί η χρήση της πυρηνικής ενέργειας είναι επικίνδυνη».

Μετά από αυτό παρουσιάστηκαν μέρη της έκθεσης της WWF από το παρατηρητήριο λιγνίτη⁵⁰ για την Ελλάδα, η οποία χρησιμοποιεί το λιγνίτη ως καύσιμο, όπου μεταξύ άλλων αναφέρει:

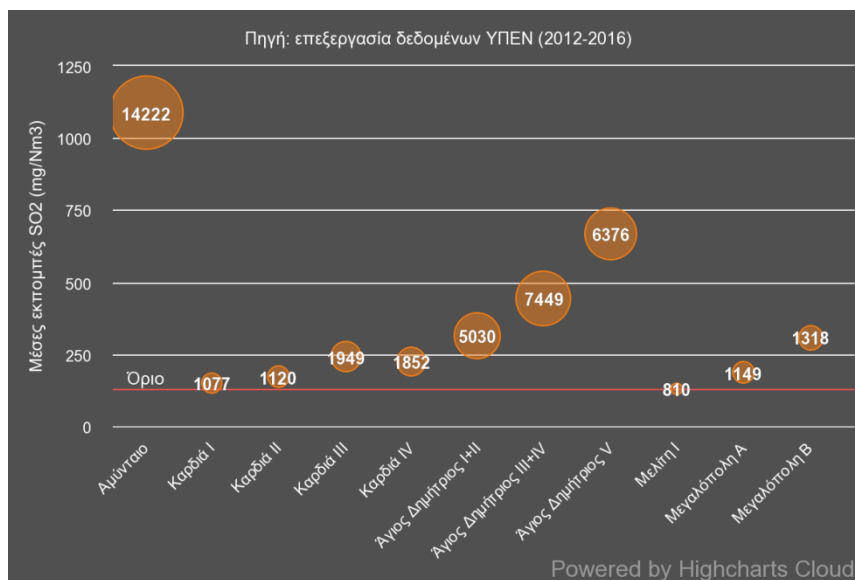
«Ο διεθνής αγώνας κατά της κλιματικής αλλαγής, η υποχρέωση προστασίας της δημόσιας υγείας και του περιβάλλοντος, αλλαγές στην ευρωπαϊκή περιβαλλοντική νομοθεσία και η ραγδαία πρόοδος στις τεχνολογίες ΑΠΕ και αποθήκευσης ενέργειας, επιβάλλουν την απεξάρτησή μας από το πιο ρυπογόνο καύσιμο στον πλανήτη [...] Παρά τον περιορισμό του ο λιγνίτης εξακολουθεί να είναι υπεύθυνος για περισσότερο από το 30% των συνολικών εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου της Ελλάδας. Σημειώνοντας μάλιστα το τέταρτο υψηλότερο ποσοστό συμμετοχής στην Ευρωπαϊκή Ένωση (στοιχεία 2015) [...] Η καύση του επιφέρει καταστροφικές συνέπειες στον άνθρωπο και στο φυσικό περιβάλλον. Μεταφέρει επικίνδυνα χημικά στοιχεία και βαρέα μέταλλα στην ατμόσφαιρα, στα νερά και στα εδάφη. Οδηγεί σε κατασπατάληση νερού, καταστρέφει τον υδροφόρο

⁴⁹ <https://www.bloomberg.com/opinion/articles/2019-06-04/climate-emergency-germany-is-wrong-about-nuclear-power>

⁵⁰ <https://www.wwf.gr/sustainable-economy/clean-energy/lignite>

ορίζοντα και βλάπτει σοβαρά τη δημόσια υγεία. Σύμφωνα με έκθεση⁵¹ τεσσάρων περιβαλλοντικών οργανώσεων, 22.900 πρόωροι θάνατοι τον χρόνο στην Ευρώπη οφείλονται στην ατμοσφαιρική ρύπανση που προκαλούν οι ατμοηλεκτρικοί σταθμοί με καύσιμο το κάρβουνο. Επιπλέον, η εκμετάλλευσή του οδηγεί τις τοπικές κοινωνίες σε απόγνωση, καθώς τις αποκλείει από κάθε άλλη οικονομική δραστηριότητα. Εκτάσεις και χωριά που κάποτε θεωρούνταν «προικισμένα» με λιγνίτη απαλλοτριώθηκαν και ολόκληροι οικισμοί αναγκάστηκαν να μετεγκατασταθούν [...] Η ηλεκτροπαραγωγή από λιγνίτη καθίσταται πλέον ασύμφορη και με αμιγώς οικονομικούς όρους. [...] Σαν αποτέλεσμα, η μία μετά την άλλη οι χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης δεσμεύονται για απεξάρτηση από τον λιγνίτη και το κάρβουνο ως το 2030».

Η καύση του λιγνίτη εκπέμπει ρύπους, όπως διοξείδιο του θείου, διοξείδιο του άνθρακα, οξειδία του αζώτου, μικροσωματίδια και βαρέα μέταλλα. Ιδιαίτερα για την Ελλάδα, πολλοί από αυτούς τους ρύπους είναι πάνω από το επιτρεπτό όριο, λόγος για τον οποίο η Ελλάδα πληρώνει πρόστιμα στην Ευρωπαϊκή Ένωση. Για παράδειγμα, στην Εικόνα 8.26 παρουσιάζονται οι μέσες εκπομπές διοξειδίου του θείου στις περιοχές που υπάρχουν λιγνιτικοί σταθμοί στη χώρα μας.



Εικόνα 8.26: Διοξείδιο του Θείου (SO₂) στην ατμόσφαιρα κοντά στους λιγνιτικούς σταθμούς της Ελλάδας

Με την κόκκινη γραμμή [στη θέση 125] παριστάνεται το όριο της Ε.Ε. (<https://www.wwf.gr/sustainable-economy/clean-energy/lignite>)

Η πρόκληση σοβαρών προβλημάτων υγείας και θανάτων στις περιοχές που υπάρχουν εργοστάσια παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από λιγνίτη, προκύπτει από πλήθος εκθέσεων (π.χ. Burt, Orris & Buchanan, 2013).

Στον αντίποδα παρουσιάστηκαν απόψεις υπευθύνων της ΔΕΗ, στις οποίες αναφέρεται⁵² ότι η ΔΕΗ έχει προχωρήσει σε επενδύσεις που έχουν ως στόχο τη μείωση της εκπομπής ανά κιλοβατώρα του CO₂ κατά 25%, του SO₂ κατά 91%, των οξειδίων

⁵¹ <https://www.wwf.gr/news/1841-22-900>

⁵² <https://www.dei.gr/ecPage.aspx?id=4453&nt=18&lang=1>

του αζώτου κατά 39% και των σωματιδίων κατά 56% με επενδύσεις ύψους 4 δισεκατομμυρίων ευρώ. Αναφέρεται ότι οι εκπομπές CO₂ από το 1990 ως το 2006 έχουν ήδη μειωθεί κατά 25%, παρά το διπλασιασμό της παραγόμενης ενέργειας. Παράλληλα, σε όλα τα ορυχεία του Λιγνιτικού Κέντρου Δυτικής Μακεδονίας εφαρμόζεται σύστημα περιβαλλοντικής διαχείρισης κατά το Διεθνές Πρότυπο ISO 14001. Στις περιβαλλοντικές δράσεις⁵³ των μονάδων παραγωγής και των λιγνιτικών κέντρων της ΔΕΗ, προβλέπεται αντικατάσταση σημαντικού δυναμικού των παλαιών Μονάδων της, με νέες φιλικότερες προς το περιβάλλον, υψηλού βαθμού απόδοσης και σύγχρονης τεχνολογίας, αναβάθμιση και εκσυγχρονισμό των υφιστάμενων εγκαταστάσεων και λειτουργία με βάση τις βέλτιστες διαθέσιμες τεχνικές, περαιτέρω ένταξη του φυσικού αερίου, των υδροηλεκτρικών εργοστασίων και αξιοποίηση των ΑΠΕ στο ισοζύγιο ηλεκτρικής ενέργειας της χώρας. Επιπλέον, η ΔΕΗ έχει προχωρήσει στη δεντροφύτευση περιοχών δίπλα στις Μονάδες παραγωγής.

Στα παραπάνω, παρατηρείται ότι οι υπεύθυνοι της ΔΕΗ αναγνωρίζουν το πρόβλημα της χρήσης του λιγνίτη, μάλιστα στην Ελλάδα ο λιγνίτης είναι χαμηλής θερμιδικής αξίας⁵⁴, το οποίο ανεβάζει το κόστος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας ανά κιλοβατώρα. Ως λύση προτείνεται η χρήση εναλλακτικών μορφών ηλεκτρικής ενέργειας, με έμφαση στις ΑΠΕ⁵⁵ και την αντικατάσταση του εξοπλισμού με καινούριο ή αναβάθμιση του παλιού. Πουθενά στον Απολογισμό Εταιρικής Κοινωνικής Ευθύνης και Βιώσιμης Ανάπτυξης⁵⁶ δεν αναφέρονται τα όρια της ΕΕ και τα πρόστιμα που πληρώνει η Ελλάδα επειδή τα ξεπερνά. Σύμφωνα με τα παραπάνω η χρήση του λιγνίτη για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας παρουσιάζει μειονεκτήματα και αναζητείται εναλλακτική πηγή.

Στη συνέχεια παρουσιάστηκε στους επιμορφούμενους το πόρισμα της ομάδας εργασίας του ΤΕΕ (Αντωνόπουλος-Ντόμης κ.ά, 2009) για τις Εφαρμογές της Πυρηνικής Τεχνολογίας στη Βιομηχανία Παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας από το 2009. Η επιτροπή λαμβάνει υπόψη της πλήθος παραμέτρων, όπως: η ασφάλεια των αντιδραστήρων, ανάλυση των ατυχημάτων, αναζήτηση της αιτίας πρόκλησής τους και στατιστική σύγκριση με άλλα ατυχήματα στην παραγωγή ενέργειας, η ασφάλεια σε σεισμογενείς περιοχές, η διαχείριση των ραδιενεργών κατάλοιπων, το κόστος της κιλοβατώρας από κάθε πηγή παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, η διαθεσιμότητα του πυρηνικού καυσίμου και κλείνει με τον Εθνικό Ενεργειακό Σχεδιασμό, τα πλεονεκτήματα της χρήσης πυρηνικής ενέργειας και τις υποδομές που υπάρχουν στην Ελλάδα. Σημειώνεται ότι η επιτροπή του ΤΕΕ δεν δίνει σαφή απάντηση υπέρ ή κατά της δημιουργίας πυρηνικού εργοστασίου, εκθέτει μόνο τις προϋποθέσεις για την ασφαλή λειτουργία αυτού και καταλήγει ότι «το ενεργειακό πρόβλημα πρέπει να θεωρηθεί και μελετηθεί σφαιρικά και όχι μονοδιάστατα και αποσπασματικά»

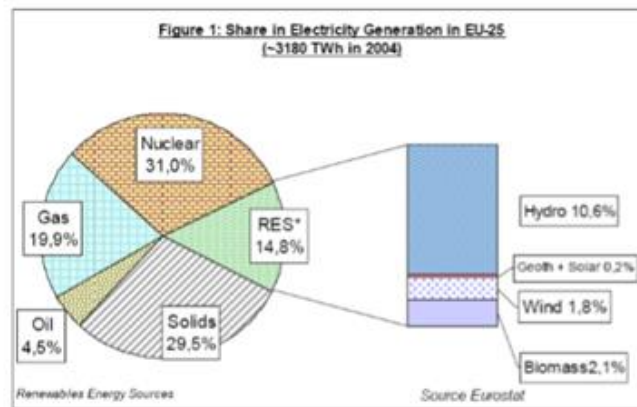
Στην Εικόνα 8.27 (Αντωνόπουλος-Ντόμης κ.ά, 2009, σελ. 3) φαίνεται ότι το έτος 2004 το μεγαλύτερο ποσοστό της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στην ΕΕ παράγονταν από την πυρηνική ενέργεια, κατά συνέπεια προτιμάται από άλλες πηγές και επιπλέον υπάρχει ήδη τεχνολογία.

⁵³ <https://www.dei.gr/el/i-dei/perivallon/oi-perivallontikes-draseis-twn-monadwn-paragwgis-k>

⁵⁴ <https://www.dei.gr/el/i-dei/kentro-tupou/deltia-tupou/deltia-tupou-2014/iounios-2014/i-deikentro-tupoudeltia-tupoudeltia-tupou-2014ioun>

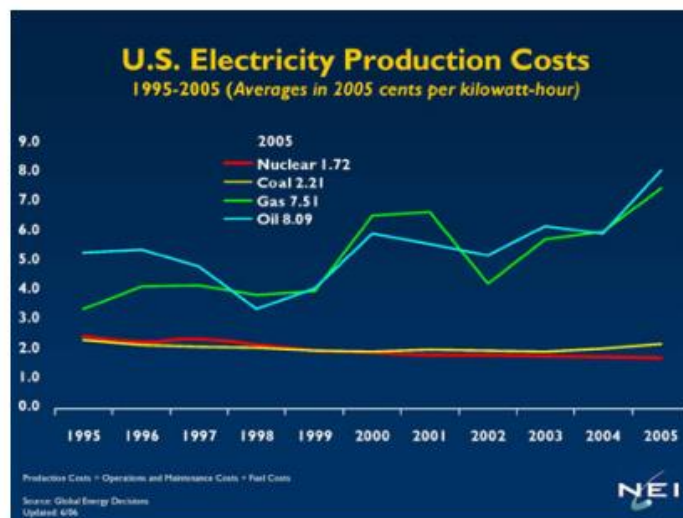
⁵⁵ https://www.dei.gr/Documents2/%CE%95%CE%9A%CE%95/_EKE2018_GR_WEB.pdf (σελ. 34)

⁵⁶ https://www.dei.gr/Documents2/%CE%95%CE%9A%CE%95/_EKE2018_GR_WEB.pdf



Εικόνα 8.27: Ποσοστό συμμετοχής ενεργειακών πηγών στην ηλεκτροπαραγωγή της ΕΕ

Το Nuclear Energy Institute των ΗΠΑ έδωσε (2008) το διάγραμμα της Εικόνας 8.28 για το κόστος της kWh, στις ΗΠΑ, ανάλογα με καύσιμό που χρησιμοποιείται. Στο κόστος αυτό περιλαμβάνεται το κόστος καυσίμου, λειτουργίας και συντήρησης του εργοστασίου (Αντωνόπουλος-Ντόμης κ.ά, 2009, σελ. 38). Στο διάγραμμα φαίνεται το πολύ μικρότερο κόστος της πυρηνικής ενέργειας έναντι της ενέργειας που παράγεται από την καύση αερίου ή πετρελαίου. Είναι δε μικρότερο ακόμη και από τη χρήση άνθρακα.



Εικόνα 8.28: Κόστος παραγωγής ανά KWh

Στην Εικόνα 8.29 παρουσιάζεται συγκριτικός πίνακας ατυχημάτων στην πρωτογενή παραγωγή ενέργειας. Παρατηρούμε ότι η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας μέσω πυρηνικών καυσίμων είναι αυτή με τα λιγότερα ατυχήματα, τα οποία, βέβαια, αν γίνουν, έχουν πολύ σοβαρές συνέπειες στο περιβάλλον και την υγεία των κατοίκων για πολλά χρόνια.

(Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας αντιστοιχεί σε περίπου 40% της συνολικής πρωτογενούς ενέργειας)			
Καύσιμο	Άμεσοι θάνατοι 1970-1992	Ποιοί?	Θάνατοι ανά TWh* ηλεκ. ενέργειας
Άνθρακας	6400	εργαζόμενοι	342
Φυσικό αέριο	1200	εργαζόμενοι και κοινό	85
Υδροηλεκτρικά	4000	κοινό	883
Πυρηνικά	31**	εργαζόμενοι	8

(*) Εκατομμύρια MWe σε λειτουργία ενός έτους (δεν συμπεριλαμβάνεται η κατασκευή της μονάδας παραγωγής). Βασίζεται σε ιστορικά δεδομένα, που είναι απίθανο να αντιπροσωπεύουν τα σύγχρονα επίπεδα ασφάλειας σε οποιαδήποτε από αυτές τις βιομηχανίες.
(**) Πρόκειται για τους 31 νεκρούς από την έκρηξη ατμού και την πυρκαγιά στον αντιδραστήρα του Τσερνόμπιλ το 1986. Μέχρι σήμερα, οι θάνατοι στην περιοχή έχουν αυξηθεί σε περίπου 56. Βεβαίως το ατύχημα είχε σοβαρές επιπτώσεις στο περιβάλλον και την υγεία του πληθυσμού.
Πηγή: Ball, Roberts & Simpson, Research Report #20, Centre for Environmental & Risk Management, University of East Anglia, 1994; Hirschberg et al, Paul Scherrer Institut, 1996; in: IAEA, Sustainable Development and Nuclear Power, 1997; Severe Accidents in the Energy Sector, Paul Scherrer Institut, 2001).

Εικόνα 8.29: Σύγκριση στατιστικής ατυχημάτων στην πρωτογενή παραγωγή ενέργειας

Επισημαίνεται ότι τρία σοβαρά ατυχήματα σε εργοστάσια παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από πυρηνικά καύσιμα έπληξαν παγκόσμια σοβαρά την εμπιστοσύνη του κοινού για την πυρηνική ενέργεια:

1. Στο Three Mile Island στην Πενσυλβάνια το 1979, το οποίο παραμένει μέχρι σήμερα το σοβαρότερο ατύχημα πυρηνικής ενέργειας στην ιστορία των ΗΠΑ. Σε αυτό δεν υπήρξαν τραυματισμοί, αλλά υπήρξε έκλυση ραδιενεργού υλικού.
2. Στο Τσερνόμπιλ έγινε το 1986 στην τότε Σοβιετική Ένωση, σήμερα βρίσκεται σε εδάφη της Ουκρανίας. Πέθαναν επιτόπου 2 από τους εργάτες του σταθμού. Μέσα σε τέσσερις μήνες, από τη ραδιενέργεια και από εγκαύματα λόγω της θερμότητας, πέθαναν 28 πυροσβέστες που έσπευσαν στο χώρο του ατυχήματος και διαπιστώθηκαν 19 επιπλέον θάνατοι ως το 2004. Υπολογίζεται ότι επηρεάστηκε η υγεία εκατοντάδων χιλιάδων ανθρώπων εξαιτίας της επιβάρυνσης του περιβάλλοντος με ραδιενέργεια. Οι ποσοστιαίες αυξήσεις των καρκίνων ήταν άνω του 15% στους πληθυσμούς που εκτέθηκαν, με χιλιάδες θανάτους από καρκίνο και λευχαιμία να συνδέονται με το ατύχημα⁵⁷.
3. Στη Φουκουσίμα της Ιαπωνίας το 2011 και αποτελεί μία από τις πιο σημαντικές οικολογικές επιβαρύνσεις από καταστροφή πυρηνικών εγκαταστάσεων που έχουν καταγραφεί μέχρι σήμερα.

Και τα τρία παραπάνω ατυχήματα αποδίδονται στον ανθρώπινο παράγοντα: Σε έκθεση της Greenpeace για το ατύχημα στη Φουκουσίμα το 2011⁵⁸, αναφέρεται ότι η

⁵⁷

https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%A0%CF%85%CF%81%CE%B7%CE%BD%CE%B9%CE%BA%CF%8C_%CE%B1%CF%84%CF%8D%CF%87%CE%B7%CE%BC%CE%B1_%CF%84%CE%BF%CF%85_%CE%A4%CF%83%CE%B5%CF%81%CE%BD%CF%8C%CE%BC%CF%80%CE%B9%CE%BB

⁵⁸

<https://www.greenpeace.de/sites/www.greenpeace.de/files/20130218-Greenpeace-Report-Fukushima-Fallout.pdf>

πιθανότητα τήξης των αντιδραστήρων ως αποτέλεσμα πλήγματος από τσουνάμι είχε προβλεφθεί από τον Οργανισμό για την Πυρηνική Ασφάλεια της Ιαπωνίας (Japan Energy Safety Organization), σύμφωνα με έγγραφα που είχαν δημοσιευτεί το 2008. Όμως, αν και η ιδιοκτήτρια εταιρεία του πυρηνικού σταθμού γνώριζε ότι δεν αρκούσαν τα μέτρα προστασίας του σταθμού στο ενδεχόμενο υψηλού παλιρροϊκού κύματος, δεν έκανε καμία προσπάθεια να οχυρώσει επαρκώς τις εγκαταστάσεις. Το ατύχημα είχε έντονο κοινωνικό, περιβαλλοντικό και οικονομικό αντίκτυπο, όμως, παρά τις δηλώσεις των αρμοδίων για το αντίθετο, η Ιαπωνία δεν αντιμετώπισε σημαντικά προβλήματα ηλεκτροδότησης, απόδειξη, κατά την Greenpeace, ότι η χώρα μπορεί να ζήσει χωρίς την πυρηνική ενέργεια, την οποία πράγματι εγκατέλειψε το 2016. Ομοίως για το Τσέρνομπιλ, η έκθεση του ΤΕΕ αναφέρει (σελ. 19-21) ότι το ατύχημα συνέβη κατά τη διάρκεια συντήρησης του αντιδραστήρα 4 και την ταυτόχρονη διεξαγωγή ενός πειράματος σε χαμηλή ισχύ. Οι λόγοι του ατυχήματος οφείλονται α) σε σοβαρό λάθος σχεδιασμού του αντιδραστήρα, ο οποίος σε συνθήκες χαμηλής ισχύος παρουσιάζει ισχυρά θετική ανάδραση κενού. Η επιστημονική ιεραρχία της Σοβιετικής Ένωσης το γνώριζε, αλλά δεν είχε ενημερώσει το προσωπικό και δεν είχε προσπαθήσει να επιλύσει το πρόβλημα. β) στην ελλιπή εκπαίδευση του προσωπικού, το οποίο δεν είχε επαρκή γνώση της σοβαρότητας του λανθασμένου σχεδιασμού ή να αναγνωρίζει τα σήματα προς την αστάθεια, γ) η έλλειψη κουλτούρας ασφάλειας, καθώς οι χειριστές παραβίασαν επανειλημμένα τα πρωτόκολλα προκειμένου να πραγματοποιηθεί το πείραμα, θέτοντας εκτός λειτουργίας τα αυτόματα συστήματα ασφαλείας του αντιδραστήρα. Συνεπώς, όταν αντιλήφθηκαν την κρισιμότητα της κατάστασης δεν προλάβαν να αντιδράσουν. Τους ίδιους λόγους βρίσκουμε στο site της World Nuclear Association⁵⁹ και του Nuclear Energy Institute⁶⁰.

Από τους ειδικούς της πυρηνικής τεχνολογίας καταβάλλεται προσπάθεια να αντιμετωπιστεί το πρόβλημα της ασφάλειας των πυρηνικών εγκαταστάσεων και του θέματος των πυρηνικών αποβλήτων (άρα αναγνωρίζουν και αυτοί την ύπαρξη των προβλημάτων). Η τέταρτη γενιά αντιδραστήρων, αναμένονται στη δεκαετία του 2030, έχουν αυξημένα επίπεδα προστασίας για περιπτώσεις ατυχήματος είτε από τη λειτουργία της Μονάδας είτε από πράξη τρομοκρατίας, δαπανούν λιγότερη ενέργεια, περιορίζουν τη δυνατότητα παραγωγής πυρηνικών όπλων και είναι περισσότερο φιλική προς το περιβάλλον στο θέμα των πυρηνικών αποβλήτων (Αντωνόπουλος-Ντόμης κ.ά, 2009, σελ. 16).

Η έκθεση καταλήγει ότι «το ενεργειακό πρόβλημα πρέπει να θεωρηθεί και μελετηθεί σφαιρικά και όχι μονοδιάστατα και αποσπασματικά [...] το ΤΕΕ δεν είναι αντίθετο στην εγκατάσταση πυρηνικού εργοστασίου παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στη χώρα μας, με την προϋπόθεση ότι αυτή στηρίζεται σε πλήρη μελέτη του θέματος ενταγμένη στην ευρύτερη ενεργειακή πολιτική της χώρας. Πιο συγκεκριμένα θα πρέπει να εξασφαλιστούν: α) το πρόβλημα της ρύπανσης του περιβάλλοντος, β) η εξασφάλιση προμήθειας ουρανίου, πώς και από ποια χώρα θα γίνει η προμήθεια του εξοπλισμού του εργοστασίου και των απαραίτητων ανταλλακτικών, γ) τα συγκριτικά οικονομικά στοιχεία που στηρίζεται η επιλογή παραγωγής ενέργειας από πυρηνικό εργοστάσιο και όχι από

⁵⁹ <https://www.world-nuclear.org/information-library/safety-and-security/safety-of-plants/chernobyl-accident.aspx>

⁶⁰ <https://www.nei.org/resources/fact-sheets/chernobyl-accident-and-its-consequences>

άλλες συμβατικές μονάδες και δ) η κατάλληλη περιοχή για την εγκατάσταση του εργοστασίου που δεν θα είναι επικίνδυνη για τους κατοίκους των γύρω περιοχών. Απαιτείται πλήρης μελέτη για μία ισόρροπη ανάπτυξη, που η ποιότητα ζωής θα βελτιώνεται παράλληλα με την υλική ανάπτυξη» (Αντωνόπουλος-Ντόμης κ.ά, 2009, σελ. 54)

Σημειώνεται ότι η επιτροπή του ΤΕΕ δεν δίνει σαφή απάντηση υπέρ ή κατά της δημιουργίας πυρηνικού εργοστασίου, παρά εκθέτει τις προϋποθέσεις για την ασφαλή λειτουργία αυτού. Επιπλέον, πρόκειται για μία μελέτη 67 σελίδων, ενυπόγραφη, με αναφορές σε άλλες έρευνες από έγκυρους φορείς και πλήθος συγκριτικών στοιχείων. Αυτή η παρουσίαση αποτελεί χαρακτηριστικό παράδειγμα του πώς αναγνωρίζεται μια επιστημονική μελέτη, σε σύγκριση με ανώνυμα δημοσιεύματα που εμφανίζονται στο διαδίκτυο και περιλαμβάνουν συνήθως καταστροφολογικές πληροφορίες, χωρίς να δίνουν στοιχεία για το πώς καταλήγουν σε συμπεράσματα. Σε αυτό συμφώνησαν ομόφωνα όλοι οι εκπαιδευτικοί, και σκέφτονται να το τονίσουν στη διδασκαλία τους όποτε τους δίνεται η ευκαιρία.

Πολλοί επιστήμονες στη διαμάχη για χρήση άνθρακα ή πυρηνικής ενέργειας παίρνουν σαφή θέση υπέρ της χρήσης της πυρηνικής ενέργειας (π.χ Brook et al, 2014), οι οποίοι υποστηρίζουν ότι η πυρηνική ενέργεια είναι σημαντικό να χρησιμοποιείται για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, καθώς δεν παράγει αέρια του θερμοκηπίου, οπότε δεν συμβάλει στην κλιματική αλλαγή. Μάλιστα, στο συγκεκριμένο ζήτημα είναι προτιμότερη και από τη χρήση φυσικού αερίου και όχι μόνο του γαιάνθρακα, χωρίς όμως να παραθέτουν απόλυτα νούμερα για σύγκριση. Ισχυρίζονται ότι τα εργοστάσια γαιάνθρακα εκπέμπουν ίσως και περισσότερη ραδιενέργεια από τα πυρηνικά, καθώς υπάρχει φυσικά στους γαιάνθρακες και την αιθάλη. Αναγνωρίζουν ότι τα απόβλητα ουρανίου αποτελούν πρόβλημα, αλλά υποστηρίζουν ότι αυτό θα μειωθεί δραστικά με τους καινούριους αντιδραστήρες. Οι απαιτήσεις των πυρηνικών εργοστασίων σε θερμότητα για την ψύξη του νερού είναι ελαφρώς υψηλότερες (δεν παραθέτουν αριθμούς) από αυτές των εργοστασίων γαιάνθρακα, οι οποίες επίσης θα εξισωθούν με τους νέους αντιδραστήρες. Παρόμοια επιχειρήματα χρησιμοποιεί και το Ινστιτούτο Πυρηνικής Ενέργειας των ΗΠΑ (Nuclear Energy Institute – NEI⁶¹), αναφέροντας ότι είναι η μοναδική μορφή ενέργειας που δεν εκπέμπει διοξείδιο του άνθρακα και είναι αξιόπιστη. Άλλα πλεονεκτήματα που αναφέρονται είναι η ενεργειακή επάρκεια και ανεξαρτησία από διεθνείς κρίσεις που οδηγούν σε ανατιμήσεις πετρελαίου ή αερίου.

Σε άρθρο της ιστοσελίδας μεγάλης εφημερίδας⁶², ακαδημαϊκός απαντά στα επιχειρήματα όσων υποστηρίζουν τα πλεονεκτήματα της πυρηνικής ενέργειας. Έτσι: α) Σχετικά με το προβαλλόμενο επιχείρημα ότι η πυρηνική ενέργεια δεν συμβάλει στην κλιματική αλλαγή, ισχυρίζεται ότι η πυρηνική βιομηχανία δεν εκπέμπει μεν αέρια του θερμοκηπίου, αλλά οι απαιτήσεις σε θερμότητα για την ψύξη του νερού είναι υψηλότερες (το οποίο δεν αρνήθηκαν οι υποστηρικτές που παρουσιάσαμε νωρίτερα). β) Σχετικά με το προβαλλόμενο επιχείρημα του μικρότερου κόστους της πυρηνικής ενέργειας υποστηρίζει ότι μπορεί μεν η κιλοβατώρα από τα πυρηνικά εργοστάσια να κοστίζει λιγότερο, αλλά δεν συνυπολογίζεται το κόστος για τη διάλυση του παλιού αντιδραστήρα, που πραγματοποιείται κάθε 30 χρόνια (αν και οι Brook et al

⁶¹ <https://www.nei.org/home>

⁶² <https://www.kathimerini.gr/world/244814/atomikoi-stathmoi-yper-kai-kata/>

υποστήριξαν ότι οι πυρηνικοί αντιδραστήρες είναι μεν κατασκευασμένοι για 30-40 χρόνια, όμως συνήθως αντέχουν περισσότερο και συνήθως αναβαθμίζονται). Επιπλέον επισημαίνει ως μειονεκτήματα: α) Σχετικά με την εκπομπή ραδιενέργειας, αναφέρει ότι τα αποτελέσματα της ραδιενέργειας συνήθως φαίνονται μετά από την πάροδο ετών και όχι άμεσα, καθώς και ότι σε εκθέσεις τους περιβαλλοντικές οργανώσεις έχουν κατά καιρούς διαπιστώσει υψηλά επίπεδα ραδιενέργειας κοντά σε πυρηνικούς σταθμούς, έγιναν δηλ. διαρροές που δεν ανακοινώθηκαν και β) τέλος, καμία χώρα δεν έχει βρει ασφαλή τρόπο αποθήκευσης των ραδιενεργών καταλοίπων (μεταξύ αυτών είναι και μέρη των παλιών εγκαταστάσεων), καθώς τα θαμμένα φορτία τους παραμένουν επικίνδυνα για πολλές εκατοντάδες χρόνια. Πέραν αυτών ως μειονέκτημα της χρήσης της πυρηνικής ενέργειας προβάλλεται το γεγονός ότι μπορούν να συμβάλλουν στη διάδοση των πυρηνικών όπλων, ακόμη και σε τρομοκρατικές οργανώσεις. Από άλλο συνάδελφό του, στην ίδια εφημερίδα, προβάλλονται ως επιχειρήματα υπέρ της χρήσης πυρηνικής ενέργειας η αμελητέα ρύπανση, η ενεργειακή επάρκεια και ανεξαρτησία για τη χώρα που υιοθετεί την τεχνολογία, και ως μειονεκτήματα αναγνωρίζονται η ασφάλεια, καθώς τεχνικά παραδέχεται ότι δεν μπορεί να αποκλειστεί το ενδεχόμενο μεγάλου ατυχήματος που θα οφείλεται είτε στη λειτουργία της Μονάδας είτε σε τρομοκρατική επίθεση, και η διαχείριση αποβλήτων. Αυτά τα θεωρεί ζητούμενα τα τέταρτης γενιάς αντιδραστήρων είτε και λύσεων όπως η ασφαλής αποστολή των πυρηνικών αποβλήτων στον Ήλιο.

8.4.3.3γ' Συζήτηση και αντίδραση των εκπαιδευτικών

Ο φόβος που εκδήλωσαν οι εκπαιδευτικοί ήταν το ενδεχόμενο πυρηνικού ατυχήματος, ουσιαστικά ο φόβος του άγνωστου. Οι συνέπειες ενός συμβατικού ατυχήματος μπορούν να εκτιμηθούν, όχι όμως και οι συνέπειες ενός πυρηνικού και το βάθος χρόνου στο οποίο μπορεί να φτάσουν. Ένας είπε, και φάνηκε να υιοθετείται και από τους άλλους: «*Αν κάτι δεν πάει καλά σε ένα ατμοηλεκτρικό εργοστάσιο το κλείνεις και σε μερικά χρόνια έχουν φυτρώσει στην αυλή του λουλούδια και κελαηδούν πουλιά. Αν κάτι δεν πάει καλά σε ένα πυρηνικό...*». Αναγνώρισαν στη συζήτηση ότι το ζήτημα είναι πολύπλοκο και δεν έχει μια αντικειμενικά «σωστή» λύση: σε όποια απόφαση και αν καταλήξει η υποθετική πόλη της Trineca, θα έχει γίνει ένας συμβιβασμός. Σχολίασαν ότι άπτεται των θεμάτων που θα μπορούσαν να απασχολήσουν ένα δημοψήφισμα και προκειμένου οι πολίτες να απαντήσουν οφείλουν να μελετήσουν επιστημονικά κείμενα, παρόμοια με αυτά που παρουσιάστηκαν και δόθηκαν στους ίδιους στη συνάντηση. Οι εκπαιδευτικοί συμφώνησαν ότι στόχος του σχολείου είναι όλοι οι πολίτες να μπορούν να διαβάζουν αυτά τα κείμενα και να καταλήγουν σε συμπεράσματα, βέβαια είναι και υποχρέωση των επιστημόνων να τα γράφουν κατανοητά. Συμφώνησαν επίσης ότι η διδασκαλία αυτού του είδους δεν υπάρχει στα μαθήματα Φ.Ε. στην ελληνική δευτεροβάθμια εκπαίδευση, καθώς και ότι ζητήματα που δεν έχουν μία ξεκάθαρα σωστή λύση είναι ξένα προς τη νοοτροπία του συστήματος εκπαίδευσης.

Επιπλέον, συμφώνησαν ότι πρόκειται για ένα ζήτημα που αφορά άμεσα την κοινότητα, οπότε θα ήταν δίκαιο να αποφάσιζαν οι πολίτες για τον τρόπο ηλεκτροδότησης, καθώς αυτοί θα ζούσαν με τις συνέπειες της απόφασής τους. Σε σύγκριση με το προηγούμενο ζήτημα της κλιματικής αλλαγής, ένας εκπαιδευτικός παρατήρησε: «*νωρίτερα συζητούσαμε περισσότερο φιλοσοφικά, γιατί το πρόβλημα δεν*

εξαρτάται άμεσα από εμάς. Σχετικά με το φαινόμενο του θερμοκηπίου και την κλιματική αλλαγή που είδαμε προηγουμένως, ο καθένας ατομικά μπορεί να υιοθετήσει μια στάση ζωής, η οποία είναι πιο οικονομική ούτως ή άλλως, π.χ. να μην χρησιμοποιεί το αυτοκίνητο τόσο συχνά, αλλά δεν μπορούμε να κάνουμε περισσότερα. Πρόκειται για ένα φαινόμενο που συμβαίνει και εμείς ίσως το επιβραδύνουμε με κάποιον τρόπο. Αντίθετα, εδώ εμείς είμαστε αυτοί που διαμορφώνουμε τη λύση του προβλήματος και αντιμετωπίζουμε τις επιπτώσεις».

Άλλος εκπαιδευτικός στάθηκε στο ότι το ζήτημα δεν έχει τελική σωστή λύση: «Το πρόβλημα που τέθηκε είναι πολύ ενδιαφέρον γιατί αντιπροσωπεύει την πραγματική ζωή και θίγει ζητήματα που θα κληθούν να απαντήσουν οι μαθητές ως πολίτες μελλοντικά. Ίσως, όμως, ο εκπαιδευτικός θα δίσταζε να εκτελέσει αυτή τη δραστηριότητα, καθώς θα ακούγονταν προσωπικές απόψεις που ενδεχομένως να προκαλέσουν αντίδραση από ορισμένους μαθητές και γονείς, οι οποίοι πέρα από το ότι έχουν ταυτίσει τη Φυσική με επίλυση μαθηματικών ασκήσεων θα μπορούσαν να τον κατηγορήσουν για πολιτικές θέσεις. Όμως, είναι ένα ιδανικό θέμα για να αναδειχθούν τα χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε.. Ίσως αν είχαν εκπαιδευτεί οι μαθητές μέσω των προηγούμενων δύο τρόπων να εντασσόταν πιο αρμονικά». Στο σημείο αυτό επισημάνθηκε ακόμη μία φορά από τον ομιλητή ότι τα κοινωνικο-επιστημονικά ζητήματα δεν έχουν μία σαφή απάντηση, και, πέρα από την ανάδειξη των χαρακτηριστικών της φύσης της γνώσης των Φ.Ε., οι στόχοι είναι τέσσερις: η ανάδειξη της συνθετότητας του προβλήματος και οι διαφορετικές προοπτικές, η αντιμετώπισή με σκεπτικισμό απόψεων που ακούγονται και η απαίτηση διερεύνησης για την εξεύρεση της βέλτιστης λύσης.

Τα χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. που αναγνώρισαν οι εκπαιδευτικοί και ανέδειξαν στη συζήτηση ήταν κυρίως το υποκειμενικό (X4), καθώς διαφορετικοί επιστήμονες ανάλογα με την εκπαίδευσή τους, τις εμπειρίες και τις προσδοκίες τους εκφράζουν αντίθετες απόψεις, και το αβέβαιο (X5) όπου π.χ. η βελτίωση μιας τεχνολογίας μπορεί να οδηγήσει στο να είναι μια μορφή παραγωγής ενέργειας πιο ασφαλής από μια άλλη, στην προκειμένη περίπτωση οι αντιδραστήρες νέας γενιάς παρουσιάζουν πολλά πλεονεκτήματα έναντι των εργοστασίων γαιάνθρακα. Επίσης, φαίνεται έντονη η αλληλεπίδραση των επιστημονικών γνώσεων με την κοινωνία (X6). Ένα ατύχημα, για το οποίο ευθύνεται ο άνθρωπος για τα ελλιπή μέτρα ασφαλείας που είχε πάρει, μπορεί να οδηγήσει σε απόφαση μη προτίμησης της πυρηνικής ενέργειας. Είναι δυνατόν η κοινωνία να επιβάλλει στους επιστήμονες αποφάσεις με πολιτικά ή οικονομικά κριτήρια. Τέλος αναγνώρισαν και τα χαρακτηριστικά εμπειρικό (X1) και διαφοράς παρατήρησης συμπεράσματος (X2) καθώς μεμονωμένοι επιστήμονες και φορείς μεταφράζουν διαφορετικά τα δεδομένα που προκύπτουν, εστιάζοντας σε διαφορετικά στοιχεία, αναφέροντας ότι ορισμένοι παράγοντες είναι πιο σημαντικοί από άλλους.

8.4.4 Η 4^η συνάντηση

8.4.4.1 Εισαγωγή

Η συνάντηση αυτή έγινε στις 24 Μαΐου 2018. Αποτελεί, στον κύκλο της επεκτατικής μάθησης που είναι η οργανωτική βάση του επιμορφωτικού προγράμματος, τη φάση της εξέτασης και δοκιμής της νέας λύσης, βλέπε παράγραφο 8.3.4. Οι επιμορφούμενοι γνώριζαν, ήδη από την προκήρυξη του προγράμματος επιμόρφωσης (βλέπε Παράρτημα Δ'), ότι στην τέταρτη συνάντηση θα παρουσίαζαν, ορισμένοι από αυτούς, ένα σχέδιο μαθήματος στην ολομέλεια, το οποίο θα περιλάμβανε τη διδασκαλία, με τρόπο σαφή και αναστοχαστικό, χαρακτηριστικών της φύσης της γνώσης των Φ.Ε.. Οι υπόλοιποι επιμορφούμενοι θα παρακολουθούσαν την παρουσίαση, θα την έκριναν και θα έκαναν διορθωτικές προτάσεις, αν βέβαια είχαν. Η εργασία αυτή είχε διττό χαρακτήρα:

1. εκπαίδευσης των επιμορφούμενων στο σχεδιασμό μαθημάτων για τη διδασκαλία χαρακτηριστικών της φύσης της γνώσης των Φ.Ε.: Οι επιμορφούμενοι ασχολούμενοι με το σχέδιο μαθήματος θα συνειδητοποιούσαν τα προβλήματα που έχουν και άρα θα αναζητούσαν λύσεις (απορίες – ερωτήσεις) στην 4η συνάντηση ή και θα ζητούσαν και άλλη συνάντηση, όπως τελικά έκαναν και β) θα μάθαιναν από τις παρουσιάσεις των συναδέλφων τους στην αίθουσα και τις συζητήσεις που τις ακολουθούσαν. Ουσιαστικά μέσω των παρουσιάσεων και της συζήτησης οι επιμορφούμενοι θα εξετάσουν και θα δοκιμάσουν τη νέα λύση, εντοπίζοντας προβληματικά σημεία και αναζητώντας λύσεις, μια πρώτη εφαρμογή σε «ελεγχόμενο» περιβάλλον, πριν βρεθούν στις τάξεις τους. Τις παρουσιάσεις και τις αντιδράσεις των εκπαιδευτικών, τη διδακτική λειτουργία της εργασίας, παρουσιάζουμε στην παράγραφο 8.4.4.2.
2. αξιολόγησης για το πόσο αποδοτικές ήταν οι τρεις πρώτες συναντήσεις του προγράμματος. Τα αποτελέσματα του αξιολογικού χαρακτήρα της εργασίας παρουσιάζονται στην παράγραφο 9.4.

Το σχέδιο μαθήματος μπορούσε να αναφέρεται σε οποιοδήποτε από τα διδασκόμενα κεφάλαια, σε όποιο από τα αντικείμενα των Φ.Ε. (Φυσική, Χημεία, Βιολογία κ.α.) και σε όποια τάξη της Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης επιθυμούσαν. Μάλιστα, θα ήταν δυνατόν να μην βρίσκεται στη διδακτέα ύλη του τρέχοντος σχολικού έτους, καθώς αυτή μεταβάλλεται από έτος σε έτος. Ο μόνος περιορισμός ήταν να αφορά αντικείμενο των Φ.Ε. που διδάσκονταν στην παρούσα χρονιά, π.χ. η Αστρονομία που παλαιότερα διδάσκονταν δεν διδάσκεται σήμερα. Το πλαίσιο οδηγιών που δόθηκε στους εκπαιδευτικούς παρουσιάζεται στο Παράρτημα Ε'. Η εργασία ήταν εθελοντική. Θεωρήσαμε ότι η υποχρεωτική εργασία ίσως απέτρεπε ορισμένους εκπαιδευτικούς με αυξημένες υποχρεώσεις να συμμετέχουν στο πρόγραμμα επιμόρφωσης, ενώ η έλλειψή της θα αφαιρούσε από το πρόγραμμα βασική εκπαιδευτική διαδικασία, μια πρώτη εφαρμογή σε «ελεγχόμενο» περιβάλλον πριν μπουν στην τάξη και συζήτηση με συναδέλφους πάνω στο καινούργιο «εργαλείο».

Αρχικά είχε δοθεί χρόνος 2 εβδομάδων για να παραδοθούν τα σχέδια μαθήματος, όμως, επειδή συνέπιπτε με το τέλος της σχολικής χρονιάς, που είναι περίοδος αυξημένων υποχρεώσεων για τους εκπαιδευτικούς, αρκετοί από αυτούς ζήτησαν παράταση. Τελικά παραδόθηκαν 29 σχέδια μαθήματος από 30 εκπαιδευτικούς, καθώς δύο συνεργάστηκαν. Στην τέταρτη συνάντηση

παρουσιάστηκαν με επιλογή των διοργανωτών, και τη σύμφωνη γνώμη της ερευνήτριας, έξι σχέδια μαθήματος από τα ήδη παραδοθέντα. Το κριτήριο της επιλογής ήταν η κατά το δυνατόν πληρέστερη αντιπροσώπευση των κλάδων των Φ.Ε. και των τάξεων που απευθυνόταν το σχέδιο.

Αναλυτικότερη συνολική περιγραφή και αξιολόγηση των σχεδίων μαθημάτων που παραδόθηκαν γίνεται στο 9^ο Κεφάλαιο. Στον Πίνακα 9.2 του 9^{ου} Κεφαλαίου περιλαμβάνεται, με χρονολογική σειρά παράδοσης, το αντικείμενο και το μάθημα στο οποίο αναφέρεται κάθε σχέδιο μαθήματος. Τα σχέδια μαθήματος που παρουσιάστηκαν στην 4^η συνάντηση είναι τα σχέδια μαθήματος με α/α 1, 4, 9, 11, 15 και 16 του Πίνακα 9.2.

Η διάρκεια κάθε παρουσίασης ήταν 10 – 15 λεπτά και οι εκπαιδευτικοί σε όλη τη διάρκεια και των 6 παρουσιάσεων παρακολουθούσαν κρατώντας σημειώσεις χωρίς να διακόπτουν. Στο τέλος κάθε παρουσίασης ακολουθούσε συζήτηση, η οποία εστιάζόταν στον τρόπο παρουσίασης των χαρακτηριστικών της φύσης της γνώσης των Φ.Ε.. Ακολουθεί μια σύντομη περιγραφή του κάθε σχεδίου μαθήματος⁶³ που παρουσιάστηκε και η αντίδραση των υπόλοιπων εκπαιδευτικών σε αυτό.

8.4.4.2 Παρουσιάσεις των εκπαιδευτικών.

8.4.4.2α' Παρουσίαση 1η: Παράγοντες που επιδρούν στη δραστικότητα των ενζύμων – Βιολογία Β' Λυκείου

Είναι το σχέδιο μαθήματος με α/α 1 στον Πίνακα 9.2. Το μάθημα έχει σχεδιαστεί να έχει διάρκεια 5 διδακτικές ώρες, όπου οι μαθητές «ενθαρρύνονται να αναπτύξουν υποθέσεις και να τις ελέγξουν με την εκτέλεση σχετικών πειραμάτων. Καλούνται να πειραματιστούν, να παρατηρήσουν, να συλλέξουν, να αναλύσουν δεδομένα και να τα συζητήσουν ώστε να καταλήξουν σε επιστημονικά συμπεράσματα. Τέλος, καλούνται να επικοινωνήσουν τη δουλειά τους στους συμμαθητές τους ή στην ευρύτερη σχολική κοινότητα. Η όλη διαδικασία βρίσκεται κάτω από την επίβλεψη του διδάσκοντος».

Στην πρώτη διδακτική ώρα δίνεται η αφορμή: στην προσπάθεια να φτιάξουν ζελέ ανανά, δυο κορίτσια χρησιμοποιούν η μία φρέσκο χυμό και η άλλη χυμό από κονσέρβα. Το αποτέλεσμα είναι ότι το ζελέ από φρέσκο χυμό δεν έχει πήξει. Οι μαθητές καλούνται να χρησιμοποιήσουν τις γνώσεις τους για να δώσουν απάντηση στο πρόβλημα. Αρχικά συζητούν σε μικρές ομάδες και στη συνέχεια στην ολομέλεια. Οι απόψεις καταγράφονται. Ο εκπαιδευτικός μοιράζει πληροφοριακό υλικό και οι μαθητές καλούνται να το χρησιμοποιήσουν για να δώσουν μια πιο τεκμηριωμένη απάντηση στο πρόβλημα. Ακολουθεί διάλογος στην ολομέλεια και συμφωνείται η διαδικασία που θα ακολουθήσουν.

Στη δεύτερη διδακτική ώρα γίνεται ο σχεδιασμός του πειράματος. Λόγω έλλειψης των ειδικών γνώσεων Χημείας πολλών από τους επιμορφούμενους (η πλειοψηφία δεν ήταν Χημικοί), η εκπαιδευτικός αναφέρει τα υλικά που θα χρησιμοποιηθούν και τις απαιτούμενες χημικές αντιδράσεις. Σκοπός είναι οι μαθητές, χωρισμένοι σε ομάδες, να δημιουργήσουν το πρωτόκολλο του πειράματος. Ακολουθεί συζήτηση στην ολομέλεια και συμφωνία για ένα κοινό πρωτόκολλο.

⁶³ Λόγω προσωπικών δεδομένων και πνευματικών δικαιωμάτων, τα σχέδια μαθήματος δεν μπορούν να περιληφθούν αυτούσια στην παρούσα διατριβή

Στην τρίτη διδακτική ώρα πραγματοποιείται το πείραμα, συλλέγονται τα δεδομένα, καταγράφονται οι παρατηρήσεις στο φύλλο εργασίας που έχουν σχεδιάσει οι μαθητές. Στην τέταρτη διδακτική ώρα οι μαθητές αξιολογούν τα δεδομένα που συνέλεξαν, τα συγκρίνουν με τις προβλέψεις που είχαν κάνει και τέλος αξιολογούν τα συμπεράσματά τους. Ακολουθεί συζήτηση στην ολομέλεια και επέκταση σε άλλα αντίστοιχα φαινόμενα της καθημερινότητας. Στην πέμπτη διδακτική ώρα κάθε ομάδα σχεδιάζει την παρουσίαση των αποτελεσμάτων της και στο τέλος της ώρας γίνεται η παρουσίαση, στην οποία επισημαίνουν τη διαδικασία που ακολούθησαν, τους περιορισμούς που συνάντησαν και τις πιθανές αλλαγές που θα πρότειναν.

Η εκπαιδευτικός δηλώνει ότι περιέχονται τα χαρακτηριστικά της δημιουργικής σκέψης (X3), της υποκειμενικότητας (X4), της αβεβαιότητας (X5) και ότι η γνώση βασίζεται στην εμπειρία (X1). Παρόλο, όμως, που η εργασία της ήταν μια πολύ ενδιαφέρουσα διερεύνηση, στην παρουσίαση δεν ανέδειξε τα χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε.. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα ένας συνάδελφος, λίγο άκομψα (αυτός έφυγε από την χώρα της «ευγένειας», όπως είχαμε ζητήσει από την αρχή του προγράμματος από τους εκπαιδευτικούς) να «πεταχτεί» με το που τελείωσε η παρουσίαση και να ρωτήσει «πού είναι η φύση;». Η εκπαιδευτικός ένιωσε αμήχανα και ορισμένοι συνάδελφοι προσπάθησαν να αναφέρουν οι ίδιοι τα χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. όπως τα αντιλήφθηκαν. Αναγνωρίστηκε ότι τα χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. δεν παρουσιάστηκαν με σαφή τρόπο, ακολούθησε συζήτηση με τους επιμορφούμενους να κάνουν προτάσεις για το πώς θα ήταν καλύτερο να ενσωματωθούν μέσα στο μάθημα και να πώς να ζητηθεί από τους μαθητές να αναγνωριστούν. Υπήρξαν πολύ καλές προτάσεις για σαφή και αναστοχαστική διδασκαλία. Τελικά η παρουσίαση λειτούργησε πολύ καλά για τη διδασκαλία των επιμορφούμενων.

Το θέμα της εργασίας είναι πρωτότυπο και θα μπορούσε με τις κατάλληλες τροποποιήσεις να περιέχει τα χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. με σαφήνεια. Η εκπαιδευτικός που παρουσίασε ζήτησε να μην παραδώσει το σχέδιο μαθήματος αλλά να το διορθώσει, όπως και έκανε τελικά με επιτυχία. Από την παρουσίαση φάνηκε ότι η εκπαιδευτικός δεν είχε κατανοήσει τη σπουδαιότητα της σαφούς παρουσίασης, θεωρώντας ότι μια διερεύνηση είναι αρκετή και ίσως ελπίζοντας ότι οι μαθητές θα φτάσουν μόνοι τους στα χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. Από τη βιβλιογραφία έχει φανεί ότι πολλοί ερευνητές είχαν υποπέσει στο ίδιο «παράπτωμα», ενώ από την άλλη αναδεικνύεται η αναφορά των Allchin et al (2014) ότι η διερεύνηση είναι από τους χειρότερους τρόπους ενσωμάτωσης της φύσης της γνώσης των Φ.Ε., καθώς συχνά ο εκπαιδευτικός παρασύρεται/απορροφάται με τις οδηγίες για την ακριβή διεξαγωγή της διερεύνησης και παραμελεί την ανάδειξη των χαρακτηριστικών της φύσης της γνώσης των Φ.Ε..

Πάντως, τελικά η εκπαιδευτικός διόρθωσε την παράλειψή της, καθώς το σχέδιο μαθήματος που παραδόθηκε περιλάμβανε σημεία στα οποία αναφέρεται με σαφήνεια και αναστοχαστικά η φύση της γνώσης των Φ.Ε.. Η εκπαιδευτικός ξεπέρασε με επιτυχία τις αντιφάσεις της, η παρουσίαση λειτούργησε διδακτικά και για την ίδια.

8.4.4.2β' Παρουσίαση 2^η: Γενετική Μηχανική και Βιοτεχνολογία – Βιολογία Γ' Γυμνασίου ή Ερευνητική Εργασία.

Είναι το σχέδιο μαθήματος με α/α 4 στον Πίνακα 9.2. Το μάθημα, είχε σχεδιαστεί για να έχει διάρκεια 3 – 4 διδακτικές ώρες, ξεκίνησε με γενική συζήτηση για τα σημαντικά ζητήματα της ανθρωπότητας τον 21^ο αιώνα, όπου η εκπαιδευτικός κατευθύνει τους μαθητές να αναφερθούν στην τροφή, μέσα από κείμενα που διαβάζονται στην τάξη. Ακολουθεί έρευνα από τους μαθητές στο σπίτι για τα γενετικά τροποποιημένα τρόφιμα και την επόμενη ώρα συζητούνται στην τάξη άγνωστες έννοιες από τη Βιολογία. Ακολουθεί διάλογος/αντιπαράθεση απόψεων ανάμεσα στους μαθητές, χωρισμένους σε δυο ομάδες, για το αν είναι σωστό ηθικά να χρησιμοποιούμε γενετικά τροποποιημένο καλαμπόκι.

Η εκπαιδευτικός δηλώνει ότι τα χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. που περιλαμβάνονται είναι αυτά της υποκειμενικότητας (X4), της πολιτισμικής αλληλεπίδρασης (X6) και της αβεβαιότητας (X5). Στην παρουσίασή της εστίασε περισσότερο στο γνωστικό και το ηθικό κομμάτι της εργασίας της και όχι στα χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε., τα οποία ανέφερε μόνο στο τέλος.

Αμέσως μόλις τελείωσε η παρουσίαση, πήρε το λόγο ένας εκπαιδευτικός ο οποίος ανέδειξε τα χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. που υπήρχαν στην παρουσίαση, ίσως μάλιστα το έκανε περισσότερο στοχευμένα από την ίδια την εκπαιδευτικό που παρουσίασε, κατά τη γνώμη της ερευνήτριας. Στη συνέχεια, ακούστηκαν θετικά σχόλια για την επιλογή του θέματος, καθώς και ότι αποτέλεσε επιτυχή συνδυασμό με το διάλογο/αντιπαράθεση απόψεων μέσα στην τάξη. Άλλος εκπαιδευτικός πρόσθεσε ότι το θέμα είχε ακουστεί στα προτεινόμενα στην 3^η συνάντηση και ότι η εκπαιδευτικός το εφάρμοσε με επιτυχία και το συνδύασε με την ελληνική σχολική ύλη, καθώς το θέμα της βιοτεχνολογίας δεν διδάσκεται στο Γυμνάσιο, παρόλο που είναι πολύ σημαντικό. Πάντως, η ερευνήτρια σχημάτισε την εντύπωση ότι η εκπαιδευτικός μάλλον πρόσθεσε, λόγω του συμβάντος με την προηγούμενη παρουσίαση, την αναφορά στη φύση της γνώσης των Φ.Ε. την τελευταία στιγμή, άρα ούτε αυτή δεν είχε εμπεδώσει την ανάγκη της σαφούς και αναστοχαστικής παρουσιάσής τους ή δεν ήταν ακόμη ικανή να το κάνει, παρόλο που θεωρητικά το γνώριζε.

Το θέμα είναι ένα από τα κλασικά κοινωνικο-επιστημονικά ζητήματα που προτείνονται στη βιβλιογραφία για τη διδασκαλία των χαρακτηριστικών της φύσης της γνώσης των Φ.Ε.. Τα κείμενα που επέλεξε η εκπαιδευτικός είναι ενδιαφέροντα και με την κατάλληλη ανάλυση αναδεικνύονται από αυτά χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε..

8.4.4.2γ' Παρουσίαση 3^η: Ο χημικός δεσμός ως Μαύρο Κουτί – Χημεία Α' Λυκείου.

Είναι το σχέδιο μαθήματος με α/α 9 στον Πίνακα 9.2. Το μάθημα είχε σχεδιαστεί να έχει διάρκεια 2 διδακτικές ώρες. Στόχευε στο να ταξινομήσουν οι μαθητές τις στερεές καθарές ουσίες σε αυτές που άγουν το ηλεκτρικό ρεύμα και αυτές που δεν το άγουν, να ταξινομήσουν τις στερεές ουσίες που δεν άγουν το ηλεκτρικό ρεύμα σε ιοντικές ή ομοιοπολικές ανάλογα με το αν τα διαλύματά τους είναι αγωγίμα ή όχι, να ερμηνεύσουν το χημικό δεσμό που δημιουργείται στην αντίστοιχη ένωση με βάση τον κανόνα της συμπλήρωσης των στιβάδων με οκτώ ηλεκτρόνια (κανόνας των οκτάδων), να παρατηρήσουν αν υπάρχει και άλλο είδος δεσμού πέρα από τον ιοντικό και τον

ομοιοπολικό και να αντιληφθούν την αναγκαιότητα της εξέτασης και άλλων παραμέτρων μέχρι να καταλήξουν στο είδος του δεσμού. Όλοι οι παραπάνω στόχοι, οι οποίοι επιτυγχάνονται μέσω δραστηριοτήτων διερεύνησης, πραγματοποιούνται αντιμετωπίζοντας τη Χημεία ως Μαύρο Κουτί, που ποτέ δεν μπορούμε να δούμε ακριβώς πώς είναι διατεταγμένα τα άτομα των στοιχείων.

Οι μαθητές, μετρούν την ένταση του ρεύματος που περνά μέσα από α) στερεές ουσίες, β) διαλύματα των στερεών και γ) αφού θερμάνουν τα υδατικά διαλύματα των στερεών και καλούνται να συμπληρώσουν πίνακα, στον οποίο θα αναγνωρίζουν τα υλικά που περιέχονται σε κάθε δοκιμαστικό σωλήνα, ανάμεσα σε αλάτι, αλουμινόχαρτο, ζάχαρη, μύτη μολυβιού και ξινό (οι δοκιμαστικοί σωλήνες είναι μαυρισμένοι ώστε να μην διακρίνεται το υλικό που περιέχεται) και το είδος του δεσμού των ατόμων.

Η εκπαιδευτικός υποστηρίζει ότι τα χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. που περιέχονται στο σχέδιο μαθήματος είναι α) το εμπειρικό (X1), το συμπερασματικό (X2) και το υποκειμενικό (X4), καθώς οι μαθητές καλούνται να ερμηνεύσουν τις παρατηρήσεις τους για το είδος του χημικού δεσμού, β) το δημιουργικό (X3), καθώς ο κανόνας των οκτάδων δεν ικανοποιεί τις παρατηρήσεις και οι επιστήμονες καλούνται να σχεδιάσουν ένα νέο θεωρητικό μοντέλο, το οποίο γ) αναδεικνύει και τον αβέβαιο (X5) χαρακτήρα της επιστημονικής γνώσης.

Οι συνάδελφοί της εντυπωσιάστηκαν με τη σύλληψη της ιδέας, όμως είπαν ότι στην παρουσίαση τα χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. θα μπορούσαν να παρουσιαστούν με μεγαλύτερη σαφήνεια. Στη συζήτηση ακούστηκαν προτάσεις για το πώς θα ήταν καλύτερο να ενσωματωθούν τα χαρακτηριστικά μέσα στο μάθημα και να παρουσιαστούν στους μαθητές με σαφή και αναστοχαστικό τρόπο.

Και αυτή η διερεύνηση παρουσίασε τα προβλήματα της πρώτης παρουσίασης, δηλαδή αναλώθηκε στις οδηγίες για το πώς θα γίνουν τα πειράματα και οι μετρήσεις και όχι στη συζήτηση για την ανάδειξη των χαρακτηριστικών της φύσης της γνώσης των Φ.Ε., τελικά ήταν μόνο μια καλή πειραματική διερεύνηση. Όπως και η πρώτη εκπαιδευτικός, ζήτησε να μην παραδώσει το σχέδιο μαθήματος, το οποίο τελικά παραδόθηκε διορθωμένο.

8.4.4.2δ' Παρουσίαση 4^η: Ελεύθερη Πτώση – Φυσική Α' Λυκείου.

Είναι το σχέδιο μαθήματος με α/α 11 στον Πίνακα 9.2. Το μάθημα, είχε σχεδιαστεί να έχει διάρκεια δύο διδακτικές ώρες, εστιάζει στην ανάδειξη ορισμένων χαρακτηριστικών της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. μέσω της ιστορίας. Ξεκινάει από τη θεωρία του Αριστοτέλη για την πτώση των σωμάτων, προχωράει στο πείραμα του Γαλιλαίου, την επιβεβαίωση του πειράματος σε συνθήκες κενού από τον Boyle και κλείνει με την επαλήθευση του πειράματος στη Σελήνη. Στη διάρκεια του μαθήματος διαβάζονται κείμενα, γίνεται προβολή βίντεο και εκτελούνται απλά πειράματα πτώσης των σωμάτων στη σχολική τάξη (X1). Οι μαθητές αναφέρουν τις παρατηρήσεις τους και τα συμπεράσματα στα οποία καταλήγουν, ενώ ακολουθεί συζήτηση για τη διαφορά ανάμεσα σε αυτά (X2). Ταυτόχρονα αναδεικνύεται ο υποκειμενικός χαρακτήρας (X4) της γνώσης αλλά και η δημιουργική σκέψη (X3) στο σχεδιασμό των πειραμάτων. Στη συζήτηση με τους μαθητές, αναδεικνύεται και ο αβέβαιος χαρακτήρας (X5) της επιστημονικής γνώσης.

Στο φύλλο εργασίας που μοιράζεται στους μαθητές υπάρχουν και τα χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. με μια μικρή επεξήγηση για το καθένα. Στο τέλος του μαθήματος ζητείται από τους μαθητές να διαβάσουν προσεκτικά τα σχετικά με τα χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. και να ερευνήσουν αν με αυτά που διαπραγματεύτηκαν στο μάθημα θεωρούν ότι αναδεικνύεται κάποιο ακόμα χαρακτηριστικό που δεν αναφέρθηκε πριν.

Όλοι οι εκπαιδευτικοί που παρακολούθησαν την παρουσίαση συμφώνησαν ότι πρόκειται για ένα άρτιο σχέδιο μαθήματος, όπου τα χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. αναδεικνύονται με σαφήνεια, ταυτόχρονα με την επιθυμητή γνώση σε γνωστικό επίπεδο. Οι επιμορφούμενοι κατέληξαν ότι ήταν ένα παραδειγματικό μάθημα, το οποίο μπορεί εύκολα να διεξαχθεί στη σχολική τάξη, χωρίς να προκαλέσει αναστάτωση και χαμένο χρόνο.

8.4.4.2ε' Παρουσίαση 5^η: Μοντέλα για το άτομο – Φυσική Β' Λυκείου.

Είναι το σχέδιο μαθήματος με α/α 15 στον Πίνακα 9.2. Το μάθημα, είχε σχεδιαστεί να έχει διάρκεια 1 διδακτική ώρα, στόχευε στο να γνωρίσουν οι μαθητές το μοντέλο του Thomson και το μοντέλο του Rutherford για το άτομο καθώς και να εισαχθούν στα χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε.. Πρόκειται για μια δραστηριότητα διερεύνησης μέσω υπολογιστή με τη μορφή ενός Μαύρου Κουτιού.

Το μάθημα ξεκίνησε με την εισαγωγή της έννοιας του μοντέλου ως αναπαράσταση μιας θεωρίας. Παρουσιάστηκε, ως παράδειγμα, το πρότυπο του Thomson για το άτομο και ακολούθησε συζήτηση για τη φαντασία του επιστήμονα όταν προτείνει ένα μοντέλο για κάτι που δεν είναι ορατό στον καθημερινό κόσμο. Στη συνέχεια ζητήθηκε από τους μαθητές να προβλέψουν αν θα εκτραπούν σωματίδια α τα οποία προσπίπτουν σε ένα άτομο, αν αυτό έχει τη δομή που περιγράφεται από το μοντέλο του Thomson. Ακολούθησε έλεγχος της υπόθεσης μέσα από παρατήρηση της διαδικτυακής προσομοίωσης του Phet (<https://phet.colorado.edu/el/simulation/legacy/rutherford-scattering>) για τη σκέδαση σωματιδίων (ανάλογη της γνωστής μας σκέδασης Rutherford) στο «μοντέλο σταφιδόψωμου». Οι μαθητές παρατήρησαν ένα άτομο με ομοιόμορφα κατανομημένο θετικό φορτίο και διάσπαρτα ενσωματωμένα ηλεκτρόνια να βομβαρδίζεται με σωματίδια α, και κανένα από αυτά να μην εκτρέπεται από την αρχική του πορεία. Στη συνέχεια, ο εκπαιδευτικός αναφέρθηκε στο πείραμα του Rutherford με τα φύλλα χρυσού, δείχνοντας βίντεο, όπου οι μαθητές παρατήρησαν ορισμένα σωματίδια α να αποκλίνουν, το οποίο δεν εξηγείται με το μοντέλο του Thomson. Ακολούθησε συζήτηση για το θέμα της αλλαγής ενός μοντέλου σε περίπτωση που τα δεδομένα του δεν συμφωνούν με αυτά του πραγματικού κόσμου. Οι μαθητές κλήθηκαν να βγάλουν τα δικά τους συμπεράσματα από τα δεδομένα του πειράματος και να τα συζητήσουν με τους συμμαθητές τους. Έγινε σύνδεση με τη διαφορά της παρατήρησης από την εξαγωγή συμπερασμάτων.

Στη συνέχεια ζητήθηκε από τους μαθητές να προτείνουν ένα μοντέλο που να ερμηνεύει τα δεδομένα του πειράματος. Ακολούθησε συζήτηση και οι μαθητές τελικά παρατήρησαν στην προσομοίωση Phet το «μοντέλο Rutherford⁶⁴», παρατηρώντας την

⁶⁴ Είναι ο τίτλος της προσομοίωσης η οποία ουσιαστικά δείχνει το πείραμα των Geiger – Marsden τα αποτελέσματα του οποίου ερμήνευσε ο Rutherford επινοώντας το γνωστό του μοντέλο.

απόκλιση της πορείας των σωματιδίων α όταν πλησιάζουν στην περιοχή του πυρήνα των ατόμων χρυσού σε ένα λεπτό φύλλο χρυσού. Πριν το τέλος του μαθήματος ακολούθησε συζήτηση στην τάξη για τους λόγους που οδήγησαν στην αλλαγή του μοντέλου του σταφιδόψωμου, τη συμφωνία πειράματος – μοντέλου, τη δημιουργία και τους περιορισμούς ενός μοντέλου, και την υποκειμενική εξαγωγή συμπερασμάτων από το ίδιο πείραμα. Εδώ αναδείχθηκαν το δημιουργικό (X3), το υποκειμενικό (X4) και το αβέβαιο (X5) χαρακτηριστικό της φύσης της γνώσης των Φ.Ε..

Οι δυο εκπαιδευτικοί που συνεργάστηκαν σε αυτό το σχέδιο μαθήματος υποστηρίζουν ότι τα χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. που αναδεικνύονται είναι το εμπειρικό (X1), το συμπερασματικό (X2), το υποκειμενικό (X4), το αβέβαιο (X5) και η απαίτηση για δημιουργική σκέψη (X3) του επιστήμονα.

Η περίπτωση του πειράματος του Rutherford, ως ένα Μαύρο Κουτί σε προσομοίωση είχε αναφερθεί στη 2^η συνάντηση, οπότε η υλοποίησή του συνέχισε τη συζήτηση ανάμεσα στους εκπαιδευτικούς που είχε ξεκινήσει τότε. Όλοι έκριναν ότι τα χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. δόθηκαν με σαφήνεια. Το μάθημα ήταν άρτιο, πολύ αναλυτικό και διευκρινιστικό. Τα σχόλια των συναδέλφων ήταν θετικά και επαινετικά για την προσπάθεια.

8.4.4.2στ' Παρουσίαση 6^η: Θεωρία των τεκτονικών πλακών – Γεωγραφία Α' Γυμνασίου. Είναι το σχέδιο μαθήματος με α/α 16 στον Πίνακα 9.2. Το μάθημα, είχε σχεδιαστεί να έχει διάρκεια μία διδακτική ώρα, στόχευε στο να κατανοήσουν οι μαθητές τη διαδικασία με την οποία αναπτύχθηκε η θεωρία των λιθοσφαιρικών πλακών από τον Wegener. Στους μαθητές δίνονται πληροφορίες σχετικά με τον Wegener και την προτεινόμενη θεωρία του. Επίσης, δίνεται μια σειρά εικόνων και τους ζητείται να τις τοποθετήσουν σε χρονολογική σειρά και να γράψουν κάτω από κάθε εικόνα μια μικρή παράγραφο που να την περιγράφει. Κάθε ομάδα παρουσιάζει την εργασία της στην τάξη και ακολουθεί συζήτηση για τους λόγους που η θεωρία του Wegener δεν έγινε αποδεκτή από την αρχή, γιατί η μορφή των ακτών της Αφρικής και της Νότιας Αμερικής δεν ήταν ικανοποιητικό στοιχείο και πώς οι τεχνολογικές εξελίξεις συνέβαλαν στο να γίνει αποδεκτή. Αναφέρεται η συνεισφορά των πετρωμάτων και των απολιθωμάτων και η συζήτηση κλείνει με τις διαφορές της σημερινής θεωρίας των τεκτονικών πλακών από αυτή του Wegener.

Η εκπαιδευτικός υποστηρίζει ότι τα χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. που αναδεικνύονται στο σχέδιο μαθήματος είναι το εμπειρικό (X1), το συμπερασματικό (X2), η απαίτηση για δημιουργική σκέψη (X3) του επιστήμονα, το υποκειμενικό (X4), το αβέβαιο (X5), και η πολιτισμική αλληλεπίδραση (X6). Τα χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. υπήρχαν μεν διάχυτα στην παρουσίαση, όμως η εκπαιδευτικός δεν τα παρουσίασε με σαφήνεια, και ουσιαστικά έδειξε μόνο τις δραστηριότητες που είχε ετοιμάσει.

Οι επιμορφούμενοι ανέφεραν ότι τόσο το θέμα που διάλεξε όσο και η προσέγγιση μέσω της Ιστορίας των Φ.Ε. ήταν πολύ ενδιαφέροντα. Ορισμένοι επιμορφούμενοι ανέδειξαν οι ίδιοι, σε διάλογο μεταξύ τους, τα χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε., μιας και από την παρουσίαση δεν αναδείχθηκαν. (Ο εκπαιδευτικός χαρακτήρας της εργασίας) Μάλιστα, ένας εκπαιδευτικός επισήμανε ότι η Γεωγραφία είναι ένα μάθημα που προσφέρεται να γίνει εναλλακτικά, με διεξοδική αναφορά σε διάφορα θέματα, με τη φύση της γνώσης των Φ.Ε. να είναι ένα από αυτά,

καθώς δεν υπάρχει βιασύνη να ολοκληρωθεί η ύλη, δεν παρέχει προαπαιτούμενες γνώσεις για τα επόμενα χρόνια και, με την τελευταία αλλαγή του συστήματος, δεν εξετάζεται γραπτά. Επομένως, ο εκπαιδευτικός έχει την ευχέρεια να σταθεί περισσότερο σε θέματα που τον ενδιαφέρουν, χωρίς να αντιμετωπίσει τα προβλήματα που είχαν αναφερθεί σε προηγούμενες συναντήσεις (π.χ. ολοκλήρωση ύλης, παράπονα γονέων, κριτική από το σύλλογο διδασκόντων, κλπ). Έτσι, με τον τρόπο αυτό μια δευτερογενής αντίφαση οδηγήθηκε σε λύση από πρόταση των ίδιων των εκπαιδευτικών.

Ένας άλλος εκπαιδευτικός που είχε σχεδιάσει το ίδιο θέμα με διερεύνηση είπε ότι δεν είχε σκεφτεί να το δει με αυτόν τον τρόπο. Η παρατήρηση αυτή οδήγησε τη συζήτηση στο ότι ίδια θέματα μπορούν να διδαχθούν με διαφορετική προσέγγιση, οπότε ήταν χρήσιμη η συμπερίληψη και των τριών προσεγγίσεων στο πρόγραμμα επιμόρφωσης.

8.4.4.2ζ' Γενικές παρατηρήσεις

Από τις 6 παρουσιάσεις οι δύο είχαν σχεδιασμένη τη διδασκαλία των χαρακτηριστικών της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. με σαφή και αναστοχαστικό τρόπο.

Παρατηρήθηκε προσήλωση των εκπαιδευτικών στην προσπάθεια να γίνει η διερεύνηση και στο γνωστικό στόχο, παραμελήθηκε έτσι ο στόχος για σαφή και αναστοχαστικό τρόπο διδασκαλίας των χαρακτηριστικών της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. Ένας επιμορφούμενος τόνισε την ανάγκη να «κρατάει τον εαυτό του προσηλωμένο στο στόχο, γιατί οι παλιές συνήθειες επανέρχονται και κυριαρχούν». Η αξία των παρουσιάσεων και της συζήτησης για την εκπαίδευση των επιμορφούμενων αναδείχτηκε, καθώς οι δυο επιμορφούμενοι που κράτησαν την εργασία τους για διόρθωση την αναδιοργάνωσαν επιτυχώς. Επίσης παραγωγική ήταν η συζήτηση καθώς μόνοι τους οι επιμορφούμενοι συζητώντας μεταξύ τους ανέδειξαν τρόπους σαφούς και αναστοχαστικής διδασκαλίας.

Στη γενική συζήτηση που ακολούθησε, ορισμένοι εκπαιδευτικοί ανέφεραν ότι θα ήθελαν να τους είχε δοθεί μαζί με την ανάθεση της εργασίας και ένα μάθημα-υπόδειγμα, ώστε να είναι περισσότερο σαφές τι τους ζητείται να σχεδιάσουν. Επίσης, θα ήθελαν να τους είχε δοθεί μια ενδεικτική λίστα με θέματα που προσφέρονται για την ενσωμάτωση των χαρακτηριστικών της φύσης της γνώσης των Φ.Ε., ιδίως σε αντικείμενα πέραν της Φυσικής, για την οποία σχολίασαν ότι «υπάρχουν τόσα προφανή θέματα». Τελικά από τη συζήτηση προέκυψε ότι αυτό που θεωρούσαν ότι θα τους βοηθούσε ήταν σχέδια μαθήματος για τη διδασκαλία της φύσης της γνώσης των Φ.Ε.

Από την παρουσίαση των έξι σχεδίων μαθήματος που παρουσιάστηκαν και τη συζήτηση που ακολούθησε την κάθε παρουσίαση, προκύπτει, και θα συζητηθεί περαιτέρω στο 9^ο Κεφάλαιο, ότι ενώ οι εκπαιδευτικοί γνωρίζουν τα χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε., όπως προκύπτει από το ερωτηματολόγιο VNOS-D+, εν' τούτοις δυσκολεύονται να τα εφαρμόσουν στο σχεδιασμό ενός μαθήματος, δηλ. έχουν γνώση των χαρακτηριστικών της φύσης των Φ.Ε. αλλά δυσκολεύονται να τα εντάξουν στον σχεδιασμό του μαθήματος και, λογικά, ακόμα περισσότερο στη διδασκαλία. Οι επιμορφούμενοι, ενώ έχουν αποφασίσει να διδάξουν τη φύση της γνώσης των Φυσικών Επιστημών έναντι της συνηθισμένης γνώσης περιεχομένου Φυσικών Επιστημών που δίδασκαν, στην πράξη αποδεικνύουν ότι οι «παλιές συνήθειες δεν αλλάζουν εύκολα». Εμφανίζονται Τριτογενείς (tertiary) αντιφάσεις, δηλ.

αντιφάσεις που προκύπτουν όταν στη θέση του αρχικού αντικειμένου/κινήτρου του συστήματος δραστηριότητας εισάγεται ένα πολιτισμικά πιο προηγμένο αντικείμενο και κίνητρο, ουσιαστικά εμφανίζονται ως εντάσεις μεταξύ των νέων πρακτικών και των θεσμοθετημένων πρακτικών, είναι εκδήλωση της αντίστασης στο καινούργιο, βλ.επε παράγραφο 3.4.

Για το λόγο αυτό θεωρείται ότι είναι σημαντικό να επιμείνουμε στην εκπαίδευση των εκπαιδευτικών, ώστε σταδιακά να αποκτήσουν αυτοπεποίθηση στη νέα γνώση και να κατορθώσουν να τη μετασχηματίσουν κατάλληλα στους μαθητές τους. Από τη συζήτηση αναδείχτηκε η ανάγκη για μια ακόμη συνάντηση στη διάρκεια της επόμενης σχολικής χρονιάς, μετά την παρουσίαση πραγματικών μαθημάτων στις τάξεις, στην οποία α) θα συζητούσαν για την εμπειρία που είχαν βιώσει οι εκπαιδευτικοί στη σχολική αίθουσα: *«Προσπαθήστε να κάνετε πράξη αυτά που είπαμε, σημειώστε τις δυσκολίες και τις επιτυχίες που είχατε και θα τα ξαναπούμε το Δεκέμβριο»* και β) θα παρουσιάζονταν βιντεοσκοπημένα μαθήματα και θα συζητούνταν. Το Σεπτέμβριο του 2018 στάλθηκε στους εκπαιδευτικούς ένα ημερολόγιο μαθήματος, το οποίο ήταν ίδιο με το πρωτόκολλο παρακολούθησης που σχεδίασε η ερευνήτρια (βλ. Παράρτημα ΙΑ), προκειμένου να βοηθηθούν οι εκπαιδευτικοί που επιθυμούσαν να κρατήσουν σημειώσεις για τη διδασκαλία τους.

8.4.5 Η 5^η συνάντηση

8.4.5.1 Εισαγωγή

Η 5^η συνάντηση πραγματοποιήθηκε στις 13 Δεκεμβρίου 2018. Στη συνάντηση παρουσιάστηκαν δυο βιντεοσκοπημένες διδασκαλίες, μία από εκπαιδευτικό που είχε συμμετάσχει στο πρόγραμμα επιμόρφωσης και μια από τον επιμορφωτή. Και στις δύο διδασκαλίες που παρουσιάστηκαν οι μαθητευόμενοι ήταν ενήλικοι, έτσι δεν χρειαζόταν ειδική άδεια από το Υπουργείο για την παρακολούθηση παρά μόνο η ενημέρωση των συμμετεχόντων ότι η διδασκαλία βιντεοσκοπείται για ερευνητικούς σκοπούς και προφανώς η συμφωνία τους. Για λόγους προστασίας προσωπικών δεδομένων δεν εμφανίζονταν πρόσωπα εκπαιδευόμενων, εμφανίζονται μόνο των εκπαιδευτών.

Η πρώτη διδασκαλία αφορούσε τις 4 θεωρίες που έχουν διατυπωθεί για την προέλευση της Σελήνης και τις δεκατέσσερις ενδείξεις που έχουν συλλεχτεί και οι οποίες υποστηρίζουν ή απορρίπτουν μια ή περισσότερες από τις 4 θεωρίες. Το παραπάνω είναι από το πρόγραμμα της Νέας Ζηλανδίας (<https://scienceonline.tki.org.nz/Nature-of-science/Nature-of-Science-Teaching-Activities/Conflicting-theories-for-the-origin-of-the-Moon>), και είχε σύντομα παρουσιαστεί στη 2^η συνάντηση, βλ. Παράγραφο 8.4.2.7. Η δεύτερη διδασκαλία αφορούσε τη διαστολή υγρών, και επίσης είχε παρουσιαστεί σύντομα στη 2^η συνάντηση, βλ. Παράγραφο 8.4.2.5. Ο σχεδιασμός των δύο διδασκαλιών είχε επιλεγεί να είναι διαφορετικός. Η πρώτη διδασκαλία είχε μικρό μέρος γνωστικού και μεθοδολογικού περιεχομένου και το κύριο βάρος ήταν στη διδασκαλία όλων των χαρακτηριστικών της φύσης της γνώσης των Φ.Ε., δηλαδή θα μπορούσε να χαρακτηριστεί πως «ήταν ειδικά σχεδιασμένη για τη διδασκαλία της φύσης της γνώσης των Φ.Ε.». Το δεύτερο μάθημα είχε το γνωστικό και το μεθοδολογικό του φορτίο και λιγότερο το φορτίο της διδασκαλίας της φύσης της γνώσης των Φ.Ε.

Ακολουθεί αναλυτική περιγραφή των μαθημάτων και της συζήτησης που ακολούθησε.

8.4.5.2 Η 1^η διδασκαλία: Θεωρίες για τη δημιουργία της Σελήνης

Το μάθημα παρακολούθησαν περίπου 80 φοιτητές Πανεπιστημιακού Τμήματος και έγινε από επιμορφούμενο εκπαιδευτικό, τον Κωνσταντίνο⁶⁵, τα μαθήματα του οποίου παρακολουθούσε η ερευνήτρια κατά τη διάρκεια του σχολικού έτους 2018-19, που τα αποτελέσματα της παρακολούθησης περιγράφονται στην παράγραφο 9.5.2.2α'. Η διάρκεια του μαθήματος ήταν 2 διδακτικές ώρες (90 λεπτά) και στην 5^η συνάντηση προβλήθηκαν στους εκπαιδευτικούς αποσπάσματα από τη διδασκαλία συνολικής διάρκειας 1 διδακτικής ώρας (45 λεπτά).

Το μάθημα ξεκίνησε με τον Κωνσταντίνο να υπενθυμίζει χαρακτηριστικές ιδιότητες της Σελήνης, τις οποίες είχαν συζητήσει στο προηγούμενο μάθημα, και να ενημερώνει ότι το μάθημα της ημέρας σχετίζεται με τον τρόπο σχηματισμού της Σελήνης και τη διδασκαλία χαρακτηριστικών της φύσης της γνώσης των Φ.Ε.. Στη συνέχεια, παρουσίασε αναλυτικά για περίπου 20 λεπτά, με χρήση παραδειγμάτων, τα χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε.. Στο τέλος τα 7 χαρακτηριστικά έμειναν γραμμένα και αναρτημένα σε χάρτινη πινακίδα σε τρόπο που ήταν ορατά από τους φοιτητές σε όλη τη διάρκεια του μαθήματος.

Στη συνέχεια παρουσίασε τις 4 θεωρίες σχηματισμού της Σελήνης, βλέπε Παράρτημα Θ', και ζήτησε από τους φοιτητές να σκεφτούν ποια χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. αναδεικνύονται μόνο και μόνο από το γεγονός ότι υπάρχουν 4 διαφορετικές θεωρίες. Οι φοιτητές σταδιακά αναγνώρισαν όλα τα χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε., εκτός από τη διαφορά Νόμου – Θεωρίας (X7), κάνοντας μάλιστα πολύ εύστοχες παρατηρήσεις. Ο Κωνσταντίνος ζήτησε από τους φοιτητές να του πουν τι λέει ο Νόμος της Βαρύτητας και τελικά κατέληξαν πως ο Νόμος λέει ότι τα αντικείμενα έλκονται. Γιατί όμως έλκονται; Ο Κωνσταντίνος, για να αναδείξει και το (X7) είπε ότι η Νευτώνεια Μηχανική δεν απαντάει σε αυτό το ερώτημα, ο Νεύτωνας σε αυτό το ερώτημα απάντησε «υποθέσεις δεν κάνω». Ο Αϊνστάιν έχει απάντηση, δηλαδή Θεωρία, ως προς το γιατί τα σώματα έλκονται: ο Νεύτωνας είχε Νόμους αλλά όχι Θεωρία.

Ακολούθησε σταδιακή παρουσίαση και επεξήγηση των 14 ενδείξεων, βλέπε Παράρτημα Θ'. Μετά την παρουσίαση κάθε ένδειξης ζητούσε από τους φοιτητές να πουν ποια από τις 4 θεωρίες θεωρούν ότι υποστηρίζει η ένδειξη αυτή. Οι διαφορετικές απαντήσεις των φοιτητών έκαναν με μεγάλη σαφήνεια αντιληπτή τη διαφορά μεταξύ παρατήρησης και συμπεράσματος (X2) καθώς και την υποκειμενικότητα (X4) και την αβεβαιότητα (X5) της γνώσης η οποία σαφώς φαινόταν και από το γεγονός ότι διαφορετικές ενδείξεις στήριζαν, ακόμη και για τον ίδιο φοιτητή, διαφορετικές θεωρίες. Σε ορισμένα σημεία η αναζήτηση των χαρακτηριστικών της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. γινόταν μετά από την παρουσίαση τριών ενδείξεων. Ο Κωνσταντίνος έμεινε ικανοποιημένος από τις απαντήσεις των φοιτητών, πολλές από τις οποίες, όπως είπε στους φοιτητές του, δεν είχε σκεφτεί ο ίδιος.

⁶⁵ Πρόκειται για το ψευδώνυμο του εκπαιδευτικού #5 που χρησιμοποιείται και στην Παράγραφο 6.5.2.2α'.

Μετά την παρουσίαση των ενδείξεων και τη συζήτηση που παρουσιάστηκε παραπάνω, ο Κωνσταντίνος χώρισε τους φοιτητές σε δώδεκα ομάδες. Σε κάθε ομάδα ανέθεσε μια από τις 4 θεωρίες σχηματισμού της Σελήνης, έτσι τρεις ομάδες είχαν αναλάβει την ίδια θεωρία, και ζήτησε από κάθε ομάδα να βρει ποιες από τις 14 ενδείξεις υποστηρίζουν τη θεωρία που τους είχε ανατεθεί και ποιες την διαψεύδουν. Η εργασία σε ομάδες διήρκησε δεκαπέντε λεπτά. Στη συνέχεια η κάθε ομάδα παρουσίασε στην ολομέλεια τα αποτελέσματά της. Στη συζήτηση αποκαλύφθηκε ότι οι ομάδες που ασχολήθηκαν με την ίδια θεωρία επέλεξαν ως επιβεβαίωση της θεωρίας διαφορετικές ενδείξεις, ενώ μάλιστα μία ένδειξη που μία ομάδα θεώρησε ως επιβεβαιωτική, μία άλλη την έκρινε ως απορριπτική για την ίδια θεωρία. Από τη συζήτηση στην ολομέλεια αναδείχθηκε ο υποκειμενικός χαρακτήρας της επιστημονικής γνώσης (X4). Συζητώντας στη συνέχεια, ειπώθηκε ότι παρόλο που η 4^η θεωρία φαινόταν ως η πιο πιθανή, εν' τούτοις υπήρχαν κάποιες ενδείξεις που έρχονταν σε αντίθεση μαζί της (αβέβαια X5). Η συζήτηση συνεχίστηκε πάνω στα χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε.. Για παράδειγμα, οι φοιτητές συζήτησαν για τη διαφορά ανάμεσα στην παρατήρηση και το συμπέρασμα (X2), όπου ενώ όλοι συμφωνούν ότι παρατηρούν το ίδιο, τελικά μπορεί να το ερμηνεύσουν με διαφορετική θεωρία. Ένα άλλο χαρακτηριστικό που αναφέρθηκε ήταν η δημιουργικότητα (X3) των επιστημόνων στους τρόπους που βρίσκουν για να μελετήσουν κάτι που έγινε στο παρελθόν μέσω των στοιχείων που έχουν συλλέξει από τα προηγούμενα ταξίδια στη Σελήνη. Η σύνδεση της επιστήμης με την κοινωνία (X6) φάνηκε από το ότι η κοινωνία στήριξε την απόφαση για το ταξίδι στη Σελήνη, το οποίο προσέφερε αρκετές από τις ενδείξεις.

Στο τελευταίο 5λεπτο του μαθήματος, ο Κωνσταντίνος ζήτησε τους φοιτητές να κρίνουν αν βρήκαν το μάθημα χρήσιμο και αν θα το δίδασκαν στο σχολείο τους. Οι περισσότεροι φοιτητές απάντησαν αυθόρμητα ότι τους φάνηκε πολύ ενδιαφέρον, όμως θα δυσκολεύονταν να το οργανώσουν οι ίδιοι. Ένας φοιτητής πρόσθεσε, και φάνηκαν να συμφωνούν και οι άλλοι, ότι η σχολή τους, ως συνέχεια της σχολικής ζωής, δεν τους έχει προετοιμάσει να δουλεύουν κατά αυτόν τον τρόπο.

Αντίστοιχες με τις απαντήσεις αυτές έδωσαν και οι εκπαιδευτικοί που παρακολούθησαν το βιντεοσκοπημένο μάθημα. Από την 2^η ήδη συνάντηση που είχαν έρθει σε επαφή με την δραστηριότητα τους είχε φανεί πολύ ενδιαφέρουσα. Διατήρησαν την άποψη αυτή και μετά την παρακολούθηση του μαθήματος, το οποίο παρακολούθησαν με ενδιαφέρον, τους εντυπωσίασε ότι στη Ν. Ζηλανδία είναι ύλη της πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης. Ως μειονεκτήματα επισήμαναν ότι η συγκεκριμένη δραστηριότητα δεν ταιριάζει με την ύλη του αναλυτικού προγράμματος, και η οργάνωση μιας τέτοιας δραστηριότητας στην οποία μπορούν οι μαθητές να αναγνωρίζουν όλα τα χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. απαιτεί πολύ χρόνο για την προετοιμασία της, ακόμη και για τη διαπραγμάτευσή της με τα παιδιά. Το ερώτημα είχε σχέση με το πόσο συχνά θα μπορούσαν να γίνουν παρόμοια μαθήματα και πόσα τέτοια μαθήματα θα χρειαζόνταν για να εμπεδώσουν οι μαθητές τα χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε.

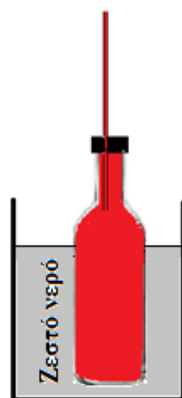
Μερικές μέρες μετά τη συνάντηση μία εκπαιδευτικός αποφάσισε να διδάξει το συγκεκριμένο μάθημα (πέρα από τη σχολική ύλη) και ανέφερε στους διοργανωτές: *«Αυτή την εβδομάδα στα 3 τμήματα της Β' Γυμνασίου και στο 1 τμήμα της Γ' Γυμνασίου που διδάσκω εργαστήκαμε με τα φύλλα εργασίας για τη θεωρία της προέλευσης της Σελήνης. 4 ομάδες σε κάθε τμήμα της Β' και 3 στο τμήμα της Γ' ... Η συμμετοχή και το*

ενδιαφέρον των μαθητών ήταν μεγάλο. Εργάστηκαν και μαθητές που δεν είχαν φέρει ποτέ βιβλίο από την αρχή της χρονιάς. Από τις ομάδες μόνο μία, αν και εργάστηκε, δεν ενθουσιάστηκε. Οι υπόλοιπες ήθελαν να κάνουμε πιο συχνά τέτοια μαθήματα. Τονίζω ότι δεν χάζευαν αλλά δούλευαν. Έμεινα κατάπληκτη! Συζητούσαν και προσπαθούσαν να πείσουν ο ένας τον άλλο ώστε να καταλήξουν σε μια απάντηση».

Στο διάλειμμα οι εκπαιδευτικοί συμπλήρωσαν το ερωτηματολόγιο της 5^{ης} συνάντησης.

8.4.5.3 Η 2^η διδασκαλία: Διαστολή των υγρών

Το μάθημα απευθύνεται σε φοιτητές Παιδαγωγικού Τμήματος. Το παρακολούθησαν περίπου 90 φοιτητές και η διάρκειά του ήταν μία περίπου διδακτική ώρα (45 λεπτά). Έγινε με τη μέθοδο της ανακαλυπτικής επίδειξης: Ο εκπαιδευτής εκτελούσε ο ίδιος τα πειράματα ζητούσε όμως από τους φοιτητές να παρατηρήσουν και να πουν τι παρατηρούν, να βγάλουν συμπεράσματα, να αναγνωρίσουν μεταβλητές, να διατυπώσουν υποθέσεις και να σχεδιάσουν πείραμα για τον έλεγχό τους κτλ. Απλά το πείραμα γινόταν από τον εκπαιδευτή, με τρόπο που όλοι μπορούσαν να παρατηρήσουν (Κουμαράς 2017, σελ. 179). Το μάθημα ξεκίνησε από ένα πείραμα που προτείνεται στο σχολικό βιβλίο του Δημοτικού για τη διαστολή υγρών. Ο εκπαιδευτής πρότεινε και πραγματοποίησε μια βελτιωμένη έκδοση του πειράματος αυτού. Γέμισε τελείως ένα γυάλινο μπουκάλι των 500ml με νερό χρωματισμένο με κόκκινη νερομπογιά. Βίδωσε το μπουκάλι με το πώμα του μέσα από το οποίο είχε περάσει υδατοστεγώς διαφανές καλαμάκι. Τοποθέτησε το μπουκάλι σε μικρή διάφανη λεκάνη και στη συνέχεια έριξε σε αυτήν ζεστό νερό. Το χρωματισμένο νερό ανέβηκε στο καλαμάκι, βλέπε Εικόνα 8.30. Το πόσο διαστάλθηκε το χρωματισμένο νερό, φαίνεται από το πόσο ανέβηκε στο καλαμάκι και μπορεί εύκολα να μετρηθεί με χάρακα.



Εικόνα 8.30: Πειραματική διάταξη για τη διαστολή των υγρών

Ο εκπαιδευτής ανέφερε ότι, παρόλο που στην Ελληνική πραγματικότητα η διεξαγωγή μόνο του πειράματος συνήθως θεωρείται αρκετή για επιτυχή διδασκαλία, ιδίως αν οι μαθητές διεξάγουν το πείραμα σε ομάδες, στα διεθνή πρότυπα προτείνεται ως συνέχεια η διεξαγωγή διερεύνησης και η αναγνώριση χαρακτηριστικών της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. Σημειώνεται ότι οι φοιτητές γνώριζαν από προηγούμενα μαθήματα τα σχετικά με τη διερεύνηση και τα χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε.

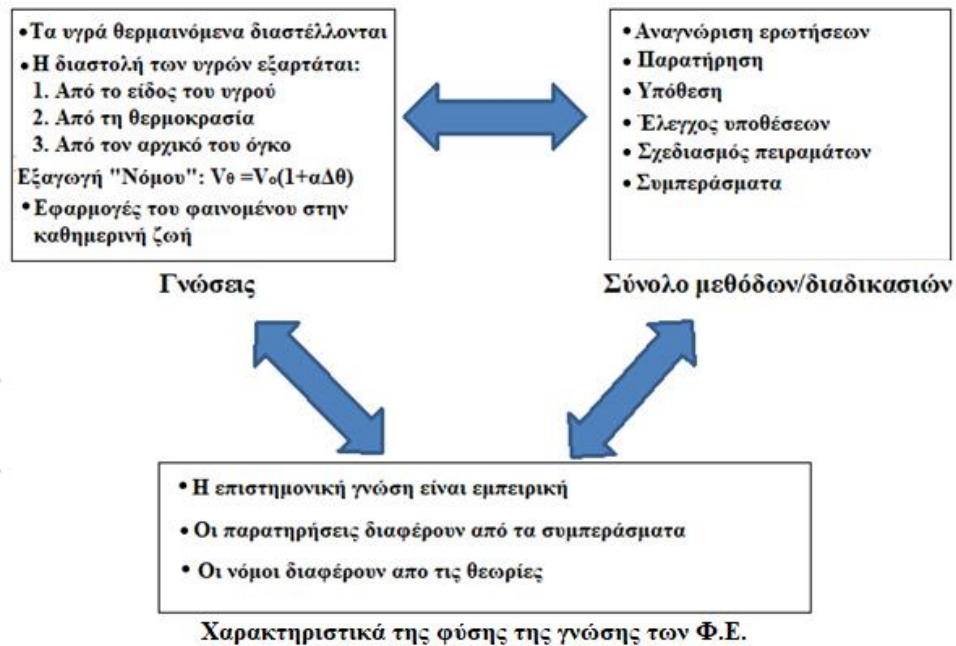
Στη συνέχεια ο εκπαιδευτής ρώτησε: «Στο πείραμα που είδατε τι μπορούμε να διερευνήσουμε;». Οι φοιτητές προτείνουν να διερευνηθεί «από τι εξαρτάται πόσο διαστέλλεται ένα υγρό» δηλ. «από τι εξαρτάται πόσο θα ανέβει το υγρό, που είναι μέσα μπουκάλι, στο καλαμάκι». Προτείνουν ως ανεξάρτητες μεταβλητές: α) τη θερμοκρασία του λουτρού (δηλ. του νερού που βάζουμε στη λεκάνη) β) το είδος του υγρού και γ) το μέγεθος του μπουκαλιού, και έλεγχο των αντίστοιχων υποθέσεων α) Εξαρτάται η διαστολή του υγρού από τη θερμοκρασία του λουτρού; β) Εξαρτάται η διαστολή του υγρού από το είδος του υγρού; Και γ) Εξαρτάται η διαστολή του υγρού από το μέγεθος του μπουκαλιού;

Οι φοιτητές πρότειναν σωστά την οργάνωση πειράματος για τον έλεγχο της κάθε υπόθεσης αλλάζοντας πάντα την κατάλληλη παράμετρο και κρατώντας όλες τις άλλες σταθερές. Μία παρανόηση που φάνηκε να έχει δημιουργηθεί στους φοιτητές κατά τη σύγκριση, ήταν ότι αρχικά ανέφεραν ως αποτέλεσμα σε ποιο καλαμάκι το υγρό ανέβαινε πιο γρήγορα. Ο εκπαιδευτής άμεσα επισήμανε ότι το ερώτημα δεν ήταν το «πιο γρήγορα» αλλά το «πιο ψηλά» στην τελική κατάσταση. Τα συμπεράσματα στα οποία κατέληξαν από τον έλεγχο των τριών υποθέσεων ήταν τα εξής: «Όσο πιο υψηλή είναι η θερμοκρασία του λουτρού, τόσο πιο πολύ διαστέλλεται το υγρό», «Όσο μεγαλύτερος είναι ο όγκος του υγρού τόσο πιο πολύ διαστέλλεται» και «η διαστολή εξαρτάται από το είδος του υγρού».

Ο εκπαιδευτής μετά τον έλεγχο κάθε υπόθεσης ζητούσε από τους φοιτητές να αναγνωρίσουν, αν υπάρχουν, χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. Εύκολα προέκυψε και στις τρεις περιπτώσεις η αναγνώριση του πρώτου χαρακτηριστικού: Η γνώση βασίζεται σε παρατηρήσεις, οι οποίες καταλήγουν σε συμπεράσματα (X1), μέσα από την έλεγχο των υποθέσεων. Από αρκετούς ειπώθηκε ότι οι παρατηρήσεις, στη συγκεκριμένη περίπτωση, οδήγησαν όλους στα ίδια συμπεράσματα και έτσι άλλο παρατήρηση άλλο συμπέρασμα (X2) αλλά δεν φαίνεται η διαφορά όπως αν από τις ίδιες παρατηρήσεις έβγαιναν διαφορετικά συμπεράσματα.

Μετά τον έλεγχο και της 3^{ης} υπόθεσης ο εκπαιδευτής συνόψισε τα παραπάνω συμπεράσματα των φοιτητών και είπε ότι αυτά μπορούν μαθηματικά να διατυπωθούν με τη βοήθεια του τύπου: $\Delta V = V_0 \alpha \Delta \theta$, όπου V_0 : Ο αρχικός όγκος του υγρού, α : συντελεστής η τιμή του οποίου εξαρτάται από το είδος του υγρού, $\Delta \theta$ η μεταβολή της θερμοκρασίας του υγρού και ΔV η μεταβολή του όγκου του υγρού (με σταθερό το καλαμάκι, αυτό τελικά ανάγεται στο πόσο ανεβαίνει το υγρό στο καλαμάκι). Ο τύπος αυτός μπορούμε να πούμε ότι εκφράζει το νόμο της διαστολής των υγρών. Μετά ο εκπαιδευτής ρώτησε «γιατί το υγρό όταν θερμαίνεται διαστέλλεται». Η απάντηση ήρθε από λίγους που την θυμόνταν από τη Δευτεροβάθμια εκπαίδευση: Με τη θερμοκρασία αυξάνει τελικά η απόσταση μεταξύ των μορίων του υγρού. Ο εκπαιδευτής είπε ότι προφανώς στη θεωρία δεν φτάσαμε με τα παραπάνω πειράματα καθώς αυτή είναι μέρος της κινητικής θεωρίας των μορίων. Εδώ οι φοιτητές αναγνώρισαν και τη διαφορά Νόμου – Θεωρίας (X7).

Τέλος επισήμανε ότι το μάθημα περιείχε α) γνώσεις: τα συμπεράσματα στα οποία κατέληξαν για τη διαστολή των υγρών, β) μεθόδους: είδαμε έναν από τους τρόπους που δουλεύουμε στις Φ.Ε. και γ) χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε., και έδειξε την Εικόνα 8.31 (Είναι ίδια με την Εικόνα 8.18 που είχαν καταλήξει με τους επιμορφούμενους στη 2^η συνάντηση).



Εικόνα 8.31: Οι συνιστώσες των σύγχρονων Προγραμμάτων Σπουδών για τις Φυσικές Επιστήμες

Στόχος της παρουσίασης του μαθήματος στους επιμορφούμενους ήταν να κατανοήσουν ότι τα χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. μπορούν να ενσωματώνονται στο μάθημα που διδάσκει ούτως ή άλλως ο εκπαιδευτικός. Επιπλέον, δεν χρειάζεται να επιλέγεται ένα θέμα που θα περιέχει όλα τα χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε., αρκούν ορισμένα, πιθανά διαφορετικά κάθε φορά, που ταιριάζουν ευκολότερα με το συγκεκριμένο μάθημα.

Οι επιμορφούμενοι έκριναν ότι η διδασκαλία χαρακτηριστικών της φύσης της γνώσης των Φ. Ε. έγινε με ρητό και αναστοχαστικό τρόπο και κατέληξαν ομόφωνα ότι μια τέτοιου είδους διδασκαλία θα μπορούσαν να την κάνουν σχετικά εύκολα. Μάλιστα, ορισμένοι επισήμαναν ότι αυτός είναι ίσως ο μοναδικός τρόπος να συμπεριλάβουν τη φύση της γνώσης των Φ.Ε., καθώς δεν έχουν διαθέσιμο χρόνο (διδασκτικό ή χρόνο σχεδιασμού). Έτσι, στην ερώτηση του εισηγητή για την προτιμητέα προσέγγιση διδασκαλίας, η Διερεύνηση και η Ιστορία των Φ.Ε. υπερίσχυσαν, γιατί μπορούν να έχουν μικρή διάρκεια και να ενσωματωθούν στη συνηθισμένη διδασκαλία. Αντίθετα για τα Κοινωνικο-επιστημονικά ζητήματα, οι εκπαιδευτικοί απάντησαν ότι απαιτούν χρόνο και προετοιμασία για τη συζήτησή τους.

Τέλος, οι εκπαιδευτικοί έκριναν ότι η ανακαλυπτική επίδειξη, με τους μαθητές να συμμετέχουν στη συζήτηση, μπορεί να κερδίσει χρόνο, όταν ο στόχος είναι άλλος από την καλλιέργεια δεξιοτήτων των μαθητών στη διεξαγωγή των πειραμάτων.

8.4.5.4 Σύγκριση των δύο μαθημάτων και συζήτηση

Στο τέλος της συνάντησης, ο εισηγητής συνόψισε ότι παρουσιάστηκαν δύο διαφορετικά μαθήματα, το ένα με κυρίαρχο προσανατολισμό στη φύση της γνώσης των Φ.Ε. και το άλλο με ενσωμάτωση ορισμένων χαρακτηριστικών της σε ένα τυπικό μάθημα. Οι εκπαιδευτικοί αποδέχτηκαν εύκολα τη δεύτερη διδασκαλία, είπαν ότι αντίστοιχη θα μπορούσαν να κάνουν σχετικά εύκολα. Είχαν επιφυλάξεις για την πρώτη

διδασκαλία και τις δυο φορές που την είχαν δει, την πρώτη από τη θέση του εκπαιδευόμενου στη δεύτερη συνάντηση (βλέπε παράγραφο 8.4.2.7) και τη δεύτερη ως θεατές στην 5^η συνάντηση. Διατήρησαν τις επιφυλάξεις τους παρόλο που είχε αποδειχθεί επιτυχημένη η διδασκαλία από τον εκπαιδευτικό που την έκανε. Οι επιφυλάξεις έχουν να κάνουν, πέρα από το ότι η συγκεκριμένη ύλη δεν περιλαμβάνεται στο ελληνικό πρόγραμμα σπουδών, κυρίως με το ότι ο σχεδιασμός τέτοιων μαθημάτων απαιτεί να διαθέσουν πολύ χρόνο οι ίδιοι. Ο εισηγητής υπενθύμισε ότι πρόκειται για ένα μάθημα που υπάρχει στο επίσημο Πρόγραμμα Σπουδών της Νέας Ζηλανδίας, μιας χώρας που φαίνεται ότι λαμβάνει σοβαρά υπόψη της τη διδασκαλία της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. και έχουν κατάλληλα προγράμματα σπουδών και έτοιμο διδακτικό υλικό. Όμως, επειδή από τη μία το ελληνικό πρόγραμμα σπουδών δεν μπορεί να αλλάξει από τους εκπαιδευτικούς και από την άλλη οι εκπαιδευτικοί δεν θα μπορούσαν να σχεδιάσουν μόνοι τους ένα μάθημα σαν αυτό της Σελήνης χωρίς προηγούμενη εμπειρία, ο εισηγητής πρότεινε να ακολουθήσουν τη στρατηγική της 2^{ης} διδασκαλίας. Όπως χαρακτηριστικά ανέφερε: «Κάντε τη δεύτερη και σκεφτείτε ότι ο στόχος είναι η 1^η. Με την πάροδο του χρόνου θα τα καταφέρνετε ολοένα και καλύτερα».

8.4.6 Η 6^η συνάντηση

8.4.6.1 Εισαγωγή

Η συνάντηση έγινε στις 16 Μαΐου 2019 και στη διάρκεια της:

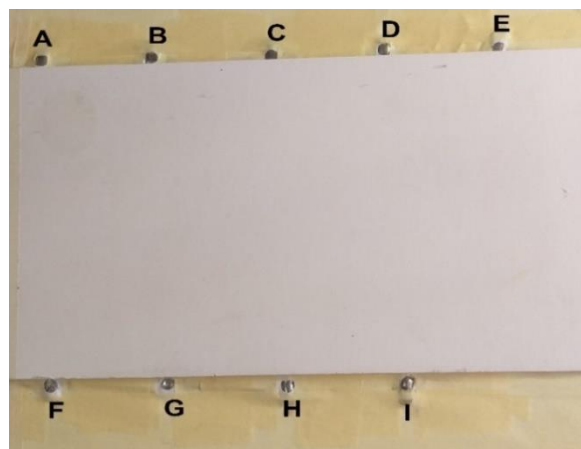
- έγινε μια δραστηριότητα Μαύρου Κουτιού
- οι επιμορφούμενοι συμπλήρωσαν ένα ερωτηματολόγιο (βλέπε Παράρτημα Η'), το οποίο αναλύεται την παράγραφο 9.5.3.
- έξι από τους εκπαιδευτικούς που παρακολούθησε η ερευνήτρια περιέγραψαν σύντομα την εμπειρία τους από τη διδασκαλία της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. κατά τη διάρκεια του σχολικού έτους, και απάντησαν σε ερωτήσεις συναδέλφων τους.
- έγινε ένας σύντομος προφορικός απολογισμός του προγράμματος επιμόρφωσης.

Στη δεύτερη συνάντηση είχε πραγματοποιηθεί μια δραστηριότητα Μαύρου Κουτιού. Για την δραστηριότητα αυτή οι εκπαιδευτικοί είχαν αναφέρει στο ερωτηματολόγιο αξιολόγησης του επιμορφωτικού προγράμματος ότι ήταν από τις πλέον ενδιαφέρουσες, πρωτότυπες, εφαρμόσιμες στην τάξη και αποτελεσματικές για τη διδασκαλία της φύσης της γνώσης των Φ. Εμπνεόμενοι από αυτήν σχεδίασαν πολλοί από αυτούς Μαύρα Κουτιά, είτε στα σχέδια μαθήματος που παρέδωσαν (βλ. Πίνακα 9.3 και παράγραφο 9.4.1) είτε σε μαθήματα που παρακολούθησε η ερευνήτρια μέσα στην τάξη (βλ. Πίνακα 9.5). Τέλος η παρουσίαση αυτής της δραστηριότητας σε ελληνικό συνέδριο (Κουμαρά & Πλακίτση, 2018) απέσπασε θετικά σχόλια και προτάσεις για βελτίωση. Οι παραπάνω θετικές εμπειρίες μας οδήγησαν στην απόφαση να σχεδιάσουμε μία ακόμα δραστηριότητα Μαύρου Κουτιού, η οποία θα είχε: α) πιο σύνθετο γνωστικό περιεχόμενο β) μέσω αυτής θα αναδεικνύονταν όλα τα χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. και γ) θα αναδείκνυε τη σημασία της εξέλιξης των οργάνων καθώς οι πληροφορίες που προκύπτουν από αυτά οδηγούν σε νέα γνώση μέσα από καινούριους επεκτατικούς κύκλους και μετασχηματιστικές συμμετοχικές δραστηριότητες (Kornelaki & Plakitsi, 2018).

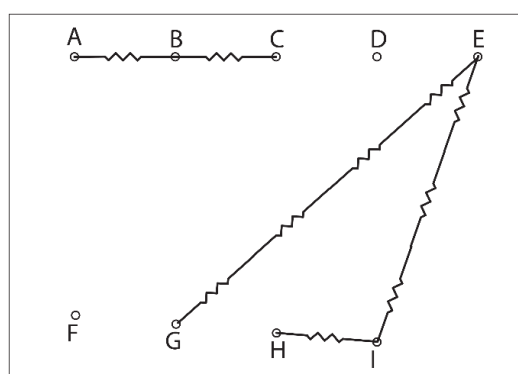
8.4.6.2. Το Μαύρο Κουτί

8.4.6.2.α' Περιγραφή του Μαύρου Κουτιού

Η εξωτερική όψη του Μαύρου Κουτιού φαίνεται στην εικόνα 8.32 και η εσωτερική του δομή στην Εικόνα 8.33



Εικόνα 8.32: Η εξωτερική όψη του μαύρου κουτιού



Εικόνα 8.33: Η δομή του μαύρου κουτιού

Ισχύει $AB=BC=CD=DE=FG=GH=HI=5\text{Cm}$, $EI=15\text{Cm}$ και $EG=20\text{cm}$. Οι αντιστάτες που έχουν χρησιμοποιηθεί είναι $8,2\Omega$.

8.4.6.2.β' Σχεδιαζόμενος τρόπος χρήσης.

Η δραστηριότητα είχε σχεδιαστεί ως εξής: Στους εκπαιδευτικούς, χωρισμένους σε ομάδες, θα δοθούν τα απαιτούμενα υλικά, το πρόβλημα και οδηγίες. Θα εργαστούν για μια ώρα σε επίπεδο ομάδας, προσπαθώντας να βρουν το ακριβές περιεχόμενο του Μαύρου Κουτιού και θα ακολουθήσει συζήτηση σε επίπεδο ολομέλειας, στη διάρκεια της οποίας θα αναγνωριστούν και τα χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. που παρουσιάζονται στη δραστηριότητα.

1) Τα υλικά: το μαύρο κουτί, μπαταρία 4,5V, λάμπα 3,6V στη βάση της, πιεζοηλεκτρικός βομβητής, τρία καλώδια, ωμόμετρο. Μπορούν να ζητήσουν ότι άλλο θεωρήσουν ότι χρειάζονται.

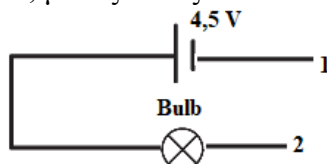
2) Το πρόβλημα: Ορισμένες από τις επαφές A,B,C..., που φαίνονται στην Εικόνα 8.32, συνδέονται μεταξύ τους είτε άμεσα είτε μέσω άλλης/άλλων επαφών. Να βρεθεί η ακριβής μεταξύ τους συνδεσμολογία. Να προχωρήσετε στην επίλυση του προβλήματος με τρόπο αντίστοιχο με αυτόν που ένας επιστήμονας των Φ.Ε. διερευνά κάτι καινούριο. Στη συνέχεια, ανασκοπώντας το τι κάνατε, αναζητήστε χαρακτηριστικά της φύσης των Φ.Ε. που αναγνωρίσατε κατά την επίλυση του προβλήματος. Δείτε το πρόβλημα

γενικότερα, π.χ. σε αναλογία με ένα σύγχρονο ερευνητικό πρόβλημα όπου: α) η κατασκευή νέου οργάνου δίνει νέα δεδομένα, β) δυνατές μαθηματικές λύσεις απορρίπτονται και γ) η δημιουργική σκέψη δίνει την απάντηση, ακόμη και μέσα από φαινομενικά «άσχετες» παρατηρήσεις.

3) Οι οδηγίες:

Καταγράψτε τις παρατηρήσεις σας, χρησιμοποιώντας τα όργανα με την εξής σειρά:

A) Αρχικά συναρμολογήστε, με τα υλικά που σας δόθηκαν, το ανοιχτό κύκλωμα της Εικόνας 8.34. Ακουμπώντας τις άκρες 1 και 2 των καλωδίων του κυκλώματος της Εικόνας 8.34 στις επαφές A,B,C,... του Μαύρου Κουτιού αναγνωρίστε ποιες από αυτές συνδέονται, άμεσα ή μέσω άλλων, μεταξύ τους.



Εικόνα 8.34: Ανοιχτό κύκλωμα για τον έλεγχο αγωγιμότητας μεταξύ δύο σημείων

B) Αντικαταστήστε στη διάταξη της Εικόνας 8.34 τη λάμπα με τον πιεζοηλεκτρικό βομβητή και επαναλάβετε την ερευνά σας.

Γ) Επαναλάβετε τη διαδικασία χρησιμοποιώντας το ωμόμετρο, δεχτείτε ότι το ωμόμετρο δείχνει με ακρίβεια $\pm 0,1\Omega$.

Το πέρας της παραπάνω έρευνας ακολούθησε συζήτηση στην τάξη, στόχος της οποίας είναι να αναγνωριστούν με σαφήνεια από κάθε επιμορφούμενο χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. που προκύπτουν από τη δική τους έρευνα.

Με στόχο την πληρέστερη περιγραφή στην ανάδειξη συνδέσεων μεταξύ παρατηρήσεων, αρχικών συμπερασμάτων, ερωτήσεων στη συζήτηση κτλ παρουσιάζουμε τη σχεδιαζόμενη παρέμβαση σε τρεις Πίνακες, έναν για κάθε ένα από τρία όργανα που χρησιμοποιούνται: για τη λάμπα ο Πίνακας 8.2, για τον βομβητή ο Πίνακας 8.3 και για το ωμόμετρο ο Πίνακας 8.4. Στην πρώτη στήλη, καθενός από τους τρεις πίνακες, αναγράφονται μόνο οι συνδυασμοί δυο επαφών για τους οποίους έστω το ένα από τα τρία όργανα δίνει ένδειξη. Στη δεύτερη στήλη γράφονται οι ενδείξεις των οργάνων, όταν αυτά συνδεθούν στις αντίστοιχες επαφές. Η φωτοβολία της λάμπας μεταβάλλεται λόγω του αντιστάτη που παρεμβάλλεται μεταξύ των δύο επαφών στις οποίες αυτή συνδέεται. Η επιλογή του αντιστάτη των $8,2\Omega$ έγινε για να υπάρχουν οι παρατηρούμενες διαβαθμίσεις στη φωτοβολία της λάμπας. Η ένταση του ήχου του βομβητή αντικειμενικά δεν αλλάζει με την προσθήκη, σε σειρά, αντιστάσεων μερικών Ohm, διότι η αντίσταση του (κατά τη φορά που άγει) είναι περίπου $3,5M\Omega$. Στην τρίτη στήλη γράφονται τα συμπεράσματα στα οποία θα μπορούσαν, ιδεατά, να φτάσουν οι επιμορφούμενοι από τις παρατηρήσεις της δεύτερης στήλης. Στην τέταρτη στήλη παρουσιάζονται ερωτήσεις που θα τεθούν στους επιμορφούμενους, κατά τη συζήτηση στην τάξη, για να παρουσιάσουν τα δικά τους συμπεράσματα (ατομικά ή της ομάδας τους). Απορρίψαμε τη δυνατότητα να δώσουμε τις ερωτήσεις αυτές από την αρχή στους επιμορφούμενους γιατί τότε δεν θα είχαμε μια ανοιχτή διερεύνηση. Στην πέμπτη στήλη παρουσιάζονται αναμενόμενα «καίρια σημεία» από τη συζήτηση που ακολουθεί την παρουσίαση των συμπερασμάτων των επιμορφούμενων. Για καθένα από αυτά τα «καίρια σημεία» τίθεται η ερώτηση «ποιο χαρακτηριστικό της φύσης της γνώσης των

Φ.Ε. αναγνωρίζετε εδώ» και η αναμενόμενη απάντηση παρουσιάζεται στην στήλη 6. Π.χ. στον Πίνακα 8.2, η ερώτηση «Συνδέεται αγωγίμα το Ε με το G;» (στήλη 4) μπορεί να έχει διαφορετικές απαντήσεις από τους επιμορφούμενους και η αναφορά όλων των απαντήσεων (ναι, όχι, δεν είμαστε σίγουροι) στη συζήτηση (στήλη 5) μπορεί, μέσω της παραπάνω ερώτησης, να οδηγήσει στην αναγνώριση του χαρακτηριστικού (X2) της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. (στήλη 6).

Σημεία που συνδέουν τα άκρα 1&2	Παρατηρήσεις	Επιθυμητά, ιδεατά, συμπεράσματα από τους επιμορφούμενους	Ερωτήσεις που αποκαλύπτουν το συμπέρασμα κάθε επιμορφούμενου από την παρατήρηση που έκανε.	Καίρια σημεία που προκύπτουν από την συζήτηση/παρουσίαση στην τάξη των συμπερασμάτων κάθε επιμορφούμενου	Χαρακτηριστικό της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. που προκύπτει από τα καίρια σημεία
A-B	φωτοβολεί αρκετά	<ul style="list-style-type: none"> • Συνδέονται αγωγή οι επαφές A-B, B-C, A-C (μέσω B), E-I, και I-H. • Λόγω των δύο τελευταίων συνδέσεων συνάγεται ότι συνδέονται και το E με το H, αλλά η λάμπα δεν ανάβει λόγω μεγάλης αντίστασης. • Δεν γνωρίζουμε αν συνδέονται αγωγή, μέσω μεγάλης αντίστασης, ή αν δεν συνδέονται τα σημεία μεταξύ των οποίων αν συνδεθεί η λάμπα δεν ανάβει. • Η μεταβολή της φωτοβολίας της λάμπας συνδέεται με την απόσταση των επαφών που ακουμπάνε οι ακροδέκτες 1 και 2 και άρα με την παρεμβαλλόμενη αντίσταση. 	<ul style="list-style-type: none"> • Συνδέεται αγωγή το E με το H; • Συνδέεται αγωγή το E με το G; • Πώς μπορούμε να είμαστε σίγουροι για το αν το E με το G συνδέονται μεταξύ τους ή όχι; • Που οφείλεται η παρατηρούμενη διαφορά στη φωτοβολία της λάμπας; 	<ul style="list-style-type: none"> • Προβληματισμός για την ύπαρξη και άλλων πιθανών συνδέσεων με τις οποίες δεν ανάβει η λάμπα (χρήσιμος για τη συνέχεια). • Από την ίδια παρατήρηση (μη φωτοβολία λάμπας) έχουν βγει διαφορετικά συμπεράσματα (συνδέονται, δεν συνδέονται, δεν είμαστε σίγουροι). • Το όργανο δεν μπορεί να δώσει την απαιτούμενη πληροφορία, απαιτείται καταλληλότερο. • Πιθανά από κάποιους έγινε η συσχέτιση φωτοβολίας- απόστασης. 	<p>(X1)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Παρατηρήσεις ≠ Συμπερασμάτων (X2). • «πρόοδος της τεχνολογίας» (X5) και χρήματα για την προμήθειά της (X6). • Δημιουργική σκέψη (X3) (αν γίνει η συσχέτιση. Η δημιουργική σκέψη θα είναι χρήσιμη για τη συνέχεια)
B-C	φωτοβολεί αρκετά				
A-C	φωτοβολεί λίγο				
E-I	φωτοβολεί ελάχιστα				
E-H	δεν φωτοβολεί				
E-G	δεν φωτοβολεί				
I-H	φωτοβολεί αρκετά				
I-G	δεν φωτοβολεί				
G-H	δεν φωτοβολεί				

Πίνακας 8.2: Μελετώντας το μαύρο κουτί με όργανο τη λάμπα

Σημεία που συνδέουν τα άκρα 1 & 2	Παρατηρήσεις	Επιθυμητά, ιδεατά, συμπεράσματα από τους επιμορφούμενους	Ερωτήσεις που αποκαλύπτουν το συμπέρασμα κάθε επιμορφούμενου από την παρατήρηση που έκανε.	Καίρια σημεία που προκύπτουν από την συζήτηση/παρουσίαση στην τάξη των συμπερασμάτων κάθε επιμορφούμενου	Χαρακτηριστικό της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. που προκύπτει από τα καίρια σημεία
A-B	ηχεί	<ul style="list-style-type: none"> • Πέραν των συνδέσεων που ανιχνεύτηκαν με τη λάμπα συνδέονται μεταξύ τους και τα G-H και G-I. • Επειδή η ένταση του ήχου αντικειμενικά δεν μεταβάλλεται, δεν μπορεί να εξαχθεί συμπέρασμα για το αν κάποια σημεία (π.χ G-H) συνδέονται άμεσα μεταξύ τους ή μέσω άλλων • Αν έχει συνδεθεί η μεταβολή της φωτοβολίας της λάμπας με την απόσταση θα μπορούσε να βγει το συμπέρασμα ότι: Το Η δεν συνδέεται απευθείας με το G, αλλά μέσω Ε και Ι, γιατί λόγω της μικρής απόστασης G-H θα άναβε η λάμπα. 	<ul style="list-style-type: none"> • Τι επιπλέον δεδομένα μας έδωσε το νέο όργανο; • Τα σημεία G-H συνδέονται άμεσα μεταξύ τους ή μέσω άλλων; • Μπορείτε, συνδυάζοντας τις ενδείξεις της λάμπας και του βομβητή, να απαντήσετε αν τα σημεία G-H συνδέονται άμεσα μεταξύ τους ή μέσω άλλων; 	<ul style="list-style-type: none"> • Η «πρόοδος της τεχνολογίας» έδωσε νέα στοιχεία • Επειδή η ένταση του ήχου είναι υποκειμενική, πιθανά κάποιοι από τις ίδιες παρατηρήσεις να έχουν βγάλει διαφορετικά συμπεράσματα • Πιθανά από κάποιους να έχει δοθεί η σωστή απάντηση. 	<ul style="list-style-type: none"> • (X5). • (X2) και (X4) • Δημιουργική σκέψη (X3). (συνέχεια της προηγούμενης)
B-C	ηχεί				
A-C	ηχεί				
E-I	ηχεί				
E-H	ηχεί				
E-G	ηχεί				
I-H	ηχεί				
I-G	ηχεί				
G-H	ηχεί				

Πίνακας 8.3: Μελετώντας το μαύρο κουτί με όργανο τον βομβητή

Σημεία σύνδεσης ωμόμετρου	Παρατηρήσεις	Επιθυμητά, ιδεατά, συμπεράσματα από τους επιμορφούμενους	Ερωτήσεις που αποκαλύπτουν το συμπέρασμα κάθε επιμορφούμενου από την παρατήρηση που έκανε.	Καίρια σημεία που προκύπτουν από την συζήτηση/παρουσίαση στην τάξη των συμπερασμάτων κάθε επιμορφούμενου	Χαρακτηριστικό της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. που προκύπτει από τα καίρια σημεία
A-B	8,2Ω	<ul style="list-style-type: none"> • Επαληθεύονται οι συνδέσεις που είχαν ανιχνευτεί με τον βομβητή. • Οι τιμές που δίνει το ωμόμετρο για τις τρεις πλευρές του τριγώνου ΕΙΗ μπορούν να στηρίζουν δυο συμπεράσματα: 1) Υπάρχουν αντιστάτες μόνο στις πλευρές ΕΙ και ΗΙ με τιμές αντίστοιχα 24,7Ω και 8,2Ω από τη σύνδεση των οποίων προκύπτει η μετρούμενη αντίσταση για το ΗΕ (32,8Ω), με σφάλμα $\pm 0.1\Omega$ και 2) Υπάρχουν αντιστάτες κατάλληλης τιμής σε όλες οι πλευρές (βλέπε Παράρτημα). • Η παρατήρηση ότι αγωγήμη σύνδεση μήκους 5cm έχει αντίσταση 8,2Ω θα μπορούσε να οδηγήσει στην υπόθεση ότι η αντίσταση είναι ανάλογη της απόστασης (βλέπε παράγραφο 5.2.6.2.δ'). • Από την επαλήθευση της υπόθεσης οδηγούμαστε στο «Νόμο»: Όπου υπάρχει αγωγήμη σύνδεση μεταξύ δυο σημείων του Μαύρου Κουτιού, για κάθε 5cm απόστασης αντιστοιχεί αντίσταση 8,2Ω. Ο «Νόμος» οδηγεί στο συμπέρασμα ότι δεν υπάρχει άμεση 	<ul style="list-style-type: none"> • Υπάρχουν αντιστάτες μόνο στις πλευρές ΕΙ και ΗΙ του τριγώνου ΕΙΗ ή σε όλες; • Μπορεί με το όργανο να δοθεί απάντηση; Θα μπορούσε να δοθεί αν το όργανο είχε κλίμακα με περισσότερα δεκαδικά ψηφία, αλλά πάντα με ακρίβεια ± 1 στο τελευταίο δεκαδικό; • Τι επιπλέον δυνατότητες μας δίνει το νέο όργανο; • Που οφείλεται ο «Νόμος» στον οποίο καταλήξαμε 	<ul style="list-style-type: none"> • Πιθανά κάποιοι να σκέφτηκαν μόνο την πρώτη δυνατότητα και να θεωρήσαν ότι βρήκαν τη λύση. Στη συζήτηση θα τεθεί (έστω και από τον εκπαιδευτή) και η πιθανότητα της δεύτερης λύσης. • Με το όργανο δεν μπορεί να δοθεί απάντηση (βλέπε και Παράρτημα). • Το νέο όργανο δίνει τη δυνατότητα ακριβούς διατύπωσης και ελέγχου της υπόθεσης • Θα μπορούσε π.χ. να οφείλεται σε αγωγή σταθερής αντίστασης ανά μονάδα μήκους ή σε μεμονωμένους αντιστάτες κατάλληλης τιμής. Για την περίπτωση των αντιστατών υπάρχει η αμφιβολία αν «στοιχειώδης» μονάδα είναι ο 	<ul style="list-style-type: none"> • Παρατηρήσεις \neq συμπεράσματα (X2). Η αρχική υποκειμενική γνώση οδηγείται προς αντικειμενική (X4). • (X5) • (X5) • Άλλο Νόμος και άλλο Θεωρία (X7). Ο ερευνητής έχει «Νόμο», μια μαθηματική σχέση, που γεννήθηκε ως συμπέρασμα από τις παρατηρήσεις και τη
B-C	8,3Ω				
A-C	16,4Ω				
E-I	24,7Ω				
E-H	32,8Ω				
E-G	32,9Ω				
I-H	8,2Ω				
I-G	57,6Ω				
G-H	65,7Ω				

		<p>σύνδεση των Η-Ε, διότι η μεταξύ τους απόσταση είναι 17cm αλλά η μετρούμενη αντίσταση 32,8Ω και όχι 27,9Ω που θα έδινε ο «Νόμος». Άρα, τα σημεία Η-Ε συνδέονται μέσω του Ι, με συνολική απόσταση 20cm (ΕΙ=15cm και ΙΗ=5cm) και άρα με αναμενόμενη αντίσταση, ίση με την μετρούμενη, 32,8Ω.</p>		<p>αντιστάτης των 8,2Ω ή αν υπάρχουν αντιστάτες άλλης τιμής που με κατάλληλες συνδέσεις δίνουν την τιμή των 8,2Ω.</p>	<p>δημιουργική σκέψη αλλά δεν έχει θεωρία δηλ. πού οφείλεται αυτός (X7).</p>
--	--	--	--	---	--

Πίνακας 8.4: Μελετώντας το μαύρο κουτί με όργανο το ωμόμετρο

8.4.6.2.γ' Αντίδραση των εκπαιδευτικών

a) Σε ατομικές συνεντεύξεις

Πριν πραγματοποιηθεί η δραστηριότητα στο πρόγραμμα επιμόρφωσης ελέγχθηκαν τα παραπάνω με ατομικές συνεντεύξεις. Τα υλικά, το πρόβλημα και οι οδηγίες δόθηκαν, σε διαφορετικές χρονικές στιγμές, σε 7 εκπαιδευτικούς. Οι εκπαιδευτικοί δούλεψαν για μία ώρα μόνοι τους και μετά συζητήσαμε μαζί τους, με βάση τις ερωτήσεις της στήλης 4 των Πινάκων 8.2, 8.3 και 8.4. Όλοι είχαν βρει τον τρόπο συνδεσμολογίας της Εικόνας 8.33, οι 4 χωρίς να σκεφτούν την δυνατότητα ύπαρξης αντιστάτη και στον κλάδο E-H. Η δυνατότητα ύπαρξης αντιστάτη και η εύρεση του «Νόμου» ήταν οι δυσκολίες που παρατηρήθηκαν στην επίλυση του προβλήματος. Μόνο ένας, από τους 7, είχε καταλήξει στο «Νόμο» και υποστήριξε ότι με βάση τις αποστάσεις μεταξύ των επαφών δεν μπορεί να υπάρχουν αντιστάτες στον κλάδο E-H, ανέφερε και τη σχέση $R = \rho \frac{l}{s}$. Από τους υπόλοιπους 6 οι δύο, είχαν σκεφτεί και την περίπτωση να υπάρχουν συνδεδεμένοι αντιστάτες και στην πλευρά EH του τριγώνου EIH, αλλά δεν προχώρησαν στη μαθηματική επίλυση. Ο ένας πρότεινε ως τρόπο ελέγχου να συνδεθεί μπαταρία στα E και I και να μετρηθεί η τάση μεταξύ E και H. Ο δεύτερος να βραχυκυκλωθεί ο κλάδος E-I και να μετρηθεί η αντίσταση μεταξύ των σημείων E και H. Από τους υπόλοιπους 4, οι 3 δέχτηκαν την πρότασή μας για την πιθανότητα ύπαρξης αντιστάτων και στον κλάδο EH, απλά, είπαν ότι, δεν το σκέφτηκαν γιατί η σε σειρά σύνδεση των αντιστάσεων των κλάδων EI και IH έδινε, μέσα στα όρια του σφάλματος, την αντίσταση του κλάδου EH. Ο τέταρτος επέμενε ότι, για τον ίδιο λόγο, είναι απίθανο και περιττό να ψαχθεί, πείσθηκε όταν του δόθηκε η μαθηματική λύση. Συνολικά 4, από τους 7, θεώρησαν ότι η μία ώρα ήταν ικανοποιητικός χρόνος, οι άλλοι 3 είπαν ότι μοιάζει με μια ερευνητική δραστηριότητα στη Φυσική η οποία «δεν τελειώνει», αν είχαν περισσότερο χρόνο θα μπορούσαν σταδιακά να σκεφτούν περισσότερες εκδοχές. Τέλος δύο, από τους 7, πρότειναν ότι αν μέσα στα υλικά υπήρχε, έστω και μεταξύ άλλων υλικών που δεν έχουν καμιά χρησιμότητα για τη δραστηριότητα, και χάρακας για μέτρηση αποστάσεων θα ήταν πιθανότερο να οδηγηθούν στο «Νόμο». Τέλος, από τη συζήτηση αναδείχτηκαν «καίρια σημεία», ανάλογα με αυτά της στήλης 5, που οδήγησαν στην αναγνώριση (και στις 7 συνεντεύξεις) χαρακτηριστικών της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. (στήλη 6).

b. Σε επίπεδο τάξης στην 6^η συνάντηση

Στους επιμορφούμενους, χωρισμένους σε ομάδες, δόθηκαν τα υλικά, το πρόβλημα, οι οδηγίες και χρόνος μιας ώρας να εργαστούν. Στο τέλος της ώρας έγινε συζήτηση στην τάξη με τον επιμορφωτή να θέτει τις ερωτήσεις της στήλης 4 (ή και ανάλογες) των Πινάκων 8.2, 8.3 και 8.4. Τα αποτελέσματα από την επίλυση του προβλήματος ήταν ανάλογα με αυτά των ατομικών συνεντεύξεων. Οι δυσκολίες και εδώ ήταν στο να σκεφτούν τη δυνατότητα ύπαρξης αντιστάτων στην πλευρά EH του τριγώνου EHI και το «Νόμο», η προσθήκη χάρακα στα υλικά, που μαζί με την προσθήκη πυξίδας έγινε ως αποτέλεσμα των συνεντεύξεων, δεν είχε επίδραση. Σε σχέση με το νόμο υπήρξε η αντίδραση ότι είναι μια τυχαία σχέση στο Μαύρο Κουτί που την έθεσε ο δημιουργός του και όχι Φυσική. Συνάδελφοί τους απάντησαν ότι θα μπορούσαν οι επαφές να συνδέονται με κατάλληλο σύρμα, αντίστασης 164Ω/m, και αναφέρθηκαν στη σχέση $R = \rho \frac{l}{s}$. Τόνισαν όμως ότι απαιτείται να διατεθεί περισσότερος χρόνος ώστε να μπορεί να αναζητηθεί οποιαδήποτε συσχέτιση. Η συζήτηση ανέδειξε «καίρια σημεία» ανάλογα με αυτά της στήλης 5, από τα οποία οι επιμορφούμενοι, μέσω της ερώτησης «ποιο χαρακτηριστικό της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. αναγνωρίζετε εδώ», οδηγήθηκαν αναστοχαστικά στην ρητή αναγνώριση των χαρακτηριστικών της φύσης της γνώσης των Φ.Ε.

(στήλη 6). Οι επιμορφούμενοι θεώρησαν ότι η δραστηριότητα μπορεί να ενταχθεί στα μαθήματα ηλεκτρικών κυκλωμάτων του Λυκείου ως μια δραστηριότητα επίλυσης προβλήματος στην οποία είναι δυνατόν να αναγνωριστούν όλα τα χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε., με τη διατύπωση/αποδοχή της πρότασης ότι αντίστοιχες ερωτήσεις θα μπορούσαν να κάνουν οι εκπαιδευτικοί, στο τέλος του μαθήματος ή στο τέλος της έρευνας με κάθε όργανο, για να καθοδηγήσουν τους μαθητές στην αναγνώριση πτυχών της φύσης της γνώσης των Φ.Ε., κάτι που τελικά έγινε την επόμενη σχολική χρονιά. Πολύ σύντομα συζητήθηκε με τους εκπαιδευτικούς ότι το συγκεκριμένο Μαύρο Κουτί μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για την εφαρμογή της (πειραματικής) Μεθοδολογίας και για την εφαρμογή διδαγμένων γνώσεων, βλέπε παράγραφο 8.4.6.2.δ'). Το εσωτερικό του κουτιού, κατ' εξαίρεση, ανοίχθηκε μετά από αίτημα των επιμορφούμενων ώστε να βοηθηθούν να το κατασκευάσουν.

Η δραστηριότητα άρεσε σε όλους και κυρίως η δυνατότητα να προκύπτουν νέα δεδομένα από την είσοδο κάποιου καινούργιου οργάνου. Θεωρήθηκε ότι αναδεικνύει τη σημασία της εξέλιξης των οργάνων στην ανάπτυξη της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. Συζητήθηκε η εξάρτηση της παραγωγής επιστημονικής γνώσης (ως παράδειγμα αναφέρθηκαν επιταχυντές σωματιδίων) και από οικονομικούς παράγοντες, που σχετίζονται με τη δυνατότητα προμήθειας οργάνων, και η συνακόλουθη κυριαρχία συγκεκριμένων ερευνητικών κέντρων.

8.4.6.2.δ' Το Μαύρο Κουτί μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για τις τρεις συνιστώσες της γνώσης.

Σε συμφωνία με το ότι τα σημερινά μαθήματα περιλαμβάνουν πέραν της φύσης της γνώσης των Φ.Ε., που παρουσιάστηκε παραπάνω, και γνώσεις περιεχομένου και διαδικασίες το παρόν Μαύρο Κουτί περιλαμβάνει:

α) την εφαρμογή μεθοδολογίας των Φ.Ε.

Ερώτηση: Από τις μετρήσεις του Πίνακα 8.4 διατυπώστε μια υπόθεση για την εξάρτηση της αντίστασης μεταξύ δυο σημείων από κάποιον παράγοντα, επαληθεύστε την υπόθεσή σας και ελέγξτε αν ισχύει για όλα τα ζεύγη σημείων που συνδέονται αγωγή μεταξύ τους.

Λύση: Η παρατήρηση ότι αγωγή μήκους 5cm έχει αντίσταση 8,2Ω (ισχύει για τα τμήματα AB, BC και IH) θα μπορούσε να οδηγήσει στην υπόθεση ότι η αντίσταση είναι ανάλογη της απόστασης (Πίνακας 8.4). Η υπόθεση αυτή επαληθεύεται: α) Για την απόσταση AC=2x5cm η μετρούμενη αντίσταση είναι 8,2x2Ω, β) για την απόσταση EI=3x5cm η μετρούμενη αντίσταση είναι 3x8,2Ω και γ) για την απόσταση EG=4x5cm η μετρούμενη αντίσταση είναι 4x8,2Ω. Φαίνεται αρχικά να διαψεύδεται για την απόσταση GH=5cm, αλλά θα μπορούσε το G να συνδέεται με το H μέσω των E και I, οπότε η απόσταση είναι 40cm δηλ. 8x5cm και η αντίσταση είναι 65,7Ω δηλ. 8x8,2 (±1Ω). Ομοίως για τη σύνδεση IG=35cm=7x5cm (σύνδεση μέσω του E) και αντίσταση 7x8,2=57,4Ω.

και β) για την επίλυση προβλήματος ηλεκτρικών κυκλωμάτων

Ερώτηση: Στο τρίγωνο EIH το ωμόμετρο μεταξύ των σημείων E και I δείχνει αντίσταση $R_{EI} = 24,7\Omega$, μεταξύ των H και I δείχνει $R_{HI} = 8,2\Omega$, και μεταξύ H και E δείχνει $R_{HE} = 32,8\Omega$. Αν δεχτούμε ότι υπάρχουν αντιστάτες κατά μήκος και των τριών πλευρών να βρεθούν οι τιμές των αντιστάτων αυτών.

Λύση: Στην περίπτωση αυτή η ένδειξη του ωμόμετρου μεταξύ π.χ. των σημείων H-E, έστω R_{HE} , δεν θα έδειχνε την τιμή του αντιστάτη που είναι συνδεδεμένος μεταξύ των H-E αλλά την ολική αντίσταση μεταξύ αυτών των δυο σημείων η οποία προκύπτει από την παράλληλη σύνδεση του αντιστάτη που υπάρχει μεταξύ H-E, έστω R_1 , και των αντιστάτων (συνδεδεμένων σε σειρά) που υπάρχουν μεταξύ E-I, έστω R_2 , και I-H, έστω R_3 . Έτσι για την ολική αντίσταση

μεταξύ Η και Ε ισχύει $\frac{1}{R_{HE}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2+R_3}$ από την οποία προκύπτει $\frac{R_1(R_2+R_3)}{R_1+R_2+R_3} = R_{HE}$ (1).

Αντίστοιχα ισχύουν και για τα ζεύγη σημείων Ε-Ι και Η-Ι: $\frac{R_2(R_1+R_3)}{R_1+R_2+R_3} = R_{EI}$ (2) και $\frac{R_3(R_1+R_2)}{R_1+R_2+R_3} =$

R_{HI} (3). Κατά την επίλυση του συστήματος των τριών εξισώσεων, εκφράζουμε τους αντιστάτες R_1 και R_2 συναρτήσει του R_3 και των τιμών των R_{HE} , R_{EI} και R_{HI} . Προκύπτει

$$R_1 = \frac{R_{HE}+R_{EI}-R_{HI}}{R_{EI}+R_{HI}-R_{HE}} R_3 \rightarrow R_1 = \frac{32,8+24,7-8,2}{24,7+8,2-32,8} R_3 \rightarrow R_1 = 493R_3 \text{ και } R_2 = \frac{R_{HE}+R_{EI}-R_{HI}}{R_{HE}-R_{EI}+R_{HI}} R_3 \rightarrow$$

$$R_2 = \frac{32,8+24,7-8,2}{32,8-24,7+8,2} R_3 \rightarrow R_2 = \frac{49,3}{16,3} R_3 \rightarrow R_2 = 3,025R_3$$

Και από την (1) προκύπτει $\frac{493R_3(3,025R_3+R_3)}{493R_3+3,025R_3+R_3} = 32,8 \rightarrow R_3 = \frac{32,8}{3,992} = 8,2164 \Omega$

Δίνοντας στις R_{HE} , R_{EI} και R_{HI} τις τιμές τους η λύση του παραπάνω συστήματος των τριών εξισώσεων δίνει $R_1 = 4050,75\Omega$, $R_2 = 24,85\Omega$ και $R_3 = 8,22\Omega$. Από την διαδικασία της επίλυσης προκύπτει ότι αν $R_{HE}-(R_{EI}+R_{HI}) > 0$ υπάρχει πάντα η δυνατότητα να υπάρχει και αντιστάτης κατά μήκος της πλευράς ΗΕ. Όσο μικρότερη γίνεται η διαφορά $R_{HE}-(R_{EI}+R_{HI})$ τόσο μεγαλύτερη θα είναι η τιμή αυτού του αντιστάτη, αν $R_{HE}-(R_{EI}+R_{HI}) \rightarrow 0$ τότε $R_{HE} \rightarrow \infty$ δηλ. αν $R_{HE}-(R_{EI}+R_{HI}) = 0$ δεν υπάρχει άμεση σύνδεση των σημείων Η και Ε.

8.4.6.3 Παρουσιάσεις εκπαιδευτικών

Μετά το διάλειμμα, πήραν το λόγο έξι εκπαιδευτικοί από τους 9 που παρακολούθησε η ερευνήτρια, και περιέγραψαν σύντομα την εμπειρία τους από τα μαθήματα, π.χ. πώς τα σχεδίασαν, τι θεωρούν ότι πέτυχε, τι θα άλλαζαν αν ξαναέκαναν το μάθημα, ή πώς αντιμετώπισαν τη διδασκαλία οι μαθητές τους. Αυτοί ήταν οι εκπαιδευτικοί #5, #8, #3, #7, #6 και #4, όπως παρουσιάζονται στον Πίνακα 9.5. Για λόγους συντομίας, δεν περιγράφονται τα μαθήματα που δίδαξαν οι εκπαιδευτικοί, παρά μόνο η συζήτηση που ακολούθησε την παρουσίασή τους και τα ενδιαφέροντα σχόλια. Η σειρά παρουσίασης είναι η σειρά με την οποία οι εκπαιδευτικοί πήραν το λόγο.

Όλοι οι εκπαιδευτικοί δήλωσαν ευχαριστημένοι και τυχεροί που τους δόθηκε η δυνατότητα να διδάξουν τα χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. Η διαδικασία σχεδιασμού ενός μαθήματος, είτε από την αρχή, είτε ενσωματώνοντας στοιχεία σε αυτά που ήδη έκαναν, τους φάνηκε δημιουργική και το αποτέλεσμα θεωρούν ότι τους δικαίωσε. Οι μαθητές τους ενεργοποιήθηκαν και συμμετείχαν στο μάθημα, ενώ σχεδόν όλοι οι εκπαιδευτικοί ανέφεραν ότι κινητοποίησαν «κακούς» μαθητές, που συνήθως κάθονται στην άκρη και δεν συμμετέχουν στο μάθημα. Κρίνουν ότι οι ερωτήσεις των μαθητών είχαν ως κίνητρο το ειλικρινές ενδιαφέρον για τα προς διαπραγμάτευση ζητήματα. Θεωρούν ότι ο χρόνος ήταν ένα μειονέκτημα, τόσο για το σχεδιασμό των δραστηριοτήτων, οι οποίες πραγματικά απαίτησαν πολύ χρόνο, όσο και για τη συζήτηση μέσα στην τάξη.

Ενδιαφέρουσα ήταν η παρατήρηση ενός εκπαιδευτικού ότι για ορισμένα χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε., π.χ. το αβέβαιο (X5) γίνεται συχνά αναφορά στην τάξη, αλλά αναφέρεται μόνο εγκυκλοπαιδικά. Μέχρι που δίδαξε τη φύση της γνώσης των Φ.Ε., δεν είχε συνειδητοποιήσει ότι συνήθως οι μαθητές δεν το συγκατατούν. Σκοπός, λοιπόν, συμφώνησαν οι εκπαιδευτικοί, δεν είναι μόνο η αναφορά τους, αλλά η σαφής και αναστοχαστική διδασκαλία τους, η οποία μάλιστα θα είναι συχνή, ώστε να γίνει τελικά κτήμα των μαθητών. Οι εκπαιδευτικοί συμφώνησαν ότι είναι μάταιο να διδαχθεί λίγες φορές μέσα στη διάρκεια της σχολικής χρονιάς γιατί τότε οι μαθητές δεν θα το έχουν συγκατατήσει.

Παρατηρήθηκε ότι στα μαθήματα «πρώτης προτεραιότητας» είναι δύσκολο να ενταχθούν με σαφή και αναστοχαστικό τρόπο τα χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των

Φ.Ε., παρά μπορούν να γίνονται μόνο σύντομες αναφορές σε αυτά. Ο λόγος είναι ότι σε αυτά τα μαθήματα η ύλη είναι μεγάλη, οι απαιτήσεις είναι οι μαθητές να μπορούν να λύνουν ασκήσεις και αποτελούν προαπαιτούμενα για τις επόμενες τάξεις. Για το λόγο αυτό επέλεξαν να διδάξουν τη φύση της γνώσης των Φ.Ε. στις εργαστηριακές ασκήσεις, καθώς από τη μία είναι υποχρεωμένοι να επισκέπτονται τακτικά τα εργαστήρια, από την άλλη είναι ελεύθεροι να οργανώσουν τις εργαστηριακές ασκήσεις όπως οι ίδιοι επιθυμούν. Άρα, η επιλογή της Διερεύνησης ίσως πέρα από τη ζώνη άνεσης των εκπαιδευτικών να ήταν το «παραθυράκι» του προγράμματος για να κατορθώσουν να εντάξουν τη φύση της γνώσης των Φ.Ε..

Πάντως, προτείνουν ότι σε «δευτερεύοντα μαθήματα», όπως η Γεωγραφία ή η Φυσική Γενικής Παιδείας της Β΄ Λυκείου, τα οποία δεν εξετάζονται γραπτώς, η φύση της γνώσης των Φ.Ε. θα μπορούσε να αποτελεί μια λύση στο πρόβλημα που αντιμετωπίζουν οι εκπαιδευτικοί ότι δηλ. σε αυτά τα μαθήματα οι μαθητές δεν προσέχουν καθόλου και δεν ενδιαφέρονται, μιας και δεν υπάρχει το κίνητρο της βαθμολόγησης. Σχολιάστηκε επίσης ότι οι συνθετικές εργασίες που δίνονται για έξτρα βαθμολογία με θέμα επιλεγμένο από τον εκπαιδευτικό και σύντομη παρουσίαση στην τάξη θα μπορούσε επίσης να αποφέρει τα επιθυμητά μαθησιακά αποτελέσματα.

Ορισμένοι εκπαιδευτικοί μετέφεραν εξοπλισμό για να επαναλάβουν τις δραστηριότητες διερεύνησης μπροστά στους συναδέλφους τους, όπου η συζήτηση επεκτάθηκε σε τεχνικά – πρακτικά θέματα χρήσης του εξοπλισμού, έδειξαν φωτογραφικό υλικό από την τάξη τους ή τα φύλλα εργασίας τους. Μάλιστα, έγιναν προσωπικές συζητήσεις και ανταλλαγή ηλεκτρονικού ταχυδρομείου από εκπαιδευτικούς που δεν γνωρίζονταν νωρίτερα, προκειμένου να γίνει αποστολή του φύλλου εργασίας και να ακολουθήσει ανταλλαγή απόψεων. Είναι πολύ θετικό ότι όλοι οι εκπαιδευτικοί ήταν διατεθειμένοι να μοιραστούν τη δουλειά τους και δεν ήθελαν να την κρατήσουν προσωπική. Τελικά τα ΕΚΦΕ δεσμεύτηκαν να αναρτήσουν οτιδήποτε στείλουν όλοι οι εκπαιδευτικοί, επώνυμα, ώστε να δημιουργηθεί σταδιακά ένα δίκτυο ανταλλαγής απόψεων.

Επιπλέον, οι εκπαιδευτικοί συμφώνησαν ότι η φύση της γνώσης των Φ.Ε. μπορεί να ενσωματωθεί σε πολλές ενότητες στα μαθήματα Φ.Ε. στην ελληνική Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση. Σχολίασαν επίσης ότι αυτό δεν είναι πάντα εύκολο, καθώς ο εκπαιδευτικός χρειάζεται να σκέφτεται πολλές παραμέτρους κατά τη διάρκεια του μαθήματος και πολλά πράγματα μπορεί να ξεφύγουν. Το πρόγραμμα σπουδών, οι απαιτήσεις του και η νοοτροπία που έχει καλλιεργηθεί – η οποία έχει βαθιές ρίζες στη συνείδηση του εκπαιδευτικού από τα μαθητικά του χρόνια – δεν δίνουν προτεραιότητα σε θέματα όπως η φύση της γνώσης των Φ.Ε.. Η προτεραιότητα θα φαινόταν μόνο αν αυτά τα θέματα αξιολογούνταν, όμως οι περισσότεροι εκπαιδευτικοί ανέφεραν ότι δεν είχαν άμεσα σκοπό να το κάνουν. Τελικά, όλοι οι εκπαιδευτικοί συμφώνησαν ότι η μόνη περίπτωση για να διδαχθεί εκτεταμένα (από άποψη αριθμού εκπαιδευτικών και αριθμού μαθημάτων που την αφορούν) θα είναι μόνο αν μπει επίσημα στη σχολική ύλη ή αν θέματα των Πανελλαδικών εξετάσεων την εμπεριέχουν.

Τέλος, οι εκπαιδευτικοί παρατήρησαν ότι είναι δύσκολο να αναφέρουν όλα τα χαρακτηριστικά οργανωμένα, καθώς αυτό θα απαιτεί ένα μάθημα ειδικά οργανωμένο πάνω στη φύση της γνώσης των Φ.Ε., με τα προβλήματα που έχουν αναφερθεί παραπάνω. Ανέφεραν ότι θα τους ήταν πιο εύκολο να αναφέρουν μόνο τα χαρακτηριστικά που προκύπτουν αυθόρμητα σε κάθε μάθημα. Έτσι, θα μειωθεί και η προετοιμασία και ο χρόνος διδασκαλίας. Ο επιμορφωτής σχολίασε ότι μπορούν να κάνουν ακριβώς αυτό και να μην αγχώνονται αν παραλείψουν κάποιο χαρακτηριστικό, καθώς θεωρεί πως αν αρχίσουν συστηματικά να τα διδάσκουν αργά ή γρήγορα θα επανέρχονται με περισσότερα χαρακτηριστικά.

Ως γενικό συμπέρασμα, μπορούμε να πούμε ότι οι εκπαιδευτικοί έμαθαν από αυτή τη διαδικασία και εξελίχθηκαν. Συμφώνησαν για ακόμη μία φορά σχετικά με τη χρησιμότητα της διδασκαλίας της φύσης της γνώσης των Φ.Ε., καθώς, όπως ανέφερε ένας από τους παρουσιαστές *«όσο περισσότερο εμπλέκομαι, τόσο πιο χρήσιμο αλλά και πιο εύκολο μου φαίνεται»*. Στο τέλος της συνάντησης παρατηρήθηκε να δημιουργούνται μικρά «πηγαδάκια» με αντικείμενο το πώς έγινε μια διδακτική παρέμβαση.

8.5 Ανακεφαλαίωση

Στο κεφάλαιο αυτό περιγράφηκε η υλοποίηση του επιμορφωτικού σεμιναρίου. Αρχικά η περιγραφή έγινε με τη μορφή ενός κύκλου επεκτατικής μάθησης στα στάδια του οποίου παρουσιάστηκαν ενταγμένα όλα όσα έγιναν στο πρόγραμμα και οι αντιδράσεις των εκπαιδευτικών, οι οποίες οδήγησαν και στην τελική διαμόρφωση του προγράμματος από τις αρχικά 4 σχεδιασμένες συναντήσεις σε 6. Ακολούθησε αναλυτική περιγραφή των όσων παρουσιάστηκαν και ζητήθηκαν από τους εκπαιδευτικούς σε κάθε μια από τις 6 συναντήσεις του προγράμματος και της ανταπόκρισης των εκπαιδευτικών σε αυτά.

Κεφάλαιο 9ο:

Αξιολόγηση του Προγράμματος Επιμόρφωσης

9.1 Εισαγωγή

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζεται η αξιολόγηση του προγράμματος επιμόρφωσης. Σε αυτό παρουσιάζονται τα εργαλεία και τα δεδομένα που συγκεντρώθηκαν για να δοθούν απαντήσεις στα υποερωτήματα του δεύτερου και του τρίτου ερευνητικού ερωτήματος. Το 4^ο ερευνητικό ερώτημα, απαντάται από τη συνολική εικόνα που δίνουν οι απαντήσεις και ενέργειες των εκπαιδευτικών. Το κεφάλαιο περιλαμβάνει οκτώ ενότητες, όπου στην 9.2 υπενθυμίζονται τα ερευνητικά ερωτήματα και δίνονται τα εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν για να απαντηθούν αυτά. Στην 9.3 γίνεται αξιολόγηση του προγράμματος ως προς το αν οι επιμορφούμενοι έμαθαν τα χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. Στην παράγραφο 9.4 γίνεται αξιολόγηση της ικανότητας των επιμορφούμενων να σχεδιάσουν μάθημα που να περιλαμβάνει τη διδασκαλία χαρακτηριστικών της φύσης της γνώσης των Φ.Ε.. Στην 9.5 γίνεται η αξιολόγηση της ικανότητας των επιμορφούμενων να πραγματοποιούν διδασκαλία μαθημάτων που να περιλαμβάνει χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε., στην 9.6 γίνεται αξιολόγηση του προγράμματος επιμόρφωσης ως προς το αν θεωρήθηκε ενδιαφέρον και χρήσιμο. Στην παράγραφο 9.7 γίνεται η αξιολόγηση από τους εκπαιδευτικούς της συμπερίληψης στο επιμορφωτικό πρόγραμμα και των τριών προσεγγίσεων διδασκαλίας της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. και ακολουθούν στην 9.8 τα συμπεράσματα,

Για κάθε μια από τις ενότητες 9.2 έως και 9.7 παρουσιάζονται αναλυτικά τα εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν για τη συλλογή δεδομένων, η ανάλυση των δεδομένων και τα αντίστοιχα συμπεράσματα.

9.2 Ερευνητικά ερωτήματα και εργαλεία συλλογής δεδομένων

Το δεύτερο ερευνητικό ερώτημα αφορά τις ενότητες 9.3-9.5 και μελετά τα εξής υποερωτήματα:

- 1) **αν βελτίωσε τις γνώσεις** των εκπαιδευτικών για τη φύση της γνώσης των Φ.Ε.. Εργαλείο για την αξιολόγηση αυτού ήταν το ερωτηματολόγιο VNOS-D+ (Lederman & Khishfe, 2002), βλέπε Παράρτημα Α, που δόθηκε για απάντηση στο σπίτι στο τέλος της 4^{ης} συνάντησης του προγράμματος επιμόρφωσης. Τα αποτελέσματά του συγκρίνονται με τα αποτελέσματα του ιδίου ερωτηματολογίου που δόθηκε στην αρχή του προγράμματος επιμόρφωσης, βλέπε παράγραφο 6.4.1.4.
- 2) αν οι επιμορφούμενοι ήταν ικανοί **να σχεδιάσουν ένα μάθημα** που να περιλαμβάνει χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. με βάση όσα διδάχθηκαν. Από την προκήρυξη του προγράμματος οι εκπαιδευτικοί γνώριζαν ότι αν μετάσχουν στο πρόγραμμα θα παρέδιδαν, εθελοντικά, στην 4^η συνάντηση σχέδιο μαθήματος, αναφερόμενο σε όποιο κεφάλαιο μαθήματος Φ.Ε της Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης επιθυμούσαν, το οποίο θα περιλάμβανε με σαφήνεια χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε.. Η εργασία ήταν εθελοντική προκειμένου από τη μία να μην αποτρέψει τους εκπαιδευτικούς που έχουν αυξημένες υποχρεώσεις να συμμετέχουν, και από την άλλη να ενθαρρύνει όσους θα ήθελαν να εφαρμόσουν τις γνώσεις που θα αποκτούσαν. Η εργασία αυτή είχε διττό χαρακτήρα: αφενός αξιολόγησης για το πόσο αποδοτικές ήταν οι τρεις πρώτες συναντήσεις του προγράμματος και αφετέρου διδασκαλίας. Ο διδακτικός χαρακτήρας εξυπηρετείται α) διότι οι επιμορφούμενοι ασχολούμενοι με το σχέδιο μαθήματος θα συνειδητοποιούσαν τα προβλήματα που έχουν και άρα θα αναζητούσαν λύση στην 4η συνάντηση (ή θα ζητούσαν και άλλη συνάντηση, όπως τελικά έκαναν) και β) θα μάθαιναν από τις παρουσιάσεις των συναδέλφων τους στην αίθουσα και τις συζητήσεις που τις ακολουθούσαν. Τα

αποτελέσματα του αξιολογικού χαρακτήρα παρουσιάζονται σε αυτό τα κεφάλαιο, ενώ το πώς λειτούργησε διδακτικά παρουσιάστηκε στην παράγραφο 8.4.4.2.

- 3) αν οι επιμορφούμενοι ήταν ικανοί **να πραγματοποιήσουν μάθημα** διδασκαλίας των χαρακτηριστικών της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. σε τάξη με σαφή κι αναστοχαστικό τρόπο. Το στάδιο κρίθηκε αναγκαίο διότι έχει παρατηρηθεί, ότι παρόλο που οι εκπαιδευτικοί αφενός γνωρίζουν τα χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. και αφετέρου κατανοούν την ανάγκη για σαφή και αναστοχαστικό τρόπο διδασκαλίας, δεν το εφαρμόζουν στην πράξη, παρόλο που οι ίδιοι θεωρούσαν ότι το έκαναν. Μόνο μετά από σχόλια των επιμορφωτών ή των συναδέλφων τους στις μικροδιδασκαλίες ή τις βιντεοσκοπημένες διδασκαλίες καταλάβαιναν πλήρως τη διαφορά (Akerson & Hanuscin, 2007). Προς τούτο η ερευνήτρια παρακολούθησε, μετά από άδεια του Υπουργείου Παιδείας (βλ. Παράρτημα Ι), 9 εκπαιδευτικούς στην τάξη κατά τη διάρκεια του σχολικού έτους 2018-19. Τέλος, πληροφορίες για το ερώτημα συλλέχθηκαν από ερωτηματολόγιο που δόθηκε στους επιμορφούμενους στην 6^η συνάντηση.

Το τρίτο ερευνητικό ερώτημα μελετάται στις παραγράφους 9.6-9.7 και αφορά στα εξής υποερωτήματα:

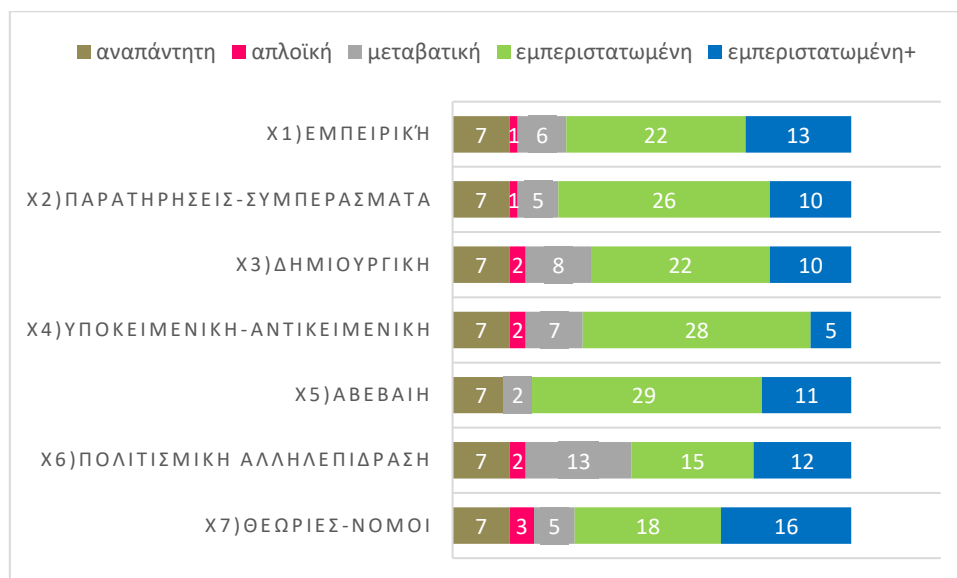
- 1) αν οι επιμορφούμενοι το βρήκαν **ενδιαφέρον και χρήσιμο**. Ως εργαλείο χρησιμοποιήθηκε ερωτηματολόγιο που δόθηκε στην 4^η συνάντηση, βλέπε Παράρτημα ΣΤ' (εκτός από την ερώτηση 7). Το ενδιαφέρον φάνηκε και από τη συμμετοχή των εκπαιδευτικών, η οποία έμεινε σταθερή με την πάροδο του χρόνου⁶⁶. Τέλος το σχετικό ερώτημα συζητήθηκε στις συνεντεύξεις με τους δέκα εκπαιδευτικούς μετά τη λήξη του προγράμματος.
- 2) Στενά συνδεδεμένο με το αν βρήκαν οι επιμορφούμενοι το πρόγραμμα ενδιαφέρον και χρήσιμο είναι βέβαια και η δομή του προγράμματος, άρα όταν η απάντηση στο παραπάνω ερώτημα είναι θετική σημαίνει ότι οι επιμορφούμενοι την επικροτούν. Βασική συνιστώσα στην οργάνωση ήταν η παρουσίαση, με συγκεκριμένη σειρά, και των τριών προσεγγίσεων διδασκαλίας της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. (βλέπε παράγραφο 7.4.2). Επειδή, από όσο γνωρίζουμε από τη βιβλιογραφία, πρώτη φορά παγκόσμια παρουσιάζονται σε επιμορφωτικό πρόγραμμα και οι τρεις προσεγγίσεις, θεωρήθηκε σκόπιμο να αξιολογηθεί αν οι εκπαιδευτικοί θεωρούν: α) αναγκαία τη γνώση και των τριών, β) αν η σειρά παρουσιάσής τους είχε κάποια σημασία/επίδραση σε αυτούς, γ) θεωρούν μία από τις τρεις ως καταλληλότερη για διδασκαλία και επομένως την προτιμούν. Προς τούτο, πέρα από την ερώτηση 7 του ερωτηματολογίου της 4^{ης} συνάντησης (Παράρτημα ΣΤ') χρησιμοποιήθηκαν και οι ερωτήσεις Ι, και ΙΙ του ερωτηματολογίου που δόθηκε στην 5^η συνάντηση (βλέπε Παράρτημα Ζ') καθώς και η ερώτηση 2 του ερωτηματολογίου που δόθηκε στην 6^η συνάντηση (βλέπε Παράρτημα Η'). Επιπλέον παρουσιάζονται αποτελέσματα από την ανάλυση των σχεδίων μαθήματος που παρέδωσαν οι εκπαιδευτικοί στην 4^η συνάντηση, από τις παρακολουθήσεις που έκανε η ερευνήτρια στην τάξη και από συζητήσεις και συνεντεύξεις με τους επιμορφούμενους. Το αντικείμενο αυτής της αξιολόγησης παρουσιάζεται ιδιαίτερα γιατί, πέρα από την αποτίμηση της αποδοχής ή όχι μιας βασικής μας παραδοχής, θεωρήσαμε ότι μπορεί να δώσει στοιχεία για μελλοντική βελτίωση του προγράμματος.

⁶⁶ Με την έννοια ότι σε ένα εθελοντικό πρόγραμμα επιμόρφωσης, χωρίς κίνητρο μοριοδότησης, οι συμμετέχοντες μπορούν να αποχωρήσουν οποιαδήποτε στιγμή. Ουσιαστικά ο μόνος λόγος να παραμείνουν είναι αν ο στόχος συμπίπτει με το κίνητρό τους.

9.3 Αξιολόγηση του προγράμματος ως προς το αν οι επιμορφούμενοι έμαθαν τα χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε.

9.3.1. Παρουσίαση αποτελεσμάτων από το VNOS-D+ ερωτηματολόγιο μετά την επιμόρφωση και σύγκριση με τα αποτελέσματα πριν την επιμόρφωση

Στο τέλος της τέταρτης συνάντησης δόθηκε πάλι στους εκπαιδευτικούς το ερωτηματολόγιο VNOS-D+, για τον έλεγχο των γνώσεων των επιμορφούμενων (post-test) και τους ζητήθηκε να το συμπληρώσουν και να μας το στείλουν ηλεκτρονικά. Στο ερωτηματολόγιο απάντησαν τελικά 42 από τους 49 εκπαιδευτικούς που συμμετείχαν. Οι υπόλοιποι 7 δεν απάντησαν, κάποιιοι από αυτούς μας είπαν ότι λόγω της λήξης της σχολικής χρονιάς είχαν υποχρεώσεις και δεν πρόλαβαν. Μας προβλημάτισε το αν έπρεπε να θεωρήσουμε αν το δείγμα μας περιλάμβανε 42 ή 49 άτομα. Θεωρήσαμε τελικά ότι ο αριθμός των ατόμων που αποτελούσαν το δείγμα ήταν 42, διότι δεν μπορούσαμε να γνωρίζουμε τους λόγους (δεν γνώριζαν ή υπήρχε άλλος λόγος, με το «δεν γνώριζαν» να έχει μάλλον μηδενική πιθανότητα μια και είχαν ήδη απαντήσει στο pre-test). Στη συνέχεια φαίνεται ότι οι συγκρίσεις, μεταξύ των απαντήσεων των επιμορφούμενων πριν από την έναρξη του προγράμματος και μετά την 4^η συνάντηση, που αναδεικνύουν στατιστικά σημαντικές διαφορές ισχύουν τόσο για n=42 όσο και για n=49. Η βαθμολόγηση VNOS-D+ έγινε με τον ίδιο τρόπο με το pre-test, βλέπε παράγραφο 6.4.1.3. Επίσης όπως και στο pre-test έγιναν και εδώ συνεντεύξεις με το 20% του δείγματος (10 εκπαιδευτικοί). Το τελικό αποτέλεσμα του ερωτηματολογίου VNOS-D+ παρουσιάζεται στην Εικόνα 9.1



Εικόνα 9.1: Τα αποτελέσματα από τις απαντήσεις των εκπαιδευτικών στο ερωτηματολόγιο VNOS-D+ μετά το πρόγραμμα επιμόρφωσης

Όπως είχε πραγματοποιηθεί και για τον έλεγχο των απαντήσεων πριν την έναρξη του επιμορφωτικού προγράμματος (βλ. παράγραφο 6.4.1.5), η στατιστική επεξεργασία με διάστημα εμπιστοσύνης με βεβαιότητα 95% για τους εκπαιδευτικούς που δίνουν την απάντηση που μας ενδιαφέρει (στην περίπτωση μας κατηγορίες εμπειριστατωμένη και εμπειριστατωμένη+), δίνεται από τη σχέση:

$$p - Z_{\frac{\alpha}{2}} \sqrt{\frac{p(1-p)}{n}} < p < p + Z_{\frac{\alpha}{2}} \sqrt{\frac{p(1-p)}{n}}$$

όπου $p = \frac{\text{Αριθμός επιτυχιών από το δείγμα (ατόμων που δίνουν την επιθυμητή απάντηση)}}{\text{αριθμός των ατόμων που αποτελούν το δείγμα}}$,

n ο αριθμός των ατόμων που αποτελούν το δείγμα

και για το διάστημα εμπιστοσύνης που θέλουμε (95%) ισχύει $Z_{\frac{\alpha}{2}} = 1,96$ (Κουνιάς κ.α, 2009, σελ 141-142)

Τα αποτελέσματα της στατιστικής ανάλυσης παρουσιάζονται στον Πίνακα 9.1. Στην τρίτη στήλη του Πίνακα 9.1 δίνονται, προς σύγκριση, τα αντίστοιχα αποτελέσματα που είχαν προκύψει από το pre-test (βλ. και Πίνακα 6.4):

Χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε.	Διάστημα μέσα στο οποίο βρίσκεται, με βεβαιότητα 95%, το ποσοστό των επιμορφούμενων	
	Μετά (n=42)	Πριν (n=50)
(X1) εμπειρικό	83 ± 11,3 (72,1 – 94,6)	66 ± 13,1 (52,9 – 79,1)
(X2) διαφορά παρατήρησης συμπεράσματος	86 ± 10,6 (75,1 – 96,3)	74 ± 12,2 (61,8 – 86,2)
(X3) δημιουργικό	76 ± 12,9 (63,3 – 89,1)	20 ± 11,1 (8,9 – 31,1)
(X4) υποκειμενικό/αντικειμενικό	79 ± 12,4 (66,2 – 91)	44 ± 13,8 (30,2 – 57,8)
(X5) αβέβαιο	95 ± 6,4 (89 – 100 ⁶⁷)	84 ± 10,2 (73,8 – 94,2)
(X6) πολιτισμικό	64 ± 14,5 (49,8 – 78,8)	56 ± 13,8 (42,2 – 69,8)
(X7) διαφορά νόμου – θεωρίας	81 ± 11,9 (69,1 – 92,8)	28 ± 12,4 (15,6 - 40,4)

Πίνακας 9.1: Τα αποτελέσματα από τις απαντήσεις των εκπαιδευτικών στο ερωτηματολόγιο VNOS-D+ μετά το πρόγραμμα επιμόρφωσης μετά από στατιστική επεξεργασία με διάστημα εμπιστοσύνης 95%

Από τον Πίνακα 9.1 προκύπτει ότι στατιστική διαφορά, δηλ. τα διαστήματα στα οποία κυμαίνεται με βεβαιότητα 95% η απάντηση των επιμορφούμενων πριν και μετά δεν έχουν κοινό μέρος, υπάρχει:

- για το χαρακτηριστικό (X3) της φύσης της γνώσης των Φ.Ε., ότι η επιστημονική σκέψη περιλαμβάνει την ανθρώπινη φαντασία και δημιουργικότητα. Πριν την επιμόρφωση είχαν δοθεί σωστές απαντήσεις (i και i+) από 22 άτομα και μετά από 32, με ταυτόχρονη μείωση του αριθμού των μεταβατικών και των απλοϊκών απαντήσεων.
- για το χαρακτηριστικό (X4), της υποκειμενικότητας της επιστημονικής γνώσης, πριν την επιμόρφωση είχαν δοθεί σωστές απαντήσεις (i και i+) από 10 άτομα και μετά από 33.
- για το χαρακτηριστικό (X7), διαφορά νόμου θεωρίας, πριν την επιμόρφωση είχαν δοθεί σωστές απαντήσεις (i και i+) από 14 άτομα, ενώ μετά από 34, και οι 30 απλοϊκές απαντήσεις μειώθηκαν σε μόλις 3.

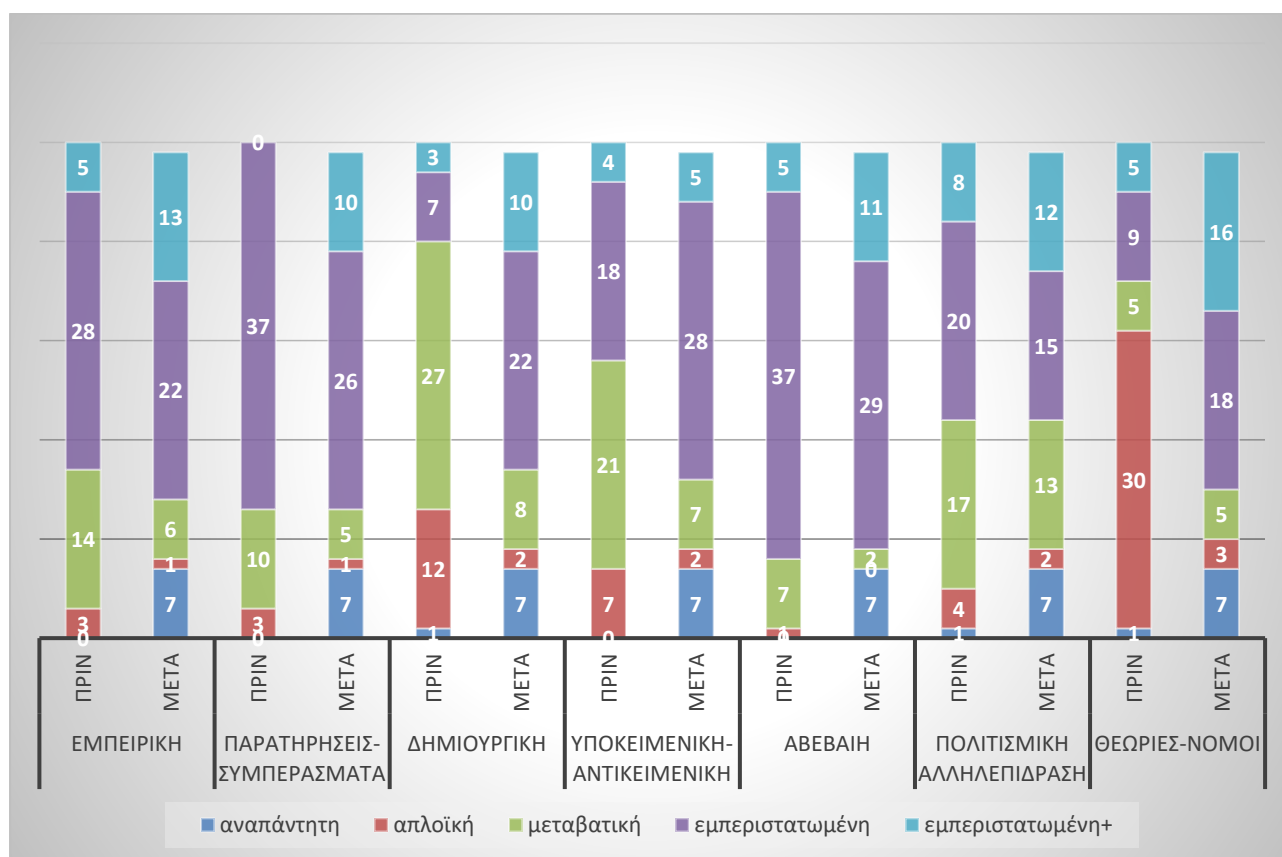
Στη γνώση των άλλων χαρακτηριστικών υπάρχει βελτίωση της τάξης του 10% η οποία όμως δεν είναι στατιστικά σημαντική. Ο λόγος που δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική βελτίωση στα

⁶⁷ Η σχέση που δίνει το διάστημα εμπιστοσύνης ισχύει αν $n \geq 30$, $np \geq 5$ και $n(1-p) \geq 5$ (Κουνιάς κ.α 2009, σελ.142) άρα δεν ισχύει για αυτή την περίπτωση αφού $n(1-p) = 42(1-0.95) = 2,1 < 5$. Σε αυτή την περίπτωση παίρνουμε τιμές από άβακες.

υπόλοιπα 4 χαρακτηριστικά είναι ότι αυτά ήταν ήδη γνωστά σε μεγάλο ποσοστό των εκπαιδευτικών και πριν την επιμόρφωση. Έτσι, για το μέγεθος του δείγματος που έχουμε και για το ποσοστό βεβαιότητας που επιθυμούμε, δεν είναι δυνατόν να εμφανιστεί στατιστικά σημαντική διαφορά. Σημειώνεται ότι τα ίδια στατιστικά αποτελέσματα για τα χαρακτηριστικά 3 και 7, και με ένα πολύ μικρό διάστημα επικάλυψης για το 4, παίρνουμε και αν θεωρήσουμε ότι ο αριθμός των ατόμων που συγκροτούν το δείγμα είναι 49 με 7 λευκά.

Τέλος, σημαντικό για όλα τα χαρακτηριστικά είναι ότι έχει αυξηθεί ο αριθμός των εμπειριστατωμένων+ απαντήσεων, δηλαδή οι εκπαιδευτικοί δίνουν τεκμηριωμένες απαντήσεις, χρησιμοποιώντας παραδείγματα και πλουσιότερο λεξιλόγιο.

Στην Εικόνα 9.2 δίνεται μια οπτική σύγκριση ανάμεσα στα αποτελέσματα των ερωτηματολογίων πριν αρχίσει το πρόγραμμα επιμόρφωσης και μετά την 4^η συνάντηση:



Εικόνα 9.2: Σύγκριση ερωτηματολογίων VNOS-D+ πριν και μετά το πρόγραμμα επιμόρφωσης των εκπαιδευτικών

9.3.2 Συμπεράσματα

Οι εκπαιδευτικοί που συμμετείχαν στο πρόγραμμα επιμόρφωσης γνώριζαν ήδη πριν την έναρξη του προγράμματος υποσυνείδητα αρκετά από τα χαρακτηριστικά, το οποίο φαίνεται από το ότι οι απαντήσεις τους πριν τη διεξαγωγή του προγράμματος ήταν ικανοποιητικές, βλ. παράγραφο 6.4.1.5. Σε όλα τα χαρακτηριστικά παρουσιάζεται βελτίωση, αλλά σε τρία η διαφορά είναι στατιστικά σημαντική: το χαρακτηριστικό της δημιουργικής σκέψης (X3), της υποκειμενικότητας (X4) και της διαφοράς ανάμεσα στη θεωρία και το νόμο (X7). Από το αποτέλεσμα κρίνεται ότι στο πρόγραμμα επιμόρφωσης παρουσιάστηκαν ικανοποιητικά, καθώς οι εκπαιδευτικοί τα εμπέδωσαν. Ενδιαφέρον θα έχει να μελετηθεί αν τα

χρησιμοποίησαν στα σχέδια μαθήματος και στις διδασκαλίες τους, κάτι το οποίο παρουσιάζεται στη συνέχεια.

Ακόμα ένας έλεγχος της γνώσης των χαρακτηριστικών της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. είναι η χρήση τους στα σχέδια μαθήματος και στις παρακολουθήσεις. Όπως περιγράφεται στις παραγράφους 9.4 και 9.5 αντίστοιχα, τα χαρακτηριστικά που δήλωναν οι εκπαιδευτικοί ότι πραγματεύονταν, ήταν πραγματικά αυτά.

9.4. Αξιολόγηση της ικανότητας των επιμορφούμενων να σχεδιάσουν μάθημα που να περιλαμβάνει και τη διδασκαλία χαρακτηριστικών της φύσης της γνώσης των Φ.Ε.

Οι επιμορφούμενοι γνώριζαν, ήδη από την προκήρυξη του προγράμματος επιμόρφωσης, ότι στην τέταρτη συνάντηση θα παρέδιδαν, και κάποιοι από αυτούς θα παρουσίαζαν στην ολομέλεια, σχέδιο μαθήματος το οποίο θα περιλάμβανε τη διδασκαλία, με τρόπο σαφή και αναστοχαστικό, χαρακτηριστικών της φύσης της γνώσης των Φ.Ε.. Οι υπόλοιποι επιμορφούμενοι θα παρακολουθούσαν και θα έκριναν την παρουσίαση κάνοντας διορθωτικές προτάσεις, αν βέβαια είχαν. Η εργασία αυτή είχε διττό χαρακτήρα: Α) εκπαίδευσης των επιμορφούμενων, ο οποίος παρουσιάστηκε στην παράγραφο 8.4.4.2 και Β) αξιολόγησης του πόσο αποδοτικές ήταν οι τρεις πρώτες συναντήσεις του προγράμματος, στο σχεδιασμό μαθημάτων που θα περιλάμβαναν τη διδασκαλία, με τρόπο σαφή και αναστοχαστικό, χαρακτηριστικών της φύσης της γνώσης των Φ.Ε.. Στην παράγραφο αυτή περιλαμβάνεται συνολική περιγραφή και αξιολόγηση των σχεδίων μαθημάτων (αξιολογικός χαρακτήρας των εργασιών) που παραδόθηκαν. Στον Πίνακα 9.2 περιλαμβάνεται, με χρονολογική σειρά παράδοσης, το αντικείμενο των Φ.Ε. στο οποίο αναφέρεται κάθε σχέδιο μαθήματος που μας παραδόθηκε. Τα σχέδια μαθήματος που παρουσιάστηκαν στην 4^η συνάντηση είναι τα 1, 4, 9, 11, 15 και 16 του Πίνακα 9.2.

Οι οδηγίες που δόθηκαν στους εκπαιδευτικούς για την εκπόνηση της εργασίας δίνονται στο Παράρτημα Ε'. Αρχικά είχαν δοθεί 2 εβδομάδες για την παράδοση των σχεδίων μαθήματος, όμως, επειδή συνέπιπτε με το τέλος της σχολικής χρονιάς, που είναι περίοδος αυξημένων υποχρεώσεων για τους εκπαιδευτικούς, αρκετοί από αυτούς ζήτησαν παράταση, η οποία και δόθηκε. Τελικά παραδόθηκαν 29 σχέδια μαθήματος από 30 εκπαιδευτικούς, καθώς δύο συνεργάστηκαν. Συνεπώς, 30 από τους 49 εκπαιδευτικούς, δηλαδή το 60% παρέδωσε σχέδιο μαθήματος, βλέπε και παράγραφο 8.4.4.2.

α/α	Κλάδος των Φ.Ε.	Τάξη	Θέμα	Προσέγγιση που χρησιμοποιήθηκε	Διάρκεια του μαθήματος, Χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. που περιέχει	Παρουσιάζονται τα χαρακτηριστικά με τρόπο σαφή και αναστοχαστικό;
1	Βιολογία	Β΄ Λυκείου	Δραστικότητα ενζύμων	SI	5 διδακτικές ώρες X1, X3, X4, X5	Ναι
2	Φυσική	Α΄ Λυκείου	Ελεύθερη πτώση	SI & HOS	2 διδακτικές ώρες X1, X5	Όχι
3	Φυσική	Α΄ Λυκείου	1 ^{ος} Νόμος Νεύτωνα	SI & HOS	2 διδακτικές ώρες X1, X3, X4, X5, X7	Ναι
4	Βιολογία	Γ΄ Γυμνασίου	Βιοτεχνολογία	SSI	Τουλάχιστον 4 διδ. ώρες X4, X5, X6	Όχι
5	Φυσική	Β΄ Λυκείου	Ατομικά μοντέλα	SI & HOS	2 διδακτικές ώρες X1, X2, X3, X4, X5 <i>Μαύρο Κουτί</i>	Ναι
6	Βιολογία	Γ΄ Γυμνασίου	Εξέλιξη	HOS & SSI	2 διδακτικές ώρες Όλα	Ναι
7	Γεωγραφία	Α΄ Γυμνασίου	Λιθοσφαιρικές πλάκες	HOS & SSI	2 διδακτικές ώρες Όλα	Ναι
8	Φυσική	Β΄ Γυμνασίου	Αρχή Αρχιμήδη	SI	2 διδακτικές ώρες X1, X2, X3, X5, X6	Ναι
9	Χημεία	Α΄ Λυκείου	Χημικοί Δεσμοί	SI	2 διδακτικές ώρες X1, X2, X3, X4, X5 <i>Μαύρο Κουτί</i>	Ναι
10	Γεωγραφία	Α΄ Γυμνασίου	Λιθοσφαιρικές πλάκες	SI	2 διδακτικές ώρες X1, X2, X3, X4, X6	Ναι
11	Φυσική	Α΄ Λυκείου	Ελεύθερη πτώση	SI & HOS	2 διδακτικές ώρες X1, X2, X3, X4, X5	Ναι
12	Ερευνητική εργασία (Project)	Γ΄ Γυμνασίου	Τεχνητή Νοημοσύνη	SSI	2 διδακτικές ώρες X1, X4, X5, X6	Ναι
13	Φυσική	Α΄ Λυκείου	3 ^{ος} Νόμος Νεύτωνα	SI	2 διδακτικές ώρες X1, X2, X3, X4, X5	Ναι
14	Φυσική	Γ΄ Γυμνασίου	Ηλεκτρικό φορτίο	HOS & SI	1 διδακτική ώρα X1, X5	Όχι
15	Φυσική	Β΄ Λυκείου	Ατομικά μοντέλα	SI	1 διδακτική ώρα	Ναι

					X1, X2, X3, X4, X5	
16	Γεωγραφία	Α΄ Γυμνασίου	Λιθοσφαιρικές πλάκες	HOS	1 διδακτική ώρα X1, X2, X3, X4, X5, X6	Όχι
17	Φυσική	Β΄ Λυκείου	Κυκλική κίνηση	SI	2 διδακτικές ώρες X1	Όχι
18	Φυσική	Γ΄ Γυμνασίου	Ηλεκτρικά κυκλώματα	SI	2 διδακτικές ώρες X1, X2, X3, X4, X5 <i>Μαύρο Κουτί</i>	Ναι
19	Βιολογία	Β΄ Λυκείου	Δομή DNA	HOS & SI	3 διδακτικές ώρες X1, X2, X3, X4, X5, X6 <i>Μαύρο Κουτί</i>	Ναι
20	Χημεία	Β΄ Γυμνασίου	Σύσταση ατμοσφαιρικού αέρα	SI	2 διδακτικές ώρες X1, X4, X5	Όχι
21	Βιολογία	Β΄ Λυκείου	Η Χημεία της ζωής	ΟΛΕΣ	8 διδακτικές ώρες X1, X2, X3, X4, X5, X6	Ναι
22	Φυσική	Β΄ Γυμνασίου	3 ^{ος} Νόμος Νεύτωνα	HOS	1 διδακτική ώρα X1, X4, X5	Όχι
23	Φυσική	Β΄ Γυμνασίου	Ηχητικά κύματα	SSI	2 διδακτικές ώρες X1, X5	Όχι
24	Φυσική	Α΄ Λυκείου	Νόμος Hooke	SI	2 διδακτικές ώρες Όλα	Ναι
25	Φυσική	Γ΄ Γυμνασίου	Ηλεκτρική ενέργεια	SSI	2 διδακτικές ώρες X1, X5, X6	Ναι
26	Φυσική	Γ΄ Γυμνασίου	Ηλεκτρικά κυκλώματα	SI	1 διδακτική ώρα X1, X2, X3, X4, X5 <i>Μαύρο Κουτί</i>	Ναι
27	Φυσική	Α΄ Γυμνασίου	Θερμότητα - Θερμοκρασία	SI	2 διδακτικές ώρες X1, X2, X3, X5	Ναι
28	Φυσική	Α΄ Λυκείου	Νόμοι Νεύτωνα	HOS	2 διδακτικές ώρες Όλα	Ναι
29	Χημεία	Β΄ Λυκείου	Χημικές αντιδράσεις	SI	2 διδακτικές ώρες X1, X2, X3, X4, X5	Ναι

Πίνακας 9.2: Παρουσίαση των σχεδίων μαθήματος που παραδόθηκαν από τους εκπαιδευτικούς

9.4.1 Παρατηρήσεις και συμπεράσματα από τα σχέδια μαθήματος που παρέδωσαν οι εκπαιδευτικοί.

Από τον πίνακα 9.2 παρατηρούμε ότι:

- Από τα σχέδια μαθήματος, 17 είναι στη Φυσική, 5 στη Βιολογία, από 3 στη Χημεία και στη Γεωγραφία και 1 στο μάθημα της ερευνητικής εργασίας (Project). Η προτίμηση στη Φυσική αιτιολογείται από το δείγμα των εκπαιδευτικών, οι περισσότεροι από τους οποίους είναι Φυσικοί. 8 σχέδια μαθήματος αφορούν μαθήματα της Γ΄ Γυμνασίου, από 7 την Α΄ και τη Β΄ Λυκείου, 4 την Α΄ Γυμνασίου και 3 τη Β΄ Γυμνασίου. Παρατηρούμε ότι οι εκπαιδευτικοί προτιμούν τις μεγαλύτερες τάξεις.
- Σχετικά με την προτιμώμενη προσέγγιση, 13 εκπαιδευτικοί χρησιμοποιούν τη διερεύνηση, 4 τα κοινωνικο-επιστημονικά ζητήματα, 3 την Ιστορία των Φ.Ε.. Οι υπόλοιποι χρησιμοποιούν συνδυασμούς των προσεγγίσεων: διερεύνηση και Ιστορία των Φ.Ε. σε 6 σχέδια μαθήματος, Ιστορία των Φ.Ε. και κοινωνικο-επιστημονικά ζητήματα για 2, ενώ 1 σχέδιο μαθήματος περιλάμβανε και τις τρεις προσεγγίσεις, συνοπτικά στον Πίνακα 9.3:

Ιστορία των Φ.Ε.		Διερεύνηση		Κοινωνικο-επιστημονικά θέματα	
Μόνη της	Μαζί με τη μια ή και τις δυο άλλες προσεγγίσεις	Μόνη της	Μαζί με τη μια ή και τις δυο άλλες προσεγγίσεις	Μόνη της	Μαζί με τη μια ή και τις δυο άλλες προσεγγίσεις
3	9	13	7	4	3

Πίνακας 9.3: Συχνότητα χρήσης των τριών προσεγγίσεων από τους εκπαιδευτικούς, όπως προκύπτει από τη μελέτη των σχεδίων μαθήματος που παρέδωσαν

Παρατηρείται μια προτίμηση (όχι στατιστικά σημαντική) στη διερεύνηση, η οποία σχετίζεται με τη δουλειά μέσα στο εργαστήριο, κάτι που γενικά ταιριάζει με την κουλτούρα (ή τουλάχιστον με την επιθυμητή κουλτούρα) των επιμορφούμενων. Η αμέσως επόμενη προτίμηση είναι ο συνδυασμός Ιστορίας των Φ.Ε. και διερεύνησης, όπου οι εκπαιδευτικοί εκτελούν είτε ιστορικά πειράματα (2 σχέδια μαθήματος), είτε περιλαμβάνουν ιστορικές διηγήσεις ταυτόχρονα με τις διαδικασίες διερεύνησης. Αυτό θα συζητηθεί και στην παράγραφο 9.7 που αξιολογούνται οι προτιμώμενες διδακτικές προσεγγίσεις.

- Τα θέματα που χρησιμοποιήθηκαν περισσότερες από μία φορές ήταν τα εξής: Οι λιθοσφαιρικές πλάκες χρησιμοποιήθηκαν 3 φορές, με διαφορετικές προσεγγίσεις: μία φορά με συνδυασμό Ιστορίας των Φ.Ε. και κοινωνικο-επιστημονικών ζητημάτων, μία με Ιστορία των Φ.Ε. και μία με Διερεύνηση. Τρεις φορές εμφανίστηκαν και οι Νόμοι του Νεύτωνα, με προσέγγιση μέσω της Ιστορίας των Φ.Ε., της Διερεύνησης και συνδυασμού Ιστορίας των Φ.Ε. και διερεύνησης. Τρεις φορές εμφανίζονται και τα ηλεκτρικά κυκλώματα, τις δύο με δραστηριότητες Μαύρου Κουτιού (Διερεύνηση) και την άλλη με παραδοσιακό τρόπο. Από δύο φορές εμφανίζονται στα σχέδια μαθήματος τα ατομικά μοντέλα και η ελεύθερη πτώση, το πρώτο με συνδυασμό Ιστορίας Φ.Ε. και διερεύνησης τη μία φορά και καθαρής διερεύνησης τη δεύτερη, και το δεύτερο με συνδυασμό Ιστορίας Φ.Ε. και Διερεύνησης και τις δύο φορές. Τα υπόλοιπα 16 θέματα παρουσιάζονται από μια φορά. Τα πιο πρωτότυπα θέματα που παρουσιάστηκαν ήταν η Βιοτεχνολογία (που το συγκεκριμένο κεφάλαιο είναι εκτός ύλης, αλλά θα μπορούσε να προταθεί για ερευνητική εργασία), η Χημεία της Ζωής που προτείνεται στη Β΄ Λυκείου και περιλαμβάνει όλες τις διδακτικές προσεγγίσεις και η Τεχνητή Νοημοσύνη, που προτείνεται ως θέμα ερευνητικής εργασίας (Project). Δεν

προκύπτει η ύπαρξη συσχέτισης του θέματος των μαθημάτων με τη μέθοδο που χρησιμοποιήθηκε.

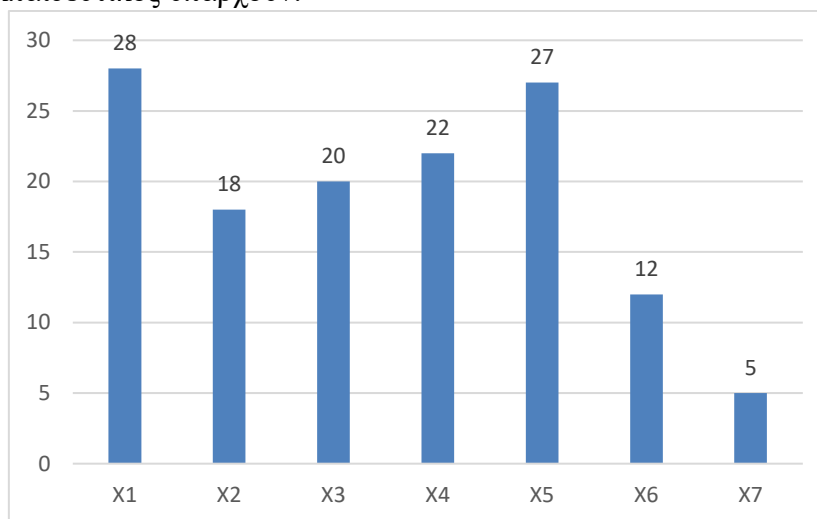
- Ενδιαφέρον είναι ότι παρουσιάστηκαν 5 σχέδια μαθήματος που περιείχαν Μαύρα Κουτιά, δύο από τα οποία αναφέρονταν σε ηλεκτρικά κυκλώματα, 1 στα ατομικά μοντέλα, 1 στη δομή του DNA και ένα στους χημικούς δεσμούς. Τόσο από το ερωτηματολόγιο αξιολόγησης που δόθηκε στην 4^η συνάντηση όσο κι από τις συζητήσεις μας με τους εκπαιδευτικούς φάνηκε ότι αυτή η δραστηριότητα τους εντυπωσίασε και είτε την επέκτειναν σε θεματική παρόμοια με αυτή των δικών μας παρουσιάσεων είτε τη μετασημάτισαν σε άλλα κεφάλαια. Ιδιαίτερη ήταν η έμφαση της χημικού (#9) που στην παρουσίαση είπε ότι «ολόκληρη η Χημεία είναι τελικά ένα Μαύρο Κουτί, γιατί ποτέ δεν βλέπουμε πώς γίνονται οι δεσμοί που μελετάμε». Αφορμή από αυτό πήρε άλλος συνάδελφος (#29), που σχεδίασε ένα μάθημα με τις ταυτοποιήσεις των χημικών ενώσεων.
- Σχετικά με τη διάρκεια των μαθημάτων: 5 σχέδια μαθήματος απαιτούν μία διδακτική ώρα, 20 σχέδια μαθήματος απαιτούν 2 διδακτικές ώρες, και τα υπόλοιπα 4 διαρκούν περισσότερο: 3, 4, 5 και 8 ώρες αντίστοιχα. Συμπεραίνεται, επομένως, ότι συνήθως οι εκπαιδευτικοί θεωρούν μικρή τη διάρκεια της μίας διδακτικής ώρας για να ολοκληρώσουν όσα θα ήθελαν. Σημειώνεται ότι ακόμη και στα σχέδια μαθήματος της μίας διδακτικής ώρας γράφεται ότι είχε προηγηθεί η διδασκαλία του γνωστικού αντικειμένου και το σχέδιο που παρέδωσαν περιείχε δραστηριότητες για εμπέδωση και περαιτέρω διεύρυνση της ύλης.
- Αξιοσημείωτο είναι ότι το #13 δεν ήταν σχέδιο μαθήματος αλλά πραγματοποιημένο μάθημα. Η εκπαιδευτικός συνεργάστηκε με το Γυμναστή του σχολείου και το πραγματοποίησαν και έτσι το σχέδιο περιλαμβάνει φωτογραφίες από τους μαθητές. Η εκπαιδευτικός ανέφερε ότι τόσο αυτή, όσο και ο συνάδελφος της και οι μαθητές ενθουσιάστηκαν και ότι σκοπεύουν να υποβάλλουν προς δημοσίευση το κείμενο που μας έδωσαν. Την ίδια πρόθεση ανέφεραν τουλάχιστον άλλοι τρεις εκπαιδευτικοί, οι οποίοι δήλωσαν ότι έμειναν πολύ ικανοποιημένοι με το αποτέλεσμα της δουλειάς τους.

9.4.2 Αξιολόγηση των σχεδίων μαθήματος που παρέδωσαν οι εκπαιδευτικοί

Τα σχέδια μαθήματος μελετήθηκαν και αξιολογήθηκαν από την ερευνήτρια. Από τα 29 σχέδια μαθήματος, που παραδόθηκαν, τα 21 (σε αριθμό επιμορφούμενων 22 στους 30) παρουσιάζουν τα χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. με σαφή και αναστοχαστικό τρόπο, ενώ 8 τα παρουσιάζουν με μη σαφή τρόπο. Τα 3 από αυτά τα 8 σχέδια μαθήματος προσεγγίζουν περισσότερο το παραδοσιακό μάθημα (τα 14, 17 και 20, στα οποία η προσέγγιση είναι σημειωμένη με κόκκινο, που σημαίνει ότι τα χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. δεν αναδεικνύονται, παρά ιδιαίτερα έμμεσα). Θεωρούμε ικανοποιητικό το ποσοστό (73%) των επιτυχών σχεδίων και μάλιστα σε χρονικό σημείο που δεν είχε ακόμη τελειώσει το επιμορφωτικό πρόγραμμα, και που στόχος της εργασίας ήταν και η διδασκαλία ετοιμασίας σχεδίου μαθήματος, με στόχο την σαφή και αναστοχαστική διαπραγμάτευση των χαρακτηριστικών της φύσης της γνώσης των Φ.Ε.. Προφανώς ο εθελοντικός χαρακτήρας της συμμετοχής εκπαιδευτικών, με τους οποίους δεν είχαμε καμιά διοικητική σχέση και των οποίων το μόνο κίνητρο παρακολούθησης ήταν να μάθουν, δεν μας επέτρεπε να ζητήσουμε και δεύτερο σχέδιο μαθήματος στο τέλος του προγράμματος. Βεβαίως αυτό το ποσοστό επιτυχίας γίνεται μικρότερο (περίπου 45%) αν ληφθεί υπόψη ο συνολικός αριθμός, των 49 εκπαιδευτικών που συμμετείχαν. Εδώ θεωρούμε ότι ο εθελοντικός χαρακτήρας της εργασίας και η εποχή που ζητήθηκε από τους εκπαιδευτικούς, στο τέλος της σχολικής χρονιάς, συνέβαλαν στο να μην δοθούν εργασίες από αρκετούς από τους υπολοίπους.

Η ερευνήτρια αξιολόγησε – έκρινε ποια χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. παρουσιάζονται σε κάθε σχέδιο μαθήματος. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στην 6^η στήλη του Πίνακα 9.2. Στις οδηγίες για την εκπόνηση της εργασίας που είχαν δοθεί στους εκπαιδευτικούς, είχε ζητηθεί να αναφέρουν τα χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. που θεωρούσαν ότι παρουσιάζονται στην εργασία τους. Σημειώνεται ότι οι εκτιμήσεις της ερευνήτριας συνέπεσαν απολύτως με τις δηλώσεις των εκπαιδευτικών: σε κανένα σχέδιο μαθήματος δεν παρατηρήθηκε λανθασμένη απόδοση κάποιου χαρακτηριστικού της φύσης της γνώσης των Φ.Ε.. Ανεξάρτητα από το αν ένα χαρακτηριστικό διδάσκεται στο σχέδιο μαθήματος με σαφήνεια ή όχι, δεν υπάρχει διαστρέβλωση. Οι εκπαιδευτικοί παρουσιάζουν ορθώς τα χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. Αυτό αποτελεί μια ακόμα ένδειξη γνώσης των χαρακτηριστικών της φύσης της γνώσης των Φ.Ε., βλέπε και παράγραφο 9.3.

Συνοπτικά, η συχνότητα ανάδειξης κάθε χαρακτηριστικού παρουσιάζεται στην Εικόνα 9.3. Ανεξάρτητα από το αν η διδασκαλία που προέκυπτε από το μάθημα κατηγοριοποιήθηκε ως σαφής ή μη σαφής, τα χαρακτηριστικά που αναδεικνύονται από το μάθημα με τις δράσεις που προτείνει ο εκπαιδευτικός υπάρχουν.



Εικόνα 9.3: Συχνότητα ανάδειξης κάθε χαρακτηριστικού της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. στα σχέδια μαθήματος

Στην Εικόνα 9.3 παρατηρούμε ότι σχεδόν το σύνολο των σχεδίων μαθήματος περιλαμβάνει το εμπειρικό (X1) χαρακτηριστικό (28 από τα 29), αλλά μόνο στα 18 εξ' αυτών αναφέρεται η διαφορά ανάμεσα στην παρατήρηση και το συμπέρασμα (X2), δηλαδή περίπου στα 2/3. Με τον τρόπο αυτό ερμηνεύονται και τα αποτελέσματα του 6^{ου} κεφαλαίου, ότι παρόλο που τα βιβλία αναφέρουν τη διαφορά παρατήρησης και συμπεράσματος και οι εκπαιδευτικοί τη γνωρίζουν, εν' τούτοις φαίνεται ότι δεν την διαπραγματεύονται στα μαθήματά τους.

Το επόμενο χαρακτηριστικό που περιλαμβάνεται σχεδόν σε όλα τα σχέδια μαθήματος (27 από τα 29) είναι το αβέβαιο (X5). Ακολουθεί το υποκειμενικό χαρακτηριστικό (X4), σε 22 από τα 29 σχέδια μαθήματος. Όσον αφορά στο δημιουργικό χαρακτηριστικό (X3), πραγματεύεται σε 20 σχέδια μαθήματος, κάτι το οποίο είναι ενδιαφέρον διότι οι εκπαιδευτικοί, σε μεγάλο ποσοστό, δεν το γνώριζαν πριν το πρόγραμμα επιμόρφωσης, βλέπε Πίνακα 6.4. Το αντίθετο συμβαίνει με το χαρακτηριστικό της πολιτισμικής ενσωμάτωσης (X6), όπου, παρόλο που το γνώριζε και πριν από την έναρξη του προγράμματος το 56% των εκπαιδευτικών, περιλαμβάνεται μόνο σε 12 από τα 29 σχέδια μαθήματος. Φαίνεται ότι να γνωρίζει ο εκπαιδευτικός κάποιο χαρακτηριστικό της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. είναι αναγκαία μεν

συνθήκη για να το συμπεριλάβει, ενσυνείδητα, στο (σχέδιο) μάθημα αλλά όχι και ικανή. Τέλος, η διαφορά ανάμεσα στους νόμους και τις θεωρίες (X7) περιλαμβάνεται μόνο σε 5 σχέδια μαθήματος, στα 4 από τα οποία οι εκπαιδευτικοί κατάφεραν να ενσωματώσουν όλα τα χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε.. Ίσως να είναι το πιο απαιτητικό από όλα και να μην ταιριάζει σε όλα τα θέματα, παρόλο που οι εκπαιδευτικοί από τη διαφορά στα αποτελέσματα του ερωτηματολογίου VNOS-D+ πριν και μετά την επιμόρφωση δείχνουν ότι έχουν κατανοήσει τη διαφορά.

Κατά μέσο όρο κάθε σχέδιο μαθήματος περιλαμβάνει πρόταση για τη διδασκαλία 4,6 χαρακτηριστικών. Αναλυτικότερα: 11 σχέδια μαθήματος περιέχουν 5 χαρακτηριστικά, 4 σχέδια μαθήματος περιέχουν όλα τα χαρακτηριστικά, άλλα 4 περιέχουν 3 χαρακτηριστικά, ενώ από 3 σχέδια μαθήματος περιέχουν 2, 4 και 6 χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. αντίστοιχα.. Τέλος, 1 σχέδιο μαθήματος περιέχει μόνο 1 χαρακτηριστικό.

9.4.3 Συμπεράσματα

Εν συντομία, οι εκπαιδευτικοί με τα σχέδια μαθήματος που παρέδωσαν δείχνουν ότι μπορούν να σχεδιάσουν μαθήματα στα οποία να περιλαμβάνεται η διδασκαλία χαρακτηριστικών της φύσης της γνώσης των Φ.Ε.. Μάλιστα, τα κεφάλαια που επέλεξαν είναι από διαφορετικά μαθήματα και τάξεις. Ενδιαφέρον είναι ότι σε ορισμένες περιπτώσεις, διαφορετικοί εκπαιδευτικοί επέλεξαν το ίδιο κεφάλαιο, αλλά χρησιμοποίησαν διαφορετική προσέγγιση. Επίσης, μέρος των εκπαιδευτικών (26%) δεν κατόρθωσε να προσαρμοστεί και έδωσε, ολικά ή μερικά, προϊόντα του παλιού καθώς 3 σχέδια μαθήματος περιείχαν μάθημα παραδοσιακής διδασκαλίας) και άλλα 5 παρουσιάζουν τα χαρακτηριστικά με μη σαφή τρόπο. Πάντως, το ποσοστό προσαρμογής στο νέο σύστημα δραστηριότητας κρίνεται επιτυχημένο. Τέλος, ενδιαφέρον παρουσιάζουν τα χαρακτηριστικά που πραγματεύονται τα σχέδια μαθήματος, συγκεκριμένα, σχεδόν όλα, πλην ενός, περιέχουν το εμπειρικό (X1) χαρακτηριστικό, αλλά μόνο το 64% αυτών (18 από τα 28) τονίζει τη διαφορά παρατήρησης και συμπεράσματος (X2). Επίσης, σε 27 από τα 29 σχέδια μαθήματος παρουσιάζεται το αβέβαιο χαρακτηριστικό (X5). Όλα τα χαρακτηριστικά παρουσιάζονται ορθά και δεν υπάρχουν παρανοήσεις. Ορισμένα χαρακτηριστικά, όπως το υποκειμενικό (X4) και το δημιουργικό (X3), που νωρίτερα δεν γνώριζαν, πέρασαν στη ζώνη επικείμενης ανάπτυξης και σταδιακά στη ζώνη άνεσης, ενώ άλλα, όπως το πολιτισμικό (X6) και η διαφορά Νόμου – Θεωρίας (X7) δεν χρησιμοποιήθηκαν σε μεγάλο βαθμό.

9.5 Αξιολόγηση της ικανότητας των επιμορφούμενων να πραγματοποιούν διδασκαλία μαθημάτων που να περιλαμβάνει και χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε.

Η παράγραφος περιλαμβάνει την περιγραφή των παρακολουθήσεων των διδασκαλιών 9 εκπαιδευτικών με μια σύντομη περιγραφή των μαθημάτων που έγιναν από κάθε εκπαιδευτικό και τα γενικά συμπεράσματα που προκύπτουν από αυτές. Η παράγραφος κλείνει με τρεις μελέτες περίπτωσης από τις παρακολουθήσεις τριών από τους παραπάνω 9 εκπαιδευτικούς.

9.5.1 Παρακολουθήσεις 9 εκπαιδευτικών, γενικές παρατηρήσεις και συμπεράσματα

Κατά τη διάρκεια του σχολικού έτους 2018-19, η ερευνήτρια παρακολούθησε διδασκαλίες στην τάξη από 9 εκπαιδευτικούς, από αυτούς που είχαν παρακολουθήσει το πρόγραμμα επιμόρφωσης. Για την επιλογή των εκπαιδευτικών στάλθηκε στην αρχή της σχολικής χρονιάς

ηλεκτρονικό μήνυμα σε όσους είχαν παραδώσει σχέδια μαθήματος στην 4^η συνάντηση, με βασικό ερώτημα αν προγραμματίζουν να εφαρμόσουν στην τάξη όσα διδάχθηκαν στο πρόγραμμα και αν θα μας επέτρεπαν να παρακολουθήσουμε τις διδασκαλίες τους. Η ερώτηση στους εκπαιδευτικούς ήταν αναγκαία διότι μεταξύ των όρων που υπάρχουν για την έκδοση της απαιτούμενης άδειας από το Υπουργείο Παιδείας είναι και το να συμφωνεί ο εκπαιδευτικός το μάθημα του οποίου ζητά ο ερευνητής να παρακολουθήσει. Από τους εκπαιδευτικούς που απάντησαν θετικά επιλέγηκαν αρχικά αυτοί που υπηρετούσαν σε σχολεία που έχουν δικό τους συμβούλιο, το οποίο παρέχει ανάλογες, προσωρινές, άδειες πριν την επίσημη άδεια του Υπουργείου Παιδείας, η οποία συνήθως καθυστερεί να εκδοθεί. Αυτά τα σχολεία προτιμήθηκαν για λόγους διαχείρισης χρόνου.

Συνολικά πραγματοποιήθηκαν 112 ώρες παρακολούθησης σε 85 μαθήματα. Σημειώνεται ότι η άδεια του Υπουργείου Παιδείας δίνεται για περιορισμένες ώρες παρακολούθησης και με όρους ότι δεν επιτρέπεται η μαγνητοφώνηση, η φωτογράφιση και η περιγραφή με τρόπο που να επιτρέπει την αναγνώριση προσώπων. Τα ονόματα των εκπαιδευτικών και τα σχολεία παραμένουν ανώνυμα, για λόγους προσωπικών δεδομένων, όπως ορίζεται από την ελληνική νομοθεσία. Ακολουθεί σύντομη περιγραφή των ωρών παρακολούθησης, του προφίλ των 9 εκπαιδευτικών, και παρουσίαση των συνολικών αποτελεσμάτων. Στη συνέχεια του κεφαλαίου, παράγραφος 9.5.2, παρουσιάζονται λεπτομερέστερα τα αποτελέσματα από την παρακολούθηση τριών εκπαιδευτικών ως μελέτες περίπτωσης.

Από τον Πίνακα 9.4 φαίνεται ότι η ερευνήτρια παρακολούθησε:

- τέσσερις, τους #1, #4, #6 και #19, εκπαιδευτικούς από 10 μαθήματα και πάνω,
- έναν, τον #5 εκπαιδευτικό για 8 μαθήματα αλλά για 16 ώρες,
- και τρεις, τους #2, #7 και #8 εκπαιδευτικούς για λιγότερα μαθήματα (τον #2 σε 3 μαθήματα, τον #7 και τον #8 από 4 μαθήματα).

Σημαντικός παράγοντας για τη διαφοροποίηση των ωρών παρακολούθησης ήταν κυρίως η καθυστέρηση στην έκδοση της άδειας παρακολούθησης από το Υπουργείο Παιδείας συνδυασμένη με το γεγονός ότι ορισμένοι Διευθυντές σχολείων ήταν πιο αυστηροί στα τυπικά προαπαιτούμενα από ότι άλλοι. Ένας ακόμη λόγος σχετιζόταν με τη διαθεσιμότητα των εκπαιδευτικών, τις υποχρεώσεις τους και τη διάθεσή τους να γίνει παρακολούθηση σε μαθήματα τους, που κατά τη γνώμη τους θα συμπεριλάμβαναν χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε.. Σημειώνεται ότι όλοι οι εκπαιδευτικοί στο τέλος της διδασκαλίας ήθελαν να συζητήσουν μαζί μας το μάθημα, και επεδίωξαν την κριτική μας.

Εκπ.	Ώρες παρακολούθησης & αριθμός μαθημάτων	Μάθημα ⁶⁸	Σχόλια
#1	16 ώρες σε 10 μαθήματα	Ήταν το καθημερινό μάθημα που είχε προγραμματίσει να διδάξει ο εκπαιδευτικός	Έγινε παρακολούθηση τεσσάρων μαθημάτων, όπου όλα πραγματοποιήθηκαν στο εργαστήριο. Συγκεκριμένα, για το πρώτο μάθημα έγινε παρακολούθηση σε 4 διαφορετικά τμήματα και ήταν μονόωρο, για το δεύτερο έγινε παρακολούθηση μόνο μία φορά και ήταν τετράωρο, το τρίτο μάθημα ήταν δίωρο και έγινε παρακολούθηση σε τρία διαφορετικά τμήματα, όπως δίωρο ήταν και το τέταρτο μάθημα και έγινε παρακολούθηση σε δύο διαφορετικά τμήματα. Η διδασκαλία των χαρακτηριστικών της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. συνήθως ήταν μη σαφής. Όλα τα μαθήματα έγιναν σε μαθητές Λυκείου. Οι μαθητές δούλευαν σε ομάδες, εκτελώντας πειράματα, διαβάζοντας τις οδηγίες από Φύλλο Εργασίας και χρησιμοποιούσαν εργαστηριακό εξοπλισμό.
#2	6 ώρες σε 3 μαθήματα	Ο εκπαιδευτικός είχε σχεδιάσει το μάθημα ειδικά για την παρακολούθηση	Έγινε διδασκαλία, του σχεδίου μαθήματος που είχε παραδώσει ο εκπαιδευτικός, σε τρία τμήματα της Α΄ Λυκείου. Λόγω παρακολούθησης μεταπτυχιακού προγράμματος δεν υπήρχε χρόνος για να σχεδιάσει άλλα μαθήματα. Η διδασκαλία των χαρακτηριστικών ήταν σαφής. Η διδασκαλία ήταν διάλεξη με συζήτηση, χρησιμοποιώντας υπολογιστή και προβολικό, ενώ είχε μοιράσει στους μαθητές Φύλλο Εργασίας.
#3	10 ώρες σε 6 μαθήματα	Ο εκπαιδευτικός είχε σχεδιάσει το μάθημα ειδικά για την παρακολούθηση	Ο εκπαιδευτικός ήταν πολύ θερμός στην πρόταση για παρακολούθηση, γιατί ήθελε να μάθει καλύτερα τα χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. Είχαν προγραμματιστεί και άλλες ώρες, όμως το σχολείο του προκρίθηκε να συμμετάσχει σε έναν πανελλήνιο διαγωνισμό και χρειαζόταν χρόνο προετοιμασίας για αυτόν. Η διδασκαλία των χαρακτηριστικών ήταν κατά κύριο λόγο σαφής. Εξέτασε τους μαθητές στα χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε.. Για τη σχεδίαση του κάθε μαθήματος αφιέρωνε πολλές ώρες, δανειζόταν εργαστηριακό εξοπλισμό και αντάλλαζε απόψεις με την ερευνήτρια. Τα μαθήματα έγιναν σε μαθητές Λυκείου. Κυρίως τα μαθήματα περιλάμβαναν διάλεξη και συζήτηση, τις 4 φορές οι μαθητές εργάστηκαν σε ομάδες και τις άλλες δύο έγινε ανακαλυπτική επίδειξη. Οι μαθητές χρησιμοποίησαν εργαστηριακό εξοπλισμό, διαβάζοντας τις οδηγίες από Φύλλο Εργασίας. Ο εκπαιδευτικός τέλος χρησιμοποίησε υπολογιστή με προβολικό.
#4	19 ώρες σε 19 μαθήματα	Ήταν το καθημερινό μάθημα που είχε προγραμματίσει να διδάξει	Μας έδωσε την ελευθερία να τον παρακολουθήσουμε σε οποιαδήποτε ώρα διδασκαλίας του, η παρακολούθηση ήταν ελεύθερη σε όλα τα μαθήματα, καθώς συχνά συμπεριλάμβανε χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε., ακόμα και πριν την επιμόρφωση, χωρίς όμως να τα γνωρίζει. Για το λόγο αυτό είναι η πρώτη μελέτη περίπτωσης (βλέπε παράγραφο 9.5.2.1). Τα μαθήματα έγιναν σε όλες τις τάξεις του Γυμνασίου. Όλα τα μαθήματα έγιναν με διάλεξη και συζήτηση, ενώ περίπου στα μισά οι μαθητές εργάστηκαν για ένα διάστημα σε ομάδες, χειριζόμενοι εργαστηριακό εξοπλισμό. Ο εκπαιδευτικός χρησιμοποίησε υπολογιστή και προβολικό σε κάθε μάθημα. Σε δύο μαθήματα είχε ετοιμάσει φύλλα εργασίας

⁶⁸ Αναφέρεται στο αν ο/η εκπαιδευτικός είχε σχεδιάσει το μάθημα ειδικά για την παρακολούθηση ή ήταν το καθημερινό μάθημα που είχε προγραμματίσει να διδάξει

#5	16 ώρες σε 8 μαθήματα	Ήταν το καθημερινό μάθημα που είχε προγραμματίσει να διδάξει	Ο εκπαιδευτικός κυρίως ασχολείται με ενήλικους. Από την πρώτη στιγμή φάνηκε ότι τον ενδιέφερε η ενσωμάτωση των χαρακτηριστικών της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. στη διδασκαλία, οπότε επιλέχθηκε να αποτελέσει τη δεύτερη μελέτη περίπτωσης (βλέπε παράγραφο 9.5.2.2). Τα μαθήματα του περιλάμβαναν διάλεξη με συζήτηση, ενώ προτιμούσε την ανακαλυπτική επίδειξη. Σε κάθε μάθημα χρησιμοποιούσε εργαστηριακό εξοπλισμό, υπολογιστή και προβολικό. Σε ένα μάθημα οι μαθητές δούλεψαν σε ομάδες με Μαύρα Κουτιά.
#6	18 ώρες σε 12 μαθήματα	Ήταν το καθημερινό μάθημα που είχε προγραμματίσει να διδάξει	Η παρακολούθηση έγινε σε εργαστηριακές δραστηριότητες με μαθητές Γυμνασίου. Συνήθως η διδασκαλία των χαρακτηριστικών ήταν μη σαφής, καθώς απασχολούνταν περισσότερο με τις οδηγίες των πειραμάτων και την επίβλεψη των μαθητών που εκτελούσαν τα πειράματα σε ομάδες. Σε κάθε μάθημα υπήρχε φύλλο εργασίας με τις οδηγίες και οι μαθητές δούλευαν σε ομάδες. Χρησιμοποιούσε υπολογιστή και προβολικό στα περισσότερα μαθήματα.
#7	4 ώρες σε 4 μαθήματα	Ήταν το καθημερινό μάθημα που είχε προγραμματίσει να διδάξει	Η παρακολούθηση καθυστέρησε να αρχίσει λόγω της έκδοσης της άδειας, οπότε υπήρχε χρόνος μόνο για 4 μαθήματα, στα δύο εκ των οποίων η διδασκαλία των χαρακτηριστικών ήταν σαφής και στα άλλα δύο μη σαφής. Η παρακολούθηση έγινε στη Β΄ Γυμνασίου. Στα δύο μαθήματα έγινε διάλεξη με συζήτηση και στα άλλα δύο ανακαλυπτική επίδειξη.
#8	4 ώρες σε 4 μαθήματα	Ο εκπαιδευτικός είχε σχεδιάσει το μάθημα ειδικά για την παρακολούθηση	Η παρακολούθηση καθυστέρησε λόγω της άδειας. Τα δυο μαθήματα ήταν σχεδιασμένα για την παρακολούθηση και η διδασκαλία των χαρακτηριστικών ήταν σαφής. Η παρακολούθηση έγινε στη Γ΄ Γυμνασίου. Στα δύο μαθήματα οι μαθητές δούλεψαν σε ομάδες με Μαύρα Κουτιά και στα άλλα δύο έγινε διάλεξη με συζήτηση.
#9	19 ώρες σε 19 μαθήματα	Ήταν το καθημερινό μάθημα που είχε προγραμματίσει να διδάξει	Κατά τη διάρκεια της επιμόρφωσης η εκπαιδευτικός αναζητούσε θέμα για τη μεταπτυχιακή διατριβή της και αποφάσισε αυτό να αφορά στη διδασκαλία της φύσης της γνώσης των Φ.Ε.. Η σειρά μαθημάτων που έγινε η παρακολούθηση ήταν η εφαρμογή της δικής της έρευνας στη Β΄ Λυκείου. Λόγω της μεγάλης επίδρασης που είχε η επιμόρφωση πάνω της, αποτελεί την τρίτη μελέτη περίπτωσης (βλέπε παράγραφο 9.5.2.3). Όλα τα μαθήματα περιλάμβαναν διάλεξη με συζήτηση. Σε τέσσερα μαθήματα έγινε εργασία των μαθητών σε ομάδες, στα οποία έδωσε οδηγίες με φύλλα εργασίας. Πάντα χρησιμοποιούσε υπολογιστή με προβολικό.

Πίνακας 9.4: Σύνοψη των παρακολούθησεων εκπαιδευτικών στην τάξη από την ερευνήτρια

Ακολουθεί μια γενική περιγραφή των παρακολουθήσεων.

9.5.1.1 Τάξεις διάρκεια και χώροι διεξαγωγής των μαθημάτων

Από τις 85 παρακολουθήσεις:

- 21 πραγματοποιήθηκαν σε μαθητές της Β΄ Λυκείου,
- από 13 σε μαθητές της Α΄ Λυκείου, της Γ΄ Γυμνασίου και Β΄ Λυκείου,
- 4 στην Α΄ Γυμνασίου,
- 3 στη Γ΄ Λυκείου (μέσω πειραμάτων Χημείας)
- και 7 σε Ενήλικες.
- Τέλος, 10 παρακολουθήσεις έγιναν σε Όμιλο Πειραμάτων που παρακολουθούσαν μαθητές Γυμνασίου και 1 σε μαθητές Erasmus.

Η χρονική διάρκεια των μαθημάτων ήταν 1 διδακτική ώρα για 56 παρακολουθήσεις, 2 διδακτικές ώρες για 17 παρακολουθήσεις, 1,5 διδακτική ώρα για 10 και από 1 παρακολουθήσεις είχαν διάρκεια 3 και 4 διδακτικές ώρες. Η μέση διάρκεια των παρακολουθήσεων ήταν 1,3 ώρες. Αντίστοιχα, ο μέσος αριθμός μαθητών ανά τάξη ήταν 23,3 άτομα.

9.5.1.2 Τρόπος διεξαγωγής του μαθήματος

Όλες οι παρακολουθήσεις έγιναν κατόπιν ραντεβού με τον εκάστοτε αρμόδιο εκπαιδευτικό. Στις 17 από τις 85 είχε οργανωθεί το μάθημα από τον εκπαιδευτικό ειδικά για την παρακολούθηση, με στόχο να εστιάσει στα χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε.. Στις υπόλοιπες 68 έγινε παρακολούθηση του μαθήματος ορισμένων κεφαλαίων με τον τρόπο που συνήθως δίδασκε ο εκπαιδευτικός στη διάρκεια του έτους, χωρίς ειδική προσαρμογή για την παρακολούθηση. Στις 40 παρακολουθήσεις οι εκπαιδευτικοί είχαν σχεδιάσει οι ίδιοι φύλλα εργασίας, ενώ στις υπόλοιπες 45 όχι.

Οι μέθοδοι διδασκαλίας που ακολουθήθηκαν αναφέρονται στον πίνακα 9.4 για κάθε διδάσκοντα. Συνολικά, οι 55 παρακολουθήσεις περιλάμβαναν διάλεξη από τον εκπαιδευτικό με συζήτηση, οι 43 εργασία σε ομάδες, σε 8 έγινε ανακαλυπτική επίδειξη και μόνο μία ήταν απλή διάλεξη.

Από τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν, σε 59 μαθήματα χρησιμοποιήθηκαν ηλεκτρονικός υπολογιστής και προβολικό, 44 περιλάμβαναν χρήση εργαστηριακού εξοπλισμού ή υλικών καθημερινής χρήσης. Τέλος, 40 παρακολουθήσεις περιλάμβαναν χρήση φύλλων εργασίας, σχεδιασμένα από τον εκπαιδευτικό.

9.5.1.3 Προσεγγίσεις διδασκαλίας της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. που επέλεξαν να χρησιμοποιήσουν οι εκπαιδευτικοί

Σχετικά με τις προσεγγίσεις που επέλεξαν οι εκπαιδευτικοί, η επιστημονική διερεύνηση καταγράφηκε σε 46 παρακολουθήσεις. Επιπλέον, 9 παρακολουθήσεις περιείχαν Ιστορία των Φ.Ε. και διερεύνηση και 1 περιείχε διερεύνηση και κοινωνικο-επιστημονικά ζητήματα. 2 παρακολουθήσεις περιείχαν και τις τρεις προσεγγίσεις. Παρατηρούμε, επομένως, ότι η διερεύνηση εμπλέκεται σε 58 από τις 85 παρακολουθήσεις (~70%). Ακολουθεί η Ιστορία των Φ.Ε. που περιλαμβάνεται σε 14 παρακολουθήσεις και τα κοινωνικο-επιστημονικά ζητήματα σε 9 παρακολουθήσεις. 3 παρακολουθήσεις περιλαμβάνουν την Ιστορία των Φ.Ε. και τα κοινωνικο-

επιστημονικά ζητήματα, ενώ, τέλος, ένα μάθημα, ενώ είχε σχεδιαστεί αλλιώς, κατέληξε να μην περιέχει χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε., βλέπε Πίνακα 9.5.

Ιστορία των Φ.Ε.		Διερεύνηση		Κοινωνικο-επιστημονικά θέματα	
Μόνη της	Μαζί με τη μια ή και τις δυο άλλες προσεγγίσεις	Μόνη της	Μαζί με τη μια ή και τις δυο άλλες προσεγγίσεις	Μόνη της	Μαζί με τη μια ή και τις δυο άλλες προσεγγίσεις
14	14	46	12	9	6
Σύνολο 28		Σύνολο 58		Σύνολο 15	

Πίνακας 9.5: Συχνότητα χρήσης των τριών προσεγγίσεων από τους 9 εκπαιδευτικούς που παρακολούθησε η ερευνήτρια

Με αφορμή την τελευταία παρατήρηση, αναφέρεται ότι έγινε παρακολούθηση ορισμένων ίδιων μαθημάτων σε διαφορετικά τμήματα του ίδιου σχολείου, με τον ίδιο εκπαιδευτικό, καθώς το μάθημα με διαφορετικούς μαθητές ενδέχεται να καταλήξει να είναι εντελώς διαφορετικό. Για παράδειγμα, το μάθημα που κατέληξε να μην περιέχει χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. οφειλόταν σε περιστατικά που έλαβαν χώρα μέσα στην αίθουσα (πειθαρχικού περιεχομένου), το οποίο δεν έγινε στο άλλο τμήμα του σχολείου, όπου το μάθημα προχώρησε βάσει του αρχικού σχεδίου. Εξάλλου, ένα μάθημα από τμήμα σε τμήμα μπορεί να είναι εντελώς διαφορετικό, εξαιτίας διαφορετικής τροπής της συζήτησης.

9.5.1.4 Χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. που διδάσκουν οι εκπαιδευτικοί

Σχετικά με τα χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε., οι παρακολουθήσεις περιείχαν κατά μέσο όρο 3,8 χαρακτηριστικά. Στον Πίνακα 9.6 φαίνεται η συχνότητα διδασκαλίας κάθε χαρακτηριστικού:

χαρακτηριστικό	συχνότητα	χαρακτηριστικό	συχνότητα
(X1) Εμπειρικό	62	(X5) Αβέβαιο	30
(X2) Διαφορά παρατήρησης – συμπεράσματος	55	(X6) Πολιτισμική αλληλεπίδραση	39
(X3) Δημιουργικό	39	(X7) Διαφορά θεωρίας – νόμου	28
(X4) Υποκειμενικό	35		

Πίνακας 9.6: Η συχνότητα διδασκαλίας κάθε χαρακτηριστικού στις υπό παρακολούθηση διδασκαλίες

Παρατηρούμε ότι περίπου στα 3/4 των μαθημάτων αναφέρθηκε το εμπειρικό (X1) χαρακτηριστικό, στα περισσότερα εκ των οποίων έγινε προσπάθεια να αναφερθεί η διαφορά παρατήρησης – συμπεράσματος (X2). Σε σχεδόν στα μισά μαθήματα (39 από τα 85) η διδασκαλία περιείχε το δημιουργικό χαρακτηριστικό (X3) και αυτό της πολιτισμικής αλληλεπίδρασης (X6). Σε 35 αναφέρθηκε το υποκειμενικό (X4) και σε

30 το αβέβαιο (X5) χαρακτηριστικό, ενώ, τέλος, σε 28 από τα 85 μαθήματα έγινε αναφορά στη διαφορά νόμου – θεωρίας (X7).

9.5.1.5 Ανταπόκριση και εμπλοκή των μαθητών

Σχετικά με την ανταπόκριση και την εμπλοκή των μαθητών, σε 37 παρακολουθήσεις αυτή ήταν υποδειγματική, καθώς οι περισσότεροι μαθητές συμμετείχαν στο μάθημα ενεργητικά με εύστοχα σχόλια. Σε 36 παρακολουθήσεις οι μαθητές συμμετείχαν μεν στο μάθημα, αλλά περιορίστηκαν σε διεκπεραιωτικό ρόλο, απλά έκαναν ό,τι τους ζητούσαν από τους εκπαιδευτικούς. Σε 10 παρακολουθήσεις η εμπλοκή των μαθητών κρίνεται μερικώς αποτελεσματική, καθώς περίπου οι μισοί μόνο μαθητές παρακολουθούσαν το μάθημα και συμμετείχαν σε αυτό. Τέλος, 1 παρακολούθηση κρίνεται ως οριακά αποτελεσματική, καθώς οι περισσότεροι μαθητές δεν συμμετείχαν στο μάθημα, αλλά ήταν ήσυχοι και μία κρίνεται ως ανεπαρκής, καθώς οι περισσότεροι μαθητές δεν ανταποκρίνονταν στις ερωτήσεις, δεν πρόσεχαν στο μάθημα και έκαναν φασαρία ή ασχολούνταν με άλλα πράγματα.

9.5.1.6 Διαχείριση τάξης – βαθμός επιτυχίας της διδασκαλίας των χαρακτηριστικών της φύσης της γνώσης των Φ.Ε.

Όσον αφορά στη διαχείριση της τάξης, στις 38 παρακολουθήσεις χαρακτηρίζεται ως υποδειγματική, καθώς οι μαθητές ήταν ήσυχοι, κράτησαν σημειώσεις, συμπλήρωσαν τα φύλλα εργασίας (αν υπήρχαν) και φέρθηκαν με ωριμότητα και υπευθυνότητα. Ακόμα 38 παρακολουθήσεις χαρακτηρίζονται ως αποτελεσματικές, όπου η πλειοψηφία των μαθητών παρακολούθησε το μάθημα. 8 παρακολουθήσεις χαρακτηρίζονται ως μερικώς αποτελεσματικές, καθώς μόνο ορισμένοι μαθητές παρακολουθούσαν το μάθημα και 1 παρακολούθηση χαρακτηρίζεται ως οριακά αποτελεσματική, καθώς οι περισσότεροι μαθητές δεν παρακολουθούσαν στο μάθημα. Καμία παρακολούθηση δεν χαρακτηρίστηκε ως ανεπαρκής, στην οποία θα είχε χαθεί εντελώς ο έλεγχος της τάξης. Οι παρακολουθήσεις που η διαχείριση της τάξης ήταν οριακά ή μερικώς αποτελεσματική οφειλόταν στο επίπεδο των συγκεκριμένων τάξεων. Οι εκπαιδευτικοί, μετά το τέλος του μαθήματος, απολογήθηκαν για την επιλογή του τμήματος, αναφέροντας ότι γνωρίζουν ότι τα παιδιά είναι άτακτα, αλλά ήθελαν τους δώσουν το ερέθισμα και να μην τους αποκλείσουν από το μάθημα που είχαν κάνει τα άλλα τμήματα του σχολείου τους. Επίσης, 4 από τις 8 παρακολουθήσεις που ήταν μερικώς αποτελεσματικές, διεξήχθησαν στο εργαστήριο, το οποίο οι μαθητές επισκέφθηκαν για πρώτη φορά. Αυτό δημιουργεί ζητήματα, καθώς από τη μία οι μαθητές δεν έχουν κουλτούρα εργαστηρίου και δεν είναι εκπαιδευμένοι να ακολουθούν οδηγίες, και από την άλλη είναι περίεργοι να περιεργαστούν τα αντικείμενα που βρίσκονται γύρω τους και δεν προσέχουν.

Σχετικά με τη διδασκαλία της φύσης της γνώσης των Φ.Ε., 56 παρακολουθήσεις χαρακτηρίζονται ως υποδειγματικές, στις οποίες αναφέρθηκαν όλα τα χαρακτηριστικά της φύσης των Φ.Ε. που είχαν σχεδιαστεί, 23 χαρακτηρίζονται ως μερικώς αποτελεσματικές, καθώς αναφέρθηκαν μεν τα χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. που είχαν σχεδιαστεί, αλλά με μη σαφή τρόπο. Τέλος, 6 παρακολουθήσεις κρίνονται ως ανεπαρκείς ως προς τη διδασκαλία των χαρακτηριστικών της φύσης της γνώσης των Φ.Ε., καθώς αυτά δεν αναφέρθηκαν καθόλου. Οι λόγοι για τους οποίους συνέβη αυτό είναι οι εξής: οι πέντε

παρακολουθήσεις ήταν εργαστηριακών ασκήσεων, όπου οι μαθητές δυσκολεύτηκαν, επομένως ο εκπαιδευτικός αφιέρωσε την ώρα στις οδηγίες και τη βοήθεια στους πάγκους εργασίας των μαθητών, αντί για συζήτηση πάνω στις παρατηρήσεις των πειραμάτων. Αυτές οι 5 εργαστηριακές διερευνήσεις προέκυψαν σε 2 εκπαιδευτικούς, 3 και 2 φορές αντίστοιχα. Επίσης, σε άλλο εκπαιδευτικό, 1 φορά προέκυψε έλλειψη των μαθητών στην ικανότητα σημαντικών μαθηματικών πράξεων και το μάθημα άλλαξε τροπή, μετά από άμεση απόφαση του εκπαιδευτικού. Στο τέλος του μαθήματος ζήτησε συγνώμη, αλλά ανέφερε ότι *«δεν ήταν δυνατόν να αφήσω αυτό το κενό που συνάντησα σε τόσους μαθητές χωρίς να το αντιμετωπίσω άμεσα»*.

9.5.2 Παρακολούθηση τριών εκπαιδευτικών ως μελέτη περίπτωσης.

9.5.2.1 Παρακολούθηση του Εκπαιδευτικού #4⁶⁹

9.5.2.1α' Ταυτότητα του εκπαιδευτικού

Ο Παντελής⁷⁰ είναι Φυσικός, με διδακτική εμπειρία 14 ετών. Στην εκπαίδευση διορίστηκε κατόπιν γραπτών εξετάσεων ΑΣΕΠ. Είναι κάτοχος μεταπτυχιακού διπλώματος σε θέμα εφαρμοσμένης Φυσικής. Τα τελευταία χρόνια διδάσκει με οργανική θέση σε Γυμνάσιο της Θεσσαλονίκης και συμπληρώνει ώρες σε δύο Λύκεια της περιοχής. Επομένως, έχει εμπειρία διδασκαλίας σχεδόν για το σύνολο των μαθημάτων Φ.Ε. που διδάσκονται στο σχολείο. Επειδή λόγω προσωπικών υποχρεώσεων δεν προλαβαίνει να συνεχίσει τις σπουδές του σε επίσημο επίπεδο, συμμετέχει σε πλήθος επιμορφωτικών δράσεων *«γιατί θέλω να μαθαίνω περισσότερα και να κάνω διαρκώς το μάθημά μου καλύτερο. Τα ΕΚΦΕ διοργανώνουν πολλές ενδιαφέρουσες δράσεις και συμμετέχω συχνά σε αυτές»*. Στο πλαίσιο αυτό συμμετείχε και στο παρόν πρόγραμμα επιμόρφωσης για τη φύση της γνώσης των Φ.Ε. *«για την οποία είχα διαβάσει κάποια λίγα πράγματα και ήθελα να μάθω περισσότερα»*.

Εξαιτίας της εμπιστοσύνης που είχε στους διοργανωτές δέχτηκε να δώσει την αρχική συνέντευξη γιατί *«πιστεύω ότι και αυτή η επιμόρφωση θα είναι πολύ ενδιαφέρουσα»*. Αντίστοιχη γνώμη έχουν γι' αυτόν και οι υπεύθυνοι του ΕΚΦΕ, οι οποίοι ανέφεραν ότι *«όποτε χρειαζόμαστε έναν εκπαιδευτικό να ετοιμάσει μια παρουσίαση για οτιδήποτε χρειάζεται να αξιολογηθεί, ο Παντελής είναι μια σίγουρη επιλογή: συνεπής, θα κάνει καλή δουλειά, λέγοντας ακριβώς αυτά που χρειάζονται. Δεν είναι άνθρωπος των τύπων και των δημοσίων σχέσεων, αλλά της ουσίας»*.

Στο τέλος του προγράμματος, ο Παντελής ανανέωσε την υποστήριξή του στους διοργανωτές, καθώς θεώρησε ότι άξιζε με το παραπάνω τον χρόνο που διέθεσε και απέκτησε πολλές καινούριες γνώσεις, όπως αναφέρεται παρακάτω.

9.5.2.1β' Προετοιμασία των μαθημάτων

Η συνεννόηση με τον Παντελή για τον προγραμματισμό των παρακολουθήσεων ήταν ιδιαίτερα εύκολη, καθώς ο ίδιος ισχυρίστηκε ότι ενσωματώνει τα χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. στο καθημερινό του μάθημα. Κατά συνέπεια, η παρακολούθηση των μαθημάτων του ήταν ελεύθερη για την ερευνήτρια. Μετά την

⁶⁹ Είναι ο αύξων αριθμός του εκπαιδευτικού στον Πίνακα 9.4, όπου περιγράφονται γενικά όλες οι παρακολουθήσεις

⁷⁰ Πρόκειται για ψευδώνυμο.

ολοκλήρωση των γραφειοκρατικών διαδικασιών για την έκδοση της άδειας παρακολούθησης (υπηρετούσε σε σχολείο που μπορούσε να δώσει το ίδιο αρχικές άδειες), στην αρχή κάθε εβδομάδας καθοριζόταν το πρόγραμμα παρακολουθήσεων σε κάθε τάξη και τμήμα. Οι ώρες που αποκλείονταν ήταν αυτές που σχετίζονταν με τις μορφές γραπτής αξιολόγησης των μαθητών, δηλαδή οι μέρες των ωριαίων διαγωνισμάτων, οι προηγούμενες αυτών, διότι γινόταν επανάληψη της ύλης και οι μέρες των απροειδοποίητων τεστ, καθώς θα χανόταν μεγάλο μέρος της ώρας. Άλλες μέρες που επίσης απορρίπτονταν από την παρακολούθηση ήταν οι περιπτώσεις εκδρομής ή άλλης εκδήλωσης του σχολείου, καθώς και μέρες που δεν είχε πολλές μαζεμένες ώρες, και η ερευνήτρια για λόγους φόρτου εργασίας δυσκολευόταν να μεταβεί στο σχολείο για μεμονωμένη παρακολούθηση.

Ο Παντελής δεν έκανε κάποια ιδιαίτερη προετοιμασία πριν τα μαθήματα και δεν συζητήθηκε ποτέ με την ερευνήτρια το περιεχόμενο των μαθημάτων πριν τη διεξαγωγή αυτών. Θεωρούσε ότι ήταν αποκλειστικά δική του υποχρέωση να οργανώσει το μάθημά του.

9.5.2.1γ' Παρακολούθηση μαθημάτων

Η παρακολούθηση των μαθημάτων ξεκίνησε το Δεκέμβριο του 2018 και ολοκληρώθηκε το Μάρτιο του 2019. Συνολικά έγιναν 19 παρακολουθήσεις σε 19 διδακτικές ώρες στα έξι τμήματα όλων των τάξεων Γυμνασίου, στα οποία ο Παντελής δίδασκε Φυσική.

Από τα 19 μαθήματα, τα τρία (προς το τέλος) ήταν οργανωμένα ειδικά για την παρακολούθηση, τα οποία ήταν και τα μόνα για τα οποία ο Παντελής ετοίμασε φύλλο εργασίας και διεξήγαγε το μάθημα στο εργαστήριο του σχολείου. Όλα τα υπόλοιπα μαθήματα γίνονταν στη σχολική τάξη, χωρίς φύλλα εργασίας, αλλά με προβολή του βιβλίου, του εργαστηριακού οδηγού ή διαφόρων βίντεο. Ο Παντελής είχε ετοιμάσει για κάθε κεφάλαιο της Φυσικής μια σειρά παρουσιάσεων, βίντεο, πειραμάτων και ασκήσεων που είχε σκοπό να διδάξει, οπότε είχε δημιουργήσει σχέδιο για τα μαθήματά του.

Όλα τα μαθήματα περιλάμβαναν διάλεξη με συζήτηση, όπου ο Παντελής παρουσίαζε στους μαθητές τα στοιχεία του μαθήματος που επιθυμούσε μέσω συζήτησης μαζί τους. Οι μαθητές αισθάνονταν άνετα να ρωτάνε απορίες και να ζητούν διευκρινίσεις. Στα έξι από τα 16 μαθήματα που πραγματοποιήθηκαν στη σχολική αίθουσα, ο Παντελής είχε μαζί του εργαστηριακό εξοπλισμό και στη διάρκεια της ώρας γινόταν η διεξαγωγή δραστηριοτήτων καθοδηγούμενης διερεύνησης. Οι μαθητές χωρίζονταν σε ομάδες των τεσσάρων, όπως κάθονταν στα θρανία τους.

Αναλυτικά οι παρακολουθήσεις είναι οι εξής: Στην Α΄ Γυμνασίου έγιναν τρεις παρακολουθήσεις στα κεφάλαια «Μονάδες Μέτρησης» (δυο φορές) και «Μέτρηση της Θερμοκρασίας», και στα τρία έγιναν διερευνήσεις. Στη Β΄ Γυμνασίου έγιναν επτά παρακολουθήσεις στο «Νόμο του Hooke» (δύο φορές), στις «Μονάδες μέτρησης», στην «Αρχή του Pascal» και στη «μελέτη της Άνωσης» (τρεις παρακολουθήσεις, οι οποίες πραγματοποιήθηκαν στο εργαστήριο). Το μάθημα στο εργαστήριο είχε διάρκεια δύο ώρες, η ερευνήτρια στο ένα τμήμα παρακολούθησε και τις δύο, ενώ στο άλλο μόνο τη μία, λόγω προσωπικού της κωλύματος. Στη Γ΄ Γυμνασίου έγιναν 9 παρακολουθήσεις, μία στο «Νόμο του Ohm», επτά στην «Ηλεκτρική ενέργεια» και από μία στην «Απόδοση ηλεκτρικών μηχανών» και τις «Ταλαντώσεις» (τέλος ενός

κεφαλαίου και αρχή του επόμενου). Οι διπλές παρακολουθήσεις στο ίδιο θέμα αναφέρονται και στα δύο τμήματα που δίδασκε ο Παντελής.

9.5.2.1δ' Τρόπος διδασκαλίας – γνώση και αποδοτική η μη διδασκαλία των χαρακτηριστικών της φύσης της γνώσης των Φ.Ε.

Ο Παντελής γνώριζε πολύ καλά τα χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. και μπορούσε να τα συμπεριλάβει σχεδόν σε κάθε μάθημα και να στρέψει την κουβέντα στον τρόπο που αναπτύσσονται οι Φ.Ε. και τα χαρακτηριστικά τους. Μάλιστα, αποδείχθηκε ότι πράγματι δίδασκε, και πριν παρακολουθήσει το πρόγραμμα, τα χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε.⁷¹, αν και δεν τα γνώριζε οργανωμένα. Όπως αναφέρει ο ίδιος, «στα μαθήματά μου κάνω αναφορά στη δυναμική διάσταση των Φ.Ε. δηλ. προχωρώ στην ανάδειξη της συνεχούς εξέλιξης των επιστημονικών θεωριών (συνήθως ξεκινώντας από την Αρχαία Ελλάδα). Από την άλλη, θεωρώ πως δεν αναφέρω συχνά το ότι υπάρχει διαφορά ανάμεσα στην παρατήρηση και το συμπέρασμα. Όμως, δεν ξεχνάω να πω πως υπάρχει διαφορά ανάμεσα στους επιστημονικούς νόμους (ειδικό) και τις αντίστοιχες θεωρίες (γενικό → εφαρμογές). Επίσης κάνω νύξεις (μικρές παρατηρήσεις) στη συμμετοχή της ανθρώπινης φαντασίας και δημιουργικότητας (πχ. καλή η ανακάλυψη αλλά είναι το "έτοιμο" μυαλό που θα προλάβει να την κατανοήσει). Όσον αφορά στην υποκειμενικότητα της επιστημονικής γνώσης, μιας και ζούμε σε μια εποχή υποκειμενικής γνώσης, δεν είναι καθόλου δύσκολο να πείσουμε τους μαθητές πως ακόμα και η επιστημονική γνώση ενέχει και υποκειμενικότητα και πως δεν είναι ποτέ απόλυτη και σίγουρη. Τέλος, το επιστημονικό οικοδόμημα σαφώς επηρεάζεται από τις δοσμένες κοινωνικές συνθήκες και αυτό είναι ξεκάθαρο σε πολλές περιπτώσεις επιλογής της "σωστής" θεωρίας πχ. διαμάχη Edison Vs Tesla για το ποιο είδος ηλεκτρικού ρεύματος θα επικρατήσει/πουλήσει. Αν και αυτό το κομμάτι δεν το αναφέρω πολύ συχνά παρά μόνο στα πολύ τρανταχτά παραδείγματα (όπως το προαναφερόμενο)».

Σχετικά με τη βελτίωση που του πρόσφερε το πρόγραμμα επιμόρφωσης, θεωρεί ότι «πλέον, λαμβάνω πολύ περισσότερο υπόψη το κοινωνικό-πολιτισμικό αλλά και το πολιτικό-οικονομικό πλαίσιο εντός του οποίου διαμορφώθηκαν οι εκάστοτε επιστημονικές θεωρίες. Επίσης, δεν αμελώ να τονίσω τη διαφορετικότητα μεταξύ παρατήρησης και συμπεράσματος».

Από τις παρακολουθήσεις φαίνεται ότι αυτά που ισχυρίζεται ο Παντελής ισχύουν, καθώς όλα τα χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. συμπεριλήφθηκαν στα μαθήματά του. Συγκεκριμένα, από τις 19 παρακολουθήσεις μόνο σε δύο δεν περιλαμβάνονταν χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε., και αυτά δικαιολογημένα: στο ένα υπήρχε πειθαρχικό παράπτωμα από μαθητή που παρέκτρεψε το μάθημα και στο δεύτερο οι μαθητές αποδείχθηκε ότι είχαν κενά σε βασικές μαθηματικές πράξεις, οπότε το μάθημα προσαρμόστηκε στην κάλυψη αυτών των αναγκών. Και για τα δύο μαθήματα ο Παντελής απολογήθηκε στην ερευνήτρια, αναφέροντας όμως ότι δεν θα μπορούσε να αφήσει και τα δύο περιστατικά να περάσουν χωρίς άμεση αντιμετώπιση. Πάντως, το ποσοστό 2 από τα 19 μαθήματα (~10%) να μην περιλαμβάνει χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. και αυτό διότι

⁷¹ Οι Σχολικοί Σύμβουλοι (παράγραφος 6.5) είχαν ισχυριστεί ότι περίπου 2-5% των εκπαιδευτικών ΠΕ.04 γνωρίζει και διδάσκει τα χαρακτηριστικά της φύσης των Φ.Ε.. Φαίνεται ότι ο Παντελής είναι ένας από αυτούς.

προέκυψαν έκτακτες συνθήκες θεωρείται επίσης ενδεικτικό ότι ο Παντελής έχει εισάγει τα χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. κανονικά στο μάθημά του.

Από τα υπόλοιπα 17, τα δύο εμπειρείχαν τα χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. με μη σαφή τρόπο, και τα υπόλοιπα 15 την ανέφεραν με το σαφή και αναστοχαστικό τρόπο που είχε περιγραφεί στο πρόγραμμα επιμόρφωσης. Ενδιαφέρον αποτελεί ότι το χαρακτηριστικό της διαφοράς του νόμου από τη θεωρία (X7) το αναφέρει στα 9 από τα 19 μαθήματα, σε ορισμένα μάλιστα αναδεικνυαν τη διαφορά οι μαθητές, δηλαδή είχε συζητηθεί και άλλες φορές. Ο Παντελής ήταν από τους εκπαιδευτικούς που είχαν απαντήσει σωστά στο pre-test VNOS-D+ ερωτηματολόγιο για το συγκεκριμένο χαρακτηριστικό.

Επίσης, σχεδόν σε κάθε μάθημα (16/19) ανέφερε τη διαφορά παρατήρησης – συμπεράσματος (X2) – και στο τέλος τη σχολίαζαν οι μαθητές, δείγμα ότι την είχαν κατανοήσει. Το αβέβαιο (X5) χαρακτηριστικό σχεδόν δεν χρειάστηκε να το εξηγήσει, καθώς οι περισσότεροι μαθητές – και ιδίως των μεγαλύτερων τάξεων – το είχαν κατανοήσει και το περιέγραψαν μόνοι τους σε 3/19 μαθήματα. Τα υπόλοιπα χαρακτηριστικά, υποκειμενικό (X4), δημιουργικό (X3) και πολιτισμικό (X6) αναφέρθηκαν 5, 7 και 9 φορές αντίστοιχα.

Σχετικά με τις προσεγγίσεις που ακολούθησε, χρησιμοποίησε και τις τρεις: 8 φορές χρησιμοποίησε την επιστημονική διερεύνηση, 2 φορές την Ιστορία των Φ.Ε. και μία φορά τα κοινωνικο-επιστημονικά ζητήματα. Συνδυαστικά, χρησιμοποίησε τρεις φορές Ιστορία των Φ.Ε. και επιστημονική διερεύνηση, δύο φορές την Ιστορία των Φ.Ε. και τα κοινωνικο-επιστημονικά θέματα και μία φορά τα κοινωνικο-επιστημονικά θέματα με τη διερεύνηση. Δύο ήταν τα μαθήματα που τελικά δεν περιλάμβαναν χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε..

Τέλος, στο μάθημα της Α΄ Γυμνασίου «Μονάδες μέτρησης» είναι χαρακτηριστικό στο πώς συνδύασε τη διερευνητική διαδικασία που έκαναν οι μαθητές με τα χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε., δημιουργώντας ένα αυθεντικό περιβάλλον μάθησης. Ζήτησε από τους μαθητές να χρησιμοποιήσουν τη φαντασία τους για να βρουν πώς θα μετρήσουν τον όγκο ενός υγρού, ενός στερεού και πώς θα μετατρέψουν ένα δοχείο σε ογκομετρικό κύλινδρο. Αφού οι μαθητές πετύχαιναν σε κάθε μία από τις προκλήσεις που τους δόθηκαν, πρόσθετε πάντα ότι και οι επιστήμονες έρχονται αντιμέτωποι με ανάλογα ερωτήματα και προσπαθούν να χρησιμοποιήσουν τη φαντασία τους για να τα λύσουν. Στο μάθημα αυτό ως εργασία για το σπίτι ζήτησε από τους μαθητές να γράψουν μια «εργαστηριακή αναφορά», στην οποία θα περιγράφουν τα πειράματα που έκαναν, με ακριβή τρόπο και χρησιμοποιώντας επιστημονικό λεξιλόγιο.

9.5.2. Ιε΄ Ανταπόκριση των μαθητών

Οι μαθητές του Παντελή είχαν προσαρμοστεί στον τρόπο διδασκαλίας του, πρόσεχαν, διατύπωναν απορίες, ρωτούσαν για ό,τι ήθελαν, ξέροντας πως θα μάθουν ενδιαφέροντα πράγματα. Κατά τη διάρκεια των μαθημάτων πρόσεχαν στο μάθημα – ο Παντελής βέβαια δεν τους άφηνε άλλη επιλογή, σημείωναν και προσφέρονταν εθελοντικά για σύντομες εργασίες.

Οι σύντομες εργασίες ήταν μία συνήθεια του Παντελή για την κινητοποίησή των μαθητών του. Κατά τη διάρκεια των παρακολουθήσεων η ερευνήτρια έτυχε σε δύο τέτοιες παρακολουθήσεις, εκ των οποίων η μία αφορούσε την κατασκευή ενός

υδραυλικού πιεστηρίου από ένα μαθητή και την περιγραφή του τρόπου λειτουργίας του στην τάξη (το οποίο ήταν καθαρά τεχνικό) και η δεύτερη αφορούσε στον «πόλεμο των ρευμάτων», δηλαδή στην κόντρα ανάμεσα στον Edison και τον Tesla για το εναλλασσόμενο ή το συνεχές ρεύμα αντίστοιχα για τη μεταφορά της ηλεκτρικής ενέργειας. Κατά τη διάρκεια της παρουσίας, ο Παντελής έγραψε τα χαρακτηριστικά των δυο ειδών ρεύματος στον πίνακα ώστε να συζητηθούν αμέσως μετά. Από τη συζήτηση για τα υπέρ και τα κατά του κάθε ρεύματος προέκυψε ότι το εναλλασσόμενο ρεύμα είναι περισσότερο θανατηφόρο αλλά λιγότερο κοστοβόρο έναντι του συνεχούς. Επειδή το ρεύμα που χρησιμοποιείται σήμερα είναι το εναλλασσόμενο, κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι στη βιομηχανία, το κόστος και το κέρδος είναι βασικοί παράγοντες υιοθέτησης μιας τεχνολογίας. Επιπλέον, ο Παντελής έθεσε το ερώτημα του τι θα γινόταν αν στον «πόλεμο» του Edison εναντίον του Tesla επικρατούσε τελικά ο Edison, δηλαδή υιοθετούνταν το συνεχές ρεύμα. Μαθητής απάντησε ότι θα χρησιμοποιούνταν η τεχνολογία που επικράτησε, θα κόστιζε υπέρογκα ποσά, μέχρι που κάποιος άλλος επιστήμονας – μηχανικός θα ανακάλυπτε τα πλεονεκτήματα του εναλλασσόμενου ρεύματος, οπότε η τεχνολογία θα άλλαζε ξανά. Επομένως, κατέληξε η συζήτηση, ο πόλεμος των ρευμάτων δεν ήταν ένα προσωπικό ζήτημα δύο επιστημόνων, παρόλο που στην ιστορία έχει περάσει με αυτό τον τρόπο.

Κατά τη συζήτησή μας μετά το πέρας του συγκεκριμένου μαθήματος, ο Παντελής ανέφερε ότι *«είχα ξεχάσει πως θα παρουσίαζε σήμερα ο μαθητής την εργασία του, αλλά νομίζω ότι έδωσε πολύ όμορφα με τη δική σου παρακολούθηση. Είμαι σίγουρος ότι θα άκουσες πράγματα που θα σου ήταν χρήσιμα να καταγράψεις. Εγώ χαίρομαι πολύ που τα παιδιά αρχίζουν μόνα τους πλέον να σκέφτονται απαντήσεις»*.

Άλλη μία παρατήρηση ήρθε από έναν μαθητή στη συζήτηση για την ηλεκτρική ενέργεια, όπου ο Παντελής ανέφερε ότι το κεφάλαιο του Ηλεκτρισμού είναι αρκετά σύνθετο, ξεκίνησε από τους Αρχαίους Έλληνες και ολοκληρώθηκε με τον Maxwell στα τέλη του 19^{ου} αιώνα. Τότε, ένας μαθητής ζήτησε το λόγο για να αναφέρει ότι με τον Maxwell θεωρήθηκε ότι τελείωσε η Φυσική, και λίγα χρόνια μετά «ήρθε ο Einstein και τα άλλαξε όλα». Ο Παντελής συνέχισε το επιχείρημα του μαθητή λέγοντας ότι δεν ήταν μόνο ο Einstein, αλλά πολλοί άλλοι επιστήμονες που δημιούργησαν όλη τη σύγχρονη φυσική.

Τέλος, ενδιαφέρον είναι και το εξής περιστατικό που συνέβη μετά το εργαστήριο για τη διερεύνηση που κατέληξε στον τύπο της άνωσης. Στο διάλειμμα μια μαθήτρια πλησίασε στον Παντελή και τον ρώτησε πώς ξέρουν οι επιστήμονες ποιο μέγεθος πρέπει να ψάξουν κάθε φορά. Από το ύφος της φαινόταν ότι ντρεπόταν. Ο Παντελής της απάντησε ότι η απορία της είναι πολύ ενδιαφέρουσα, και ότι πολύ συχνά πράγματι δεν γνωρίζουν τι είναι αυτό που ψάχνουν. Της απάντησε ότι συνήθως υπάρχουν ενδείξεις που τους καθοδηγούν προς τα πού να στρέψουν την έρευνά τους, ενώ πολλές ανακαλύψεις γίνονται στην τύχη. Η μαθήτρια έφυγε χαρούμενη, ενώ ο Παντελής σχολίασε στην ερευνήτρια, που ήταν μπροστά στη σκηνή ότι *«αυτό το παιδί συνήθως ζωγραφίζει στην τάξη, δεν ενδιαφέρεται για τη Φυσική και οι βαθμοί των διαγωνισμάτων της είναι ιδιαίτερα χαμηλοί. Ήταν η πρώτη φορά που πήρε πρωτοβουλία να ρωτήσει κάτι, το οποίο πραγματικά την απασχολούσε για να πάρει το θάρρος να έρθει να το ρωτήσει προσωπικά»*.

9.5.2.1στ' Παρατηρήσεις

Ενδιαφέρουσα παρατήρηση αποτελεί το γεγονός ότι ο Παντελής δεν εξετάζει στα διαγωνίσματά του θέματα της φύσης της γνώσης των Φ.Ε.. Οι γραπτές εξετάσεις των μαθητών είναι του «παραδοσιακού» τύπου, δηλαδή εξετάζει γνώσεις. Ο λόγος για τον οποίο επιλέγει να λειτουργήσει με τον τρόπο αυτό είναι γιατί θεωρεί ότι η βαθμολογία και η γνώση είναι δύο εντελώς διαφορετικά ζητήματα. Έτσι, οι γραπτές εξετάσεις είναι τυπικές, ώστε οι μαθητές να μην βιώνουν στο μάθημα της Φυσικής διαφορετικές εμπειρίες σε σχέση με τα υπόλοιπα μαθήματα, ενώ στην τάξη ή με επιπλέον εργασίες για το σπίτι, φροντίζει να τους ενεργοποιεί. *«Η δική μου δουλειά είναι να διδάξω στους μαθητές μου Φυσική, και με αυτό εννοώ όχι μόνο να λύνουν ασκήσεις και να απομνημονεύουν τύπους, αλλά να δουν τη Φυσική στον καθημερινό μας κόσμο. Να κατανοήσουν ότι οι επιστήμονες δεν είναι υπερήρωες ούτε διάνοιες, παρά άνθρωποι σαν τον καθένα μας, που δουλεύουν προς μία κατεύθυνση. Με αυτόν τον τρόπο ίσως εμπνευστούν και ορισμένα από τα παιδιά για να γίνουν επιστήμονες. Όμως, εφόσον οι εξετάσεις ζητάνε συγκεκριμένη δομή θεμάτων, οφείλω να προετοιμάσω τους μαθητές μου προς αυτές. Δυστυχώς το σύστημα είναι εξετασιοκεντρικό και αυτό δεν εξαρτάται από εμένα να το κρίνω».*

Η ικανότητά του να προσαρμόζεται άμεσα στις καταστάσεις, φαίνεται από το εξής περιστατικό: Το μάθημα πάνω στο Νόμο του Hooke δεν εξελίχθηκε όσο καλά θα επιθυμούσε και χάθηκε χρόνος σε μετρήσεις με σφάλματα που δεν οδηγούσαν στο νόμο. Για το άλλο τμήμα, την αμέσως επόμενη ώρα δανείστηκε επιπλέον βαρίδια από το εργαστήριο του Λυκείου, ώστε να μπορέσει να κάνει μια διεξοδικότερη διερεύνηση πάνω στο νόμο, στα όρια που ισχύει και στη γενίκευσή του, μιλώντας διεξοδικά για τους νόμους και τις θεωρίες, κάτι που δεν έκανε στο πρώτο τμήμα.

Ιδιαίτερα για το εργαστηριακό μάθημα της άνωσης, αυτό προέκυψε κατόπιν συζήτησης με την ερευνήτρια, όπου ο Παντελής της ζήτησε ιδέες από άλλους εκπαιδευτικούς που παρακολουθεί ή ίδια για το πώς αντιμετωπίζουν την ενσωμάτωση της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. στη διδασκαλία. Η ερευνήτρια του απάντησε ότι πολλοί εκπαιδευτικοί συνδυάζουν τη φύση της γνώσης των Φ.Ε. με εργαστηριακές ασκήσεις, θεωρώντας μια καλή ευκαιρία να επισκεφτούν το εργαστήριο, σχεδιάζοντας το δικό τους φύλλο εργασίας. Τότε, ο Παντελής αποφάσισε να το δοκιμάσει και αυτός στη Β' Γυμνασίου για το κεφάλαιο της άνωσης. Το εργαστήριο είχε διάρκεια δύο διδακτικές ώρες, όπου οι μαθητές έκαναν διερευνήσεις, μελετώντας παραμέτρους που οι ίδιοι πρότειναν, προκειμένου να βρουν από ποιους παράγοντες εξαρτάται η άνοση. Η επιτάχυνση της βαρύτητας δόθηκε στους μαθητές και συζητήθηκε ότι η επίδρασή της μπορεί να μελετηθεί μόνο σε υπολογιστικό περιβάλλον.

Στη δεύτερη διδακτική ώρα ασχολήθηκαν με το νόμο της άνωσης ποιοτικά, καθώς τα μεγέθη της βαρύτητας και της πυκνότητας δεν είχαν οριστεί την εποχή του Αρχιμήδη. Έτσι, οι μαθητές μέτρησαν το βάρος του σώματος πριν και μετά τη βύθισή του και υπολόγισαν τη διαφορά. Επίσης, μέτρησαν το βάρος του νερού που ξεχείλισε από το ποτήρι και διαπίστωσαν ότι αυτά είναι ίσα, με τα ανάλογα βέβαια πειραματικά σφάλματα. Τα χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. που αναδεικνύονται είναι το εμπειρικό (X1), το συμπερασματικό (X2), το δημιουργικό (X3) και η διαφορά ανάμεσα στους νόμους και τις θεωρίες (X7) (*«ο νόμος της άνωσης δεν είναι η εξήγηση για ποιο λόγο συμβαίνει το φαινόμενο, όπου εξήγησε ότι η άνοση οφείλεται στη διαφορά πίεσης με το βάθος του βυθιζόμενου σώματος, που αποτελεί μια υποπερίπτωση ενός*

συνόλου φαινομένων πίεσης, που με τη σειρά τους εντάσσονται σε μια πιο γενική θεώρηση των φαινομένων που καταλήγουν μέχρι την ατομική θεωρία της ύλης»).

Επισημαίνεται ότι μέχρι τη διεξαγωγή αυτού του εργαστηρίου, ο Παντελής δεν θεωρούσε ότι η φύση της γνώσης των Φ.Ε. μπορεί να αναδειχθεί από τις εργαστηριακές ασκήσεις, αλλά άλλαξε στάση και επέκτεινε τις γνώσεις του. Τέλος, το εργαστήριο στην τάξη για τις μονάδες μέτρησης στην Α΄ Γυμνασίου διεξήχθη αμέσως μετά το εργαστήριο της πίεσης, οπότε ο Παντελής όχι μόνο οργάνωσε ένα εργαστήριο που περιείχε τη φύση της γνώσης των Φ.Ε., αλλά το επανέλαβε ξανά σε άλλη θεματική.

9.5.2.1ζ' Επίδραση του προγράμματος επιμόρφωσης στον εκπαιδευτικό

Όπως φάνηκε από τα παραπάνω, ο Παντελής είναι ένας εκπαιδευτικός που θέλει διαρκώς να βελτιώνεται και να ενσωματώνει καινούρια στοιχεία που θα ανεβάσουν το επίπεδο του μαθήματός του. Οι μαθητές του είναι προσαρμοσμένοι σε αυτόν τον τρόπο διδασκαλίας. Η φύση της γνώσης των Φ.Ε. είναι ένα θέμα που τον ενδιέφερε από την αρχή, ήδη τη δίδασκε χωρίς να το γνωρίζει και το πρόγραμμα επιμόρφωσης έθεσε πιο γερά θεμέλια στο οικοδόμημα που είχε στήσει ο ίδιος για τις Φ.Ε.. Στην ερώτηση της ερευνήτριας για το πώς τα είχε στο μυαλό του ενώ δεν τα γνώριζε οργανωμένα, απάντησε ότι «είναι τα προσωπικά μου συμπεράσματα που έχω βγάλει όλα τα χρόνια που ασχολούμαι με τη Φυσική, από μαθητής στο σχολείο, φοιτητής στο πανεπιστήμιο και εκπαιδευτικός σήμερα. Δεν τα ανέφερα με τις λέξεις που χρησιμοποιήθηκαν στην επιμόρφωση, αλλά θεωρώ ότι είχα πιάσει το νόημα». Ο λόγος για τον οποίο επέμενε να τα ενσωματώνει στο μάθημά του και μετά την πρόγραμμα επιμόρφωσης ακόμα περισσότερο, είναι ότι «θεωρώ ότι οι μαθητές πρέπει να φύγουν από το μάθημα έχοντας κατανοήσει τι είναι η Φυσική και ο επιστημονικός τρόπος σκέψης γενικότερα. Για τα περισσότερα από αυτά τα παιδιά είναι η μοναδική ευκαιρία που έχουν στη ζωή τους να γνωρίσουν τις Φ.Ε.. Θέλω οι μαθητές να καταλάβουν ότι είναι κάτι περισσότερο από μια σειρά μαθηματικών τύπων και προβλημάτων».

Από όλα τα παραπάνω φαίνεται ότι για τον Παντελή το πρόγραμμα επιμόρφωσης πρόσφερε μια θεωρητική βάση σε όσα είχε εξάγει εμπειρικά. Με την ερευνήτρια έχει κρατηθεί μια σχέση ηλεκτρονικής αλληλογραφίας μέχρι σήμερα, όπου κυρίως η ερευνήτρια του έχει στείλει άρθρα πάνω στη διδασκαλία της φύσης της γνώσης των Φ.Ε.. Το μάθημά του εξακολουθεί να έχει την ίδια δομή.

9.5.2.1η' Τελικά συμπεράσματα

Από όλα τα παραπάνω φαίνεται ότι ο Παντελής είναι ένας εκπαιδευτικός που ενδιαφέρεται ιδιαίτερα για το περιεχόμενο των μαθημάτων του και είχε ενδιαφερθεί μόνος του να τα εμπλουτίσει με τη «γενικότερη εικόνα των Φ.Ε.». Το πρόγραμμα επιμόρφωσης τον βοήθησε να οργανώσει τις σκέψεις και τις ιδέες του και οι παρακολουθήσεις, σε συνδυασμό με τη συζήτηση με την ερευνήτρια τον βοήθησαν να επεκτείνει και άλλο τη ζώνη επικείμενης ανάπτυξης.

Η ερευνήτρια σχημάτισε την εντύπωση ότι ο Παντελής είναι ένας εκπαιδευτικός που γνωρίζει καλά και το γνωστικό αντικείμενο και τους στόχους της διδασκαλίας του. Με τα χρόνια εργασίας του έχει οργανώσει τις ασκήσεις και τις δραστηριότητες ώστε οι μαθητές του να φτάσουν στο επιθυμητό γνωστικό επίπεδο (από το οποίο δεν κάνει εκπτώσεις), έχει εργαστηριακή εμπειρία και χειρίζεται καλά το διαθέσιμο εξοπλισμό, οπότε πλέον αναζητεί το κάτι παραπάνω. Το θετικό είναι ότι

οι μαθητές του τον εμπιστεύονται και ανταποκρίνονται θετικά. Η παρακολούθηση των μαθημάτων του Παντελή άφησε πολύ θετικές εντυπώσεις στην ερευνήτρια.

9.5.2.2 Παρακολούθηση του Εκπαιδευτικού #5⁷²

9.5.2.2α' Ταυτότητα του εκπαιδευτικού

Ο Κωνσταντίνος⁷³ είναι Φυσικός, με διδακτική εμπειρία 16 ετών. Στην εκπαίδευση διορίστηκε κατόπιν γραπτών εξετάσεων ΑΣΕΠ. Είναι κάτοχος διδακτορικού διπλώματος σε θέμα διδακτικής των Φ.Ε.. Έχει διδάξει όλα τα μαθήματα Φ.Ε. στις τάξεις του Γυμνασίου και του Λυκείου, τα τελευταία χρόνια όμως είναι σε διοικητική θέση και δεν έχει δικούς του μαθητές. Όμως, μπορεί να «δανειστεί» μαθητές γειτονικών με το γραφείο του σχολείων. Επιπλέον, διδάσκει μαθήματα που άπτονται της Διδακτικής των Φ.Ε. σε τμήμα της Τριτοβάθμιας Εκπαίδευσης, στα πλαίσια της απόκτησης *Ακαδημαϊκής Διδακτικής Εμπειρίας* σε Νέους Επιστήμονες Κατόχους Διδακτορικού.

Η συμμετοχή του στο Πρόγραμμα Επιμόρφωσης ήταν αποτέλεσμα του γενικότερου ενδιαφέροντός του για τις εξελίξεις και τις σύγχρονες τάσεις στη διδακτική των Φ.Ε., με άμεσο στόχο να τις ενσωματώσει στη διδασκαλία του αλλά και στα ακαδημαϊκά του κείμενα. *«Τα παιδιά θεωρούν ότι η Φυσική είναι βαρετή. Δεν βρίσκουν κίνητρο, ενδιαφέρον και θεωρούν ότι όσα κάνουν δεν σχετίζονται με τη ζωή τους. Όσο περνάει από το χέρι μου θέλω να το αλλάξω αυτό, θέλω να δείξω στους μαθητές ότι η Φυσική έχει τη Μαγεία που είχα δει κι εγώ ως παιδί».*

Οι συνάδελφοί του επίσης εκφράζονται με τα καλύτερα λόγια για το πρόσωπό του, τόσο για τη δημιουργικότητα όσο και για την αποτελεσματικότητά του: *«Είμαστε πολύ τυχεροί που έχουμε τον Κωνσταντίνο στην πόλη, το υλικό που παράγει και μοιράζεται αποτελεί εγγύηση ποιότητας για όλους μας»*, σχολιάζει μια από τους υπεύθυνους ΕΚΦΕ.

9.5.2.2β' Προετοιμασία των μαθημάτων

Η αρχική προσέγγιση στον Κωνσταντίνο έγινε για δύο λόγους: πρώτον γιατί πρόκειται για έναν άνθρωπο που χαίρει της εκτίμησης της εκπαιδευτικής κοινότητας, οι πιθανότητες να δεχόταν να βοηθήσει την ερευνήτρια ήταν πολλές, συν ότι το αποτέλεσμα που θα παρήγαγε θα ήταν ενδιαφέρον. Ο δεύτερος λόγος είναι περισσότερο «πρακτικός», καθώς, λόγω της ιδιαιτερότητας του να μην έχει δικούς του μαθητές, αλλά να μπαίνει σε «δανεικές» τάξεις για δικούς του ακαδημαϊκούς στόχους, καθώς και το ότι διδάσκει σε φοιτητές, θα εξυπηρετούσε στο ζήτημα της γραφειοκρατικής αναμονής της άδειας παρακολούθησης.

Από την πρώτη στιγμή της προσέγγισης ο Κωνσταντίνος ήταν πράγματι θετικός στο να βοηθήσει την ερευνήτρια, και την κάλεσε να παρακολουθήσει 8 μαθήματά του: από αυτά τα τρία έγιναν σε φοιτητές και διεξήχθησαν στο αμφιθέατρο του Τμήματος, 1 σε μαθητές της Α' Γυμνασίου και τα υπόλοιπα τέσσερα ήταν επιμορφώσεις που έκανε σε συναδέλφους του.

⁷² Είναι ο αύξων αριθμός του εκπαιδευτικού στον Πίνακα 9.4, όπου περιγράφονται γενικά όλες οι παρακολουθήσεις

⁷³ Πρόκειται για ψευδώνυμο.

9.5.2.2γ' Παρακολούθηση μαθημάτων

Από τα μαθήματα που διδάχθηκαν, τα τέσσερα ήταν καινούργια μαθήματα του Κωνσταντίνου, σχεδιασμένα από την αρχή ειδικά για τη διδασκαλία χαρακτηριστικών της φύσης της γνώσης των Φ.Ε., ενώ στα άλλα τέσσερα (οι παρουσιάσεις στους εκπαιδευτικούς) ήταν παλιές παρουσιάσεις του στις οποίες πρόσθεσε και τη διδασκαλία των χαρακτηριστικών της φύσης της γνώσης των Φ.Ε.. Πιο συγκεκριμένα τα 4 καινούργια του μαθήματα ήταν: α) στους φοιτητές έκανε ένα μάθημα διάρκειας 3 ωρών για τις θεωρίες και τα δεδομένα για τη δημιουργία της Σελήνης (το αντικείμενο αυτό παρουσιάστηκε σύντομα στη 2^η συνάντηση του Προγράμματος Επιμόρφωσης, βλέπε παράγραφο 8.4.5.2, β) ένα μάθημα 2 ωρών για τις διαφορετικές θεωρίες για το πού οφείλεται η κλιματική αλλαγή και ένα για τη χρήση της πυρηνικής ενέργειας έναντι των γαιανθράκων, διάρκειας επίσης 2 ωρών που είχε παρουσιαστεί στην 3^η συνάντηση του Προγράμματος Επιμόρφωσης, βλέπε παράγραφο 8.4.3.3, και γ) Το τέταρτο πραγματοποιήθηκε σε μαθητές της Α΄ Γυμνασίου και αφορούσε ένα Μαύρο Κουτί στο οποίο οι μαθητές αναζητούσαν αγωγίμους δρόμους σύνδεσης εμφανών κόμβων.

Η ερευνήτρια δεν ενεπλάκη στο σχεδιασμό των μαθημάτων, με εξαίρεση το Μαύρο Κουτί, το οποίο η ίδια πρότεινε στον Κωνσταντίνο να παρουσιάσει. Επίσης, όταν καθορίστηκε η ηλικιακή ομάδα για το μάθημα, η ερευνήτρια συζήτησε με τον Κωνσταντίνο για το περιεχόμενο του Μαύρου Κουτιού και βοήθησε στην κατασκευή του, το οποίο κράτησε ο Κωνσταντίνος για μελλοντικά μαθήματα.

Οι παρακολουθήσεις έγιναν σε όλη τη διάρκεια της σχολικής χρονιάς. Για αυτές δεν χρειαζόταν άδεια παρακολούθησης.

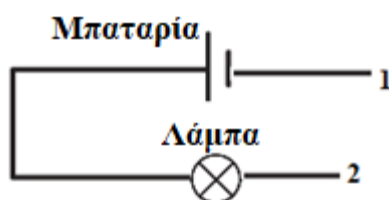
9.5.2.2δ' Τρόπος διδασκαλίας – γνώση και αποδοτική η μη διδασκαλία των χαρακτηριστικών της φύσης της γνώσης των Φ.Ε.

Ο Κωνσταντίνος είχε μελετήσει τα χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε., καθώς πέραν του προγράμματος επιμόρφωσης είχε ζητήσει και σχετική βιβλιογραφία. Στα μαθήματά του παρουσίασε τα χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. με σαφή και αναστοχαστικό τρόπο. Ιδίως τα τέσσερα μαθήματα στους φοιτητές και τους μαθητές της Α΄ Γυμνασίου, που ήταν ειδικά σχεδιασμένα πάνω στη φύση της γνώσης των Φ.Ε. περιείχαν συζήτηση για αρκετή ώρα και οι συμμετέχοντες έφυγαν έχοντας κατανοήσει τα χαρακτηριστικά της, όπως συμπέρανε η ερευνήτρια από τη συμμετοχή τους στη συζήτηση.

Συγκεκριμένα, καθένα από τα τρία μαθήματα που έγιναν στους φοιτητές ξεκινούσε με μια σύντομη αναφορά στα χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε., τα οποία παρέμεναν γραμμένα σε χαρτοπίνακα. Στη συνέχεια, ακολουθούσε η παρουσίαση του περιεχομένου (θεωρίες δημιουργίας της Σελήνης, εναλλακτικές αιτίες για την κλιματική αλλαγή και χρήση της πυρηνικής ενέργειας έναντι των γαιανθράκων αντίστοιχα) με τις ανάλογες δράσεις που περιλάμβανε το μάθημα. Το πρώτο μάθημα μπορεί να θεωρηθεί μια μη hands-on δραστηριότητα διερεύνησης, το δεύτερο και το τρίτο είναι κοινωνικο-επιστημονικά θέματα, όπου ιδίως το τρίτο προσφέρεται για επιχειρηματολογία. Ο Κωνσταντίνος έδινε συχνά το λόγο στην ερευνήτρια να προσθέσει κάτι αν το επιθυμούσε. Σχετικά με τα τρία μαθήματα, ο Κωνσταντίνος σχολιάζει ότι «το πρώτο έχει να κάνει με την προσπάθεια των επιστημόνων να ανακαλύψουν κάτι που έγινε στο παρελθόν, το δεύτερο προσπαθεί να ορίσει πού

οφείλεται ένα γεγονός που αν το καταλάβουμε ίσως σώσουμε τον πλανήτη μας και το τρίτο έχει να κάνει με αποφάσεις των ανθρώπων για την τοπική τους κοινωνία, όπου θα κληθούν να ζήσουν με τις συνέπειες των αποφάσεών τους. Θεωρώ ότι ξεκινάμε από την κλασική επιστήμη, προχωράμε στα τρέχοντα επιστημονικά ζητήματα και καταλήγουμε στον άνθρωπο. Από εκεί δηλαδή που ασχολούμαστε με θέματα που αφορούν λίγους επιστήμονες, προχωράμε σε θέματα με μεγαλύτερη επίδραση στην κοινωνία και καταλήγουμε στην επιστήμη για τον άνθρωπο. Νομίζω ότι αυτή η σειρά παρουσίασης των χαρακτηριστικών της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. ώθησε τους μαθητές να αντιληφθούν περισσότερο τη σπουδαιότητά τους στη διδακτική των Φ.Ε.».

Το μάθημα με το Μαύρο Κουτί ξεκίνησε με τον Κωνσταντίνο να υποδέχεται τους μαθητές από γειτονικό σχολείο και να τους εξηγεί ότι «σήμερα θα δουλέψουμε όπως οι επιστήμονες». Εξήγησε τι σημαίνει αυτό, δηλαδή τα χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. και οι μαθητές χωρίστηκαν σε ομάδες. Μοιράστηκε από ένα Μαύρο Κουτί σε κάθε ομάδα και ζητήθηκε να βρουν και να σχεδιάσουν τον τρόπο σύνδεσης των εμφανών κόμβων του μαύρου κουτιού. Ως «όργανα» είχαν δοθεί μία μπαταρία, μία λάμπα και δύο καλώδια με ακροδέκτες. Δείχτηκε στους μαθητές πώς να κατασκευάσουν τον «ανιχνευτή αγωγιμότητας» της Εικόνας 9.4 και στη συνέχεια ακουμπώντας τους ακροδέκτες 1 και 2 του «ανιχνευτή» σε δυο από τις εμφανείς επαφές του μαύρου κουτιού να βγάλουν συμπέρασμα αν οι δυο αυτές επαφές συνδέονται μεταξύ τους ή όχι.



Εικόνα 9.4: Ανιχνευτής αγωγιμότητας

Αφού ολοκληρώθηκε η διαδικασία, κάθε ομάδα παρουσίασε το αποτέλεσμα στο οποίο αυτή κατέληξε για τη συνδεσμολογία των επαφών που φαίνονταν στην επιφάνεια του Μαύρου Κουτιού στην τάξη και έγινε σύγκριση μεταξύ των διαφόρων προτάσεων. Είχαν προταθεί – όπως ήταν αναμενόμενο – διαφορετικοί τρόποι σύνδεσης, οι οποίοι ήταν όλοι σωστοί (έγινε έλεγχος). Μάλιστα, μία ομάδα είχε βρει ένα δρόμο που δεν είχε σκεφτεί ο Κωνσταντίνος. Με αφορμή τα διαφορετικά αποτελέσματα, ζητήθηκε από τους μαθητές να κάνουν συσχετίσεις με τα χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. και έγινε γενίκευση συνολικά για τον τρόπο που λειτουργούν οι Φ.Ε.. Αναφέρθηκε ότι με τη βελτίωση των οργάνων θα μπορούσαμε να είμαστε περισσότερο σίγουροι για τον τρόπο σύνδεσης των κόμβων, αλλά δεν επεκτάθηκαν σε άλλα όργανα, εξαιτίας του περιορισμένου χρόνου και της ηλικίας των μαθητών.

Τα άλλα τέσσερα μαθήματα ήταν δίωρες συναντήσεις – επιμορφώσεις με εκπαιδευτικούς ΠΕ04. Το περιεχόμενο των μαθημάτων είναι χαρακτηριστικό και αν γραφούν περισσότερα θα αποκαλυφθεί η ταυτότητα του Κωνσταντίνου, οπότε απλά θα γραφτεί ότι αφορούσαν τον τρόπο διδασκαλίας συγκεκριμένων κεφαλαίων της ύλης για όλα τα μαθήματα Φ.Ε. Γυμνασίου και Λυκείου. Σε όλα τα στοιχεία της παρουσιάσής του είχε προσθέσει χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. και τα ανέφερε, ή προκαλούσε συζήτηση για την αναγνώρισή τους, κάθε φορά με

σαφήνεια. Μάλιστα, επέμενε ιδιαίτερα στην αξία της ενσωμάτωσης της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. στη διδασκαλία των Φ.Ε. και επανέφερε το θέμα συχνά. Η προσέγγιση που χρησιμοποίησε ήταν η διερεύνηση.

9.5.2.2ε' Ανταπόκριση των φοιτητών – μαθητών – εκπαιδευτικών

Οι φοιτητές, ανταποκρίθηκαν θετικά στο μάθημα και η πλειοψηφία συμμετείχε ενεργά. Τα επιχειρήματα που ακούστηκαν ήταν σωστά και η σύνδεση με τα χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. έγινε με επιτυχία. Από το πρώτο στα επόμενα μαθήματα, οι φοιτητές θυμούνταν τα χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. και μάλιστα θυμούνταν τα παραδείγματα που είχαν χρησιμοποιηθεί.

Στο μάθημα για την κλιματική αλλαγή, ο Κωνσταντίνος ζήτησε από τους φοιτητές να δουν κριτικά όσα θα ακούσουν και να μη βιαστούν να αντιδράσουν. Το ίδιο συνέβη και στο μάθημα για την πυρηνική ενέργεια, όπου αρχικά όλοι οι φοιτητές είχαν αντιδράσει στο άκουσμα της χρήσης πυρηνικής ενέργειας και υποστήριζαν ότι θα πρέπει να χρησιμοποιηθούν ΑΠΕ. Ο Κωνσταντίνος τους ενημέρωσε ότι αυτό δεν γίνεται, καθώς δεν υπάρχει η δυνατότητα: οι επιλογές είναι μόνο πυρηνική ενέργεια ή γαιάνθρακας. Η συζήτηση συνεχίστηκε με το τι στοιχεία χρειάζονται προκειμένου να αποφασίσουν και τους έδειξε τα στατιστικά που παρουσιάστηκαν στο πρόγραμμα επιμόρφωσης. Η στάση των φοιτητών έγινε πιο θετική για την πυρηνική ενέργεια, ώσπου, ο Κωνσταντίνος, σαν δικηγόρος του διαβόλου, τους αναφέρει την περίπτωση ατυχήματος. Τελικά, οι φοιτητές κατέληξαν ότι το θέμα είναι σύνθετο και δεν μπορούν να πάρουν οριστική απόφαση «στα βιαστικά». Ο Κωνσταντίνος, αναφέρει ότι η συζήτηση αυτών των θεμάτων οφείλει να περιλαμβάνεται στην εκπαίδευση στις Φ.Ε., γιατί πρόκειται για μια απόφαση που αφορά την τοπική κοινότητα και θα μπορούσε να γίνει ένα δημοψήφισμα, με ενημερωμένους όμως πολίτες, προκειμένου να παρθεί η απόφαση του τι είναι προτιμότερο να συμβεί. Παρατήρησε ότι οι φοιτητές έχουν στερεοτυπικές και προκατειλημμένες απόψεις, τις οποίες εκφράζουν χωρίς επιχειρήματα. Μάλιστα, σχολίασε ότι αρκετοί είχαν δηλώσει ότι «αφού δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν ΑΠΕ να γίνει κάτι άλλο, όχι πυρηνικά ή γαιάνθρακες, αλλά δεν μπορούσαν να προσδιορίσουν τι είναι αυτό το κάτι άλλο, σαν να ερχόταν ένας μάγος και να έδινε ξαφνικά μία λύση από το πουθενά. Αυτό παρατηρείται συχνά στην κοινωνία μας, όπου θέλουμε άλλοι να μας λύσουν τα προβλήματα, όταν εμείς δεν μπορούμε να δώσουμε απάντηση και δεν φαίνεται να υπάρχει μία απάντηση στον ορίζοντα η οποία δεν έχει κάποια δυσάρεστη παράμετρο».

Στο μάθημα με το Μαύρο Κουτί, οι μαθητές αρχικά δυσκολεύτηκαν να χειριστούν τα υλικά, γιατί δεν είναι έμπειροι στη χρήση εργαστηριακού εξοπλισμού, σύντομα όμως ξεπέρασαν το πρόβλημά τους. Οι μαθητές ήταν διαρκώς ενθουσιασμένοι και συμμετείχαν ενεργά στη συζήτηση. Στο τέλος του μαθήματος, ζήτησαν να ξαναέρθουν. Ο εκπαιδευτικός της τάξης παρακολουθούσε τη δράση των μαθητών του και επίσης συμμετείχε με ενδιαφέρον στη συζήτηση. Δεν συμμετείχε στην επιμόρφωση, δήλωσε όμως ότι του άρεσε η ενσωμάτωση της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. στη διδασκαλία και συζήτησε διεξοδικά με την ερευνήτρια.

Σχετικά με τους εκπαιδευτικούς, όπως αναφέρει ο Κωνσταντίνος «συνήθως σε αυτές τις επιμορφώσεις έρχονται να πουν τον πόνο τους και να μοιραστούν τα προβλήματά τους. Συνήθως αναζητούν κάτι καινούριο, κάποιον τρόπο για να προσελκύσουν τους μαθητές τους και να κάνουν το μάθημα πιο ενδιαφέρον. Εγώ δεν

είμαι ευχαριστημένος από τη συμμετοχή, θα ήθελα να έρχονται και άλλοι. Υπάρχει ένας σταθερός αριθμός εκπαιδευτικών που έρχονται, άνθρωποι που ξέρω ότι προσπαθούν, αλλά θα ήθελα αυτός ο αριθμός να αυξηθεί». Το κλίμα στις επιμορφώσεις ήταν ακριβώς αυτό: οι εκπαιδευτικοί συχνά έδειχναν να μην προσέχουν τι ακούν, παρά ήθελαν να εκφράσουν τα προβλήματά τους. Για την ερευνήτρια αυτό χρησίμευσε, πέραν των παρακολουθήσεων για τη διδασκαλία της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. από τον Κωνσταντίνο, και για τα πολιτισμικά χαρακτηριστικά των εκπαιδευτικών. Σημειώνεται ότι δύο εκπαιδευτικοί ανέφεραν πως, όταν προσπάθησαν να κάνουν ένα περισσότερο εναλλακτικό μάθημα, ο ένας αντιμετώπισε την ειρωνεία των συναδέλφων και ο άλλος δέχθηκε διαμαρτυρίες από γονείς ότι δεν λύνει ασκήσεις. Επίσης, ο Κωνσταντίνος σημειώνει ότι *«πολύ σπάνια έρχονται εκπαιδευτικοί που διδάσκουν στο Λύκειο. Θεωρούν ότι τα ξέρουν όλα και ότι αρκεί να λύνουν ασκήσεις στον πίνακα. Αντίθετα, συχνά έχω κόσμο από τα ΕΠΑΛ, γιατί εκεί αναγκάζονται να δουλέψουν ποιοτικά παραπάνω προκειμένου να έχουν την αποδοχή των μαθητών τους».* Σχετικά με τη φύση της γνώσης των Φ.Ε., τις δύο φορές η συζήτηση ξέφυγε σε άλλα μονοπάτια, παρόλο που ο Κωνσταντίνος προσπαθούσε να την επαναφέρει. Τις άλλες δύο φορές τα χαρακτηριστικά συζητήθηκαν διεξοδικότερα. Ενδιαφέρον είναι ότι τη μία φορά που συζητήθηκε διεξοδικά, είχε κυκλοφορήσει μια φήμη ότι θα αλλάξει η ύλη της Φυσικής Β΄ Λυκείου και θα μπουν κομμάτια Ιστορίας και Φιλοσοφίας των Φ.Ε. Τελικά αυτό δεν συνέβη, αλλά είναι ενδεικτικό ότι οι εκπαιδευτικοί θα αφοσιωθούν σε ένα αντικείμενο μόνο όταν είναι υποχρεωμένοι να το διδάξουν.

9.5.2.2στ΄ Παρατηρήσεις

Η περίπτωση του Κωνσταντίνου παρουσιάζει μεγάλο ενδιαφέρον, γιατί μέσω αυτού υπάρχει διάχυση σε πολλούς εκπαιδευτικούς. Από τη μία η θέση του και από την άλλη ο σεβασμός που χαίρει από την εκπαιδευτική κοινότητα, τον καθιστούν ένα σημαντικό «πρέσβη» της φύσης της γνώσης των Φ.Ε.. Πράγματι, 50 εκπαιδευτικοί συμμετείχαν στο πρόγραμμα επιμόρφωσης και τουλάχιστον άλλοι τόσοι συμμετείχαν στις δικές του επιμορφώσεις όπου συζητήθηκε η αξία της ενσωμάτωσης της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. στη διδασκαλία των Φ.Ε..

9.5.2.2ζ΄ Επίδραση του προγράμματος επιμόρφωσης στον εκπαιδευτικό

Η επίδραση της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. στον Κωνσταντίνο φαίνεται ότι είναι έντονη. Ο ίδιος την έχει κατανοήσει και τη χρησιμοποιεί σε όσα κάνει. Πολύ ενδιαφέρον επίσης είναι ότι στις δικές του διαλέξεις κατόρθωσε να συμπεριλάβει όλα τα χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε.. Πέρα από τις παρακολουθήσεις, ενδιαφέρον έχουν τα παρακάτω περιστατικά.

Ο Κωνσταντίνος ασχολείται και με τη λογοτεχνία και γράφει περιπέτειες εκλαϊκευμένης Φυσικής. Στα κείμενα που έγραφε κατά την περίοδο των παρακολουθήσεων έχει ενσωματώσει χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε.. Όταν του επισημάνθηκε από την ερευνήτρια, αστειεύτηκε ότι *«δεν το έκανα σκόπιμα, μάλλον έχω αρχίσει να το κάνω υποσυνείδητα».*

Τέλος, καθώς τον ενδιαφέρει και η ακαδημαϊκή συγγραφή, έχει ξεκινήσει μια συνεργασία ανάμεσα στον Κωνσταντίνο και την ερευνήτρια για συγγραφή επιστημονικών άρθρων, με σκοπό να δημοσιευτούν σε επιστημονικά περιοδικά.

9.5.2.2η' Τελικά συμπεράσματα

Από όλα τα παραπάνω φαίνεται ότι ο Κωνσταντίνος εμπέδωσε πολύ καλά τα χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. και προσπάθησε να μεταδώσει αυτή τη γνώση και σε άλλους εκπαιδευτικούς. Η διδασκαλία σε φοιτητές των μαθημάτων που παρουσιάστηκαν στο πρόγραμμα επιμόρφωσης παρείχαν επιπλέον στοιχεία ανάδρασης στην ερευνήτρια. Παρόλο που τα μαθήματα ήταν έτοιμα, ο Κωνσταντίνος τα μετασχημάτισε στις ανάγκες των φοιτητών του και η συζήτηση προσαρμοζόταν πάντα προς τη διερεύνηση των χαρακτηριστικών της φύσης της γνώσης των Φ.Ε..

Στην περίπτωση των μαθητών κατασκεύασε από κοινού με την ερευνήτρια ένα Μαύρο Κουτί και το μάθημα διδάχθηκε υποδειγματικά από τον ίδιο. Τέλος, σχετικά με τους εκπαιδευτικούς, ο Κωνσταντίνος έκανε εξαιρετική δουλειά ενσωματώνοντας τη φύση της γνώσης των Φ.Ε. στον τρόπο διδασκαλίας των μαθημάτων, παρόλο που τις δύο από τις τέσσερις φορές δεν βρήκε ανταπόκριση. Εξάλλου, η αλλαγή δεν έρχεται από τη μια μέρα στην άλλη και όσο εκπαιδευτικοί όπως ο Κωνσταντίνος συνεχίζουν να αναφέρονται στη φύση της γνώσης των Φ.Ε., ολοένα και περισσότεροι εκπαιδευτικοί θα αναμειχθούν.

Ιδιαίτερα για τον Κωνσταντίνο, η διερεύνηση είναι η προτιμώμενη μέθοδος για τον ίδιο και ακολουθεί η Ιστορία των Φ.Ε., καθώς όπως αναφέρει *«μου αρέσει πολύ να δοκιμάζω πράγματα με τα χέρια μου και να βλέπω την επιστήμη ζωντανή μπροστά μου, ενώ δεύτερη ακολουθεί η Ιστορία των Φ.Ε., καθώς μου αρέσει να διαβάζω για το πώς εξελίχθηκε η σκέψη του ανθρώπου»*. Παρ' όλα αυτά, έκανε δύο μαθήματα που αφορούσαν κοινωνικο-επιστημονικά ζητήματα, στα οποία τα πήγε περίφημα. *«Ένιωσα σαν τον Harari για λίγο. Είχε πολύ ενδιαφέρον το πώς συνδυάστηκε η επιστήμη με σύγχρονα θέματα με τόσο κριτικό τρόπο»*. Έτσι, ο Κωνσταντίνος εξέλιξε τη ζώνη επικείμενης ανάπτυξης του και μέσα από τη διαδικασία του προγράμματος επιμόρφωσης και της σειράς διδασκαλιών εξελίχθηκε σε περιοχές που νωρίτερα ήταν εκτός της αντίληψής του.

9.5.2.3 Παρακολούθηση του Εκπαιδευτικού #9⁷⁴

9.5.2.3α' Ταυτότητα του εκπαιδευτικού

Η Αναστασία⁷⁵ είναι Φυσικός, με διδακτική εμπειρία 11 ετών. Στην εκπαίδευση διορίστηκε κατόπιν γραπτών εξετάσεων ΑΣΕΠ. Είναι κάτοχος διδακτορικού σε θέμα εφαρμοσμένης Φυσικής. Διδάσκει στο Γυμνάσιο και στο Λύκειο και τα τελευταία χρόνια έχει συνεργαστεί στην οργάνωση, υλοποίηση και διεξαγωγή πλήθους ευρωπαϊκών και ελληνικών προγραμμάτων, σε συνεργασία με άλλα σχολεία ή πανεπιστημιακά ιδρύματα. Ο λόγος για τον οποίο γίνεται αυτό είναι *«γιατί έχουμε μια καλή ομάδα με τους συναδέλφους και μας αρέσει να δοκιμάζουμε καινούρια πράγματα. Θεωρούμε πολύ σημαντικό να εξελισσόμαστε και να κάνουμε κάτι καινούριο κάθε χρόνο, ώστε να μην πλήττουμε. Έτσι, θεωρούμε ότι και εμείς γινόμαστε καλύτεροι δάσκαλοι, αλλά και ενθαρρύνουμε τους μαθητές μας να ανακαλύπτουν κάθε φορά καινούρια πράγματα»*, αναφέρει η ίδια. Τα προγράμματα στα οποία δουλεύουν μπορεί να έχουν

⁷⁴ Είναι ο αύξων αριθμός του εκπαιδευτικού στον Πίνακα 9.4, όπου περιγράφονται γενικά όλες οι παρακολουθήσεις

⁷⁵ Πρόκειται για ψευδώνυμο.

διάρκεια λίγες μέρες, μπορεί και ολόκληρο το έτος: «Πριν λίγα χρόνια βοηθούσα μια συνάδελφο στη διατριβή της και διδάξαμε για έναν ολόκληρο χρόνο ένα μάθημα της Β' Γυμνασίου ως *project* [ερευνητική εργασία]. Παρόλο που τυπικά δεν ήταν δική μου δουλειά, μου άρεσε που ενεπλάκηκα, και πρότεινα και δικές μου ιδέες στη συνάδελφο».

Στο πρόγραμμα επιμόρφωσης συμμετείχε από προσωπικό ενδιαφέρον, όπως έχει κάνει και σε άλλα επιμορφωτικά προγράμματα. Κινητήριοις μοχλός για τη συγκεκριμένη επιμόρφωση ήταν μια συνάδελφός της με διδακτορικό σε θέμα Διδακτικής των Φ.Ε. που άγγιζε τη φύση της γνώσης των Φ.Ε. και επιθυμούσε (η συνάδελφός της) να μάθει τις τελευταίες εξελίξεις. Στο πρόγραμμα επιμόρφωσης παρέδωσε σχέδιο μαθήματος, απάντησε σε όλα τα ερωτηματολόγια και ήταν από την αρχή θετική για όλα τα στάδια των συνεντεύξεων. Παράλληλα, την ίδια περίοδο έκανε μεταπτυχιακό στη Διδακτική των Φ.Ε. και αναζητούσε θέμα για τη διπλωματική της εργασία. Στη συνέντευξη μετά τη διεξαγωγή του προγράμματος επιμόρφωσης, εμπιστεύτηκε στην ερευνήτρια ότι αποφάσισε η διπλωματική της εργασία να είναι πάνω στη φύση της γνώσης των Φ.Ε., έχοντας αποφασίσει να σχεδιάσει μια σειρά μαθημάτων για τη Φυσική Γενικής Παιδείας στη Β' Λυκείου στα κεφάλαια 3 και 4 (Φως, Ατομικά και Πυρηνικά Φαινόμενα). Κατά συνέπεια, το ραντεβού με την Αναστασία επανακαθορίστηκε για το Μάρτιο, η οποία θα ήταν η περίοδος που θα είχε φτάσει σε εκείνο το κομμάτι της ύλης.

9.5.2.3β' Προετοιμασία των μαθημάτων

Στη διάρκεια του σχολικού έτους υπήρχε επικοινωνία μαζί της, κυρίως για τα τυπικά θέματα της άδειας παρακολούθησης και την ακριβή ημερομηνία έναρξης των μαθημάτων.

Η αρχική οργάνωση ήταν τα μαθήματα να διαρκέσουν 6 διδακτικές ώρες συν άλλες δύο για τα ερωτηματολόγια πριν και μετά την παρέμβαση, στα δύο τμήματα της Β' Λυκείου Γενικής Παιδείας του σχολείου. Μετά τα Χριστούγεννα είπε στην ερευνήτρια ότι τα κεφάλαια που είχε πρόθεση να διδάξει τα χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. αφορούσαν στη δομή του ατόμου (από τους Αρχαίους Έλληνες μέχρι τον Bohr), χρησιμοποιώντας την Ιστορία των Φ.Ε. και τη μετάβαση από το πρότυπο του Thomson στο πρότυπο του Rutherford χρησιμοποιώντας τη διερεύνηση. Για το σκοπό αυτό είχε ξεκινήσει να οργανώνει παρουσιάσεις σε PowerPoint και τα ανάλογα φύλλα εργασίας, τα οποία θα της ήταν χρήσιμα και για την ανάλυση του έργου της στη διπλωματική της εργασία.

9.5.2.3γ' Παρακολούθηση μαθημάτων

Η παρακολούθηση των μαθημάτων ξεκίνησε στα τέλη Μαρτίου και συνεχίστηκε μέχρι το τέλος της σχολικής χρονιάς. Συνολικά έγιναν από 10 μαθήματα σε κάθε ένα από τα δύο τμήματα. Η ερευνήτρια δεν μπορούσε λόγω ωραρίου να παρακολουθήσει το πρώτο μάθημα στο ένα τμήμα, έτσι συνολικά έγιναν 19 παρακολουθήσεις σε 19 διδακτικές ώρες συνολικά στα δύο τμήματα της Β' Λυκείου Γενικής Παιδείας του σχολείου. Κάθε τμήμα είχε περίπου 25 παιδιά. Πριν την έναρξη των μαθημάτων και με το τέλος αυτών, οι μαθητές συμπλήρωσαν τα ερωτηματολόγια ελέγχου. Τις συγκεκριμένες ώρες δεν έγινε παρακολούθηση, καθώς δεν κρίθηκε σκόπιμο. Όπως φαίνεται, σε σχέση με το σχεδιασμό, η χρονική διάρκεια των μαθημάτων αυξήθηκε κατά τέσσερις ώρες.

Τα θέματα που διδάχθηκαν περιλάμβαναν τρεις διδακτικές ενότητες: η φύση του φωτός και η εσωτερική δομή του ατόμου, όπου χρησιμοποιήθηκε η Ιστορία των Φ.Ε., η μετάβαση από το ατομικό πρότυπο του Thomson στο ατομικό πρότυπο του Rutherford, όπου χρησιμοποιήθηκε η καθοδηγούμενη διερεύνηση και το ηλεκτρομαγνητικό φάσμα, το οποίο ακολούθησε μια δραστηριότητα κοινωνικο-επιστημονικών ζητημάτων. Η τελευταία ώρα παρακολούθησης ήταν μια αναδρομή στη σειρά μαθημάτων, προτού οι μαθητές συμπληρώσουν τα ερωτηματολόγια μετά την παρακολούθηση.

Η ιστορία της φύσης του φωτός και της δομής του ατόμου διήρκεσε συνολικά 4 ώρες για κάθε τμήμα. Ακολούθησε το μάθημα με τις προσομοιώσεις Phet για το πείραμα του Rutherford, το οποίο πραγματοποιήθηκε στο εργαστήριο Φ.Ε. του σχολείου (όλα τα υπόλοιπα μαθήματα έγιναν στην τάξη) και ακόμα μία ώρα με συζήτηση πάνω σε αυτό. Ακολούθησε μία διδακτική ώρα όπου παρουσιάστηκε το ηλεκτρομαγνητικό φάσμα και έγινε συζήτηση πάνω στα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της κάθε ακτινοβολίας. Την 8^η ώρα πραγματοποιήθηκε συζήτηση με αντιπαράθεση επιχειρημάτων ανάμεσα στους μαθητές σχετικά με την ακτινοβολία των κινητών τηλεφώνων, βλέπε στη συνέχεια. Η 9^η ώρα περιλάμβανε τα ατομικά μοντέλα και έγινε αναφορά σε πιο σύνθετα θέματα (κυματοσυναρτήσεις Schrodinger, αρχή αβεβαιότητας Heisenberg) τα οποία διδάσκονται οι μαθητές του Προσανατολισμού Θετικών Σπουδών στη Χημεία της Γ' Λυκείου. Στην τελευταία διδακτική ώρα (10^η) ολοκληρώθηκε η ύλη και στα δύο τμήματα, και έγινε συζήτηση με τους μαθητές σχετικά με το τι τους άρεσε, τι τους έκανε εντύπωση, αν άλλαξε η στάση τους πάνω στη Φυσική.

Σχετικά με τον αρχικό προγραμματισμό, η Αναστασία αποφάσισε να εντάξει και το κεφάλαιο του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος στο πλαίσιο των μαθημάτων, αυξάνοντας τις ώρες από 6 σε 10. Οι λόγοι για τους οποίους έγινε αυτό, ήταν ότι, διαβάζοντας τη βιβλιογραφία για τη συγγραφή της διπλωματικής της, αλλά και ανατρέχοντας στις σημειώσεις και τα άρθρα του προγράμματος επιμόρφωσης που είχαν αποσταλεί στους συμμετέχοντες, διαπίστωσε ότι τα κοινωνικο-επιστημονικά ζητήματα είναι θέματα που *«δεν συζητούνται συχνά στην τάξη, παρόλο που οι μαθητές ενδιαφέρονται για αυτά και βρίσκουν αφορμές να ζητούν πληροφορίες»*. Έτσι, σκέφτηκε να κάνει πληρέστερη τη σειρά μαθημάτων, όπου στο κεφάλαιο για το ηλεκτρομαγνητικό φάσμα (που παραδοσιακά ενδιαφέρει τα παιδιά), να οργανώσει μια συζήτηση με αντιπαράθεση επιχειρημάτων. Το θέμα ήταν το εξής: ένας εργαζόμενος μιας εταιρείας κινητής τηλεφωνίας μήνυσε την εταιρεία του, καθώς έκρινε ότι μια σειρά προβλημάτων υγείας που αντιμετώπιζε οφείλονταν στην έκθεσή του σε επικίνδυνη ακτινοβολία. Οι μαθητές χωρίστηκαν σε τρεις ομάδες: στη νομική ομάδα του υπαλλήλου, στη νομική ομάδα της εταιρείας κινητής τηλεφωνίας και στους ενόρκους, οι οποίοι θα έκριναν στο τέλος τα στοιχεία και θα έβγαζαν την τελική κρίση. Σε κάθε ομάδα μοιράστηκε ένα φύλλο εργασίας με ορισμένες έρευνες, στοιχεία από τις οποίες (χωρίς περιορισμό) θα χρησιμοποιούσαν οι δύο ομάδες καθώς και η ομάδα των ενόρκων.

Οι μαθητές οργανώθηκαν με μεγάλο ενδιαφέρον, συμμετείχαν με επιχειρήματα από τις έρευνες, η κάθε ομάδα απαντούσε στους ισχυρισμούς της άλλης, καθώς και στις ερωτήσεις των ενόρκων. Στο τέλος της ώρας ζήτησαν από την Αναστασία να το επαναλάβουν για άλλα θέματα, ενώ η ερευνήτρια, καθώς αποχωρούσε από το σχολείο

άκουσε τους μαθητές στο διάλειμμα να συνομιλούν για αυτό. Ενδιαφέρον είναι ότι η χαμένη ομάδα συζητούσε ακόμα τι δεν έκανε καλά και ποια άλλα επιχειρήματα θα μπορούσε να χρησιμοποιήσει. Επίσης, η αντιπαράθεση επιχειρημάτων στο δεύτερο τμήμα έγινε δύο μέρες μετά, όπου η Αναστασία ανέφερε στην ερευνήτρια ότι οι μαθητές την είχαν προσεγγίσει από την ίδια κιάλας μέρα που έγινε το μάθημα στο πρώτο τμήμα για το πότε θα έρθει η δική τους σειρά. Τη μέρα που ήταν καθορισμένο να διεξαχθεί το μάθημά τους, όλοι οι μαθητές επέστρεψαν στην τάξη γρήγορα μετά το διάλειμμα. Η συζήτηση περί χαμένων ευκαιριών και λανθασμένων επιχειρημάτων συνεχίστηκε στο διάλειμμα και για το δεύτερο τμήμα, όπως και εδώ άκουσε η ερευνήτρια κατά την αποχώρησή της.

9.5.2.3δ' Τρόπος διδασκαλίας – γνώση και αποδοτική η μη διδασκαλία των *χαρακτηριστικών της φύσης της γνώσης των Φ.Ε.*

Η Αναστασία είχε μελετήσει τα χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. και τα παρουσίαζε με σαφήνεια στους μαθητές της. Εξάλλου, ανέφερε αρκετές φορές κατά τη διάρκεια των μαθημάτων ότι ο σκοπός αυτών των μαθημάτων είναι η μελέτη των χαρακτηριστικών της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. και όχι απαραίτητα να απομνημονεύσουν το γνωστικό κομμάτι της ύλης. Το τελευταίο δικαιολογείται, καθώς η Φυσική Γενικής Παιδείας στη Β' Λυκείου είναι από τα μαθήματα στα οποία δεν εξετάζονται γραπτά οι μαθητές στο τέλος της χρονιάς και δεν υπάρχει κάποιο κεφάλαιο που να συνδέεται άμεσα ως συνέχεια με τα κεφάλαια της Φυσικής στη Γ' Λυκείου που οι μαθητές εξετάζονται στις Πανελλαδικές Εξετάσεις. Επίσης, μόνο το 1/3 των μαθητών θα συνεχίσει να μελετά Φυσική στη Γ' Λυκείου, καθώς οι υπόλοιποι ακολουθούν είτε την Οικονομική κατεύθυνση είτε τη Θεωρητική. Στη συζήτησή μας, η Αναστασία ανέφερε: *«Οι μαθητές δεν ενδιαφέρονται για τα μαθήματα που δεν δίνουν εξετάσεις, ιδίως όταν έχουν αρχίσει να προετοιμάζονται για τις Πανελλαδικές εξετάσεις. Νομίζω ότι η συζήτηση για τη φύση της γνώσης των Φ.Ε. είναι ό,τι καλύτερο θα μπορούσαν να κερδίσουν, από ένα μάθημα που εναλλακτικά δεν θα παρακολουθούσαν. Θεωρώ ότι είναι το ιδανικό μάθημα που μπορούμε να επεκταθούμε και του χρόνου σκέφτομαι να το διδάξω όλο με αυτό τον τρόπο»*. Είναι σημαντικό, λοιπόν, ότι η Αναστασία παίρνει ένα μειονέκτημα του σχολείου και το μετατρέπει σε πλεονέκτημα, ξεπερνώντας όλες τις αντιφάσεις που δημιουργούνται. Θεωρούμε ότι η σκέψη – πρόταση της Αναστασίας θα ήταν χρήσιμη να τεθεί σε δημόσια συζήτηση αν υπάρξει επανάληψη του επιμορφωτικού προγράμματος ως ένας τρόπος να ξεπεραστούν δευτερογενείς αντιφάσεις.

Η Αναστασία προσπάθησε να εμπλουτίσει τη διδακτική της παρέμβαση με ιστορικές αφηγήσεις, πειράματα και δραστηριότητες που έκρινε ότι θα προκαλούσαν το ενδιαφέρον των μαθητών της. Τους ενθάρρυνε να θέσουν τα ερωτήματά τους και ήταν διαθέσιμη να τους απαντήσει. Η καλή σχέση που έχει χτίσει με τους μαθητές της φάνηκε, καθώς οι απορίες τους ήταν αληθινές και όχι πλαστές με σκοπό να «χάσουν μάθημα». Οι απορίες των μαθητών, είχαν ως αποτέλεσμα να παίρνει διαφορετικό δρόμο η ροή του εκάστοτε μαθήματος, επομένως στα δύο τμήματα οι ίδιες πληροφορίες παρουσιάστηκαν ελαφρώς τροποποιημένες, ή με διαφορετική σειρά. Ενδιαφέρουσες ερωτήσεις που τέθηκαν, ήταν: μαθητής ρώτησε γιατί υπάρχει η σύγκρουση δύο θεωριών, οπότε αναφέρθηκαν στον υποκειμενικό (X4) χαρακτήρα της επιστημονικής γνώσης, για το αν μπορεί να υπάρχει νόμος χωρίς θεωρία, οπότε

τονίστηκε ξανά η διαφορά ανάμεσα στο νόμο και τη θεωρία. Η συζήτηση έφερε τα περί χρηματοδότησης της έρευνας, κάτι για το οποίο οι μαθητές δεν είχαν ξανακούσει και τους εντυπωσίασε, όπως επίσης έγινε και με την περίπτωση της μη ύπαρξης αυθεντίας στις Φ.Ε., κάτι που δεν είχαν σκεφτεί ποτέ. Η Αναστασία έδινε πολλά αντιπροσωπευτικά παραδείγματα για όσα έλεγε, πολλά από τα οποία προσπαθούσε να αφορούν εκδρομές ή σχολικές ερευνητικές εργασίες (project), καθώς ήταν κοινές εμπειρίες που είχαν βιώσει όλοι οι μαθητές της τάξης. Τέλος, ακόμα και όταν αναφέρθηκε στην Κβαντομηχανική, φρόντισε να συνδέσει την επιστημονική ανάπτυξη με την κατασκευή της πυρηνικής βόμβας: ενώ μέχρι εκείνη τη στιγμή το ακροατήριό της ήταν κυρίως οι μαθητές που στη Γ΄ Λυκείου θα ακολουθούσαν τη Θετική Κατεύθυνση, άμεσα όλη η τάξη πρόσεχε με ιδιαίτερη προσήλωση.

9.5.2.3ε' Ανταπόκριση μαθητών

Η ερευνήτρια δεν γνώριζε τα παιδιά προκειμένου να μπορέσει να αποκτήσει άποψη για την αλλαγή της στάσης των παιδιών πάνω στο μάθημα. Η Αναστασία, όμως, είναι μια έμπειρη εκπαιδευτικός που θεωρεί ότι δεν έχει πρόβλημα με τη διαχείριση της τάξης της και ότι κάνει το μάθημά της με σχετική ευκολία. Επίσης, γνωρίζει τους συγκεκριμένους μαθητές από το Γυμνάσιο, δηλαδή είναι η 5^η χρονιά που τους διδάσκει, οπότε υπάρχει οικειότητα και εμπιστοσύνη. Η ίδια, θεωρεί ότι οι μαθητές ανταποκρίθηκαν πολύ θετικά στο εγχείρημα των μαθημάτων, καθώς «*μαθητές που δεν δείχνουν τόσο ζωνρό ενδιαφέρον για το μάθημα, ενεργοποιήθηκαν, ανέλαβαν πρωτοβουλίες και συμμετείχαν πολύ πιο ενεργά. Επίσης, αρκετοί μαθητές σχολίασαν και αναρωτήθηκαν “γιατί δεν τα μαθαίνουμε αυτά νωρίτερα”, όπως επίσης και ότι “μαθαίνουμε τόσους νόμους και τύπους και δεν μπορούμε να απαντήσουμε σε ερωτήσεις, όπως τι είναι οι Φυσικές Επιστήμες”*», όπως ανέφερε στην ερευνήτρια κατά την τελευταία συνομιλία τους.

Κατά την τελευταία ώρα, που έγινε ανασκόπηση της σειράς μαθημάτων, όλοι οι μαθητές συμφώνησαν ότι τους άρεσε που η δουλειά για το σπίτι ξέφυγε από τις παραδοσιακές εργασίες και αναφερόταν σε έρευνα στο διαδίκτυο ή σε προβλήματα που απαιτούσαν κριτική σκέψη και όχι γνώσεις. Ξεχώρισαν την αντιπαράθεση επιχειρημάτων ως το πιο πρωτότυπο έργο και ως κάτι που θα ήθελαν να κάνουν πιο συχνά, ενώ οι καινούριες ιδέες της Κβαντομηχανικής και ο τρόπος που εντάχθηκαν στο σώμα γνώσης της επιστήμης επίσης τους εντυπωσίασαν. Εντυπωσιάστηκαν επίσης από τη δημιουργικότητα που απαιτείται για τη δημιουργία νέας επιστημονικής γνώσης, καθώς και η προσπάθεια, οι αποτυχίες και η σκληρή δουλειά που απαιτείται για την εξέλιξη των Φ.Ε.

Από τα χαρακτηριστικά, η Αναστασία, σε επικοινωνία που είχαμε μετά τη βαθμολόγηση των ερωτηματολογίων πριν και μετά, ανέφερε ότι οι μαθητές παρουσίασαν βελτίωση σε όλα τα χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε., με σπουδαιότερη την κατανόηση της διαφοράς ανάμεσα στη θεωρία και το νόμο, (X7) ενώ τη μικρότερη βελτίωση είχε το χαρακτηριστικό του υποκειμενικού (X4) χαρακτήρα της επιστημονικής γνώσης. Σε αυτό η Αναστασία αναλαμβάνει η ίδια την ευθύνη, καθώς θεωρεί ότι είχε άγχος να προλάβει να ολοκληρώσει όσα ήθελε «*και ίσως να μίλησα εγώ παραπάνω από όσο χρειάστηκε. Ίσως θα έπρεπε να τους έχω αφήσει περισσότερο ελεύθερους για να εμπεδώσουν και αυτό το χαρακτηριστικό καλύτερα. Θα το κάνω σίγουρα καλύτερα του χρόνου*».

9.5.2.3στ' Παρατηρήσεις

Ανάμεσα στα δύο τμήματα υπήρχαν διαφορές επιπέδου (εμφανείς αλλά όχι αξιοσημείωτες), καθώς και συμπτώσεις της σχολικής ζωής επηρέασαν τη συμπεριφορά των μαθητών σε μεμονωμένες μέρες. Για παράδειγμα, δύο περιστατικά επηρέασαν τη ροή των μαθημάτων: λόγω ενός πειθαρχικού παραπτώματος η διεύθυνση του σχολείου ήθελε να μιλήσει σε όλους τους μαθητές της Β' Λυκείου, επομένως χάθηκε η μισή διδακτική ώρα. Μία άλλη φορά, στην επόμενη διδακτική ώρα ακολουθούσε το διαγώνισμα τετραμήνου στη Φυσική Προσανατολισμού που δίδασκε η ίδια εκπαιδευτικός, επομένως οι μαθητές ρωτούσαν κυρίως απορίες για το επικείμενο διαγώνισμα, χωρίς να προσέχουν ιδιαίτερα στο μάθημα. Και τα δύο περιστατικά συνέβησαν στο ίδιο τμήμα και είχαν ως συνέπεια η διδασκαλία να προχωρά προσαρμοσμένη στις περιστάσεις. Επίσης, μία φορά δεν λειτουργούσε για 10 λεπτά το προβολικό μηχάνημα, δημιουργώντας καθυστερήσεις.

Το ένα τμήμα είχε μείνει ελαφρώς «πίσω» σε σχέση με το άλλο και η τελευταία διδακτική ώρα (η 10^η) είχε ως στόχο να συμπληρωθεί η σειρά διδασκαλίας σε αυτό. Εξάλλου, είναι γνωστό ότι στη διδασκαλία κανένα μάθημα δεν είναι ίδιο με το προηγούμενο, γιατί μια τυχαία αφορμή μπορεί να οδηγήσει το μάθημα σε διαφορετική τροπή. Πάντως, τα παραπάνω περιστατικά αναφέρονται μόνο στο πλαίσιο της πραγματικής απεικόνισης των συνθηκών της σχολικής τάξης και όχι επειδή επηρέασαν με κάποιο τρόπο τα διδακτικά αποτελέσματα.

9.5.2.3ζ' Επίδραση του προγράμματος επιμόρφωσης στον εκπαιδευτικό

Όπως είναι φανερό, η επίδραση του προγράμματος επιμόρφωσης στην Αναστασία ήταν καθοριστική. Χρησιμοποίησε το πρόγραμμα επιμόρφωσης ως εργαλείο για να εξυπηρετήσει δικές της ανάγκες, τόσο ακαδημαϊκές, όσο και τελικά να βελτιωθεί η ποιότητα του μαθήματός της.

Η Αναστασία είχε κατανοήσει πολύ καλά όλα τα χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. και μπορούσε να διαχειριστεί εύστοχα τις απορίες των μαθητών και να κατευθύνει τη συζήτηση σε ένα θέμα που αφενός μεν θα εντυπωσίαζε τους μαθητές, αφετέρου δε θα το συνέδεε με τα χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. Επίσης, έπαιρνε γρήγορες αποφάσεις να μιλήσει για θέματα που θα ενδιέφεραν τους μαθητές της και θα τους βοηθούσαν να κατανοήσουν καλύτερα τα χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε.. Για παράδειγμα, επισήμανε ότι τα μοντέλα που μελετώνται για το εσωτερικό του ατόμου δεν είναι η πραγματικότητα παρά μια αναπαράσταση και ακολούθησε μεγάλη συζήτηση – με αφορμή ερωτήσεις μαθητών – για το ότι δεν έχει υπάρξει ακόμα το «τέλειο» μοντέλο, παρά γίνονται ακόμα και σήμερα βελτιώσεις. Με αφορμή αυτό, άνοιξε μια σύντομη συζήτηση για το μοντέλο της Κβαντομηχανικής και τα πειράματα που διεξάγονται σήμερα στο CERN.

Τέλος, φρόντιζε για τη ρητή απεικόνιση των χαρακτηριστικών της φύσης της γνώσης των Φ.Ε., βοηθώντας τους μαθητές να τα ανακαλύψουν. Μάλιστα, ακόμα και για την αντιπαράθεση επιχειρημάτων φρόντισε να αφήσει τα πέντε τελευταία λεπτά της ώρας για συζήτηση στα χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. που αναδείχθηκαν από τη συζήτηση.

9.5.2.3η' Τελικά συμπεράσματα

Ως αυτοκριτική, η Αναστασία ανέφερε ότι αυτός ο τρόπος διδασκαλίας της άρεσε πολύ. Θεωρεί επιτυχημένη την παρέμβαση, αλλά με περιθώρια βελτίωσης. Για παράδειγμα, «θα ήθελα να τονίζω πιο ρητά τα χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. και να γίνεται περισσότερη συζήτηση, αλλά ο χρόνος είναι αμείλικτος». Όμως, σε αντιπαράθεση, στην ερώτηση της ερευνήτριας για το αν είχε αναφέρει τα χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. σε άλλες τάξεις που διδάσκει, η απάντησή της ήταν ότι δεν το είχε οργανώσει συνειδητά «σίγουρα όμως ανέφερα ορισμένα χαρακτηριστικά όταν υπήρχε κάποια αφορμή. Όμως, δεν το έκανα με το σαφή και αναστοχαστικό τρόπο που αναφέρουμε».

Η Αναστασία χρησιμοποίησε και τις τρεις προσεγγίσεις, όχι για να συγκρίνει ποια αποδίδει περισσότερο, αλλά από την επιθυμία να κάνει την παρέμβασή της πιο πλήρη. Ενδιαφέρουσα είναι η αρχική της απόφαση να συμπεριλάβει μόνο την Ιστορία των Φ.Ε. (σε ένα κεφάλαιο όπως η εξέλιξη των ατομικών μοντέλων, το οποίο προσφέρεται ιδανικά για διδακτική παρέμβαση) και τη Διερεύνηση, στην καθοδηγούμενη μορφή της. Ξεκίνησε, δηλαδή από τη ζώνη που ένιωθε άνετα (comfort zone) και μόλις τελείωσε με το σχεδιασμό των μαθημάτων, τα κοινωνικο-πολιτισμικά θέματα, που μέσω του προγράμματος επιμόρφωσης φαίνεται ότι είχαν περάσει στη ζώνη επικείμενης ανάπτυξης, εντάχθηκαν και αυτά στη ζώνη άνεσης και ενσωματώθηκαν στη διδακτική παρέμβαση. Σημαντικό είναι επίσης, ότι η δράση που προέκυψε από την αλλαγή της απόφασης της Αναστασίας, οι μαθητές την ξεχώρισαν ως την πιο ενδιαφέρουσα και διασκεδαστική όλης της παρέμβασης.

Τέλος, η παρέμβαση της Αναστασίας σε σχέση με τη σειρά των προσεγγίσεων είναι η ίδια με τη δική μας στο πρόγραμμα επιμόρφωσης. Η ίδια δεν το είχε παρατηρήσει, αλλά ο τρόπος σχεδίασης ακολουθούσε την εξής λογική: «πρώτα συζητάμε για κάτι καινούριο μέσα στην τάξη, αποκτάμε γνώσεις που ιστορικά ανακάλυψε ο άνθρωπος, στη συνέχεια επισκεπτόμαστε το εργαστήριο, για το οποίο επίσης θα πρέπει να προετοιμαστούμε, γιατί δεν το έχουμε πάντα διαθέσιμο, και τα μαθήματα Φ.Ε. τελειώνουν εδώ. Μια ερευνητική εργασία ίσως θα τελείωνε με μία επίσκεψη σε κάποιο σχετικό χώρο, αλλά πάντα τελειώνουμε κάπως έτσι. Αυτή τη φορά σκέφτηκα ότι μπορούμε να προχωρήσουμε ένα βήμα παραπέρα, και να κάνουμε τη σύνδεση με την κοινωνία. Αυτό με είχε εντυπωσιάσει στο πρόγραμμα επιμόρφωσης».

Τελικά, η παρέμβαση της Αναστασίας κρίνεται επιτυχημένη. Κατόρθωσε να χρησιμοποιήσει τις γνώσεις που αποκόμισε από το πρόγραμμα επιμόρφωσης, να σχεδιάσει μια διδακτική παρέμβαση, την οποία στη συνέχεια χρησιμοποίησε για τη διπλωματική της.

9.5.2.4 Γενικά σχόλια για τις τρεις μελέτες περίπτωσης

Οι περιπτώσεις του Κωνσταντίνου, του Παντελή και της Αναστασίας ήταν οι πιο ιδιαίτερες από τους εκπαιδευτικούς που έγινε παρακολούθηση, τόσο λόγω της προσωπικότητάς τους, όσο και του αποτελέσματος που προέκυψε. Το κοινό χαρακτηριστικό και των τριών είναι ότι πέτυχαν στις εξετάσεις του ΑΣΕΠ για

διορισμό, οι οποίες ήταν απαιτητικές εξετάσεις με μεγάλο ανταγωνισμό⁷⁶. Επίσης, και οι τρεις έχουν μεταπτυχιακές σπουδές και η ηλικία τους είναι κάτω των 50 ετών, δηλαδή είναι από τους νέους εκπαιδευτικούς, και ίσως από τους νεότερους που δουλεύουν μέσα στη Θεσσαλονίκη. Και οι τρεις ενδιαφέρονται ώστε το μάθημά τους να γίνει πιο ενδιαφέρον και αναστοχαστικό για τους μαθητές τους. Όπως εξελίχθηκαν τα πράγματα δεν θεωρούμε ότι εκπροσωπούν τον μέσο εκπαιδευτικό, μάλλον είναι οι άνθρωποι που θα επηρεάσουν πολλούς συναδέλφους τους στην πορεία τους.

Κατά τα άλλα, οι ανάγκες τους σε σχέση με τη φύση της γνώσης των Φ.Ε. ήταν διαφορετικές: ο Παντελής τη χρησιμοποιούσε ήδη χωρίς σε μεγάλο βαθμό να γνωρίζει τη σχετική βιβλιογραφία. Ο Κωνσταντίνος αναζητούσε τις πιο σύγχρονες ερευνητικές τάσεις για να τις προσαρμόσει στη διδασκαλία του, τελικά τις χώρεσε και στα λογοτεχνικά του προϊόντα. Η Αναστασία, δραστήρια στο να εφαρμόσει νέα προγράμματα στη διδασκαλία της, αναζητούσε θέμα για τη διπλωματική της εργασία. Τα κίνητρά τους τελικά ήταν παραπλήσια με της ερευνήτριας.

9.5.3 Τελική συζήτηση με όλους τους επιμορφούμενους: τι έκαναν, τι δυσκολίες συνάντησαν, τι θα τους διευκόλυνε στη διδασκαλία της φύσης της γνώσης των Φ.Ε..

Λίγο πριν το διάλειμμα της 6^{ης} και τελευταίας συνάντησης, δόθηκε στους εκπαιδευτικούς ένα σύντομο ερωτηματολόγιο, βλέπε Παράρτημα Η', που απαντήθηκε από 30 εκπαιδευτικούς. Μετά το διάλειμμα και αφού είχαν παραδώσει τις απαντήσεις τους έγινε συζήτηση πάνω στις ίδιες ερωτήσεις. Στόχος ήταν η εκτενέστερη και ακριβέστερη καταγραφή.

Ερώτηση 1^η: Σημειώστε στον παρακάτω πίνακα πόσες περίπου φορές στη διάρκεια της σχολικής χρονιάς κάνατε συμπεριλάβατε στο μάθημα σας διδασκαλία χαρακτηριστικών της φύσης της γνώσης των Φυσικών Επιστημών (Φ.Ε.)

καμιά	2-3 φορές	Κατά μέσο όρο μία φορά το μήνα	περισσότερες

19 εκπαιδευτικοί σημειώνουν ότι δίδαξαν 2-3 φορές στη διάρκεια της σχολικής χρονιάς, 7 ότι δίδαξαν κατά μέσο όρο μία φορά το μήνα και 4 δήλωσαν ότι δίδαξαν περισσότερες φορές. Κανένας δεν έδωσε την απάντηση ότι δεν δίδαξε ποτέ. Στη συζήτηση που ακολούθησε διευκρινίστηκε ότι εννοούσαν μαθήματα ανά τμήμα και μάλιστα ειδικά οργανωμένα, καθώς «αναγνώριση μεμονωμένων χαρακτηριστικών μέσα στο καθημερινό μάθημα κάναμε πολύ συχνά». Κατά δήλωση λοιπόν των συμμετεχόντων εκπαιδευτικών όλοι επιδίωξαν να διδάξουν τα χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε., έστω και λίγες φορές μέσα στη σχολική χρονιά. Ταυτόχρονα, περίπου το

⁷⁶ Οι εν υπηρεσία εκπαιδευτικοί διορίστηκαν είτε με σύστημα επετηρίδας, δηλαδή από λίστα με κριτήριο την ημερομηνία λήψης πτυχίου, είτε με γραπτές εξετάσεις ΑΣΕΠ. Όλοι οι εκπαιδευτικοί που διορίστηκαν με τον ΑΣΕΠ εξετάστηκαν τόσο στη γνώση Φ.Ε. όσο και στα Παιδαγωγικά.

10% (4 από τους 30) δηλώνουν ότι τα έχουν ενσωματώσει «για τα καλά» στο μάθημά τους.

Ερώτηση 3^η: Τι δυσκολίες συναντήσατε στην οργάνωση/παρουσίαση μαθημάτων σχετικών με τη φύση της γνώσης των Φυσικών Επιστημών⁷⁷

11 εκπαιδευτικοί σημειώνουν στο ερωτηματολόγιο ότι χρειάζονταν περισσότερο χρόνο προετοιμασίας για να σχεδιάσουν το μάθημα, τον οποίο συχνά μπορεί να μην είχαν: ένας γράφει ότι για την οργάνωση αυτών των μαθημάτων χρειαζόταν «επινοητικότητα, φαντασία και δημιουργικότητα», η οποία απαιτεί χρόνο και καθαρό μυαλό. 9 σημειώνουν τη μικρή διάρκεια της διδακτικής ώρας, προκειμένου να κάνουν όσα επιθυμούν. 7 αναφέρουν ότι πιέζονται να ολοκληρώσουν τη διδακτέα ύλη, 3 ότι η υλικοτεχνική υποδομή δεν τους βοηθά για να δουλεύουν οι μαθητές όπως θα ήθελαν, ενώ δύο εκπαιδευτικοί παρατηρούν ότι όσες φορές είχαν οργανώσει μάθημα για τη φύση της γνώσης των Φ.Ε. χρειάστηκε να αλλάξουν το ωρολόγιο πρόγραμμα του σχολείου προκειμένου να έχουν δύο συνεχόμενες διδακτικές ώρες με το ίδιο τμήμα (ανταλλάσσοντας ώρες με συναδέλφους), το οποίο δεν μπορεί να γίνεται συχνά. Δύο εκπαιδευτικοί αναφέρουν ως πρόβλημα ότι έχουν οι ίδιοι μικρή εμπειρία σε αυτόν τον τρόπο διδασκαλίας, και άλλος ένας ότι οι μαθητές δεν είναι συνηθισμένοι σε διδασκαλία έξω από τα συνηθισμένα. Τέλος, δύο εκπαιδευτικοί αναφέρουν ότι δεν συνάντησαν κανένα πρόβλημα, απεναντίας τους άρεσε η εμπειρία αυτού του είδους διδασκαλίας. Σε σχέση με τις δευτερογενείς αντιδράσεις, που είχαν οι ίδιοι αναφέρει στη αρχή του προγράμματος: (α) θα υπάρχουν αντιδράσεις, κυρίως από τους γονείς αλλά και από τους μαθητές και τη διεύθυνση του σχολείου, και β) Θα απαιτείται επιπλέον εργασία για την ετοιμασία νέων σχεδίων μαθημάτων, βλέπε παράγραφο 7.5.2) τελικά δεν υπήρξαν οι αντιδράσεις που είχαν «προβλέψει» τουλάχιστον σε αξιοσημείωτο βαθμό, ίσως γιατί δεν τα δίδαξαν στη Γ' Λυκείου, αλλά υπήρξε το πρόβλημα της πρόσθετης εργασίας που από την αρχή είχαν αναφέρει.

Συνδεδεμένη με την παραπάνω ερώτηση 3 είναι η ερώτηση 6 όπου οι εκπαιδευτικοί προτείνουν το τι θα μπορούσε να τους βοηθήσει στο να επιλύσουν τα προβλήματα που συνάντησαν.

Ερώτηση 4^η: Τι αποτέλεσμα εκτιμάτε ότι είχε στους μαθητές σας;

9 εκπαιδευτικοί αναφέρουν ότι οι μαθητές τους κινητοποιήθηκαν περισσότερο και ενεργοποιήθηκαν, όχι μόνο σχετικά με τα χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε., αλλά και για το περιεχόμενο των Φ.Ε. γενικότερα. 5 εκπαιδευτικοί αναφέρουν ότι οδήγησε στην καλύτερη κατανόηση της ύλης, 4 ότι οι μαθητές μπήκαν στη διαδικασία της επίλυσης προβλημάτων, 4 ότι οι μαθητές αντιλήφθηκαν ότι όσα τους προβληματίζουν έχουν απασχολήσει και άλλους ανθρώπους σε διαφορετικές χρονικές περιόδους, που προσπάθησαν να βρουν απαντήσεις με τα εκάστοτε μέσα. Ένας εκπαιδευτικός αναφέρει πως οι μαθητές του έγιναν περισσότερο παρατηρητικοί. Τέλος, ένας εκπαιδευτικός αναφέρει ότι παρατήρησε ότι οι πιο αδύναμοι μαθητές άρχισαν να

⁷⁷ Αντίστοιχη ερώτηση (το β και γ της ερώτησης III, του ερωτηματολογίου που δόθηκε στην 5^η συνάντηση τον Δεκέμβριο του 2018) τα αποτελέσματα της οποίας δεν θεωρήθηκε ότι προσφέρουν κάτι περισσότερο αν παρουσιαστούν. Αυτά που παρουσιάζονται είναι από το τέλος της σχολικής χρονιάς και για αυτό θεωρήθηκαν πληρέστερα.

εμπλέκονται στο μάθημα με έξυπνες παρατηρήσεις. 4 εκπαιδευτικοί απαντούν μονολεκτικά και δεν γράφουν κάποιο επιπλέον σχόλιο. Στη συζήτηση που ακολούθησε επιβεβαιώθηκε το ενδιαφέρον που έδειξαν οι μαθητές για το μάθημα και μάλιστα αναφέρθηκε ότι η διδασκαλία χαρακτηριστικών της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. μπορεί να κινητοποιήσει και μαθητές Β΄ Λυκείου που έχοντας ήδη αποφασίσει ότι δεν θα δώσουν εξετάσεις σε μαθήματα Φ.Ε. αδιαφορούν για αυτά, βλέπε και παράγραφο 9.5.2.3. Από αρκετούς μπήκε το θέμα και επαγγελματικά: Ίσως με αυτόν τον τρόπο γινόταν πιο αγαπητό το μάθημα στους μαθητές και υπήρχε μεγαλύτερο ενδιαφέρον, άρα και καλύτερες συνθήκες εργασίας.

Ερώτηση 5^η: Θεωρείτε ότι «άξιζε τον κόπο»;

Όλοι οι εκπαιδευτικοί απαντάνε στο ερωτηματολόγιο θετικά, ότι «άξιζε τον κόπο» η προσπάθεια να εντάξουν τα χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. στο μάθημά τους. 21 εκπαιδευτικοί δίνουν μονολεκτικές απαντήσεις, όπως «ναι», «σίγουρα», «φυσικά». Από τους υπόλοιπους που γράφουν αιτιολόγηση, ξεχωρίζουν παρατηρήσεις όπως: «συνέβαλε προς την κατεύθυνση της δημιουργικότητας», «άξιζε πάρα πολύ, αλλά για ελάχιστους μαθητές», «οι περισσότεροι το συζητούσαν μετά το μάθημα», «καθετί που ωθεί τους μαθητές αξίζει τον κόπο», «άξιζε και θα προσπαθήσω να το εντάξω περισσότερο». Στη συζήτηση επίσης υποστηρίζουν ότι παρόλα τα προβλήματα που συνάντησαν άξιζε τον κόπο, και επανέρχονται στο πώς θα μπορούσαν να βοηθηθούν ώστε να διδάσκουν συχνότερα και καλύτερα.

Ερώτηση 6^η: Τι νομίζετε ότι θα μπορούσε να σας βοηθήσει ώστε να κάνετε περισσότερα σχετικά μαθήματα;

7 εκπαιδευτικοί απαντούν ότι θα χρειαζόνταν έναν σχετικό «οδηγό εκπαιδευτικού» με πρότυπα φύλλα εργασίας πάνω σε συγκεκριμένα κεφάλαια της ύλης, 7 απαντούν ότι θα επιθυμούσαν ανταλλαγή απόψεων με άλλους συναδέλφους και άλλοι 7 αναφέρουν ότι θα χρειαζόταν περισσότερος χρόνος από τους εκπαιδευτικούς για να σχεδιάσουν και να οργανώσουν καλύτερα τα μαθήματα. Από αυτούς τους 7, οι 5 αναφέρονται στο διδακτικό χρόνο που αφιερώνεται στο μάθημα, δηλαδή ότι θα προτιμούσαν είτε περισσότερες ώρες διδασκαλίας, είτε μεγαλύτερη χρονική διάρκεια της διδακτικής ώρας και οι άλλοι δύο αναφέρονταν στον προσωπικό χρόνο προετοιμασίας του εκπαιδευτικού. Επιπλέον, 4 εκπαιδευτικοί τονίζουν ότι είναι πολύ σημαντική η μεγαλύτερη ελευθερία στη διαχείριση της ύλης. Τέλος, δύο εκπαιδευτικοί αναφέρουν ότι στο σχολείο τους δεν υπήρχε κατάλληλος εξοπλισμός των εργαστηρίων ώστε να κάνουν διερευνήσεις (και μέσω αυτών διδασκαλία της φύσης της γνώσης των Φ.Ε.) και άλλοι δύο ότι η διδασκαλία των χαρακτηριστικών της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. λείπει από την κουλτούρα της ελληνικής εκπαίδευσης. Ένας εκπαιδευτικός δεν δίνει απάντηση. Οι απαντήσεις είναι περισσότερες από τον απόλυτο αριθμό των εκπαιδευτικών, γιατί ορισμένοι κάνουν περισσότερες της μίας παρατηρήσεις. Στη συζήτηση αναφέρθηκε ως λύση η δημιουργία «Οδηγού του Εκπαιδευτικού», προτάθηκε ότι θα μπορούσαν αρχικά να συγκεντρωθούν τα σχέδια μαθήματος που έχουν γίνει ή να υπάρξει μια μεταξύ τους ανταλλαγή σχεδίων μαθημάτων και ανταλλαγή ιδεών και απόψεων. Δεν πήραμε θέση, κάποιοι αντάλλαξαν ηλεκτρονικές διευθύνσεις. Πέρα από αυτό πρότειναν ότι λύση θα ήταν αν ενταχθεί η διδασκαλία της

φύσης των Φ.Ε. στα προγράμματα σπουδών, οπότε θα υπάρξουν και οδηγοί εκπαιδευτικού κτλ. (τεταρτογενείς αντιφάσεις, βλέπε παράγραφο 3.5.1).

Στις επόμενες δύο παραγράφους (9.6 και 9.7) δίνονται τα δεδομένα που συλλέχτηκαν για να απαντηθεί το τρίτο ερευνητικό ερώτημα.

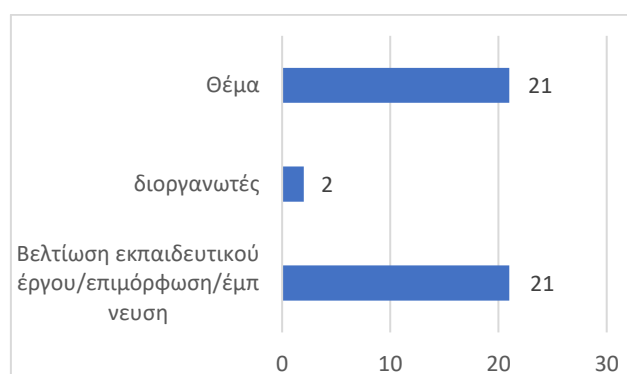
9.6 Αξιολόγηση του προγράμματος επιμόρφωσης ως προς το αν θεωρήθηκε ενδιαφέρον και χρήσιμο.

Στο διάλειμμα της 4^{ης} συνάντησης δόθηκε στους εκπαιδευόμενους ερωτηματολόγιο αξιολόγησης του προγράμματος επιμόρφωσης, στο οποίο απάντησαν ανώνυμα. Το ερωτηματολόγιο δίνεται στο Παράρτημα ΣΤ'. Απάντησαν 44 από τους 49 συμμετέχοντες. Τα αποτελέσματα ανά ερώτηση παρουσιάζονται και αναλύονται στη συνέχεια.

9.6.1 Αποτελέσματα ανά ερώτηση

Ερώτηση 1^η: Για ποιο λόγο συμμετείχατε στο πρόγραμμα;

Οι απαντήσεις των εκπαιδευτικών κατανέμονται στις κατηγορίες που παρουσιάζονται στο διάγραμμα της Εικόνας 9.5.



Εικόνα 9.5: Λόγοι συμμετοχής των εκπαιδευτικών στο πρόγραμμα επιμόρφωσης

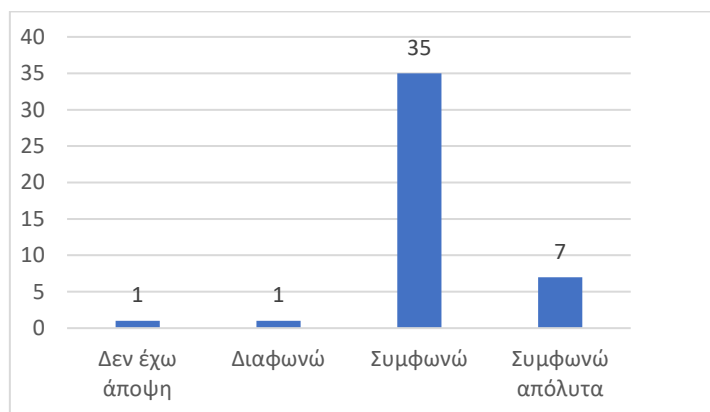
Η πλειοψηφία των εκπαιδευτικών επιβεβαιώνει αυτό που ήδη έχει καταγραφεί, δηλαδή ότι ενδιαφέρεται για την προσωπική του βελτίωση στη διαδικασία του εκπαιδευτικού έργου καθώς 21 εκπαιδευτικοί (το 48%) απαντούν ότι αυτός ήταν ο κύριος λόγος συμμετοχής τους, άλλοι 21 αναφέρουν ως κίνητρο το θέμα, το οποίο είτε τους φάνηκε ενδιαφέρον («ακουγόταν πρωτότυπο και μου κίνησε το ενδιαφέρον») είτε είχαν ακούσει για αυτό και ήθελαν να μάθουν περισσότερα («το βρίσκω συχνά στη βιβλιογραφία, δεν το γνώριζα και θεώρησα ευκαιρία για να το μάθω»). Δύο εκπαιδευτικοί αναφέρουν ότι εμπιστεύονται τις δράσεις των διοργανωτών (των ΕΚΦΕ).

Ερώτηση 2^η: Το πρόγραμμα κάλυψε τις προσδοκίες σας;

Διαφωνώ απόλυτα Διαφωνώ Δεν έχω άποψη Συμφωνώ Συμφωνώ απόλυτα

35 εκπαιδευτικοί απαντούν ότι συμφωνούν, 7 ότι συμφωνούν απόλυτα, 1 διαφωνεί και 1 δεν έχει άποψη, Εικόνα 9.6. Οι 42 από τους 44 εκπαιδευτικούς συμφωνούν ή

συμφωνούν απόλυτα, εξάγεται επομένως το συμπέρασμα ότι οι εκπαιδευτικοί σχεδόν στο σύνολό τους (το 95% των συμμετεχόντων) έμειναν ικανοποιημένοι από το περιεχόμενο του προγράμματος και από τη στιγμή που στην 1^η ερώτηση ένα μεγάλο ποσοστό ήρθε για να βελτιώσει τη διδασκαλία του βγαίνει το συμπέρασμα ότι το πρόγραμμα κρίθηκε χρήσιμο για αυτό.



Εικόνα 9.6: Απαντήσεις εκπαιδευτικών στο ερώτημα αν το πρόγραμμα κάλυψε τις προσδοκίες τους

Ερώτηση 3^η : Τι περισσότερο θα περιμένατε από το πρόγραμμα;

- 11 εκπαιδευτικοί δεν συμπλήρωσαν κάτι σε αυτή την ερώτηση και άλλοι 2 σημείωσαν ότι όλα ήταν εντάξει. Επομένως, 13 από τους εκπαιδευτικούς δεν είχαν περισσότερες προσδοκίες. Από τους παραπάνω οι 3 έχουν απαντήσει στην προηγούμενη ερώτηση ότι συμφωνούν απόλυτα, οι υπόλοιποι 10 απάντησαν ότι συμφωνούν.
- 13 εκπαιδευτικοί έγραψαν ότι θα ήθελαν πιο αναλυτικά παραδείγματα στα θέματα που παρουσιάστηκαν και περισσότερη συζήτηση μεταξύ των συμμετεχόντων, ενώ 5 ζητάνε περισσότερα γενικά παραδείγματα ενσωμάτωσης της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. στη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση. Από τους 18 εκπαιδευτικούς που θα επιθυμούσαν περισσότερα παραδείγματα, οι 10 προτείνουν το πρόγραμμα να διαρκούσε περισσότερο χρόνο, π.χ. ένα ακόμα τρίωρο, ώστε να γινόταν μεγαλύτερη εμβάθυνση. Αυτό συζητήθηκε και προφορικά στην τελευταία συνάντηση, υπήρξε γενικότερο αίτημα για αυτό και για την ικανοποίησή του ορίστηκε η 5^η συνάντηση που έγινε τον Δεκέμβριο του 2018.
- Δύο εκπαιδευτικοί θα επιθυμούσαν να τους είχε σταλεί περισσότερη βιβλιογραφία.
- Ένας εκπαιδευτικός έγραψε ότι θα ήθελε με κάποιον τρόπο να παρακολουθήσει ένα πραγματικό μάθημα στα επιτρεπτά πλαίσια⁷⁸, το οποίο έδωσε την ιδέα για το περιεχόμενο της 5^{ης} συνάντησης.
- Τρεις εκπαιδευτικοί έγραψαν ότι θα επιθυμούσαν να είχαν δοθεί πιο αναλυτικές οδηγίες για τη συγγραφή του σχεδίου μαθήματος που τους ζητήθηκε να παραδώσουν στην 4^η συνάντηση.

⁷⁸ Η νομοθεσία στην Ελλάδα για τη βιντεοσκόπηση μαθήματος που συμμετέχουν ανήλικοι είναι πολύ αυστηρή

- Τέλος, επτά εκπαιδευτικοί έγραψαν ότι θα επιθυμούσαν να είχαν συμπεριληφθεί στο πρόγραμμα περισσότερα παραδείγματα και από άλλους κλάδους των Φ.Ε. πέρα από τη Φυσική που κυριαρχούσε, αυτό όμως είχε διευκρινιστεί από την προκήρυξη του προγράμματος, καθώς η πλειοψηφία των διοργανωτών ήταν Φυσικοί.

Από τις απαντήσεις των εκπαιδευτικών προκύπτει ότι το μεγαλύτερο πρόβλημα που εντοπίστηκε είναι η περιορισμένη διάρκεια του προγράμματος, θα επιθυμούσαν μεγαλύτερη διάρκεια παρουσιάσεων και συζητήσεων και με πιο συγκεκριμένα παραδείγματα διδασκαλίας. Εν μέρει αντιμετωπίστηκε με την προσθήκη της 5^{ης} και 6^{ης} συνάντησης. Ενδιαφέρον παρουσιάζει το αίτημά τους για μεγαλύτερη διάρκεια του προγράμματος, με τις απαντήσεις τους στην 6^η ερώτηση όπου οι 32 (το 73%) βρίσκουν το χρόνο ικανοποιητικό και μόνο οι 9 (20%) τον βρίσκουν λίγο. Σημειώνεται πάντως ότι η διάρκεια αυτού του επιμορφωτικού προγράμματος ήταν μεγαλύτερη σε σχέση με άλλα εθελοντικά προγράμματα επιμόρφωσης που έχουν παρακολουθήσει.

Ερώτηση 4^η: Γράψτε δυο πράγματα που σας άρεσαν

19 εκπαιδευτικοί αναφέρουν τον τρόπο παρουσίασης, 18 τα πειράματα⁷⁹ που πραγματοποιήθηκαν, 6 διευκρινίζουν ότι τους άρεσαν τα ιστορικά πειράματα και 5 η δραστηριότητα του Μαύρου Κουτιού. 3 εκπαιδευτικοί αναφέρουν ότι τους άρεσαν τα παραδείγματα που αναφέρθηκαν στη διάρκεια των συναντήσεων, 6 ανέφεραν ότι τους άρεσε το θέμα εν γένει, καθώς προσφέρεται για εναλλακτική διδασκαλία (όπως σχολιάζουν 2 εκπαιδευτικοί). Ιδιαίτερα για τις προσεγγίσεις που παρουσιάστηκαν, έξι αναφέρουν ως προτίμηση την Ιστορία των Φ.Ε. και από ένας την επιστημονική διερεύνηση και τα κοινωνικο-επιστημονικά ζητήματα. Από ένας εκπαιδευτικός απάντησε ότι τους άρεσε η αντιπαραβολή των απόψεων για την κλιματική αλλαγή και η σύνδεση με την καθημερινή ζωή. 3 δεν έχουν απαντήσει.

Από τις απαντήσεις δεν φαίνεται να αναφέρονται ιδιαίτερα σε κάποια από τις τρεις προσεγγίσεις της διδασκαλίας της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. (μόνο 6 αναφέρουν την Ιστορία των Φ.Ε. και από ένας τις δυο άλλες μεθόδους). Κυρίως αναφέρονται στον τρόπο παρουσίασης (43%) και στις δραστηριότητες (41%⁸⁰) που παρουσιάστηκαν στη διάλεξη.

Ερώτηση 5^η: Γράψτε δυο πράγματα που δεν σας άρεσαν

Είκοσι εκπαιδευτικοί έχουν αφήσει κενή την ερώτηση. Πέντε εκπαιδευτικοί αναφέρουν ότι ο ρυθμός ήταν γρήγορος και παρουσιάζονταν πολλές πληροφορίες χωρίς να υπάρχει μεγάλη διαδραστικότητα, όπως αναφέρουν ακόμα δύο άτομα. Από δύο εκπαιδευτικοί αναφέρουν την έλλειψη ενός πρότυπου διδακτικού σεναρίου και τον υπερτονισμό της Φυσικής έναντι των άλλων κλάδων των Φ.Ε.. Από έναν εκπαιδευτικό αναφέρεται η μη επαρκής επεξήγηση των πειραμάτων και η σύντομη διάρκεια για την ολοκλήρωση του σχεδίου μαθήματος (το οποίο συζητήθηκε και προφορικά και δόθηκε τελική παράταση). Από τις προσεγγίσεις που παρουσιάστηκαν, από έναν εκπαιδευτικό δεν

⁷⁹ Ο όρος «πειράματα» είναι πιο διευρυμένος στην καθομιλουμένη των εκπαιδευτικών και εννοούν όλες τις δραστηριότητες πέρα από τη διάλεξη.

⁸⁰ Οι δύο πληθυσμοί δεν είναι ανεξάρτητοι καθώς από κάθε εκπαιδευτικό ζητείται να δώσει δυο απαντήσεις.

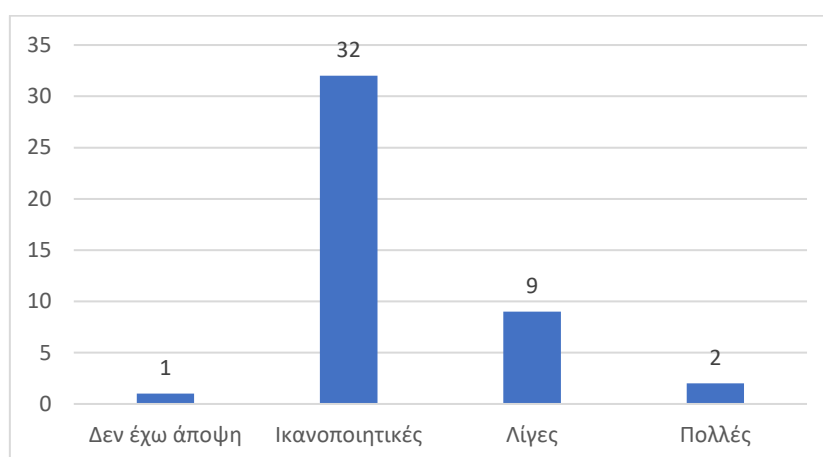
άρεσε η Ιστορία των Φ.Ε. και τα κοινωνικο-επιστημονικά ζητήματα. Στα πιο γενικά αρνητικά σημεία, 2 εκπαιδευτικοί επισήμαναν ότι ενοχλήθηκαν από σχόλια συναδέλφων τους που πετάγονταν συχνά κατά τη διάρκεια των παρουσιάσεων, επίσης δύο αναφέρουν ότι η συγκεκριμένη περίοδος είναι δύσκολη για τους εκπαιδευτικούς που έχουν αυξημένες υποχρεώσεις, δύο ανέφεραν ότι το κυλικείο ήταν κλειστό την ώρα διεξαγωγής των συναντήσεων και τρεις ανέφεραν την κακή ηχητική της αίθουσας. Τα τελευταία αυτά σχόλια απλά δείχνουν ότι δεν υπήρξε κάποιο ουσιαστικό πρόβλημα.

Από τις απαντήσεις των εκπαιδευτικών δεν εντοπίζεται κάποιο κυρίαρχο πρόβλημα. Επίσης, 20 εκπαιδευτικοί (το 41% των συμμετεχόντων) δεν απαντούν στην ερώτηση, το οποίο ερμηνεύεται ως αποδοχή του επιμορφωτικού προγράμματος.

Ερώτηση 6^η: Οι ώρες που διήρκεσε συνολικά το πρόγραμμα σας φάνηκαν:

Λίγες Ικανοποιητικές Πολλές Δεν έχω άποψη

Οι απαντήσεις των εκπαιδευτικών φαίνονται στην εικόνα 9.7.



Εικόνα 9.7: Απαντήσεις εκπαιδευτικών σχετικά με το πώς κρίνουν τις ώρες που διήρκεσε το πρόγραμμα

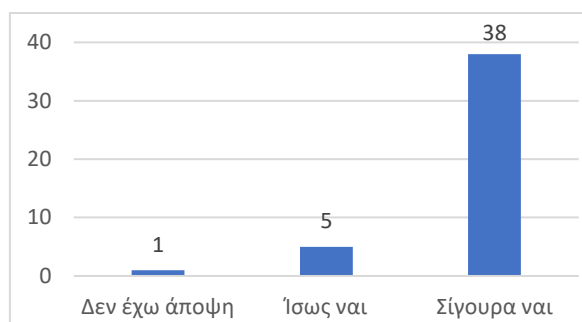
Η συντριπτική πλειοψηφία, το 70%, των εκπαιδευτικών βρίσκει ικανοποιητική τη διάρκεια διεξαγωγής του προγράμματος, ενώ 9 εκπαιδευτικοί, περίπου το 20%, αναφέρουν ότι ήταν μικρή και 2 εκπαιδευτικοί (περίπου 5%) αναφέρει ότι η διάρκεια του προγράμματος ήταν μεγάλη. Αυτό έρχεται σε αντίθεση με τις προηγούμενες επιστημάνσεις των εκπαιδευτικών, κυρίως με τις απαντήσεις τους στην 3^η ερώτηση ότι ο ρυθμός ήταν γρήγορος, κάτι που και εμείς αναγνωρίζουμε, και θα ήθελαν περισσότερο χρόνο. Αντικειμενικά σε σύγκριση με άλλα εθελοντικά προγράμματα επιμόρφωσης, ο χρόνος διεξαγωγής του συγκεκριμένου επιμορφωτικού προγράμματος ήταν μεγαλύτερος.

Ερώτηση⁸¹ 8^η: Θα συστήνατε το πρόγραμμα σε συναδέλφους σας σε περίπτωση που αυτό πραγματοποιηθεί ξανά;

⁸¹ Τα αποτελέσματα της ερώτησης 7 παρουσιάζονται στην παράγραφο 9.7.1

- Σίγουρα όχι Ίσως όχι Δεν έχω άποψη Ίσως ναι Σίγουρα ναι

Οι απαντήσεις των εκπαιδευτικών δίνονται στην Εικόνα 9.8:



Εικόνα 9.8: Απαντήσεις εκπαιδευτικών σχετικά με το αν θα σύστηναν το πρόγραμμα επιμόρφωσης για παρακολούθηση σε συναδέλφους

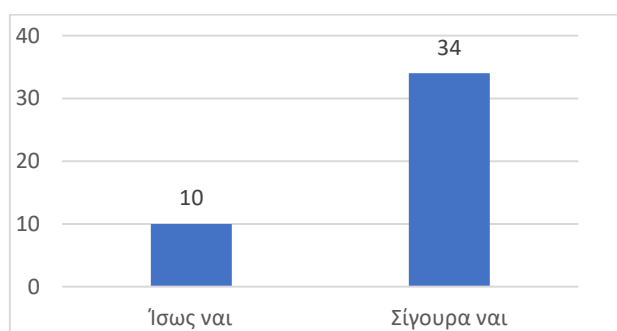
Από τις απαντήσεις φαίνεται ότι η συντριπτική πλειοψηφία, 38 στα 44 άτομα (86%), θα σύστηνε σίγουρα το πρόγραμμα σε συναδέλφους του. Από αυτή την απάντηση μπορούμε να συμπεράνουμε ότι οι εκπαιδευτικοί έμειναν ικανοποιημένοι και θεωρούν ότι ο χρόνος που αφιέρωσαν ήταν χρήσιμος, το αποτέλεσμα αυτό είναι σε συμφωνία και με το αποτέλεσμα της 2^{ης} ερώτησης.

Ερώτηση 9^η: Θεωρείτε πιθανό να ενσωματώσετε μέρος αυτών που ακούσατε στη διδασκαλία σας;

- Σίγουρα όχι Ίσως όχι Δεν έχω άποψη Ίσως ναι Σίγουρα ναι

α) Αν ναι, σε ποιες τάξεις και μαθήματα; β) Αν όχι, για ποιο λόγο;

Οι απαντήσεις των εκπαιδευτικών φαίνονται στην Εικόνα 9.9



Εικόνα 9.9: Απαντήσεις εκπαιδευτικών σχετικά με το αν σκοπεύουν να ενσωματώσουν χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. στη διδασκαλία τους

Όλοι οι εκπαιδευτικοί απαντάνε θετικά. Στις τάξεις και τα μαθήματα αναφέρουν όλες τις τάξεις και τα μαθήματα που διδάσκουν, εκτός από τη Γ' Λυκείου, όπως έχει αναφερθεί και στην παράγραφο 8.3.2. Δύο εκπαιδευτικοί επίσης αναφέρονται στο διδακτικό χρόνο που χρειάζονται για να εντάξουν χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. στο μάθημα, τόσο για προετοιμασία, όσο και για διδασκαλία. Χαρακτηριστικά, ο ένας εκπαιδευτικός αναφέρει: «Θεωρώ ότι θα πρέπει να γίνει

σωστή επιλογή κατάλληλου μαθήματος – ενότητας, έτσι που να ταιριάζει η χρήση των παραπάνω εργαλείων. Επίσης, ο απαιτούμενος χρόνος για μία μόνο παρουσίαση είναι αρκετά έως πολύ μεγάλος, και αυτό το δυσκολεύει αρκετά», αναδεικνύοντας τις δευτερογενείς αντιφάσεις που συζητούνται στην παράγραφο 8.3.2. Οι απαντήσεις στην ερώτηση αυτή θεωρούμε ότι είναι σε συμφωνία με τις απαντήσεις τους στις ερωτήσεις 2 και 8, και δείχνουν ότι θεώρησαν το επιμορφωτικό πρόγραμμα χρήσιμο για τη δουλειά τους και εφαρμόσιμο. Φαίνεται ότι οι δευτερογενείς αντιφάσεις που είχαν κάνει την εμφάνισή τους στην αρχή του προγράμματος, βλέπε παράγραφο 8.3.2, ξεπεράστηκαν.

Ερώτηση 10^η: Γράψτε, αν επιθυμείτε, ένα γενικότερο σχόλιο για το πρόγραμμα, π.χ. για κάτι που θεωρείτε ότι δεν καλύφθηκε από τις παραπάνω ερωτήσεις.

Η δέκατη ερώτηση ήταν ανοιχτή για τους εκπαιδευτικούς να προσθέσουν ό,τι έκριναν απαραίτητο για το πρόγραμμα, το οποίο δεν καλύφθηκε με τις προηγούμενες ερωτήσεις. Οι περισσότεροι εκπαιδευτικοί δεν έγραψαν κάτι, υπήρχαν όμως ενδιαφέροντα σχόλια ως επιστέγασμα, είτε για κάτι που θα μπορούσε να γίνει καλύτερα (τριτογενείς αντιφάσεις που οδήγησαν στις επόμενες συναντήσεις, βλέπε παράγραφο 8.3.4): «Θεωρώ ότι χρειάζεται περισσότερος χρόνος να αφιερωθεί σε συζήτηση μετά τις παρουσιάσεις και τα πειράματα», «Ίσως έπρεπε να σταθούμε περισσότερο στη διδασκαλία των Φ.Ε. μέσω κοινωνικο-επιστημονικών θεμάτων, γιατί δεν τα γνωρίζουμε», «Θα ήθελα να γίνουν περισσότερες συναντήσεις για να επεξεργαστούμε πιο αναλυτικά την ύλη του προγράμματος», είτε ως επιβεβαίωση του ενδιαφέροντος προγράμματος που παρακολούθησαν: «Είναι καλό να ερχόμαστε σε επαφή με τις «διαφορετικές» ιδέες που κυκλοφορούν για το αναλυτικό πρόγραμμα στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση. Αυτή την ευκαιρία μας την έδωσε το πρόγραμμα», «Το πρόγραμμα κύλισε ευχάριστα και μου έδωσε πολλές ιδέες» ή «Αποσαφήνισα πολλά σημεία από τις γνώσεις που ήδη είχα πάνω στο θέμα».

9.6.2 Συμπεράσματα.

Συνοπτικά, οι εκπαιδευτικοί βρήκαν ενδιαφέρον το πρόγραμμα επιμόρφωσης, αναγνώρισαν τη χρησιμότητα ενσωμάτωσης της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. στη διδασκαλία, καθώς και ότι η διαπραγμάτευσή της θα μπορούσε να εξυπηρετήσει στην αύξηση του ενδιαφέροντος των μαθητών για τα μαθήματα Φ.Ε.. Τα μειονεκτήματα που επισήμαναν αφορούσαν στον τονισμό της Φυσικής έναντι των άλλων κλάδων των Φ.Ε. (Χημεία/Βιολογία) και στο γρήγορο ρυθμό που είχε το πρόγραμμα, εξαιτίας του περιορισμένου χρόνου. Τα παραπάνω επιβεβαιώνονται και από τις συνεντεύξεις που πήραμε στο τέλος του προγράμματος. Επίσης, ορισμένοι εκπαιδευτικοί διαμαρτυρήθηκαν για τις ασαφείς οδηγίες που τους δόθηκαν για την εκπόνηση των σχεδίων μαθήματος και την έλλειψη μερικών πρότυπων μαθημάτων.

Θεωρούμε ότι οι παρατηρήσεις τους είναι χρήσιμες, και θα μπορούσαν να ληφθούν κριτικά υπόψη σε ενδεχόμενη επανάληψη του προγράμματος. Με την έννοια κριτικά, εννοούμε ότι ορισμένα στοιχεία θα μπορούσαν να ενσωματωθούν στο πρόγραμμα επιμόρφωσης, αφού πρώτα αξιολογηθούν. Για παράδειγμα, παρόλο που ορισμένοι εκπαιδευτικοί διαμαρτυρήθηκαν για την έλλειψη πρότυπων μαθημάτων, άλλοι εκπαιδευτικοί κατάφεραν (με τις ίδιες πηγές και το ίδιο υπόβαθρο, να δημιουργήσουν άρτια σχέδια μαθήματος). Επίσης, οι εκπαιδευτικοί ζήτησαν μεν

περισσότερο χρόνο για συζήτηση, αλλά για κάθε προσέγγιση χωριστά η πλειοψηφία θεώρησε ότι ο χρόνος που διατέθηκε ήταν αρκετός.

9.7 Η αξιολόγηση από τους εκπαιδευτικούς της συμπερίληψης στο επιμορφωτικό πρόγραμμα και των τριών προσεγγίσεων διδασκαλίας της φύσης της γνώσης των Φ.Ε.

Η αξιολόγηση αυτή έγινε με δυο τρόπους: α) ζητήθηκε η άποψη των συμμετεχόντων, περισσότερες από μια φορές, κατά τη διάρκεια του προγράμματος για την συμπερίληψη και των τριών προσεγγίσεων και β) ερευνήθηκε η χρήση αυτών κατά τη διδασκαλία (ή τα σχέδια μαθημάτων) τους στους μαθητές, με στόχο να καταγραφεί αν υπάρχει προτίμηση ή αποφυγή σε κάποια από αυτές και σε ποιους λόγους οφείλεται.

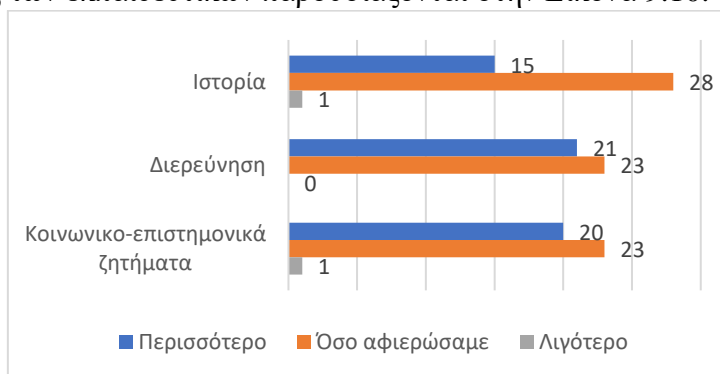
9.7.1 Η άποψη των συμμετεχόντων για την συμπερίληψη στο επιμορφωτικό πρόγραμμα και των τριών προσεγγίσεων και για τη σειρά παρουσίασης αυτών.

Για την καταγραφή αυτών των απόψεων αφενός δόθηκαν τρεις γραπτές ερωτήσεις (μία στο ερωτηματολόγιο της 4^{ης} συνάντησης – 24/05/2018 – και δύο στο ερωτηματολόγιο της 5^{ης} συνάντησης – 13/12/2018) και αφετέρου ήταν ένα ερώτημα των συνεντεύξεων που έγιναν στο τέλος του προγράμματος (Μάιος 2019) με 10 από τους συμμετέχοντες.

1^η Ερώτηση⁸² Στο πρόγραμμα παρουσιάστηκαν τρεις προσεγγίσεις για τη διδασκαλία της φύσης των Φ.Ε. Θεωρείτε ότι θα έπρεπε για κάποια από αυτές να αφιερώσουμε λιγότερο ή περισσότερο χρόνο:

- *Για την Ιστορία των Φ.Ε. (1^ο τρίωρο)*
 Λιγότερο Όσο αφιερώσαμε Περισσότερο Δεν έχω άποψη
- *Για τη διερεύνηση (2^ο τρίωρο)*
 Λιγότερο Όσο αφιερώσαμε Περισσότερο Δεν έχω άποψη
- *Για τα κοινωνικο-επιστημονικά ζητήματα (3^ο τρίωρο)*
 Λιγότερο Όσο αφιερώσαμε Περισσότερο Δεν έχω άποψη

Οι απαντήσεις των εκπαιδευτικών παρουσιάζονται στην Εικόνα 9.10:



Εικόνα 9.10: Απαντήσεις εκπαιδευτικών σχετικά με το χρόνο που κρίνουν πως θα χρειαζόταν να αφιερωθεί σε κάθε προσέγγιση

⁸² Είναι η ερώτηση 7 του ερωτηματολογίου που δόθηκε στην 4^η συνάντηση (24/05/2018, βλέπε ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΣΤ')

Όπως φαίνεται στην Εικόνα 9.10, για όλες τις προσεγγίσεις λίγο περισσότεροι από τους μισούς εκπαιδευτικούς θεωρούν ότι ο χρόνος που αφιερώθηκε σε όλες τις προσεγγίσεις ήταν αρκετός (28/44 για την Ιστορία, 23/44 για τη διερεύνηση και για τα Κοινωνικο-επιστημονικά ζητήματα). Από την άλλη όμως, λίγο λιγότεροι από τους μισούς θα ήθελαν περισσότερο χρόνο, κυρίως για τη διερεύνηση (21/44 άτομα), στη συνέχεια για τα Κοινωνικο-επιστημονικά ζητήματα (20/44) και τελευταία για την Ιστορία (15/44 άτομα). Το τελευταίο σε καμία περίπτωση δεν σημαίνει ότι η Ιστορία δεν τους άρεσε, καθώς πολλοί έχουν αναφέρει, είτε ολόκληρη την προσέγγιση είτε τα ιστορικά πειράματα που τη συνόδευαν, ως τα αγαπημένα τους σημεία του προγράμματος. Ίσως θα μπορούσε να ερμηνευτεί με το ότι η κουλτούρα των εκπαιδευτικών περιλαμβάνει την Ιστορία, οπότε θα τους ενδιέφερε να μάθουν κάτι περισσότερο από τις δυο άλλες προσεγγίσεις. Η «πρωτοκαθεδρία» της διερεύνησης επίσης μπορεί να ερμηνευτεί, καθώς οι εκπαιδευτικοί αναζητάνε διαρκώς πηγές για να την χρησιμοποιήσουν στην τάξη τους – το αναφέρουν εξάλλου και σε προηγούμενες ερωτήσεις. Τέλος, υπάρχει μόνο μία απάντηση για λιγότερο χρόνο στην Ιστορία των Φ.Ε. και μία για τα Κοινωνικο-επιστημονικά ζητήματα (όχι από τον ίδιο εκπαιδευτικό).

Από την ερώτηση δεν θα μπορούσε να εξαχθεί ένα συμπέρασμα για την προτιμώμενη προσέγγιση των εκπαιδευτικών. Προκύπτει όμως ότι όλοι οι εκπαιδευτικοί αποδέχονται την αναγκαιότητα/χρησιμότητα και των τριών προσεγγίσεων μια και κανένας δεν ζητάει να μην υπάρχει κάποια από αυτές. Ακόμη και για λιγότερες ώρες διδασκαλίας αναφέρεται μόνο 1 από τους 44 εκπαιδευτικούς. Σε συνεντεύξεις ή και άτυπες συζητήσεις με τους επιμορφούμενους σχετικά με το αν θεωρούν ότι έχει νόημα να διδαχθούν και οι τρεις προσεγγίσεις πήραμε απαντήσεις τις μορφής «Ναι, γιατί έτσι μπορούν να εφαρμοστούν σε περισσότερα μαθήματα», ή «Ναι, γιατί κάποια μπορεί να ταιριάζει περισσότερο στις γνώσεις κάποιου». Είναι απαντήσεις αντίστοιχες με αυτές που είχαμε πάρει και πριν την έναρξη του προγράμματος. Επτά μήνες αργότερα (Δεκέμβριος 2018) έγινε μια ακόμη απόπειρα να καταγράψουμε αν οι εκπαιδευτικοί επιθυμούσαν α) μια διαφορετική σειρά παρουσίασης των τριών προσεγγίσεων (2^η ερώτηση) και β) ιδιαίτερα να διδαχθεί μια από τις τρεις προσεγγίσεις (3^η ερώτηση).

2^η ερώτηση⁸³: Στο πρόγραμμα επιμόρφωσης παρουσιάστηκαν, με διάρκεια ένα τρίωρο η καθεμία, τρεις προσεγγίσεις της φύσης της γνώσης των Φ.Ε.

1^{ος} μέσω της Ιστορίας των Φ.Ε.

2^{ος} μέσω της επιστημονικής διερεύνησης και

3^{ος} μέσω κοινωνικο-επιστημονικών ζητημάτων

Νομίζετε ότι η σειρά παρουσίασης επηρέασε το ενδιαφέρον σας για το μάθημα; Θα προτιμούσατε κάποια άλλη σειρά παρουσίασης, όπως π.χ. αν είναι ο 1^{ος} τρόπος διδασκαλίας της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. μέσω κοινωνικο-επιστημονικών ζητημάτων; Αιτιολογήστε την απάντησή σας

Στο ερωτηματολόγιο απάντησαν 30 εκπαιδευτικοί. 12 απάντησαν ότι δεν τους επηρέασε η σειρά παρουσίασης των μαθημάτων και ότι βρήκαν τη σειρά ενδιαφέρουσα, χωρίς να δίνουν περισσότερες λεπτομέρειες. 15 εκπαιδευτικοί

⁸³ Είναι η ερώτηση I του ερωτηματολογίου που δόθηκε στην 5^η συνάντηση (13/12/2018, βλέπε Παράρτημα Ζ').

απάντησαν ότι η σειρά ήταν η «σωστή». Με αιτιολογήσεις όπως: α) «η ιστορία είναι πιο οικεία και εύκολη και γίνεται πιο πλήρης η προσέγγιση όλων των πτυχών της [φύσης της γνώσης των Φ.Ε], ...» β) «επηρέασε το ενδιαφέρον μου θετικά διότι η επιλογή αυτή είχε μία λογική σειρά, καθώς η ιστορία δείχνει πώς εξελίχθηκε η επιστημονική γνώση» γ) «η σειρά ήταν σωστή, γιατί αρχικά προκαλείται το ενδιαφέρον [μέσω της Ιστορίας των Φ.Ε.], μετά δημιουργούνται ερωτήματα και δίνονται τρόποι προσέγγισης του προβλήματος [μέσω της διερεύνησης] και τέλος συνδέεται με την καθημερινή ζωή [μέσω των κοινωνικο-επιστημονικών θεμάτων]». δ) «χρονολογικά σωστή και με τρόπο που θα μπορούσε να ελκύσει και τους μαθητές». ε) «με τη συγκεκριμένη σειρά υπήρχε αρχή (ιστορικό αναζήτησης εννοιών), μέση (πειράματα) και τέλος (εφαρμογή στην ανθρώπινη κοινωνία)». στ) «η Ιστορία είναι για τους εκπαιδευτικούς, ώστε να κατανοήσουν την εξέλιξη της σκέψης σε μια θεματική και οι άλλες δύο προσεγγίσεις είναι μέθοδοι εφαρμογής στην τάξη, οι οποίες μπορούν να αναμειχθούν». Τέλος, υποστηρίζοντας μεν τη σειρά διατυπώνοντας όμως επιφυλάξεις για το πόσο εύκολα μπορεί να διδαχθεί η φύση της γνώσης των Φ.Ε., ένας εκπαιδευτικός σχολιάζει «η προσέγγιση αυτή δεν είναι οικεία ούτε στους μαθητές ούτε στους εκπαιδευτικούς, καθώς δεν έχουν συνηθίσει να δουλεύουν με αυτόν τον τρόπο».

Με τη σειρά παρουσίασης διαφωνούν 3 εκπαιδευτικοί. Οι 2 θα ήθελαν να ξεκινήσει η σειρά με τα κοινωνικο-επιστημονικά ζητήματα: Ο ένας «προκειμένου να έχει [ο ίδιος] περισσότερο χρόνο να τα επεξεργαστεί, καθώς έχει μικρή εμπειρία από αυτά» και ο δεύτερος διότι αυτά «παρουσιάζουν μεγαλύτερο ενδιαφέρον για τους μαθητές». Ο τρίτος εκπαιδευτικός θα προτιμούσε να άρχιζε το πρόγραμμα με τη διερεύνηση «γιατί δίνει τη δυνατότητα ενεργοποίησης των μαθητών», ενώ στη συνέχεια θα έβαζε την Ιστορία για σύγκριση με τους παλιούς ερευνητές – επιστήμονες.

Από τις απαντήσεις στην ερώτηση αυτή προκύπτει ότι οι εκπαιδευτικοί συμφωνούν με την σειρά παρουσίασης και μάλιστα παρουσιάζουν ενδιαφέρουσες αιτιολογήσεις, όπως φαίνεται παραπάνω. Σημειώνεται ότι στη συζήτηση που έγινε πολλοί συμφώνησαν στη διατύπωση συναδέλφου τους: «Η σειρά παρουσίασης ήταν εξαιρετική, αφού μέσω της Ιστορίας των Φ.Ε. έμαθαν για τον εαυτό τους, μέσω της διερεύνησης μπορούν να μάθουν οι μαθητές και τέλος, μέσω των κοινωνικο-επιστημονικών ζητημάτων οι μαθητές μπορούν να δουν τα χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. στη ζωή τους».

3^η Ερώτηση⁸⁴: Αν, λόγω χρόνου, αναγκαστικά παρουσιάζαμε μελλοντικά μόνο τη μία από τις τρεις προσεγγίσεις της διδασκαλίας της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. (που αναφέρονται παραπάνω). Ποια θα προτιμούσατε και γιατί;

Απάντησαν 30 εκπαιδευτικοί. 10 απάντησαν ότι η προσέγγιση που προτιμούν είναι μέσω της Ιστορίας, και σχολιάζουν: «Δεν ξέρω καθόλου τις διαμάχες των επιστημόνων, νομίζω ότι μπορώ να εφαρμόσω τη διερεύνηση, ενώ τα κοινωνικο-επιστημονικά θα προκύψουν μέσα από την ιστορία», όπου εννοεί ότι θα ήθελε να ασχοληθεί με την Ιστορία για να μάθει ο ίδιος καλύτερα διδάσκοντας, κάτι που αναφέρεται και από δεύτερο εκπαιδευτικό. Άλλος εκπαιδευτικός αναφέρει ότι μέσω της Ιστορίας των Φ.Ε. «επιτυγχάνεται η απομυθοποίηση και ρεαλιστικότερη

⁸⁴ Είναι η ερώτηση II του ερωτηματολόγιου που δόθηκε στην 5^η συνάντηση (13/12/2018, βλέπε Παράρτημα Ζ'.

προσέγγιση της φύσης της γνώσης των Φ.Ε.», ενώ δυο εκπαιδευτικοί θεωρούν ότι είναι ελκυστική για τους μαθητές, καθώς αναδεικνύει την εξέλιξη της ανθρώπινης σκέψης.

12 εκπαιδευτικοί προτιμούν την προσέγγιση της διερεύνησης, γιατί θεωρούν ότι είναι περισσότερο ενδιαφέρουσα για τους μαθητές, καθώς «τραβάει την προσοχή, δημιουργεί εικόνες και αναμνήσεις», «τα παιδιά μαθαίνουν περισσότερα όταν ανακαλύπτουν μόνα τους», «εξάπτει την περιέργεια και περιέχει τη χαρά της ανακάλυψης, άρα θα παραμείνουν πιο εύκολα οι γνώσεις που αποθηκεύτηκαν», «κινητοποιείται η αντιληπτική ικανότητα των μαθητών», «δίνει περισσότερα ερεθίσματα», «περιλαμβάνει απλά πειράματα που γίνονται στην τάξη» και «προσεγγίζουν το θετικό τρόπο σκέψης».

4 εκπαιδευτικοί επιλέγουν ως προτεινόμενη προσέγγιση τα κοινωνικο-επιστημονικά ζητήματα, αναφέροντας ότι «προσφέρει ποικιλία ιδεών και τρόπων για παρουσίαση κάποιου θέματος», καθώς «σε αυτόν μπορούν να ενσωματωθούν οι άλλοι δύο» και τέλος γιατί «δεν τον γνωρίζω καθόλου και θέλω να μάθω σχετικά».

Τέλος υπάρχουν 4 εκπαιδευτικοί που απαντούν ότι και οι τρεις προσεγγίσεις είναι εξίσου σημαντικές και πως θα πρέπει να παρουσιαστούν γιατί αλληλοσυμπληρώνονται και «ενδείκνυνται για διαφορετικές ενότητες, οπότε είναι σημαντικό να είναι όλες γνωστές». Δύο από τους εκπαιδευτικούς, αν έπρεπε αναγκαστικά να επιλέξουν, θα επέλεγαν τη διερεύνηση, λόγω χρόνου, και τα κοινωνικο-επιστημονικά ζητήματα, γιατί «δείχνει τη σχέση επιστήμης και κοινωνίας, δηλαδή τη χρησιμότητα της επιστήμης». Σημειώνουμε ότι επιμείναμε στην πρόταση: «αν ήταν μια, ποια να ήταν».

Συμπέρασμα: Για την ανάγκη ύπαρξης και των τριών, απάντηση της μορφής: «και οι τρεις προσεγγίσεις είναι εξίσου σημαντικές και πως θα πρέπει να παρουσιαστούν όλες γιατί αλληλοσυμπληρώνονται και μπορούν να εφαρμοστούν σε διαφορετικές ενότητες, δίνοντας έτσι περισσότερες ευκαιρίες για εφαρμογή της διδασκαλίας της φύσης της γνώσης των Φ.Ε.» πήραμε σε άτυπες συζητήσεις και σε συνεντεύξεις στο τέλος του προγράμματος από το σύνολο σχεδόν των εκπαιδευτικών. Για τη σειρά παρουσίασης, και στα ερωτηματολόγια και στις τελικές συνεντεύξεις η πλειοψηφία των επιμορφούμενων συμφωνεί. Βεβαίως υπάρχουν απαντήσεις στις οποίες οι εκπαιδευτικοί προκρίνουν όχι την προσέγγιση που προτιμούν αλλά εκείνη που γνωρίζουν λιγότερο και επιθυμούν να την μάθουν. Από τις απαντήσεις, στην 3^η ερώτηση φαίνεται ως λιγότερο προτιμώμενη προσέγγιση αυτή της διαπραγμάτευσης κοινωνικο-επιστημονικών θεμάτων.

9.7.2 Η χρήση των τριών προσεγγίσεων από τους εκπαιδευτικούς κατά τη διδασκαλία τους

Για να ελεγχθεί το αν υπάρχει μια από τις τρεις προσεγγίσεις που προτιμούν ή αντίστοιχα αποφεύγουν οι εκπαιδευτικοί κατά τη διδασκαλία τους: i) δόθηκαν τρεις γραπτές ερωτήσεις (η III και IV του ερωτηματολογίου της 5^{ης} συνάντησης, Παράρτημα Ζ', και η 2 του ερωτηματολογίου της 6^{ης} συνάντησης, Παράρτημα Η'), ii) ελήφθησαν δεδομένα από τα σχέδια μαθήματος που παρέδωσαν στην 4^η συνάντηση (Μάιος 2018) και από τις παρακολουθήσεις των εκπαιδευτικών από την ερευνήτρια στις τάξεις τους, και iii) ήταν ένα ερώτημα των συνεντεύξεων που έγιναν στο τέλος του προγράμματος (6^η συνάντηση, Μάιος 2019) με 10 από τους συμμετέχοντες. Στη συνέχεια δεν παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των δύο ερωτήσεων του ερωτηματολογίου της 5^{ης}

συνάντησης γιατί δεν έχουν να προσφέρουν κάτι διαφορετικό από τα αποτελέσματα της ερώτησης του ερωτηματολογίου της 6^{ης} συνάντησης.

1^η Ερώτηση⁸⁵: Τρεις προσεγγίσεις που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη διδασκαλία της φύσης της γνώσης των Φ.Ε είναι 1) η Ιστορία των Φ.Ε. 2) η Διερεύνηση και 3) η διαπραγμάτευση Κοινωνικο – επιστημονικών ζητημάτων. Ποια από τις τρεις χρησιμοποιήσατε περισσότερο; Ποια λιγότερο; Χρησιμοποιήσατε κάποιον συνδυασμό αυτών; Αν ναι ποιον κυρίως;

Απάντησαν 30 εκπαιδευτικοί. Ως το προς ποια από τις τρεις προσεγγίσεις χρησιμοποίησαν περισσότερο: 16 εκπαιδευτικοί απάντησαν ότι χρησιμοποίησαν την Ιστορία των Φ.Ε., 14 την Επιστημονική Διερεύνηση, 4 τα κοινωνικο-επιστημονικά ζητήματα και 9 συνδυασμό Ιστορίας των Φ.Ε. και Επιστημονικής Διερεύνησης. Το επιμέρους άθροισμα προκύπτει μεγαλύτερο από το σύνολο των εκπαιδευτικών, καθώς ορισμένοι απάντησαν ότι χρησιμοποίησαν περισσότερες από μια προσεγγίσεις. Στο ερώτημα «ποια από τις τρεις προσεγγίσεις χρησιμοποίησαν λιγότερο» απάντησαν μόνο οι μισοί εκπαιδευτικοί, δηλ.15. Από αυτούς οι 10 αναφέρουν πως αυτή ήταν των κοινωνικο-επιστημονικών ζητημάτων και 5 αναφέρουν ότι ήταν της Ιστορίας των Φ.Ε.. Στον Πίνακα 9.7α παρουσιάζονται συνοπτικά τα παραπάνω αποτελέσματα.

Ιστορία των Φ.Ε.		Διερεύνηση		Κοινωνικο-επιστημονικά θέματα	
Μόνη της	Μαζί με τη μια ή και τις δυο άλλες προσεγγίσεις	Μόνη της	Μαζί με τη μια ή και τις δυο άλλες προσεγγίσεις	Μόνη της	Μαζί με τη μια ή και τις δυο άλλες προσεγγίσεις
16	9	14	9	4	-
Σύνολο 25 (48%)		Σύνολο 23 (44%)		Σύνολο 4 (8%)	

Πίνακας 9.7α: Συχνότητα με την οποία δηλώνουν οι εκπαιδευτικοί ότι χρησιμοποίησαν τις τρεις προσεγγίσεις κατά τη διδασκαλία τους στη σχολική χρονιά 2018-19

Στον Πίνακα 9.7b δείχνεται η συχνότητα χρήσης των τριών προσεγγίσεων από τους εκπαιδευτικούς, όπως προκύπτει από τη μελέτη των σχεδίων μαθήματος που είχαν παραδώσει οι εκπαιδευτικοί στην 4^η συνάντηση (Μάιος 2018), βλέπε Πίνακα 9.2

⁸⁵ Είναι η ερώτηση 2 του ερωτηματολογίου που δόθηκε στην 6^η συνάντηση (16/05/2019, βλέπε Παράρτημα Η'.

Ιστορία των Φ.Ε.		Διερεύνηση		Κοινωνικο-επιστημονικά θέματα	
Μόνη της	Μαζί με τη μια ή και τις δυο άλλες προσεγγίσεις	Μόνη της	Μαζί με τη μια ή και τις δυο άλλες προσεγγίσεις	Μόνη της	Μαζί με τη μια ή και τις δυο άλλες προσεγγίσεις
3	9	13	7	4	3
Σύνολο 12 (31%)		Σύνολο 20 (51%)		Σύνολο 7 (18%)	

Πίνακας 9.7b: Συχνότητα χρήσης των τριών προσεγγίσεων από τους εκπαιδευτικούς, όπως προκύπτει από τη μελέτη των σχεδίων μαθήματος που παρέδωσαν τον Μάιο του 2018

Στον Πίνακα 9.7c δείχνεται η συχνότητα χρήσης των τριών προσεγγίσεων από τους 9 εκπαιδευτικούς που παρακολούθησε η ερευνήτρια στην τάξη κατά τη διάρκεια του σχολικού έτους 2018-19.

Ιστορία των Φ.Ε.		Διερεύνηση		Κοινωνικο-επιστημονικά θέματα	
Μόνη της	Μαζί με τη μια ή και τις δυο άλλες προσεγγίσεις	Μόνη της	Μαζί με τη μια ή και τις δυο άλλες προσεγγίσεις	Μόνη της	Μαζί με τη μια ή και τις δυο άλλες προσεγγίσεις
14	14	46	12	9	6
Σύνολο 28 (28%)		Σύνολο 58 (57%)		Σύνολο 15 (15%)	

Πίνακας 9.7c: Συχνότητα χρήσης των τριών προσεγγίσεων από τους 9 εκπαιδευτικούς που παρακολούθησε η ερευνήτρια

Από τους Πίνακες 9.7a και 9.7b προκύπτει μια περίπου ίση προτίμηση στις δυο πρώτες προσεγγίσεις με την προσέγγιση μέσω της ιστορίας να προηγείται, όχι βέβαια στατιστικά, στον πρώτο πίνακα και την προσέγγιση μέσω της διερεύνησης να προηγείται στο δεύτερο. Η προσέγγιση της διδασκαλίας της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. μέσω της διαπραγμάτευσης κοινωνικο-επιστημονικών προβλημάτων παραμένει σταθερά τρίτη. Στον Πίνακα μάλιστα 9.7a, όπου οι εκπαιδευτικοί κάνουν απολογισμό του τι έκαναν διαφέρει και στατιστικά από τις δυο άλλες προσεγγίσεις – κάτι που δεν συμβαίνει στον Πίνακα 9.7b, όπου περιγράφουν τι σκοπεύουν να κάνουν. Στον Πίνακα 9.7c, όπου καταγράφεται τι έκαναν οι 9 εκπαιδευτικοί που παρακολούθησε η ερευνήτρια, η προσέγγιση μέσω της διερεύνησης υπερिशχύει, και στατιστικά. Πολύ πιθανό η παρουσία της ερευνήτριας και οι σχεδιασμένες παρακολουθήσεις να ώθησαν τους εκπαιδευτικούς να χρησιμοποιήσουν περισσότερο το εργαστήριο.

Η προσέγγιση που σταθερά φαίνεται να χρησιμοποιείται λιγότερο από όλες είναι μέσω των κοινωνικο-επιστημονικών θεμάτων. Στις συνεντεύξεις που πήραμε από τους 10 εκπαιδευτικούς στο τέλος του προγράμματος πήραμε απαντήσεις όπως 1) δεν την χρησιμοποιώ (συχνά) γιατί απαιτεί περισσότερο χρόνο για την εφαρμογή της. 2) την γνωρίζω λιγότερο από τις άλλες και 3) δεν ταιριάζει τόσο συχνά όσο οι άλλες με την ύλη. Σημειώνουμε ότι οι Χημικοί και οι Βιολόγοι είναι πιο θετικά διακείμενοι από ότι οι Φυσικοί προς την προσέγγιση αυτή. Ίσως ένας ακόμη λόγος να είναι η σύσταση του πληθυσμού των επιμορφούμενων, που ήταν στην πλειοψηφία τους Φυσικοί.

9.7.3 Συμπεράσματα

Οι εκπαιδευτικοί δείχνουν μια ελαφρά προτίμηση στη Διερεύνηση, ακολουθεί η Ιστορία και σε απόσταση τα κοινωνικο-επιστημονικά ζητήματα. Για τις παρακολουθήσεις πιθανολογούμε ότι οι εκπαιδευτικοί θεώρησαν ευκολότερο να εντάξουν τη φύση της γνώσης των Φ.Ε. στα εργαστήρια, όπου ούτως ή άλλως αυτοί σχεδιάζουν τα μαθήματα. Επίσης, πρόκειται για το κομμάτι που δεν αξιολογούν σε γραπτές εξετάσεις, επομένως δεν θα αντιμετώπιζαν αντιφάσεις με τους γονείς και τους συναδέλφους. Επιπλέον, άλλοι θεώρησαν ότι με τη διερεύνηση ενεργοποιούν τους μαθητές ώστε να προσέχουν στο μάθημα. Πάντως, φαίνεται ότι οι εκπαιδευτικοί επιλέγουν αυτό που ανήκει στη ζώνη άνεσής τους και μπορούν να το διαχειριστούν. Τα κοινωνικο-επιστημονικά ζητήματα ανήκουν στη ζώνη επικείμενης ανάπτυξης, όπου ορισμένοι μόνο εκπαιδευτικοί μπορούν να αγγίξουν.

9.8 Συμπεράσματα

Από όλα τα παραπάνω φαίνεται ότι οι επιμορφούμενοι εκπαιδευτικοί αντιλήφθηκαν τη σπουδαιότητα της ενσωμάτωσης της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. στη διδασκαλία, βρίσκοντας το πρόγραμμα επιμόρφωσης χρήσιμο και ενδιαφέρον. Η γνώση τους πάνω στα χαρακτηριστικά βελτιώθηκε, για τα τρία από αυτά (X3, X4 και X7) η βελτίωση ήταν στατιστικά σημαντική και για τα υπόλοιπα 4 βελτιώθηκε αλλά όχι στατιστικά σημαντικά γιατί ήταν ήδη σε υψηλό επίπεδο. Στάθηκαν ικανοί να οργανώσουν ένα σχέδιο μαθήματος, και οι διδασκαλίες τους από τις παρακολουθήσεις στην τάξη εν γένει κρίνονται επιτυχημένες. Η προσέγγιση που χρησιμοποίησε η πλειοψηφία των εκπαιδευτικών ήταν η διερεύνηση και η διερεύνηση σε συνδυασμό με την Ιστορία των Φ.Ε..

Από τα παραπάνω φαίνεται ότι η διδασκαλία της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. είναι δυνατή στο υπάρχον πρόγραμμα σπουδών, αρκεί ο εκπαιδευτικός να θέλει να στρέψει το μάθημα προς αυτή την κατεύθυνση. Οι εκπαιδευτικοί κατά πλειοψηφία αποφάσισαν να προσθέσουν τα χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. σε αυτά που ήδη κάνουν, ώστε να προσεγγίζουν σταδιακά τη ζώνη επικείμενης ανάπτυξής τους. Λεπτομερέστερα στο επόμενο κεφάλαιο.

9.9 Ανακεφαλαίωση

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάστηκε η αξιολόγηση του προγράμματος επιμόρφωσης. Για κάθε ένα από τα υποερωτήματα του 2^{ου} και 3^{ου} ερευνητικού ερωτήματος παρουσιάστηκαν αναλυτικά τα εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν για τη συλλογή δεδομένων, τα δεδομένα, η ανάλυση τους και τα αντίστοιχα συμπεράσματα.

Κεφάλαιο 10ο:

Συμπεράσματα

10.1 Εισαγωγή

Αντικείμενο της παρούσας διατριβής ήταν η αποτίμηση της κατάστασης στην Ελλάδα και η μελέτη της εισαγωγής της διδασκαλίας της φύσης της γνώσης των Φυσικών Επιστημών στη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση.

Ειδικότερα, η διατριβή είχε στόχο να απαντήσει στα ακόλουθα ερευνητικά ερωτήματα:

Ερευνητικό ερώτημα 1: Ποια είναι η κατάσταση που επικρατεί στην Ελλάδα σε σχέση με τη διδασκαλία της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. στη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση αφενός ως προς το εκπαιδευτικό υλικό, και πιο συγκεκριμένα αν περιλαμβάνεται στα προγράμματα σπουδών και στα σχολικά βιβλία και αφετέρου ως προς το έμψυχο δυναμικό, δηλαδή αν οι εκπαιδευτικοί τα γνωρίζουν, και αν ναι, αν τα διδάσκουν και αν οι απόφοιτοι της Δευτεροβάθμιας τα γνωρίζουν;

Ερευνητικό ερώτημα 2: Μπορούν οι Έλληνες εκπαιδευτικοί να εκπαιδευτούν, μέσα από ένα επιμορφωτικό πρόγραμμα το οποίο οργανώνεται λαμβάνοντας υπόψη τη διεθνή βιβλιογραφία και τα πολιτισμικά τους χαρακτηριστικά, ώστε να μάθουν τα χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε., να σχεδιάσουν ένα μάθημα που να περιλαμβάνει τα χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. στο υπάρχον πρόγραμμα σπουδών και με τα υπάρχοντα βιβλία, και να διδάξουν αποτελεσματικά τα χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. στο υπάρχον πρόγραμμα σπουδών;

Ερευνητικό ερώτημα 3: Στη βιβλιογραφία παρουσιάζονται τρεις προσεγγίσεις για τη διδασκαλία της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. εντός γνωστικού πλαισίου. Αυτές είναι περιστατικά από την Ιστορία των Φ.Ε., δραστηριότητες Επιστημονικής Διερεύνησης και σύγχρονα Κοινωνικο-επιστημονικά Ζητήματα. Είναι η πρώτη φορά παγκόσμια που παρουσιάζονται σε επιμορφωτικό πρόγραμμα και οι τρεις προσεγγίσεις, οπότε το ερώτημα διαμορφώνεται ως εξής: Ποιες είναι οι απόψεις των εκπαιδευτικών σχετικά με το αν θεωρούν αναγκαία τη γνώση και των τριών, η σειρά παρουσιάσής τους είχε κάποια σημασία/επίδραση σε αυτούς, θεωρούν μία από τις τρεις ως καταλληλότερη για διδασκαλία και επομένως την χρησιμοποιούν περισσότερο και γενικότερα βρήκαν το πρόγραμμα ενδιαφέρον και χρήσιμο;

Ερευνητικό ερώτημα 4: Ποια είναι η συμβολή της χρήσης του κύκλου της επεκτατικής μάθησης στο σχεδιασμό και την υλοποίηση του επιμορφωτικού προγράμματος για τη διδασκαλία της φύσης της γνώσης των Φ.Ε.;

Στο κεφάλαιο αυτό απαντώνται τα ερευνητικά ερωτήματα εξάγονται και παρουσιάζονται τα συμπεράσματα της έρευνας. Αρχικά, γίνεται σχολιασμός των αποτελεσμάτων ανά ερευνητικό ερώτημα, ερμηνεία τους με βάση το θεωρητικό πλαίσιο και τη βιβλιογραφική ανασκόπηση και αναφέρονται οι συνέπειες των ευρημάτων της διατριβής τόσο στο πεδίο της έρευνας όσο και στο πεδίο της διδασκαλίας (βλ. ενότητα 10.2). Το κεφάλαιο κλείνει με αναφορά στους περιορισμούς της έρευνας (βλ. ενότητα 10.3) και προτάσεις για περαιτέρω έρευνα (βλ. ενότητα 10.4).

10.2 Συζήτηση αποτελεσμάτων

10.2.1 Συζήτηση των αποτελεσμάτων που αφορούν στο πρώτο ερευνητικό ερώτημα

Το πρώτο ερευνητικό ερώτημα αφορά στην κατάσταση που επικρατεί στην ελληνική Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση σχετικά με τη διδασκαλία της φύσης της γνώσης των Φ.Ε., η ακριβής του διατύπωση ήταν: «Ποια είναι η κατάσταση που επικρατεί στην Ελλάδα σε

σχέση με τη διδασκαλία της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. στη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση α) ως προς το εκπαιδευτικό υλικό, και ποιο συγκεκριμένα αν: περιλαμβάνεται στα προγράμματα σπουδών και στα σχολικά βιβλία και β) ως προς το έμφυχο δυναμικό, δηλαδή αν οι εκπαιδευτικοί τα γνωρίζουν, και αν ναι, αν τα διδάσκουν και αν οι απόφοιτοι της Δευτεροβάθμιας τα γνωρίζουν». Η έρευνα για την απάντηση του παρουσιάζεται στο 6^ο Κεφάλαιο.

Όσον αφορά στο εκπαιδευτικό υλικό, από την ερευνά μας προκύπτει ότι στο Πρόγραμμα Σπουδών δεν περιλαμβάνεται ούτε η έννοια «φύση της γνώσης των Φ.Ε.» ή άλλη παρόμοια, ούτε αναφορά σε χαρακτηριστικά της. Όμως, για τον εκπαιδευτικό που γνωρίζει τα χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. και επιθυμεί να τα ενσωματώσει στη διδασκαλία του, δίνονται πολλές αφορμές από την περιεχόμενη ύλη να τα διαπραγματευτεί. Το ίδιο ισχύει και για τα βιβλία, με την πλειοψηφία του υλικού που δίνει ευκαιρίες για πραγμάτευση των χαρακτηριστικών της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. να περιλαμβάνονται στην εισαγωγή και στα παραρτήματα, τα οποία είναι εκτός εξεταστέας ύλης και συνήθως δεν διδάσκονται. Το θετικό και εδώ είναι ότι αν οι εκπαιδευτικοί γνωρίζουν τα χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. θα μπορούσαν να πάρουν, από τα αναγραφόμενα στα βιβλία, αφορμή να τα διδάξουν. Τέλος τα βιβλία δεν περιέχουν έργα για την αξιολόγηση γνώσεων που σχετίζονται με τη φύση της γνώσης των Φ.Ε.. Με τα αποτελέσματά μας για τα σχολικά βιβλία, συμφωνεί η διεθνής βιβλιογραφία (Abd-El-Khalick & McDonald, 2016; Abd-El-Khalick et al, 2017) από την οποία προκύπτει ότι η φύση της γνώσης των Φ.Ε. δεν αντιμετωπίζεται ως ισάξια με το γνωστικό περιεχόμενο. Σχετικά με τη συμπερίληψη της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. στα Προγράμματα Σπουδών, παρόλο που από τους ερευνητές έχει τεθεί από παλιά, μόνο πρόσφατα υπάρχουν ορισμένες χώρες που εντάχθηκε επίσημα, π.χ. ΗΠΑ (2013) και Νέα Ζηλανδία (2014), οπότε και δεν προκαλεί εντύπωση ότι το ελληνικό πρόγραμμα σπουδών δεν τα περιλαμβάνει, ιδίως όταν τα Προγράμματα Σπουδών του Γυμνασίου (εκτός από αυτό της Α΄ Γυμνασίου) χρονολογούνται από το 2003 και των Λυκείων από το 1999.

Σχετικά με το εκπαιδευτικό δυναμικό, από τη βιβλιογραφία προκύπτει ότι τόσο οι εκπαιδευτικοί όσο και οι μαθητές έχουν κυρίως απλοϊκές απόψεις για τα περισσότερα χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. (Lederman & Lederman, 2014; Lederman, 2007). Η δική μας έρευνα συμφωνεί με τις διεθνείς όσον αφορά τις απόψεις των μαθητών, όμως στους εκπαιδευτικούς παρατηρείται μια απόκλιση γνώσεων προς τα πάνω. Σημειώνεται ότι βέβαια ουσιαστική σύγκριση των Ελλήνων εκπαιδευτικών με τα αναφερόμενα στη διεθνή βιβλιογραφία δεν μπορεί να γίνει, κυρίως διότι οι εκπαιδευτικοί που συμμετείχαν στην έρευνα μας είναι αυτοί που δήλωσαν συμμετοχή στο πρόγραμμα επιμόρφωσης. Αυτοί, όπως αιτιολογείται στο 6^ο Κεφάλαιο, δεν αντιπροσωπεύουν το μέσο όρο εκπαιδευτικών Φ.Ε., επομένως τα αποτελέσματα δεν μπορούν να γενικευτούν για το γενικό πληθυσμό. Σημειώνεται ότι τόσο στις συνεντεύξεις όσο και σε συζητήσεις κατά τις συναντήσεις μας, όλοι (εκτός από δύο που είχαν ανάλογες σπουδές) είπαν ότι δεν γνώριζαν οργανωμένα τα χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε., αλλά οι γνώσεις προέκυψαν από δική τους μελέτη και συμπεράσματα. Η εικόνα που μας έδωσαν οι σύμβουλοι για το γενικότερο πληθυσμό των εκπαιδευτικών Φ.Ε. είναι σε επίπεδο παρόμοιο με αυτό που περιγράφεται στη διεθνή βιβλιογραφία.

Τέλος τόσο από τις συνεντεύξεις με τους σχολικούς συμβούλους όσο και με τους μαθητές, προκύπτει ότι η φύση των Φ.Ε. δεν διδάσκεται στις τάξεις, Ακόμη και οι εκπαιδευτικοί που μας είπαν ότι κάτι διδάσκουν δεν το αξιολογούν, αξιολογούν αποκλειστικά γνωστικό περιεχόμενο.

Από τα παραπάνω προκύπτει ότι η ελληνική πραγματικότητα όσον αφορά τη διδασκαλία της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. δεν διαφέρει ουσιαστικά από όσα ισχύουν σε άλλες χώρες. Η διαφορά βρίσκεται ότι σε πολλές άλλες χώρες καταγράφεται από την Πολιτεία προσπάθεια για την ενσωμάτωση της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. στη διδασκαλία των Φ.Ε. (π.χ. Lederman et al, 2012; Leden et al, 2013; Yacoubian, 2018; Neumann et al, 2020), κάτι που δεν φαίνεται ακόμα στη χώρα μας.

Θεωρούμε ότι η απάντηση σε αυτό το ερευνητικό ερώτημα μπορεί με την καταγραφή της κατάστασης που υπάρχει στην Ελλάδα να συμβάλει στη βελτίωση της εκπαίδευσης, υποδεικνύοντας τεκμηριωμένα στους αρμόδιους τις σχετικές ελλείψεις σε σχέση με τα σύγχρονα ρεύματα στην εκπαίδευση στις Φ.Ε. Στη διεθνή έρευνα η συνεισφορά μας είναι η καταγραφή της κατάστασης σε μια χώρα για την οποία δεν υπήρχαν δεδομένα. Το θέμα συνεχίζει να είναι επίκαιρο, καθώς έχουμε την δημοσίευση αντίστοιχων πρόσφατων ερευνών, όπως για παράδειγμα των BouJaoude & Santourian (2012) για το Λίβανο, των Dogan & Abd-El-Khalick (2008) για την Τουρκία, των Leden et al (2015) για τη Σουηδία και των Thye & Kwen (2004) για τη Σιγκαπούρη.

Μια ακόμα συμβολή είναι η συνολική μεθοδολογία διερεύνησης του ερωτήματος. Συγκεκριμένα, μελετήθηκαν όλες οι παράμετροι της εκπαίδευσης, από το γενικό προς το ειδικό, τόσο από το εκπαιδευτικό υλικό (πρόγραμμα σπουδών, σχολικά εγχειρίδια), όσο και το εκπαιδευτικό δυναμικό (εκπαιδευτικοί, μαθητές, σχολικοί σύμβουλοι) με διερεύνηση πολλών παραμέτρων, όπως π.χ. για τους εκπαιδευτικούς αν γνωρίζουν τα χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε., αν τα εντάσσουν στη διδασκαλία τους και αν τα αξιολογούν. Έγιναν επίσης δυο τριγωνοποιήσεις, δεδομένων και ερευνητών. Η μεθοδολογία θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί από άλλους ερευνητές για μελέτη παρόμοιας θεματολογίας.

10.2.2 Συζήτηση των αποτελεσμάτων που αφορούν στο δεύτερο ερευνητικό ερώτημα

Το δεύτερο ερευνητικό ερώτημα πραγματεύεται στις παραγράφους 9.3 έως και 9.5. Η ακριβής του διατύπωση ήταν: *«Μπορούν οι Έλληνες εκπαιδευτικοί να εκπαιδευτούν, μέσα από ένα επιμορφωτικό πρόγραμμα το οποίο οργανώνεται λαμβάνοντας υπόψη τη διεθνή βιβλιογραφία και τα πολιτισμικά τους χαρακτηριστικά, ώστε: α) να μάθουν τα χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης Φ.Ε. β) να σχεδιάσουν ένα μάθημα που να περιλαμβάνει τα χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. στο υπάρχον πρόγραμμα σπουδών και με τα υπάρχοντα βιβλία, και γ) να διδάξουν αποτελεσματικά τα χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. στο υπάρχον πρόγραμμα σπουδών».*

Σχετικά με το πρώτο υπο-ερώτημα, από την επεξεργασία των απαντήσεων των εκπαιδευτικών προκύπτει ότι υπάρχει, μεταξύ των απαντήσεών τους πριν και μετά το πρόγραμμα, με στατιστικά σημαντική διαφορά, βελτίωση γνώσεων, στο δημιουργικό χαρακτηριστικό (X3), στο υποκειμενικό (X4) και στη διαφορά νόμου – θεωρίας (X7). Στη γνώση των άλλων χαρακτηριστικών υπάρχει βελτίωση της τάξης του 10% η οποία όμως δεν είναι στατιστικά σημαντική, αλλά αυτό οφείλεται στο ότι αυτά τα χαρακτηριστικά ήταν ήδη γνωστά στους επιμορφούμενους εκπαιδευτικούς. Επιπλέον,

σημαντικό για όλα τα χαρακτηριστικά είναι ότι έχει αυξηθεί ο αριθμός των ιδιαίτερα εμπειριστατωμένων (I+) απαντήσεων, δηλαδή οι εκπαιδευτικοί δίνουν τεκμηριωμένες απαντήσεις χρησιμοποιώντας επιπλέον παραδείγματα και πλουσιότερο/βελτιωμένο λεξιλόγιο. Η βελτίωση αυτή είναι αναμενόμενη από τη βιβλιογραφία (Lederman & Lederman, 2014), καθώς η τυχόν αποτυχία στη βελτίωση των γνώσεων θα σήμαινε αποτυχία του προγράμματος επιμόρφωσης (Akerson & Hanuskin, 2007; Lederman et al, 2012; Bell & Maeng, 2013).

Σχετικά με το δεύτερο υπο-ερώτημα, 30 από τους 49 εκπαιδευτικούς (61%) παρέδωσαν σχέδια μαθήματος, εκ των οποίων το 73% κρίνεται επιτυχημένο. Το ποσοστό είναι ικανοποιητικό, αλλά είναι μικρό (45%) στο σύνολο των επιμορφούμενων. Κρίνουμε ότι ο εθελοντικός χαρακτήρας της εργασίας και κυρίως η εποχή που ζητήθηκε από τους εκπαιδευτικούς να γίνει, στο τέλος της σχολικής χρονιάς όπου οι υποχρεώσεις των εκπαιδευτικών είναι ιδιαίτερα αυξημένες, ήταν ο λόγος που δεν παρέδωσαν εργασίες πολλοί από τους υπόλοιπους εκπαιδευτικούς. Η αξία της εργασίας συζητήθηκε και στην παράγραφο 8.4.4.2, και είναι συμβατή με τις Αρχές της Εκπαίδευσης Ενηλίκων (Κόκκου, 2005), όπου ο ενήλικος εκπαιδευόμενος εφαρμόζει άμεσα τη νέα γνώση. Ιδιαίτερα για το σαφή και αναστοχαστικό τρόπο, όπως αναφέρεται στη βιβλιογραφία (Akerson & Hanuskin, 2007; Akerson et al, 2009; Lederman et al, 2012), οι εκπαιδευτικοί συχνά δεν αντιλαμβάνονται ότι δεν διδάσκουν τα χαρακτηριστικά με την απαιτούμενη σαφήνεια, παρά μόνο αν τους επισημανθεί από συναδέλφους τους ή παρατηρήσουν τον εαυτό τους σε βιντεοσκοπημένη διδασκαλία. Υπενθυμίζεται ότι κατά τις παρουσιάσεις της 4^{ης} συνάντησης αυτό συνέβη δύο φορές, με τις εκπαιδευτικούς να διορθώνουν το σχέδιο μαθήματος που τελικά παρέδωσαν. Ενδιαφέρουσες είναι οι επιλογές των μαθημάτων και των κεφαλαίων, που βοήθησαν την ερευνήτρια να εξάγει συμπεράσματα για τον τρόπο που οι εν-ενεργεία εκπαιδευτικοί αντιμετώπισαν τη νέα γνώση, το νέο σύστημα δραστηριότητας, πώς βρίσκουν λύσεις στο πώς να διδαχθεί η φύση της γνώσης των Φ.Ε. με το υπάρχον πρόγραμμα σπουδών και τα υπάρχοντα βιβλία. Από αυτό εξάλλου αναδεικνύεται η αξία της επεκτατικής μάθησης τόσο για τον εκπαιδευτή όσο και για τους εκπαιδευόμενους.

Σχετικά με το τρίτο υπο-ερώτημα, έγιναν 85 παρακολουθήσεις διδασκαλιών σε 112 διδακτικές ώρες. Το αποτέλεσμα από την πλειοψηφία των παρακολουθήσεων κρίνεται ικανοποιητικό. Παρατηρήθηκε ότι οι μαθητές κινητοποιούνται και ενδιαφέρονται για το μάθημα. Ιδιαίτερα η ενεργοποίηση των θεωρούμενων «κακών μαθητών» (σύμφωνα με την ενημέρωση που μας έκανε ο εκπαιδευτικός) ήταν έντονη. Αυτό δείχνει ότι η πρωτογενής αντίφαση (την οποία ένοιωθαν οι εκπαιδευτικοί βλέποντας ότι κάνοντας το «κλασικό» μάθημα στην τάξη πολλοί μαθητές τους δεν συμμετείχαν) η οποία οδήγησε τους εκπαιδευτικούς στην παρακολούθηση του προγράμματος επιμόρφωσης, μπορεί να αντιμετωπισθεί με τη διδασκαλία της φύσης της γνώσης των Φ.Ε.. Οι εκπαιδευτικοί επίσης είπαν στην ερευνήτρια ότι οι μαθητές ανέπτυξαν την παρατηρητικότητα και την ικανότητα επιχειρηματολογίας τους. Τελικά δηλ., η ερευνήτρια διαπίστωσε, από τις παρακολουθήσεις και τις συζητήσεις με τους εκπαιδευτικούς, την επιβεβαίωση των επιχειρημάτων που αναφέρονται στη βιβλιογραφία για την αξία της διδασκαλίας της φύσης της γνώσης των Φ.Ε., βλ. παράγραφο 4.2.1 (Lederman et al, 2014; Allchin et al, 2014; Erduran & Dagher, 2014;

Osborne et al, 2003; Clough, 2017; Matthews, 2015, Bell, 2006, σελ. 429; Driver, Leach, Millar & Scott, 1996).

Σε σχέση με τον τρόπο ενσωμάτωσης της φύσης της γνώσης των Φ.Ε., οι εκπαιδευτικοί που δίδαξαν ανέφεραν ως πρόβλημα την απαίτηση δημιουργίας νέων σχεδίων μαθήματος (ήταν μια από τις δευτερογενείς αντιφάσεις που είχαν διατυπώσει από την αρχή), το οποίο επιβάλλει περιορισμένο αριθμό μαθημάτων τη πρώτη χρονιά, όμως στη συνέχεια αυτά θα ήταν έτοιμα για την επόμενη χρονιά και θα συμπληρώνονταν με άλλα, όπως σχολίασαν στο τέλος του προγράμματος οι εκπαιδευτικοί. Έτσι, και η δευτερογενής αυτή αντίφαση φαίνεται να ξεπερνιέται. Δεν συνάντησαν αντίδραση μαθητών ή γονέων (η άλλη τους δευτερογενής αντίφαση), ίσως λόγω του τρόπου που το παρουσίασαν και με το να αποφύγουν τη διδασκαλία της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. στη Γ' Λυκείου. Η μικρή διάρκεια της διδακτικής ώρας που έθεσαν ως πρόβλημα αποτελεί ούτως ή άλλως ζήτημα, στο οποίο καλούνται πάντα να προσαρμοστούν ή να βρουν λύσεις μέσα στα σχολεία τους. Τέλος, ένα ακόμα πρόβλημα που εντόπισαν ήταν ο απαραίτητος χρόνος εκπαίδευσης και προσαρμογής των μαθητών σε ένα διαφορετικό τρόπο διδασκαλίας του μαθήματος. Όμως, η λύση υπάρχει με το να αρχίσει η εκπαίδευση των μαθητών από τα πρώτα χρόνια των σπουδών τους στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση. Επομένως, σε όλες τις αντιφάσεις των εκπαιδευτικών φάνηκε να υπάρχει κάποια λύση που εξέλιξε το σύστημα δραστηριότητας.

Ιδιαίτερα για τις μελέτες περίπτωσης, πέρα από τα παραπάνω συμπεράσματα (εξάλλου ήταν από τις παρακολουθήσεις με τις περισσότερες ώρες), προέκυψε όπως ήταν και αναμενόμενο ότι όσο περισσότερα μαθήματα κάνει ένας εκπαιδευτικός, τόσο πιο έμπειρος γίνεται και μπορεί να διεξάγει μαθήματα σε μεγαλύτερο εύρος και βάθος. Μάλιστα, και στις τρεις μελέτες περίπτωσης στα τελευταία τους μαθήματα οι εκπαιδευτικοί διεξήγαγαν μαθήματα με προσεγγίσεις που δεν αισθάνονταν αυτοπεποίθηση νωρίτερα (η επιστημονική διερεύνηση για την πρώτη περίπτωση και τα κοινωνικο-επιστημονικά ζητήματα στις άλλες δύο), ενώ με την πάροδο των μαθημάτων πρόσθεταν περισσότερα χαρακτηριστικά στη διδασκαλία τους. Αυτό σημαίνει ότι αν κάποια στιγμή η Πολιτεία αποφασίσει την εισαγωγή της διδασκαλίας της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. θα είναι σημαντικό πέρα από τα αρχικά σεμινάρια και η στήριξη των εκπαιδευτικών στα πρώτα τουλάχιστον χρόνια της προσπάθειας.

Θεωρούμε ότι η απάντηση σε αυτό το ερευνητικό ερώτημα αναδεικνύει το επιμορφωτικό μας πρόγραμμα ως παραγωγικό εργαλείο για την επιμόρφωση των εκπαιδευτικών στη διδασκαλία της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. και όχι μόνο για τη χώρα μας. Το πρόγραμμα επιμόρφωσης, με ορισμένες βελτιώσεις (βλ. παράγραφο 10.4.2), θα μπορούσε να υποβληθεί στους αρμόδιους για επιμόρφωση των εκπαιδευτικών, αν αποφασιστεί να ενσωματωθεί η διδασκαλία της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. στο Πρόγραμμα Σπουδών.

Επίσης, για το πρόγραμμα επιμόρφωσης δημιουργήθηκε πρωτότυπο εκπαιδευτικό υλικό, όπως π.χ. η διδασκαλία της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. μέσω της Ιστορίας της πίεσης (Koumara, 2019), η δραστηριότητα Μαύρου Κουτιού της 2^{ης} συνάντησης (Koumará & Πλακίτση, 2018) και μια δραστηριότητα διερεύνησης (Pierratos & Koumara, 2020) που έχουν ήδη δημοσιευτεί και η δραστηριότητα Μαύρου Κουτιού της 6^{ης} συνάντησης που έχει υποβληθεί για δημοσίευση. Αντίστοιχα, τα σχέδια μαθήματος των εκπαιδευτικών, με την ανάλογη επιμέλεια και την άδεια των

συγγραφέων τους θα μπορούσαν να αποτελέσουν ένα αποθετήριο για χρήση από συναδέλφους εκπαιδευτικούς. Ομοίως για τα βιντεοσκοπημένα μαθήματα της 5^{ης} συνάντησης που σχεδιάσαμε εμείς.

10.2.3 Συζήτηση των αποτελεσμάτων που αφορούν στο τρίτο ερευνητικό ερώτημα

Το τρίτο ερευνητικό ερώτημα πραγματεύεται στις παραγράφους 9.6 και 9.7. Η ακριβής του διατύπωση ήταν: *«Στη βιβλιογραφία παρουσιάζονται τρεις προσεγγίσεις για τη διδασκαλία της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. εντός γνωστικού πλαισίου. Αυτές είναι α) περιστατικά από την Ιστορία των Φ.Ε., β) δραστηριότητες Επιστημονικής Διερεύνησης και γ) σύγχρονα Κοινωνικο-επιστημονικά Ζητήματα. Επειδή, από όσο γνωρίζουμε, πρώτη φορά παγκόσμια παρουσιάζονται σε επιμορφωτικό πρόγραμμα και οι τρεις προσεγγίσεις, θεωρήθηκε σκόπιμο να αξιολογηθεί αν οι εκπαιδευτικοί θεωρούν: α) αναγκαία τη γνώση και των τριών, β) αν η σειρά παρουσίασής τους είχε κάποια σημασία/επίδραση σε αυτούς, γ) μία από τις τρεις ως καταλληλότερη για διδασκαλία και επομένως την χρησιμοποιούν περισσότερο και δ) γενικότερα αν οι επιμορφούμενοι βρήκαν το πρόγραμμα ενδιαφέρον και χρήσιμο».*

Για το πρώτο υπο-ερώτημα, όλοι οι εκπαιδευτικοί θεωρούν απαραίτητη τη γνώση και των τριών προσεγγίσεων. Από τις απαντήσεις τους στο ερωτηματολόγιο της 4^{ης} συνάντησης (Μάιος 2018) προκύπτει ότι αποδέχονται την αναγκαιότητα/χρησιμότητα και των τριών προσεγγίσεων μιας και κανένας δεν απορρίπτει, ζητώντας να μην συμπεριληφθεί, κάποια από αυτές. Επίσης δείχνουν ενδιαφέρον να μάθουν περισσότερα για την/τις προσεγγίσεις που δεν γνωρίζουν. Αυτό είναι σημαντικό αποτέλεσμα για την έρευνα, καθώς είναι η πρώτη φορά παγκόσμια που σε ένα πρόγραμμα επιμόρφωσης χρησιμοποιούνται και οι τρεις προσεγγίσεις.

Οκτώ μήνες αργότερα (Δεκέμβριος 2018, 5^η συνάντηση) οι εκπαιδευτικοί ρωτήθηκαν για τη χρησιμότητα παρουσίασης και των τριών προσεγγίσεων καθώς και για τη σειρά παρουσίασης. Όλοι απάντησαν πως θεωρούν σωστό και χρήσιμο να υπάρχουν και οι τρεις προσεγγίσεις. Σε σχέση με τη σειρά παρουσίασης, οι μισοί απάντησαν ότι δεν επηρεάστηκαν από τη σειρά, σχεδόν οι άλλοι μισοί ότι η σειρά ήταν η σωστή, ενώ το 1/10 των εκπαιδευτικών απάντησε ότι θα προτιμούσε άλλη σειρά, κυρίως όμως έδιναν προτεραιότητα στις προσεγγίσεις που δεν ήξεραν και όχι γιατί έκριναν ότι κάποια ήταν περιττή. Στη συζήτηση που ακολούθησε τη συμπλήρωση του ερωτηματολογίου, οι περισσότεροι εκπαιδευτικοί συμφώνησαν με τη διατύπωση συναδέλφου τους, ότι «η σειρά παρουσίασης ήταν εξαιρετική, αφού μέσω της Ιστορίας των Φ.Ε. μάθαμε εμείς, μέσω της διερεύνησης μπορούν να μάθουν οι μαθητές και τέλος, μέσω των κοινωνικο-επιστημονικών ζητημάτων οι μαθητές μπορούν να δουν τα χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. στη ζωή τους».

Στα σχέδια μαθήματος και στις παρακολουθήσεις μαθημάτων που έγιναν από την ερευνήτρια καταγράφεται μια προτίμηση στην Επιστημονική Διερεύνηση, η οποία μάλιστα στις παρακολουθήσεις μαθημάτων υπερισχύει και στατιστικά. Μια εξήγηση για τις παρακολουθήσεις είναι ότι η παρουσία της ερευνήτριας και η ανάγκη δημιουργίας καινούριων μαθημάτων να ώθησαν τους εκπαιδευτικούς να χρησιμοποιήσουν περισσότερο το εργαστήριο. Δηλαδή, η προτίμηση στη διερεύνηση ίσως εξηγείται με το ότι α) οι ίδιοι οι εκπαιδευτικοί ούτως ή άλλως σχεδιάζουν τις εργαστηριακές ασκήσεις, άρα και μπορούν (χωρίς ιδιαίτερη επιπλέον εργασία) να εντάξουν και στόχους σχετιζόμενους με τα χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των

Φ.Ε. και β) πρόκειται για ένα κομμάτι της ύλης που δεν αξιολογούν σε γραπτές εξετάσεις, επομένως δεν θα αντιμετώπιζαν αντιφάσεις με τους γονείς και τους συναδέλφους. Ακολουθεί σε δεύτερη θέση η προσέγγιση με την Ιστορία των Φ.Ε. και τέλος η προσέγγιση που σταθερά φαίνεται να χρησιμοποιείται λιγότερο από όλες είναι η συζήτηση κοινωνικο-επιστημονικών θεμάτων, με τους εκπαιδευτικούς να αναφέρουν ότι δεν τη χρησιμοποιούν τόσο συχνά γιατί: α) απαιτεί περισσότερο χρόνο για την εφαρμογή της, β) τη γνωρίζουν λιγότερο από τις δυο άλλες και γ) δεν ταιριάζει τόσο συχνά με την ύλη του μαθήματος όσο οι δυο άλλες προσεγγίσεις.

Σε σχέση με την προσέγγιση της διδασκαλίας της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. μέσω της Επιστημονικής Διερεύνησης το πρόβλημα που εντοπίστηκε ήταν ότι, ενώ το σχέδιο μαθήματος ήταν άρτιο, όταν οι μαθητές διεξήγαγαν οι ίδιοι τις διερευνήσεις, συχνά ο εκπαιδευτικός αφιέρωνε μεγάλο μέρος της ώρας στο να διορθώνει και να καθοδηγεί τους μαθητές στην εκτέλεση των δραστηριοτήτων, οπότε για τη διδασκαλία της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. αναγκαστικά αφιερωνόταν λίγος χρόνος, με αποτέλεσμα να μη διδάσκεται με σαφή και αναστοχαστικό τρόπο. Αυτό το πρόβλημα το βρίσκουμε και στη βιβλιογραφία στα μειονεκτήματα της προσέγγισης (Allchin et al, 2014). Λύση στο πρόβλημα υπήρξε όταν ο εκπαιδευτικός διεξήγαγε με ανακαλυπτική επίδειξη τις διερευνήσεις και ακολουθούσε συζήτηση στην τάξη, στη διάρκεια της οποίας αναδεικνύονταν χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε., κάτι που είχαμε προτείνει στο πρόγραμμα επιμόρφωσης.

Ενδιαφέρον αποτελεί το ότι οι εκπαιδευτικοί που δίδαξαν με κοινωνικο-επιστημονικά ζητήματα, ήταν αυτοί που πρώτα είχαν δοκιμάσει τις δυο άλλες προσεγγίσεις και αρχικά ένιωθαν επιφυλακτικοί στο να τα εντάξουν. Όταν όμως τελικά τα ενέταξαν στη διδασκαλία τους οι ίδιοι μας είπαν ότι είναι η προσέγγιση που οι μαθητές τους ξεχώρισαν και ζήτησαν να επαναληφθεί και σε άλλα μαθήματα.

Από την έρευνα προκύπτει ότι κανένας εκπαιδευτικός δεν χρησιμοποίησε αποκλειστικά μια προσέγγιση, πάντα την ίδια, καθώς κάθε κεφάλαιο της ύλης προσφέρεται για δραστηριότητες με χρήση διαφορετικών προσεγγίσεων, κάτι που έκαναν οι εκπαιδευτικοί. Επίσης η προσέγγιση που κυρίως χρησιμοποιεί κάθε εκπαιδευτικός φαίνεται να εξαρτάται από τις γνώσεις και τα ενδιαφέροντά του, και προχωρά σε νέες προσεγγίσεις όταν αυξάνεται η εμπειρία του στη διδασκαλία της φύσης της γνώσης των Φ.Ε.

Η απάντηση σε αυτό το ερευνητικό ερώτημα, δείχνει ότι η, για πρώτη φορά παγκόσμια, χρήση και των τριών προσεγγίσεων που συναντώνται στη βιβλιογραφία για τη διδασκαλία της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. ήταν αποδεκτή και παραγωγική, ιδίως σε ένα πρόγραμμα σπουδών που δεν περιλαμβάνει επίσημα τη διδασκαλία της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. Το ζήτημα αυτό μπορεί να ερευνηθεί περαιτέρω. Η χρήση των τριών προσεγγίσεων πέραν του ότι λειτουργεί θετικά, διότι η κάθε μια προσέγγιση αναιρεί μειονεκτήματα των άλλων, βλέπε και πίνακα 4.1 από την έρευνά μας, προέκυψαν και άλλα πλεονεκτήματα όπως α) δίνει περισσότερες ευκαιρίες για τη διδασκαλία των χαρακτηριστικών της φύσης των Φ.Ε. και β) βοηθάει περισσότερους εκπαιδευτικούς να εμπλακούν ανάλογα με τις γνώσεις και τα ενδιαφέροντά τους σε σχέση με τομείς που άπτονται των τριών προσεγγίσεων.

Τέλος, από την ερευνητήρια δημιουργήθηκαν εργαλεία ελέγχου, όπως τα ερωτηματολόγια της 4^{ης} (Παράρτημα ΣΤ'), 5^{ης} (Παράρτημα Ζ') και 6^{ης} (Παράρτημα Η') συνάντησης, τα πρωτόκολλα των ημιδομημένων συνεντεύξεων με εκπαιδευτικούς

(Παράρτημα Β'), μαθητές (Παράρτημα Γ') και παρακολούθησης στις τάξεις (Παράρτημα ΙΑ').

10.2.4 Συζήτηση των αποτελεσμάτων που αφορούν στο τέταρτο ερευνητικό ερώτημα

Το τέταρτο ερευνητικό ερώτημα αξιολογεί τη χρήση του κύκλου της επεκτατικής μάθησης στο σχεδιασμό και την υλοποίηση του προγράμματος επιμόρφωσης. Η ακριβής του διατύπωση ήταν: *«Επειδή, επίσης παγκόσμια για πρώτη φορά, για τον σχεδιασμό και την υλοποίηση του επιμορφωτικού προγράμματος για τη διδασκαλία της φύσης των Φ.Ε. χρησιμοποιείται ο κύκλος της επεκτατικής μάθησης, να ερευνηθεί το αποτέλεσμα αυτής της πράξης»*. Το ερευνητικό αυτό ερώτημα δεν σχεδιάστηκε να απαντηθεί μέσω της χρήσης συγκεκριμένων ερωτήσεων. Από τη στιγμή που ο κύκλος της επεκτατικής μάθησης, βλέπε εικόνα 8.1, αποτέλεσε το μεθοδολογικό εργαλείο για τον σχεδιασμό και την υλοποίηση του προγράμματος η απάντηση σε αυτό το ερευνητικό ερώτημα θα δοθεί από την γενική αξιολόγηση του προγράμματος και η απάντηση στο ερώτημα είναι θετική.

Η ερευνήτρια ξεκίνησε με αφετηρία τη γενικότερη επαφή της με τους εκπαιδευτικούς, ήδη στο πλαίσιο άλλης έρευνας. Συνέχισε με συνεντεύξεις μαζί τους καθώς και με Σχολικούς Συμβούλους, καταλήγοντας στην πρωτογενή τους αντίφαση που ήταν ότι «κάνουν αυτά που προβλέπει το πρόγραμμα σπουδών και τα σχολικά βιβλία προετοιμάζοντας ουσιαστικά του μαθητές για τις πανελλαδικές εξετάσεις αλλά οι περισσότεροι μαθητές δεν ενδιαφέρονται για το μάθημα, με αποτέλεσμα η διδασκαλία των εκπαιδευτικών να είναι κουραστική». Σχεδίασε ένα επιμορφωτικό πρόγραμμα, όχι όμως στην τελική του μορφή (βλέπε εικόνες 7.1 και 7.2). Αυτό, σε συμφωνία με τον κύκλο της επεκτατικής μάθησης, δεν σημαίνει ότι το επιμορφωτικό πρόγραμμα δεν είχε καλώς σχεδιαστεί: σημαίνει ότι ο σχεδιασμός βασίζεται α) σε όσα, σύμφωνα με τη σχετική βιβλιογραφία, απαιτείται να μάθουν οι επιμορφούμενοι, και β) στα πολιτισμικά χαρακτηριστικά τους. Το επιμορφωτικό πρόγραμμα λαμβάνει την τελική του μορφή ενσωματώνοντας στην πορεία αλλαγές, προσαρμογές που εισηγούνται οι συγκεκριμένοι επιμορφούμενοι, έτσι π.χ. στο πρόγραμμα επιμόρφωσης έγιναν περισσότερες συναντήσεις μετά από αίτημα των επιμορφούμενων.

Η επεκτατική μάθηση, όπου οι εκπαιδευόμενοι συμμετέχουν στην κατασκευή και εφαρμογή ενός ριζικά νέου, ευρύτερου και πιο πολύπλοκου αντικειμένου και ιδέας για τη δραστηριότητά τους, θεωρείται από τη βιβλιογραφία μία κατάλληλη μέθοδος για επιμορφωτικά προγράμματα εκπαιδευτικών από άλλες θεματικές (π.χ. Νάννη, 2017; Daniels et al, 2004; Jóhannsdóttir, 2014; Postholm, M.B., 2020; Murray et al, 2020), στα οποία κανένας «ικανός» δάσκαλος δεν γνωρίζει το περιεχόμενο της απαιτούμενης μάθησης. Το περιεχόμενο αυτό παράγεται συνεργατικά από τους εκπαιδευτικούς και τον ερευνητή, αφού οι ίδιοι οι εκπαιδευτικοί έχουν ήδη βιώσει μια πρωτογενή αντίφαση, δυσaréσκεια, με την υπάρχουσα κατάσταση. Ακολουθεί μια σειρά αντιφάσεων που αντιμετωπίζουν οι εκπαιδευτικοί. Οι αντιφάσεις αυτές απαιτούν μια νέα λύση, η οποία δεν μπορεί να βρεθεί έτοιμη σε εγχειρίδια ή καθιερωμένους κανόνες περιεχομένου. Πέρα από την εμπειρία τους και τη γνώση των μαθητών τους μπορούν να αναζητήσουν οποιαδήποτε μορφή καθιερωμένης γνώσης και να τη φέρουν στη συλλογική ανάλυση και σχεδιασμό. Όλα τα παραπάνω θεωρούμε ότι έδωσαν ενεργό

ρόλο στους εκπαιδευόμενους και συνετέλεσαν στο να αισθανθούν σε μεγαλύτερο βαθμό το πρόβλημα ως δικό τους.

Ο κύκλος της επεκτατικής μάθησης δεν έχει χρησιμοποιηθεί στη βιβλιογραφία της επιμόρφωσης εκπαιδευτικών για τη διδασκαλία της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. Στη βιβλιογραφία αυτή όμως προτείνεται α) να λαμβάνεται υπόψη η προσωπικότητα του κάθε εκπαιδευτικού, τα συναισθήματα, οι σκέψεις και οι ανησυχίες του (Korhagen, 2017), οι ανάγκες του, οι οποίες μάλιστα μπορεί να αποτελούν λόγους κινητοποίησης για τον εκπαιδευτικό (Akerson & Hanuskin, 2007), και β) οι εκπαιδευτές πρέπει να είναι έτοιμοι για προσαρμογές, καθώς οι ανάγκες και οι απορίες των εκπαιδευόμενων ενδέχεται να κατευθύνουν τη συζήτηση σε διαφορετικά μονοπάτια από τα αρχικά σχεδιαζόμενα. Και τα δυο παραπάνω είναι σε συμφωνία με τη θεωρία της Δραστηριότητας, μέρος της οποίας είναι ο κύκλος της επεκτατικής μάθησης (η 5^η αρχή της). Οι Lederman et al (2012), Bell & Maeng (2013) και Akerson & Hanuskin (2007) έχουν προτείνει ότι ένα πρόγραμμα επιμόρφωσης: α) συστήνεται να έχει μεγάλη διάρκεια, με μηνιαίες συναντήσεις, ώστε το νέο μοντέλο να εμπεδωθεί και η εφαρμογή του να έχει διάρκεια και β) μεταξύ των μηνιαίων συναντήσεων, οι εκπαιδευτικοί να εφαρμόζουν όσα έμαθαν και να θέτουν σε συζήτηση τα προβλήματα που αντιμετώπισαν. Οι παραπάνω προτάσεις υλοποιήθηκαν στο πρόγραμμα, σε απόλυτη αρμονία με τον κύκλο της επεκτατικής μάθησης. Ουσιαστικά η Πολιτισμική–Ιστορική Θεωρία της δραστηριότητας μπορεί να δώσει ένα πλαίσιο για όλες αυτές τις προτάσεις.

10.2.5 Τελικά συμπεράσματα από τη διατριβή

Παρόλο που η διδασκαλία της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. δεν περιλαμβάνεται στο πρόγραμμα σπουδών, οι εκπαιδευτικοί που συμμετείχαν στο πρόγραμμα επιμόρφωσης αναγνώρισαν την αξία της και βρήκαν αποτελεσματικούς τρόπους να την ενσωματώσουν στη διδασκαλία. Έτσι, πέρα από μεμονωμένες αναφορές στο καθημερινό μάθημα – όταν αυτό ταίριαζε – τη συνδύασαν κυρίως με την επίσκεψη στο εργαστήριο. Δυο ακόμη τρόποι που προέκυψε ότι μπορούν να υποστηρίξουν τη διδασκαλία της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. είναι η ανάθεση συνθετικών εργασιών, ατομικά ή σε μικρές ομάδες μαθητών, με θέματα που μπορούν να αναδείξουν χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. και παρουσίασή τους στην τάξη. Ο δεύτερος τρόπος είναι με τη διδασκαλία των χαρακτηριστικών της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. σε μαθήματα που δεν αποτελούν προαπαιτούμενα για τις πανελλαδικές εξετάσεις, όπως για παράδειγμα η Γεωγραφία του Γυμνασίου ή η Φυσική Β΄ Λυκείου Γενικής Παιδείας. Σε αυτά, οι εκπαιδευτικοί αισθάνονται λιγότερο άγχος για ολοκλήρωση της ύλης και δεν υπάρχει πίεση από τους γονείς, ένας ακόμη τρόπος που φαίνεται να αντιμετωπίζει την σχετική δευτερογενή τους αντίφαση. Από αυτά προκύπτει ότι αν και τα προγράμματα σπουδών δεν περιλαμβάνουν τη διδασκαλία της φύσης της γνώσης των Φ.Ε., δίνονται ευκαιρίες που καθιστούν δυνατή τη διδασκαλία της, με τις προϋποθέσεις βέβαια ο εκπαιδευτικός να τη γνωρίζει και να θέλει να τη συμπεριλάβει στο μάθημα του. Αυτό σημαίνει ότι επιμορφωτικά σεμινάρια στους εκπαιδευτικούς μπορούν να έχουν αποτελέσματα ακόμη και με τα σημερινά προγράμματα σπουδών και βιβλία. Σε αυτή την κατεύθυνση θα βοηθούσε η ανάρτηση σχεδίων μαθημάτων για τη διδασκαλία της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. όπως προτάθηκε και από επιμορφούμενους.

Βεβαίως τα παραπάνω αποτελούν μια άμεση λύση για ενδιαφερόμενους εκπαιδευτικούς. Η διδασκαλία της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. θα επεκταθεί ευρέως μόνο αν η διδασκαλία περιλαμβάνεται στους άμεσους στόχους που θέτει το Υπουργείο Παιδείας αλλά και να εξετάζεται στις Πανελλαδικές Εξετάσεις. Σε μια τέτοια περίπτωση φιλοδοξούμε ότι οι απαντήσεις που δόθηκαν στα ερευνητικά μας ερωτήματα θα μπορούσαν να συμβάλουν ουσιαστικά στην επιμόρφωση των εκπαιδευτικών.

10.3 Περιορισμοί της έρευνας

10.3.1 Περιορισμοί στους οποίους υπόκειται τα συμπεράσματα της έρευνας για την καταγραφή της κατάστασης που επικρατεί στην Ελλάδα

Τα ερευνητικά ερωτήματα του 6^{ου} Κεφαλαίου, όπου παρουσιάζεται η έρευνα για την κατάσταση που επικρατεί στην Ελλάδα σε σχέση με τη διδασκαλία της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση, ήταν αν: (α) περιλαμβάνεται στα προγράμματα σπουδών, (β) περιλαμβάνεται στα σχολικά βιβλία, (γ) οι εκπαιδευτικοί τα γνωρίζουν και αν ναι, αν τα διδάσκουν και (δ) αν οι απόφοιτοι της Δευτεροβάθμιας τα γνωρίζουν. Από αυτά, τα (α) και (β) μελετήθηκαν διεξοδικά, όμως δεν ήταν δυνατό, στο πλαίσιο αυτής της διατριβής, να συμβεί το ίδιο με τα (γ) και (δ) που αφορούν τους εκπαιδευτικούς και τους μαθητές. Συγκεκριμένα, η έρευνα στους εκπαιδευτικούς δεν μπορεί να γενικευτεί για το γενικό πληθυσμό των Ελλήνων εκπαιδευτικών Φ.Ε. (ΠΕ.04), καθώς η συμπλήρωση των ερωτηματολογίων VNOS-D+ και οι συνεντεύξεις έγιναν με εθελοντές, οι οποίοι σκόπευαν να αφιερώσουν προσωπικό χρόνο για τη συμμετοχή τους σε επιμορφωτικό πρόγραμμα. Επίσης, είχαν θετική στάση στο να εκπαιδευτούν και να εργαστούν, ώστε το μάθημά τους να γίνει περισσότερο ενδιαφέρον για τους μαθητές. Αυτά δεν θεωρούμε ότι αποτελούν χαρακτηριστικά του τυπικού εκπαιδευτικού ΠΕ.04. Όμως, δεν είναι δυνατόν να προσεγγίσουμε το μέσο όρο εκπαιδευτικών, μιας και δεν έχουμε δικαιοδοσία να «υποχρεώσουμε» έναν εκπαιδευτικό να μας περιγράψει τον τρόπο που διδάσκει ή να αξιολογήσουμε τις γνώσεις του, ζητώντας από αυτόν να συμπληρώσει ένα ερωτηματολόγιο που διαρκεί περίπου 30-40 λεπτά.

Για την επίτευξη πιο αντικειμενικών αποτελεσμάτων, που να προσεγγίζουν το μέσο όρο, απευθυνθήκαμε στους Σχολικούς Συμβούλους, όμως πάλι δεν είναι δυνατόν να εξαχθούν ασφαλή συμπεράσματα για τον τυπικό εκπαιδευτικό ΠΕ.04 και τη στάση του απέναντι στη φύση της γνώσης των Φ.Ε.. Δεν είναι σίγουρο ότι οι Σχολικοί Σύμβουλοι γνωρίζουν τα χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε., ώστε να είναι ικανοί να κρίνουν, επομένως περιοριστήκαμε σε 7 που ξέραμε ότι έχουν επαφή με το αντικείμενο. Επιπλέον στοιχεία αναζητήθηκαν και από την περιγραφή των μαθημάτων Φ.Ε. από τους μαθητές, όμως και αυτών η επιλογή υπόκειται σε περιορισμούς. Βέβαια, τα δεδομένα που συγκεντρώσαμε ήταν παρόμοια με αντίστοιχα ερευνών από το εξωτερικό, θεωρήθηκαν επαρκή για τη μελέτη μας, αλλά δεν παύει να μην είναι αποτέλεσμα επεξεργασίας αντιπροσωπευτικού δείγματος Ελλήνων μαθητών – αποφοίτων Λυκείου.

10.3.2 Περιορισμοί στους οποίους υπόκεινται τα συμπεράσματα για αποτελέσματα του επιμορφωτικού προγράμματος

Η παρακολούθηση του επιμορφωτικού προγράμματος ήταν εθελοντική, πραγματοποιήθηκε σε απογευματινές ώρες, χωρίς να δίνεται απαλλαγή στον εκπαιδευτικό από την πρωινή του εργασία. Επίσης, δεν δινόταν πιστοποίηση, την οποία οι εκπαιδευτικοί θα μπορούσαν να χρησιμοποιήσουν ως προσόν στην υπηρεσία τους. Το πρόγραμμα διεξάχθηκε την άνοιξη, λίγο πριν την ολοκλήρωση της σχολικής χρονιάς, μια περίοδο κατά την οποία παραδοσιακά οι εκπαιδευτικοί έχουν αυξημένες υποχρεώσεις. Συνεπώς, συμμετείχαν αυτοί που ενδιαφέρονταν πραγματικά για το πρόγραμμα, ουσιαστικά αυτοί που το κίνητρό τους συνέπιπτε με τους στόχους του προγράμματος, οπότε οι παρατηρήσεις και οι αντιδράσεις που καταγράφηκαν δεν μπορούν να επεκταθούν για το σύνολο των εκπαιδευτικών.

Επίσης, τα συμπεράσματα από τα σχέδια μαθήματος περιορίζονται στους εκπαιδευτικούς που παρέδωσαν τη σχετική εργασία. Δεν μπορούμε να γνωρίζουμε αν οι υπόλοιποι ήταν ή όχι ικανοί να σχεδιάσουν ένα μάθημα, καθώς δεν γνωρίζουμε τους λόγους που αποφάσισαν να μην παραδώσουν τη σχετική εργασία. Τα ίδια ισχύουν και για την απάντηση στο τεστ μετά την επιμόρφωση (VNOS-D+ post test), όπου 7/49 άτομα (~15%) δεν απάντησαν.

Σε όσα παρουσιάστηκαν κατά τη διάρκεια των έξι συναντήσεων (τόσο τα σχεδιασμένα από την ερευνήτρια όσο και αυτά που πρότειναν οι εκπαιδευτικοί), λόγω πίεσης χρόνου, δεν έγινε τόσο διεξοδική συζήτηση όσο θα μπορούσε να γίνει, ώστε να εκφραστούν περισσότερες απόψεις και να υπάρχει μεγαλύτερη τριβή των εκπαιδευτικών με το αντικείμενο, όπως επισήμαναν και οι εκπαιδευτικοί στο ερωτηματολόγιο αξιολόγησης.

10.3.3 Περιορισμοί στους οποίους υπόκεινται τα συμπεράσματα από τις παρακολουθήσεις στην τάξη.

Ο κυριότερος περιορισμός από τις παρακολουθήσεις στην τάξη προήλθε από την άδεια παρακολούθησης που δόθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής: αφενός υπήρξε μεγάλη χρονική καθυστέρηση στην έκδοσή της και αφετέρου περιόριζε την παρακολούθηση σε 2 διδακτικές ώρες ανά τμήμα. Ορισμένοι από τους 9 εκπαιδευτικούς (ή οι διευθυντές τους) ήθελαν να παραμείνουν τυπικοί σε αυτό τον περιορισμό, επομένως δεν ήταν δυνατόν να διεξαχθούν περισσότερες παρακολουθήσεις, ή αυτές να ξεκινήσουν νωρίτερα, σε σημεία που ενδεχομένως η ύλη να βοηθούσε τη διδασκαλία των χαρακτηριστικών της φύσης της γνώσης των Φ.Ε..

Ένας άλλος περιορισμός είναι ότι οι περισσότεροι από τους εκπαιδευτικούς που παρακολούθησε η ερευνήτρια την δέχονταν κατόπιν ραντεβού, στα μαθήματα που οι ίδιοι επέλεγαν (όρος της άδειας που έδωσε το υπουργείο ήταν να συμφωνούν οι εκπαιδευτικοί με την παρακολούθηση). Επομένως, ο κάθε εκπαιδευτικός επέλεγε τα μαθήματα, και υπάρχει η πιθανότητα να συμπεριλάμβανε σκόπιμα αρκετά χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. - κάτι που μπορεί να μην έκανε στο καθημερινό του μάθημα, άρα δεν είναι βέβαιο ότι παρακολουθήσαμε την τυπική διδασκαλία κάθε εκπαιδευτικού. Ένας ακόμη περιορισμός είναι ότι οι εκπαιδευτικοί, τα μαθήματα των οποίων παρακολούθησε η ερευνήτρια, ήταν εθελοντές που αποτελούσαν υποσύνολο μιας μεγαλύτερης ομάδας εθελοντών που παρακολούθησαν

το επιμορφωτικό πρόγραμμα. Επομένως, τα συμπεράσματα δεν μπορούν να γενικευτούν για το γενικό πληθυσμό.

Τέλος, η εστίαση της έρευνας ήταν στους εκπαιδευτικούς και όχι στους μαθητές, καθώς ήταν έξω από τα ερευνητικά ερωτήματα το τι τελικά έμαθαν οι μαθητές.

10.4. Προτάσεις για περαιτέρω έρευνα

Οι προτάσεις, που στη συνέχεια καταθέτουμε, για περαιτέρω έρευνα είναι ταξινομημένες σε δύο κατηγορίες: α) γενικότερες προτάσεις τόσο για την ερευνά μας όσο και για άλλες έρευνες πάνω στη διδασκαλία της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. και β) ειδικότερες προτάσεις βελτίωσης του επιμορφωτικού προγράμματος είτε στο τοπικό πλαίσιο της Θεσσαλονίκης, σε περιορισμένο πάλι αριθμό εκπαιδευτικών, είτε σε εθνικό πλαίσιο και σε ευρύτερο πληθυσμό.

10.4.1 Προτάσεις για περαιτέρω έρευνα

Από τους περιορισμούς της ερευνάς μας, που εκτέθηκαν στην παράγραφο 10.3, προκύπτουν οι παρακάτω προτάσεις για περαιτέρω έρευνα:

1. Η έρευνα για την αποτίμηση στην Ελλάδα θα μπορούσε να γίνει και ως μία ποσοτική μελέτη, σε αντιπροσωπευτικό δείγμα του ελληνικού πληθυσμού τόσο εκπαιδευτικών όσο και μαθητών, με επακόλουθη στατιστική μελέτη.
2. Σχετικά με το πρόγραμμα επιμόρφωσης, θα μπορούσε να επαναληφθεί σε μεγαλύτερη διάρκεια, όπου στόχος θα ήταν η παραγωγή περισσότερου διδακτικού υλικού, τόσο από την ερευνήτρια, όσο και από τους εκπαιδευτικούς.
3. Σχετικά με τις παρακολουθήσεις, θα ήταν ενδιαφέρον να μπορούσαν να γίνουν περισσότερες και πάνω στο καθημερινό μάθημα των εκπαιδευτικών, όπως στην περίπτωση του εκπαιδευτικού #4 που περιγράφεται στο κεφάλαιο 9, ώστε να σχηματιστούν πιο σαφή συμπεράσματα για την ενσωμάτωση των χαρακτηριστικών της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. στην καθημερινή διδασκαλία.
4. Ενδιαφέρον θα ήταν να μπορούσε να γίνει αξιολόγηση ένα χρόνο μετά το πέρας του προγράμματος, για το κατά πόσο η αλλαγή στη διδασκαλία τους έχει παραμείνει.
5. Τέλος, θα μπορούσε να οργανωθεί μια μελέτη που θα εστιαζόταν στους μαθητές και τη δική τους γνώση πάνω στη φύση της γνώσης των Φ.Ε..

Η διδασκαλία της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. μπορεί, σε επόμενο στάδιο, να επεκταθεί σε στόχους που συνδέονται με την κοινωνική δικαιοσύνη. Πρόσφατα κυκλοφόρησε από τον Springer το βιβλίο “Nature of Science for Social Justice” με Εκδότες τους H. Yacoubian & L. Hansson (Yacoubian & Hansson, 2020), όπου επιχειρείται να συνδεθούν τα δυο, μέχρι πρότινος, ξεχωριστά αντικείμενα. Σε αυτό προτείνεται, μεταξύ άλλων, η συζήτηση να επεκταθεί πέρα από το τυπικό μάθημα Φ.Ε. και να αναφερθούν έννοιες όπως η διαφορετικότητα, ο σεβασμός, η εύρεση ταυτότητας, η ισότητα, το ήθος, οι ίσες ευκαιρίες και η οικονομική δικαιοσύνη, τόσο στην επιστημονική κοινότητα, όσο και μεταξύ των μαθητών (Erduran et al, 2020). Ο Bazzul (2020) υποστηρίζει ότι η πλουραλιστική φύση των Φ.Ε. και η κατανόηση του «τι είναι οι Φ.Ε.» και «πώς αυτές δουλεύουν» μπορεί να συνδεθεί με την έννοια της δημοκρατίας και της ισότητας και να εισάγει τους μαθητές στην ενασχόληση με τις

σπουδαιότερες κρίσεις του 21^{ου} αιώνα, όπως η κοινωνική ανισότητα και η κλιματική αλλαγή.

Ακόμα πιο εξειδικευμένα, θα μπορούσε να γίνει σύνδεση των επιστημονικών ανακαλύψεων με την επιχειρηματικότητα (Kaya et al, 2018), μέσω του χαρακτηριστικού της πολιτισμικής ενσωμάτωσης της επιστημονικής γνώσης.

Τέλος, ένα ζήτημα που έχει μεν αναφερθεί (Bell & Lederman, 2003; Khishfe, 2012; Yacoubian, 2018), αλλά δεν υπάρχει εκτεταμένη βιβλιογραφία, είναι τα μαθήματα στη λήψη αποφάσεων με διδασκαλίες πάνω στη φύση των Φ.Ε.

10.4.2 Προτεινόμενες βελτιώσεις για την περίπτωση επανάληψης του προγράμματος επιμόρφωσης

Οι απαντήσεις και τα σχόλια των εκπαιδευτικών έδειξαν ότι τίποτε από όσα περιείχε το επιμορφωτικό πρόγραμμα δεν χαρακτηρίστηκε περιττό και ότι θα μπορούσε να αφαιρεθεί. Οι κριτικές των εκπαιδευτικών αφορούσαν α) στη γρήγορη ροή της παρουσίασης, β) στην έμφαση που δόθηκε στη Φυσική έναντι των υπόλοιπων κλάδων των Φ.Ε. και γ) στην αρχική απουσία «υποδειγματικών» σχεδίων μαθήματος και βιντεοσκοπημένων διδασκαλιών από το επιμορφωτικό πρόγραμμα. Για την αντιμετώπιση του πρώτου προβλήματος, η ροή θα γινόταν πιο αργή και οι συναντήσεις με τους εκπαιδευτικούς περισσότερο διαδραστικές. Για να γίνει αυτό βέβαια θα χρειαζόταν περισσότερος χρόνος, επομένως η διάρκεια του προγράμματος θα αυξανόταν, ώστε να γίνει περίπου 30 ώρες (10 τρίωρες συναντήσεις, μία ανά δεκαπενθήμερο στην αρχή και πιο αραιωμένες όταν περνούσαμε στις διδασκαλίες στις τάξεις). Έτσι το επιμορφωτικό πρόγραμμα θα μπορούσε να ξεκινήσει από το φθινόπωρο, και να διαρκέσει ολόκληρο το σχολικό έτος και το επόμενο. Η μεγάλη διάρκεια του προγράμματος θα επέτρεπε να αναφερθούν και πολλά παραδείγματα διδασκαλίας πέραν της Φυσικής. Σχετικά με τα αποτρεπτικά στοιχεία ενός μεγάλης διάρκειας επιμορφωτικού προγράμματος, θεωρούμε ότι η καλή φήμη του πρώτου κύκλου θα συντελούσε στο να συμπληρωθούν οι απαραίτητες συμμετοχές, ήδη έχουμε και αρκετές ερωτήσεις αν επαναληφθεί το σεμινάριο. Βεβαίως οι συνθήκες θα ήταν καλύτερες αν η Πολιτεία ενέτασσε τη διδασκαλία της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. στα προγράμματα σπουδών.

Οι επιμορφούμενοι, από το 4^ο μάθημα και μετά που βρέθηκαν αντιμέτωποι με την ανάγκη να σχεδιάσουν μαθήματα που να περιέχουν τη διδασκαλία χαρακτηριστικών της φύσης της γνώσης των Φ.Ε., ζήτησαν επανειλημμένα «υποδειγματικά» σχέδια μαθήματος και βιντεοσκοπημένες διδασκαλίες. Ήταν βοήθεια που ζήτησαν για να υπερβούν τις τριτογενείς αντιφάσεις που εμφανίστηκαν. Η εξυπηρέτηση του αιτήματος αυτού απαιτήσε τη διεξαγωγή επιπλέον συναντήσεων στη συνέχεια. Τελικά η οργάνωση και παρουσίαση σχεδίου μαθήματος, που έγινε στην 4^η συνάντηση, αποδείχτηκε ότι είχε ως αποτέλεσμα την κινητοποίηση των εκπαιδευτικών. Παρόλο που εκπαιδευτικά βλέπουμε τη σημασία να καταλάβουν οι εκπαιδευτικοί τις ελλείψεις τους, σε επανάληψη του προγράμματος, θα προβάλλονταν, πριν την ανάθεση της εργασίας προς τους εκπαιδευτικούς, βιντεοσκοπημένες διδασκαλίες καθώς και θα συζητούνταν σχέδια μαθήματος, π.χ. με άδεια των δημιουργών τους σχέδια που κατατέθηκαν στην 4^η συνάντηση αυτού του επιμορφωτικού σεμιναρίου. Στο πρόγραμμα μεγαλύτερης διάρκειας, οι εκπαιδευτικοί θα μπορούσαν επιπλέον να κρατούν π.χ. ημερολόγια μαθήματος και να τα συζητούν με τους συναδέλφους τους

στην επόμενη συνάντηση. Θα ήταν ενδιαφέρον να δημιουργηθούν ομάδες εργασίας για ανταλλαγή απόψεων και παρουσίαση της δουλειάς της ομάδας στην ολομέλεια με κίνητρο την βοήθεια του ερευνητή στο γραψίμο ομαδικού οδηγού Δασκάλου για τη διδασκαλία της φύσης της γνώσης των Φ.Ε..

Η παρουσίαση των σχεδίων μαθήματος που έγιναν στο 4^ο μάθημα, πέραν της θετικής κατεύθυνσης, του χαρακτήρα της υπόδειξης, ήταν πολύ σημαντική στη διδακτική διαδικασία καθώς πολλοί εκπαιδευτικοί θεωρούσαν ότι παρουσίαζαν τα χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. με σαφή και αναστοχαστικό τρόπο, αλλά τελικά δεν το έκαναν όπως επισημάνθηκε από τους συναδέλφους τους που παρακολουθούσαν την παρουσίασή τους και το κατάλαβαν και οι ίδιοι μετά από τη σχετική συζήτηση. Εδώ θα μπορούσε να εξυπηρετήσει καλύτερα μια μαγνητοσκοπημένη διδασκαλία, στα πλαίσια βέβαια αυτών που επιτρέπει η σχετική νομοθεσία και με σύμφωνη γνώμη μαθητών και γονέων. Η μαγνητοσκοπημένη διδασκαλία προσφέρεται και για ανάλυση από τον ίδιο τον εκπαιδευτικό που έκανε τη διδασκαλία.

Στο τέλος κάθε συνάντησης θα στέλνονταν επίσης περισσότερα άρθρα – υλικό στους εκπαιδευόμενους. Οι παρουσιάσεις και οι σημειώσεις των συναντήσεων δεν είχαν δοθεί σε πλήρη μορφή την πρώτη φορά για πρακτικούς λόγους, καθώς αποτελούσαν πρωτότυπο υλικό για την εκπόνηση της Διατριβής. Το μεγαλύτερο μέρος αυτού του υλικού έχει πλέον δημοσιευτεί, επομένως και οι παρουσιάσεις και τα ίδια τα άρθρα μας θα στέλνονταν στους επιμορφούμενους.

Τέλος, έχοντας πλέον μεγαλύτερη εμπειρία από το πρόγραμμα σπουδών, και εμπνεόμενοι και από τα σχέδια μαθήματος που ήδη παρέδωσαν οι εκπαιδευτικοί, θα μπορούσε να δημιουργηθεί μια λίστα με πιθανές δραστηριότητες για κάθε κεφάλαιο στα μαθήματα Φ.Ε. κάθε τάξης. Επίσης, θα συστήναμε από την αρχή, ανάλογα με το επίπεδο εκπαίδευσης που διδάσκουν, να προσπαθήσουν να εντάξουν τη φύση της γνώσης των Φ.Ε. σε συνθετικές εργασίες ή σε μαθήματα που δεν αποτελούν προαπαιτούμενα για μελλοντικά μαθήματα.

10.5 Ανακεφαλαίωση

Στο κεφάλαιο αυτό απαντήθηκαν τα ερευνητικά ερωτήματα, εξάχθηκαν και παρουσιάστηκαν τα συμπεράσματα της έρευνας. Έγινε σχολιασμός των αποτελεσμάτων ανά ερευνητικό ερώτημα, ερμηνεία τους με βάση το θεωρητικό πλαίσιο και τη βιβλιογραφική ανασκόπηση και αναφέρθηκαν οι συνέπειες των ευρημάτων της διατριβής τόσο στο πεδίο της έρευνας όσο και στο πεδίο της διδασκαλίας. Το κεφάλαιο έκλεισε με αναφορά στους περιορισμούς της έρευνας και προτάσεις για περαιτέρω έρευνα.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- AAAS (1989). *Science for All Americans*, Oxford University Press, New York.
- Abd-El-Khalick, F. (2012). Examining the sources for our understandings about science: enduring confluences and critical issues in research on nature of science in science education. *International Journal of Science Education*, 34(3), 353–374.
- Abd-El-Khalick, F. (2013). Teaching With and About Nature of Science, and Science Teacher Knowledge Domains, *Science & Education*, 22, 2087-2107.
- Abd-El-Khalick, F. (2014). The Evolving Landscape Related to Assessment of Nature of Science, In Lederman N.G. and Abell S.K. (Eds) *Handbook of Research on Science Education*, New York, 621-650.
- Abd-El-Khalick, F., Akerson, V. (2004). Learning as a Conceptual Change: Factors Mediating the Development of Preservice Elementary Teachers' Views of Nature of Science, *Science Education*, 88(5), 785-810. doi.org/10.1002/sce.10143
- Abd-El-Khalick, F., Akerson, V. (2009). The Influence of Metacognitive Training on Preservice Elementary Teachers' Conceptions of Nature of Science, *International Journal of Science Education*, 31(16). 2161-2184.
- Abd-El-Khalick, F., Bell, R., Lederman, N. (1998). The nature of science and instructional practice: Making the unnatural natural, *Science Education*, 82(4), 417-436.
- Abd-El-Khalick, F., Lederman, N. (2000a). Improving science teachers' conceptions of nature of science: a critical review of the literature, *International Journal of Science Education*, 22(7). 665-701.
- Abd-El-Khalick, F., Lederman, N. (2000b). The Influence of History of Science Courses on Students' Views of Nature of Science, *Journal of Research in Science Teaching*, 37(10), 1057-1095.
- Abd-El-Khalick, F., Myers, J., Summers, R., Brunner, J., Waight, N., Wahbeh, N., Zeineddin, A., Belarmino, J. (2017). A Longitudinal Analysis of the Extent and Manner of Representations of Nature of Science in U.S. High School Biology and Physics Textbooks, *Journal of Research in Science Teaching*, 54(1), 82-120.
- Abd-El-Khalick, F., Waters, M., Le A. (2008). Representations of Nature of Science in High School Chemistry Textbooks over the Past Four Decades, *Journal of Research in Science Teaching*, 45(7), 835-855.
- Agricola, G. (1556). *De Re Metallika*. (<https://www.gutenberg.org/files/38015/38015-h/38015-h.htm>).
- Akerson, V., Abd-El-Khalick, F. (2005). How Should I Know About What Scientists Do? I'm Just a Kid: Fourth-Grade Students' Conceptions of Nature of Science, *Journal of Elementary Science Education*, 17(1), 1-11.
- Akerson, V., Cullen, T., Hanson, D. (2009). Fostering a community of practice through a professional development program to improve elementary teachers' views of nature of science and teaching practice, *Journal of Research in Science Teaching*, 46(10), 1090-1113.
- Akerson, V., Donnelly, L. (2009). Teaching Nature of Science to K-2 Students: What understandings can they attain?, *International Journal of Science Education*, 32(1), 97-124.

- Akerson, V., Hanuscin, D. (2007). Teaching Nature of Science through Inquiry: Results of a 3-Year Professional Development Program, *Journal of Research in Science Teaching*, 44(5), 653-680.
- Akerson, V., Morrison, J., McDuffie, A. (2006). One Course Is Not Enough: Preservice Elementary Teachers' Retention of Improved Views of Nature of Science, *Journal of Research in Science Teaching*, 43(2), 194-213.
- Allchin, D. (2011). Evaluating Knowledge of the Nature of (Whole) Science, *Science Education*, 95(3), 518-542.
- Allchin, D., Andersen, H.M., Nielsen, K. (2014). Complementary Approaches to Teaching Nature of Science: Integrating Student Inquiry, Historical Cases and Contemporary Cases in Classroom Practice, *Science Education*, 98, 461-486.
- Appiah, E. Cronje, J.C. (2013). Exploring Information and Communication Theory in Graphic Design Education with Activity Theory, *International Journal of Computer Applications*, 84(12), 15-22.
- Arons, A. (1992). Οδηγός διδασκαλίας της Φυσικής. Εκδόσεις Τροχαλία. Αθήνα, με πρωτότυπο τίτλο "A guide to introductory physics teaching", 1990, John Wiley & Sons Inc.
- Audhoe R., Thompson N., Verduijn K. (2018) Expanding Entrepreneurial, Innovative and Sustainable (EIS) Ecosystems: A Cultural-Historical Activity Theory Perspective. In: Leitão J., Alves H., Krueger N., Park J. (eds) Entrepreneurial, Innovative and Sustainable Ecosystems. Applying Quality of Life Research (Best Practices). Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-71014-3_4
- Aydin, S., Hanuscin, D. (2011). "Secret in the Margins", *The Science Teacher*, Vol. 78, No 7, pp.56-60.
- Barma, S. (2010). A sociocultural reading of reform in science teaching in a secondary biology class. *Cultural Studies of Science Education* DOI: 10.1007/s11422-011-9315-9
- Barma, S., Lacasse, M., Masse-Morneau, J. (2014). Engaging discussion about climate change in a Quebec secondary school: A challenge for science teachers, *Learning, Culture and Social Interaction*, <http://dx.doi.org/10.1016/j.lcsi.2014.07.004>
- Batiibwe, M. (2019). Using Cultural Historical Activity Theory to understand how emerging technologies can mediate teaching and learning in a mathematics classroom: a review of literature. *Research and Practice in Technology Enhanced Learning* 14 (12) <https://doi.org/10.1186/s41039-019-0110-7>
- Bazzul, J. (2020). Political Entanglement and the Changing Nature of Science, In *Nature of Science for Social Justice*, In H.A. Yacoubian, L. Hansson (Eds) *Nature of Science for Social Justice*, Springer Nature, Switzerland, p. 79-95.
- Behrend, M. (2014). Engeström's activity theory as a tool to analyse online resources embedding academic literacies. *Journal of Academic Language & Learning* Vol. 8(1), 109-120.
- Bell, R. (2006). Perusing Pandora's box: exploring the what, when and how of nature of science instruction, In Flick L.B. and Lederman N.G. (Eds) *Scientific Inquiry and Nature of Science*, Springer, Dordrecht, 427-446.
- Bell, R. (2008). *Teaching the Nature of Science Through Process Skills: Activities for Grades 3-8*, Allyn & Bacon.

- Bell, R. (2009). Teaching the Nature of Science: Three critical questions, *Best Practices in Science Education*, 22, 1-6.
- Bell, R. Lederman, N. (2003). Understandings of the nature of science and decision making on science and technology-based issues, *Science Education*, 87(3), 352-377
- Bell, R., Maeng, J. (2013). *Statewide professional development to support reforms-based science instruction: Results from two years of implementation*. Paper Presented at the Annual Meeting of NARST April 2013, Puerto Rico
- Bell, R., Matkins, J. Gansneder, B. (2011). Impacts of Contextual and Explicit Instruction on Preservice Elementary Teachers' Understanding of the Nature of Science, *Journal of Research in Science Teaching*, 48(4), 414-436.
- Bell, R., Smetana, L., Binns, I. (2005). Simplifying inquiry instruction. *The Science Teacher*, 72(7), pp.30-33.
- Bernal, J. (1983). Η Επιστήμη στην Ιστορία, Τόμος II, Εκδόσεις Ζαχαρόπουλος, Αθήνα.
- Blunden, A. (2013). Cultural-Historical Activity Theory Glossary of Terms. https://www.ethicalpolitics.org/ablunden/pdfs/Glossary_of_Cultural_Historical_Activity.pdf
- Bonneau, C. (2013). Contradictions and their concrete manifestations: an activity-theoretical analysis of the intra-organizational co-configuration of open source software. Conference Paper 29th EGOS Colloquium, At Montreal
- Boschiero, L. (2007). Experiment and Natural Philosophy in Seventeenth-Century Tuscany. *The History of the Accademia del Cimento*. Dordrecht: Springer
- Boyle, R. (1660). New experiments physico-mechanical, touching the spring of the air, and its effects.
- Boyle, R. (1669). A continuation of new experiments physico-mechanical, touching the spring and weight of the air and their effects. <https://quod.lib.umich.edu/e/eebo/A28949.0001.001?view=toc>
- Briggs, M. (2019). "A More Challenging Mystery Tube for Teaching the Nature of Science", *Phys. Teach.* 57, 300.
- BouJaoude S., Santourian G. (2012). The Status of the Nature of Science in Science Education in Lebanon. In: Khine M. (eds) *Advances in Nature of Science Research*. Springer, Dordrecht
- Brook, B., Alonso, A., Meneley, D., Misak, J., Blee, T., vanErp, J. (2014). Why nuclear energy is sustainable and has to be part of the energy mix, *Sustainable Materials and Technologies*, 1-2, 8-16. <https://doi.org/10.1016/j.susmat.2014.11.001>
- Burt, E., Orris, P., Buchanan, S. (2013). *Scientific Evidence of Health Effects from Coal Use in Energy Generation*, Healthcare Research Collaborative, Chicago
- Bybee, R. (2014). NGSS and the Next Generation of Science Teachers, *Journal of Science Teacher Education*, 25, 211-221
- Carvalho, M. Bellotti, F. Berta, R. DeGloria, A. Sedano, C.I. Hauge, J.B. Hu, J. Rauterberg, M. (2015). An activity theory-based model for serious games analysis and conceptual change, *Computers & Education*, 87, 166-181.

- Chakrabarti, B., Pathare, S., Huli S., Nachane, M. (2013). *Experimental determination of unknown masses and their positions in a mechanical black box*, *Physics Education*, 48(4), pp. 477-483.
- Chalmers, A. (2017). *One Hundred Years of Pressure. Hydrostatics from Stevin to Newton*. Springer
- Clough, M. (2006). Learners' Responses to the Demands of Conceptual Change: Considerations for Effective Nature of Science Instruction, *Science Education*, 15, 463-494.
- Clough, M. (2007). Teaching the Nature of Science to Secondary and Post-Secondary Students: Questions Rather Than Tenets, *The Pantaneto Forum*, Issue 25, <http://www.pantaneto.co.uk/issue25/front25.htm>, January. Republished (2008) in the *California Journal of Science Education*, 8(2), 31-40.
- Clough, M. (2010). The Story Behind the Science: Bringing Science and Scientists to Life in Post-Secondary Science Education, *Science & Education*, 20(7-8), 701-717.
- Clough, M. (2012). Effectively Teaching and Assessing the Nature of Science, *The Science Teacher*. 78(6), 56-60.
- Clough, M. (2017). History and Nature of Science in Science Education in K. Taber and B. Akpan (Eds), *Science Education: An International Course Companion*, (pp. 39-51), Sense Publishers, Rotterdam, The Netherlands.
- Clough, M., Olson, J. (2004). The Nature of Science: Always a part of the science story, *The Science Teacher*, 71(9), 28-31.
- Cohen, L. Manion, L. Morrison, K. (2008). *Μεθοδολογία Εκπαιδευτικής Έρευνας*, Εκδόσεις Μεταίχμιο, Αθήνα.
- Cole, M. (1988). Cross-cultural research in the sociohistorical tradition. *Human Development*, 31(3), 137-151.
- Cole, M., Engeström, Y. (1993). A cultural historical approach to distributed cognition. In G. Salomon (Ed.), *Distributed cognitions: Psychological and educational considerations* (pp. 1-46). UK: Cambridge University Press.
- Conant, J. (1966). Robert Boyle's experiments in pneumatics, in *Harvard case histories in experimental science*, volume I. Harvard University Press 1966.
- Cooley, W., Klopfer, L. (1961). *TOUS: Test on understanding science*. Princeton, NJ: Education Testing Service.
- Creswell, J. (2006). Choosing a Mixed Methods Design, In Creswell, J & Plano Clark, V (Eds), *Designing and conducting mixed methods research*, Sage Publications, p. 58-88.
- Daniels, H., Edwards, A., Martin, D., Leadbetter, J., Brown, S. & Middleton, D. (2004). The transformation of teachers' work in and for inclusive practice in: Vadeboncoeur, J. & Jervis-Tracey, P. (Eds), *Crossing Boundaries - Perspectives Across Paradigms in Educational Research*, (Brisbane, Australian Academic Press).
- De Hosson, C. Kaminski, W. (2007). Historical controversy as an educational tool: Evaluating elements of a teaching-learning sequence conducted with the text 'Dialogue on the ways that vision operates. *International journal of science education*, 29(5), pp. 617-642.

- DeWitt, J., Osborne, J. (2007) Supporting Teachers on Science-focused School Trips: Towards an integrated framework of theory and practice, *International Journal of Science Education*, 29:6, 685-710.
- DiGiuseppe, M. (2014). Representing Nature of Science in a Science Textbook: Exploring author – editor- publisher interactions, *International Journal of Science Education*, 36(7), 1061-1082.
- Dogan, N. Abd-El-Khalick, F. (2008). Turkish Grade 10 Students’ and Science Teachers’ Conceptions of Nature of Science: A National Study, *Journal of Research in Science Teaching*, 45(10), 1083-1112.
- Driver, R., Leach, J., Millar, R., Scott, P. (1996). Young people’s images of science. Philadelphia, PA: Open University Press.
- Duschl, R., Grandy, R. (2013). Two Views About Explicitly Teaching Nature of Science, *Science & Education*, 22, 2109–2139.
- Eastwood, J., Sadler, T., Zeidler, D., Lewis, A., Amiri, L., Applebaum, S. (2012). Contextualizing Nature of Science Instruction in Socioscientific Issues, *International Journal of Science Education*, 34:15, 2289-2315, DOI: 0.1080/09500693.2012.667582
- Edmondson, E., Burgin, S., Tsybulsky, D., Maeng, J. (2020). Learning Aspects of Nature of Science Through Authentic Research Experiences, In W. McComas (Ed) *Nature of Science in Science Instruction: Rationales and Strategies*, Springer Nature, Switzerland. p. 659-673.
- Edwards, A. (2007). Relational Agency in Professional Practice: a CHAT analysis, *Actio. An International Journal of Human Activity*, 1, 1-17.
- Engeström, Y. (1987). *Learning by expanding: An activity-theoretical approach to developmental research*. Helsinki, Orienta-Konsultit.
- Engeström, Y. (1999). Innovative Learning in Work Teams: Analyzing Cycles of Knowledge Creation in Practice. In Y. Engeström, R. Miettinen, & R.-L. Punamaki (Eds.), *Perspectives on Activity Theory* (pp. 377-404). Cambridge: Cambridge University Press. <http://dx.doi.org/10.1017/CBO9780511812774.025>
- Engeström, Y. (2000). From Individual Action to Collective Activity and Back: Developmental Work Research as an Interventionist Methodology.”In *Workplace Studies. Recovering Work and Informing System Design*, edited by P. Lauff, J. Hindmarsh, and C.Heath. 150–166. New York: Cambridge University Press.
- Engeström, Y. (2001). Expansive Learning at Work: Toward an activity theoretical reconceptualization, *Journal of Education and Work*, 14:1, 133-156 <https://doi.org/10.1080/13639080020028747>
- Engeström, Y. (2007). Putting Vygotsky to Work: The Change Laboratory as an Application of Double Stimulation. In H. Daniels, M. Cole, & J. V. Wertsch (Eds.), *The Cambridge Companion to Vygotsky* Cambridge: Cambridge University Press (pp 363-382). DOI: [10.1017/CCOL0521831040.015](https://doi.org/10.1017/CCOL0521831040.015)
- Engeström, Y. (2009a). Expansive learning: Toward an activity-theoretical reconceptualization. Chapter 4 in “Contemporary Theories of Learning : Learning Theorists in Their Own Words” author: Illeris, Knud. Publisher: Taylor & Francis Routledge

- Engeström, Y. (2009b). Expansive learning: toward an activity-theoretical reconceptualization. In Illeris, K., (Ed.) *Contemporary Theories of Learning. Learning theorists ... in their own words* (p.p. 53-73). Routledge.
- Engeström, Y. (2011a). From design experiments to formative interventions. *Theory & Psychology*, 21,5, p.598-628. <https://doi.org/10.1177/0959354311419252>
- Engeström, Y. (2011b). Activity Theory And Learning At Work. *The SAGE Handbook of Workplace Learning* (Edited by: Margaret Malloch, Len Cairns, Karen Evans & Bridget N. O'Connor). DOI: <http://dx.doi.org/10.4135/9781446200940>
- Engeström, Y., Sannino, A. (2010). Studies of expansive learning: Foundations, findings and future challenges. *Educational Research Review*. doi:10.1016/j.edurev.2009.12.002
- Engeström, Y., Sannino, A. (2011). Discursive manifestations of contradictions in organizational change efforts: A methodological framework. *Journal of Organizational Change Management* 24(3):368-387. DOI: [10.1108/095348111111132758](https://doi.org/10.1108/095348111111132758)
- Erduran, S. (2014). Beyond Nature of Science: The Case for Reconceptualizing ‘Science’ for Science Education, *Science Education International*, 25(1), 93-111.
- Erduran, S., Dagher, Z. (2014). *Reconceptualizing the Nature of Science for Science Education: Scientific Knowledge, Practices and Other Family Categories*, The Netherlands, Springer.
- Erduran, S. Kaya, E. Avraamidou, L. (2020). Does Research on Nature of Science and Social Justice Intersect? Exploring Theoretical and Practical Convergence for Science Education, In H.A. Yacoubian, L. Hansson (Eds) *Nature of Science for Social Justice*, Springer Nature, Switzerland, p. 97-113.
- European Union (2019). *Research for CULT Committee – Science and Scientific Literacy as an Educational Tool*,
- Evans, A. (Editor) (1973). *The Physical treatises of Pascal*. Octagon Books, New York
- Foot, K. (2014). Cultural-historical activity theory: Exploring a theory to inform practice and research, *Journal of Human Behavior in Social Environments*, 12(3), 329-347. doi:10.1080/10911359.2013.831011
- Foot, K., Groleau, C. (2011) Contradictions, transitions, and materiality in organizing processes: An activity theory perspective. *First Monday* 16(6)
- Foscolos, A. (2010). Climatic changes: Anthropogenic influence or naturally induced phenomenon. *Bulletin of the Geological Society of Greece*, 43(1), 8-31. doi: <https://doi.org/10.12681/bgsg.11157>
- Friss-Christiansen, E., Lassen, K. (1991). Length of the solar cycle: An indicator of solar activity closely associated with climate. *Science*, 254, p.p. 698-700.
- Galileo, G. (1638). *Dialogues Concerning Two New Sciences*. Dover Publications, ING, New York, <https://books.google.gr/books?id=BvyG03NrbC8C&printsec=frontcover&redirect=y#v=onepage&q&f=false>
- Galili, I. (2019). Towards a refined depiction of nature of science: applications to physics education, *Science & Education*, 28, 503-537.
- Gilbert, J.K. (2004) Models and Modelling: Routes to More Authentic Science Education. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 2, 115–130. <https://doi.org/10.1007/s10763-004-3186-4>

- Gillispie, C. (1986). Στην Κόψη της αλήθειας: Η εξέλιξη των επιστημονικών ιδεών από το Γαλιλαίο ως τον Einstein, Μορφωτικό Ίδρυμα Εθνικής Τραπέζης, Αθήνα.
- Haigh, J. (2007). The Sun and the Earth's Climate. *Living Rev. Sol. Phys.* **4**, 2 <https://doi.org/10.12942/lrsp-2007-2>
- Hankins, T.L. (1998). Επιστήμη και διαφωτισμός, Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης, Ηράκλειο Κρήτης.
- Hansson, L., Leden, L., Pendrill, A. (2019). Contemporary science as context for teaching nature of science: teachers' development of popular science articles as a teaching resource, *Physics Education*, 54.
- Harlen, W., Elstgeest, J. (2005). Διδασκαλία και μάθηση των Φυσικών Επιστημών στην Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση. Εκδόσεις Τυπωθήτω – Γιώργος Δαρδανός. Αθήνα, από το “Unesco Sourcebook for Science in the Primary School”, 1992, Unesco Publishing
- Harrison, M. (2018). *Building black box circuit simulators to test and improve pupils' problem-solving ability*, *Physics Education* 53 055019.
- Hasan, H., Kazlauskas, A. (2014). Activity Theory: who is doing what, why and how. In H. Hasan (Eds.), *Being Practical with Theory: A Window into Business Research* (pp. 9-14). Wollongong, Australia: THEORI
- Hays, J., Imbrie, J. Shackleton, N. (1976). Variations in the Earth's Orbit: Pacemaker of the Ice Ages. *Science*, 194, p.p.1121-1132.
- Heering, P., Hoettecke, D. (2014). Historical-investigative Approaches in Science Teaching, In Matthews M. (eds) *International Handbook of Research in History, Philosophy and Science Teaching*. Springer, Dordrecht, 1473-1502, doi.org/10.1007/978-94-007-7654-8_46
- Heering, P. Cavicchi, E. (2020). Teaching About Nature of Science Through Historical Experiments, In W. McComas (Ed), *Nature of Science in Science Instruction: Rationales and Strategies*, Springer Nature, Switzerland. p. 609-626.
- Herrington, J., Oliver, R. (2000). An instructional design framework for authentic learning environments. *Educational Technology Research and Development*, 48, 23-48.
- Herron, M. (1971). The nature of scientific inquiry. In *The teaching of science*, eds. J.J. Schwab and P.F. Brandwein, 3-103. Cambridge, MA: Harvard University Press
- Hewson, P., & Hewson, M. (1987) Science teachers' conceptions of teaching: Implications for teacher education. *International Journal of Science Education*, 9 (4), 425-440.
- Hodson, D. (2014). Nature of science in the science curriculum: origin, development, implications and shifting emphases. In M. R. Matthews (Ed.), *International handbook of research in history, philosophy and science teaching* (pp. 911–970). Dordrecht, The Netherlands: Springer.
- Holbrook, J., Rannikmae, M. (2009). The meaning of scientific literacy, *International Journal of Environmental & Science Education*, 4(3), 275-288.
- Holton G., Brush S. (2001). *Physics, the Human Adventure: From Copernicus to Einstein and Beyond*. Rutgers University Press, New Brunswick, New Jersey.
- Hora, M. T., Ferrare, J. J. (2013). A review of classroom observation techniques in postsecondary settings (WCER Working Paper 2013-1). Retrieved from

- University of Wisconsin–Madison, Wisconsin Center for Education Research website: <http://www.wcer.wisc.edu/publications/workingPapers/papers.php>
- Igira, F., Gregory, J. (2009). Cultural Historical Activity Theory. In *Handbook of Research on Contemporary Theoretical Models in Information Systems* (pages 434-454)
- Imants, J., Meijer, P.C., Blanckesteijn, E. (2020). Expansive Learning in Teacher Education’s Hybrid Spaces: The Challenges and Possibilities in and Beyond Learning Studios. *Front. Educ.* 5:64.doi: 10.3389/educ.2020.00064
- IPCC (2001): *Climate Change 2001: The Scientific Basis*. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Houghton, J.T., Y. Ding, D.J. Griggs, M. Noguer, P.J. van der Linden, X. Dai, K. Maskell, and C.A. Johnson (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 881pp.
- Irwin, A. (2000), *Historical Case Studies: Teaching the Nature of Science in Context*, *Science Education*, 84(1), 5-26.
- Irwin, A. (2015). Citizen science and scientific citizenship: same words, different meanings?’. In Schiele, B., Marec, J.L. and Baranger, P. (Eds) *Science Communication Today*. (Presses Universitaires de Nancy, Nancy: 2015), 29-38.
- Irzik, G., Nola, R. (2011). A Family Resemblance Approach to the Nature of Science for Science Education, *Science & Education*, 20, 591-607.
- Irzik, G., Nola, R. (2014). New directions for nature of science research. In M. R. Matthews (Ed.), *International handbook of research in history, philosophy and science teaching* (pp. 999–1021). Dordrecht, The Netherlands: Springer.
- Jarvis, P. (2009). Learning to be a person in society: learning to be me. In Illeris, K., (Ed.) *Contemporary Theories of Learning. Learning theorists ... in their own words* (p.p. 53-73). Routledge.
- Jóhannsdóttir, T. (2014). Responsive Practices in Online Teacher Education, In book: *Contemporary Approaches to Activity Theory: Interdisciplinary Perspectives on Human Behavior*, Publisher: IGI Global, Editors: Thomas Hansson
- Jones, M. Living with Contradiction: Cultural Historical Activity Theory as a Theoretical Frame to Study Student Engineering Project Teams, 121st ASEE Annual Conference & Exposition, Indianapolis.
- Kampourakis, K. (2016). The “general aspects” conceptualization as a pragmatic and effective means to introducing students to nature of science, *Journal of Research in Science Teaching*, 53(5), 667-682.
- Kampourakis, K. (2017). Nature of Science Representations in Greek Secondary School Biology Textbooks, In McDonald C. & Abd-El-Khalick F. (Eds) *Representations of Nature of Science in School Science Textbooks*, Routledge, New York, 118-134.
- Kao, Y., Cina, A., Gimm, A. (2006). “Inside the Black Box”, *The Science Teacher*, 73, 9, pp.46-49.
- Kaptelinin, V. Nardi, B. (2012). Activity Theory in HCI: Fundamentals and Reflections, *Synthesis Lecture on Human-Centered Informatics*, 5(1), 1-105.
- Karisan, D., Zeidler, D. (2017). Contextualization of nature of science within the socioscientific issues framework: A review of research, *International Journal of*

- Education in Mathematics, Science and Technology*, 5(2), 139-152, DOI:10.18404/ijemst.270186
- Kaya, S., Erduran, S., Birdthistle, N., McCormack, O. (2018). Looking at the Social Aspects of Nature of Science in Science Education Through a New Lens, *Science & Education*, 27, p. 457–478.
- Keller, C., Wang, Y. (1994). *A golden oldie – A Black Box Circuit*, *The Physics Teacher*, Vol. 32, pp. 222-223.
- Kent, D., Olsen, P., Rasmussen, C., Lepre, C., Mundil, R., Irmis, R., Gehrels, G., Giesler, D., Geissman, J., Parker, W. (2018). Empirical evidence for stability of the 405-kiloyear Jupiter–Venus eccentricity cycle over hundreds of millions of years. *Proceedings of the National Academy of Sciences Jun 2018*, 115 (24) 6153-6158; DOI: 10.1073/pnas.1800891115
- Khilyuk, K., Chillingar, G. (2006). On global forces of nature driving the Earth's climate. Are humans in-volved? *Environmental Geology*, 50 (6) , p.p. 899-910.
- Khilyuk, L., Chillingar G. (2003). Global warming: are we confusing cause and effect. *Energy Sources*, 25, p.p.357-370.
- Khishe, R., Abd-El-Khalick, (2002). Influence of Explicit and Reflective versus Implicit Inquiry-Oriented Instruction on Sixth Graders' Views of Nature of Science, *Journal of Research in Science Teaching*, 39(7), 551-578.
- Khishfe, R. (2012). Nature of Science and Decision-Making, *International Journal of Science Education*, 34(1), 67-100.
- Kipnis, N. (1998). A History of Science Approach to the Nature of Science: Learning Science by Rediscovering it, In McComas (Ed) *The Nature of Science in Science Education: Rationales and Strategies*, Kluwer Academic Publishers, New York, 177-196.
- Kiouri, C., Skoumios, M. (2017). Dimensions of Scientific Literacy in Greek Upper Secondary Education Physics Curricula, *Journal of Education & Social Policy*, 4(4), 116-125.
- Klopfer, L. (1969). The teaching of science and the history of science, *Journal of Research in Science Teaching*, 6, 87-95.
- Kokkotas P., Piliouras P., Malamitsa K., Stamoulis E. (2008). Teaching physics to in-service primary school teachers in the context of the history of science: the case of the fall of bodies. *Science & Education*, 18(2), 602–609.
- Kollas, S., Halkia, K. (2020). Scientific Literacy in Second Chance Schools: Training Science Teachers to Design Context-based Curricula, *Universal Journal of Educational Research*, 8(10), 4877-4890, DOI: 10.13189/ujer.2020.081060
- Kolokouri, E., Theodoraki, X., Plakitsi, K. (2012). A Cultural Historical Activity Theory Approach In Natural Sciences Education Laboratory Lessons Towards Reforming Teachers Training, *World Journal of Education*, 2(2), 23-40.
- Kornelaki, A., Plakitsi, K. (2018). *Thunderbolt hunt. Educational Program for Students from 5 to 9 Years Old in the Archeological Museum of Ioannina*, *World Journal of Education*, Vol 8. 4, p.p. 87-101
- Korthagen, F. (2017). Inconvenient truths about teacher learning: towards professional development 3.0, *Teachers and Teaching*, 23(4), 387-405. DOI:10.1080/13540602.2016.1211523

- Koumara, A. (2019). History of pressure implemented in a Nature of Science Professional Development Program for Science Teachers, IHPST proceedings, Thessaloniki, pp.396-405.
- Koumara, A., Plakitsi, K. (2017). The nature of science in lower secondary school: the case of Greece. *Science Education: Research and Praxis*, Vol. 4-65, pp.104-114. Retrieved from <http://www.lib.uoi.gr/serp/>
- Koumara, A., Plakitsi, K. (2017a). Teaching the Nature of Science (NOS) in Lower Secondary School: the Case of Greece (Grades 7-9), ESERA2017, pre-conference workshop for Doctoral Students, Dublin.
- Koumara, A. Plakitsi, K. (2020a). Using CHAT to Address the Nature of Scientific Knowledge Aspects on a PD-Program for Greek Science Teachers as a Cycle of Expansive Learning, *Cultural-Historical Psychology*, 16(2), 61-68. [doi:10.17759/chp.2020160208](https://doi.org/10.17759/chp.2020160208)
- Koumara, A. Plakitsi, K. (2020b). The Degree that Nature of Scientific Knowledge Aspects are Included in the Science Classes of Greek High Schools, *World Journal of Education*, 10(5), 1-17, <https://doi.org/10.5430/wje.v10n5p1>
- Kuutti, K. (1996). "Activity theory as a potential framework for human-computer interaction research," In: B. Nardi (editor). *Context and consciousness: Activity theory and human-computer interaction*. Cambridge, Mass.: MIT Press, pp. 17-44.
- Landrus, M. (2010). Leonardo Da Vinci's Giant Grossbow. Springer-Verlag Berlin Heidelberg
- Lau, K.C. (2010). Knowledge and Skills that Science Teachers need for teaching the nature of science, Thesis, University of Leicester
- Leden, L., (2017). Black & white or shades of grey: Teachers' perspectives on the role of nature of science in compulsory school science teaching. Doctoral thesis. Malmö: Malmö University.
- Leden, L., Hansson, L., Redfors, A., Ideland, M. (2013). Why, when, and how to teach nature of science in compulsory school - Teachers' views. European Science Education Research Association (ESERA) 2013. Retrieved from <http://www.esera2013.org.cy/proposal-view.2/?abstractid=988>
- Leden, L. Hansson, L. Redfors, A. Ideland, M. (2015). Teachers' Ways of Talking About Nature of Science and Its Teaching, *Science & Education*, 24, 1141-1172.
- Lederman N., Abd-El-Khalick F. (1998) Avoiding De-Natured Science: Activities that Promote Understandings of the Nature of Science. In: McComas W.F. (eds) *The Nature of Science in Science Education*. Science & Technology Education Library, vol 5. Springer, Dordrecht.
- Lederman N., Lederman, J., Antink, A. (2013). Nature of science and scientific inquiry as contexts for the learning of science and achievement of scientific literacy. *International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology*, 1(3), 138-147.
- Lederman, J, Lederman, N., Kim, B. (2012). Teaching and Learning of Nature of Science and Scientific Inquiry: Building Capacity Through Systematic Research-Based Professional Development. In: Khine M.S. (Ed) *Advances in Nature of Scientific Research*, Springer, The Netherlands, 125-152.

- Lederman, J. (2009). *Teaching scientific inquiry: exploration directed, guided, and open-ended. Levels, National Geographic*, New York: Brown Publisher, 8-20.
- Lederman, J., Lederman, N., Bartels, S., Jimenez, J. (2019). An international collaborative investigation of beginning seventh grade students' understandings of scientific inquiry: Establishing a baseline, *Journal of Research in Science Teaching*, 56(4), 486-515.
- Lederman, J., Lederman, N., Bartos, S., Bartels, S., Meyer, A., Schwartz, R. (2014b). Meaningful Assessment of Learners' Understanding About Scientific Inquiry – The Views About Scientific Inquiry (VASI) Questionnaire, *Journal of Research in Science Teaching*, 51(1), 65-83.
- Lederman, N. (1992). Students' and teachers' conceptions of the nature of science: A review of the research, *Journal of Research in Science Teaching*, 29(4), 331-359.
- Lederman, N. (2006). Syntax of Nature of Science within inquiry and science instruction, In Flick L.B. and Lederman N.G. (Eds) *Scientific Inquiry and Nature of Science*, Springer, Dordrecht, 301-317.
- Lederman, N. (2007). Nature of Science: Past, Present, and Future, in Abel, S.K. and Lederman, N.G. (Eds), *Handbook of Research on Science Education*, Lawrence Erlbaum Associates, New Jersey, 831-880.
- Lederman, N. (2019). Contextualizing the Relationship Between Nature of Scientific Knowledge and Scientific Inquiry: Implications for Curriculum and Classroom Practice, *Science & Education*, 28, 249-267.
- Lederman, N., Abd-El-Khalic, F., Smith, M. (2019). Teaching Nature of Scientific Knowledge to Kindergarten Through University Students, *Science & Education*, 28, 197-203.
- Lederman, N., Abd-El-Khalick, F. (1998). Avoiding De-Natured Science: Activities that Promote Understandings of the Nature of Science. In: McComas W.F. (eds) *The Nature of Science in Science Education*. Science & Technology Education Library, vol 5. Springer, Dordrecht
- Lederman, N., Abd-El-Khalick, F., Bell, R., Schwartz, R. (2002). Views of Nature of Science Questionnaire: Toward Valid and Meaningful Assessment of Learners' Conceptions of Nature of Science, *Journal of Research in Science Teaching*, 39(6), 497-521.
- Lederman, N., Antink, A., Bartos, S. (2014). *Nature of Science, Scientific Inquiry and Socio-Scientific Issues Arising from Genetics: A Pathway to Developing a Scientifically Literate Citizenry*, Science & Education, Vol. 23, No. 2, pp. 285-302.
- Lederman, N., Antink, A., Bartos, S. (2014a). Nature of Science, Scientific Inquiry and Socio-Scientific Issues Arising from Genetics: A Pathway to Developing a Scientifically Literate Citizenry, *Science & Education*, 23, 285-302
- Lederman, N. Khishfe, R. (2002). Views of nature of science, Form D. Unpublished paper. Illinois Institute of Technology, Chicago, IL.
- Lederman, N., Lederman J. (2014). Research on Teaching and Learning of Nature of Science, In Lederman N.G. and Abell S.K. (Eds) *Handbook of Research on Science Education*, New York, 600-620.

- Lederman, N., Lederman, J. (2014). Research on Teaching and Learning of Nature of Science In Lederman, Abell (eds) Handbook of Research in Science Teaching, vol. 2. Routledge, pp.600-620
- Lederman, N. Abd-El-Khalick, F. Lederman, J. (2020) Avoiding De-Natured Science: Integrating Nature of Science into Science Instruction, In W. McComas (Ed) Nature of Science in Science Instruction: Rationales and Strategies, Springer Nature, Switzerland. p. 295-326.
- Levin, T. Wagner, T. (2009). Mixed-methodology Research in Science Education: Opportunities and Challenges in Exploring and Enhancing Thinking Dispositions. In: Shelley M.C., Yore L.D., Hand B. (eds) Quality Research in Literacy and Science Education. p. 213-243, Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-8427-0_11
- Loehle, C., 2007. A 2000 Year Global Temperature Reconstruction based on Non-Tree ring Proxy Data. *Energy & Environment*, 18, 1049-1058.
- Loehle, C., McCulloch, J. (2008). Correction to: A 2000-year global temperature reconstruction based on non-tree ring proxies. *Energy & Environment*, 19, 93-100.
- Lund, A., Rasmussen, J. (2008). The right tool for the wrong task? Match and mismatch between first and second stimulus in double stimulation. In *International Journal of Computer-Supported Collaborative Learning* 3:387–412 DOI 10.1007/s11412-008-9050-8
- Malet, A. (2013). Between Mathematics and Experimental Philosophy: Hydrostatics in Scotland About 1700. In *the Mechanization of the natural philosophy*, ed. D. Garber and S. Roux, 159 – 187. Dordrecht: Springer
- Matthews, M. (2012). Changing the focus: From nature of science (NOS) to features of science (FOS). In M. S. Khine (Ed.), *Advances in nature of science research: Concepts and methodologies* (pp. 3–26). Dordrecht, The Netherlands: Springer.
- Matthews, M. (2015). *Science Teaching: The contribution of history an philosophy of science, 20th anniversary revised and expanded edition*, Routledge, New York.
- Mc Donald, C., Abd-El-Khalcik, F. (2017a). Representations of Nature of Science in School Science Textbooks, In McDonald C. & Abd-El-Khalick F. (Eds) *Representations of Nature of Science in School Science Textbooks*, Routledge, New York, 1-19.
- Mc Donald, C., Abd-El-Khalcik, F. (2017b). Where to From Here? Implications and Future Directions for Research on Representations of Nature of Science in School Science Textbooks, In McDonald C. & Abd-El-Khalick F. (Eds) *Representations of Nature of Science in School Science Textbooks*, Routledge, New York, 215-231.
- McComas, W. (2015). The Nature of Science and the Next Generation Science Standards, *The American Biology Teacher*, 77(7), 485–491.
- McComas, W. (2017). Understanding how science works: The nature of science as the foundation for science teaching and learning, *School Science Review*, 98(365), 71-76.
- McComas, W. (2020). Nature of Science and Classroom Practice: A Review of the Literature with Implications for Effective NOS Instruction, In W. McComas (Ed),

- Nature of Science in Science Instruction: Rationales and Strategies, Springer Nature, Switzerland. p. 67-111.
- McComas, W. (2020). A Typology of Approaches for the Use of History of Science in Science Instruction, In W. McComas (Ed) Nature of Science in Science Instruction: Rationales and Strategies, Springer Nature, Switzerland. p. 527-550.
- McComas, W., Kampourakis, K. (2015). Using the history of Biology, Chemistry, Geology and Physics to illustrate general aspects of Nature of Science, *Review of Science, Mathematics and ICT Education*, 9(1), 47-76.
- Mesci, G., Schwartz, R. (2017). Changing Preservice Science Teachers' Views of Nature of Science: Why some conceptions may be more easily altered than others, *Research in Science Education*, 47, 329–351.
- Meyer, X., Crawford, B. (2011). Teaching science as a cultural way of knowing: merging authentic inquiry, nature of science and multicultural strategies, *Cultural Studies of Science Education*, 6, 525–547, DOI 10.1007/s11422-011-9318-6
- Meyers, E. (2007). From activity to learning: using cultural historical activity theory to model school library programmes and practices. *Information Research* 12(3).
- Mezirow, J. (2009). An overview on transformative learning. In Illeris, K., (Ed.) Contemporary Theories of Learning. Learning theorists ... in their own words (p.p. 53-73). Routledge.
- Miller, S. (2014). “Modeling the nature of science with the mystery tube,” *Phys. Teach.* **52**, 548.
- Murray, J., Kidd, W., McMahon, A., Viswarajan, S. (2020). Teacher Educators and Expansive Learning in the Workplace and Beyond. *Front. Educ.* 5:84.doi: 10.3389/educ.2020.00084
- Neumann, I. Michel, H. Papadouris, N. (2020). Blending Nature of Science with Science Content Learning, In W. McComas (Ed), Nature of Science in Science Instruction: Rationales and Strategies, Springer Nature, Switzerland. p. 327-342.
- Newton, I. [(1729), 1974] *The Mathematical Principles of Natural Philosophy*, translated into English by Andrew Motte, revised by Florian Cajori. University of California Press, Eight Printing.
- NGSS Lead States. (2013). *Next Generations Science Standards: For States, By States*. Washington, DC: The National Academies Press.
- Niaz, M. (2009). *Critical appraisal of physical science as a human enterprise: Dynamics of scientific progress*. Milton Keynes: Springer.
- Niaz, M. (2016). History and philosophy of science as a guide to understanding nature of science. *Revista Científica*, 24, 7-16. Doi: 10.14483/udistrital.jour.RC.2016.24.a1
- NRC (1996). *National science education standards*. No. National Academy Press. Washington: D.C.
- OECD (2016), *PISA 2015 Assessment and Analytical Framework: Science, Reading, Mathematic and Financial Literacy*, PISA, OECD Publishing, Paris, DOI: <http://dx.doi.org/10.1787/9789264255425-en>
- Olsen, B. (2016), Preservice and practicing teacher science inquiry projects: An analysis of their understanding of the inquiry process, *Electronic Theses and Dissertations*. 233

- Osborne, J., Collins, S., Ratcliffe, M., Millar, R., Duschl, R. (2003). What “Ideas-about-Science” Should be Taught in School Science? A Delphi Study of the Expert Community, *Journal of Research in Science Teaching*, 40(7), 692-720.
- Papadouris, N., Constantinou, C. (2014). An exploratory investigation of 12-year-old students’ ability to appreciate certain aspects of the nature of science through a specially designed approach in the context of energy. *International Journal of Science Education*, 36(5), 755–782.
- Paraskevopoulou, E., Koliopoulos, D. (2011). Teaching the Nature of Science Through the Millikan-Ehrenhaft Dispute, *Science & Education*, 20, 943-960
- Pecquet, J. (1651). *Experimenta Nova Anatomica*.
https://books.google.gr/books?id=2jlCAAAAcAAJ&pg=PA1&hl=el&source=gs_toc_r&cad=4#v=onepage&q&f=false
- Petit, J., Jouzel, J., Raynaud, D., Barkov, N., Barnola, J., Basile, I., Bender, M., Chappellaz, J., Davis, M., Delaygue, G., Delmotte, M., Kotlyakov, V., Legrand, M., Lipenkov, V., Lorius, C., Pepin, L., Ritz, C., Saltzman, E., Stievenard, M. (1999). “Climate and atmospheric history of the past 420,000 years from the Vostok ice core, Antarctica”, *Nature*, 399, 429–436
- Pierratos, T., Koumara, A. (2020), Let’s Do Science, *Primary Science*, 163, 11-13.
- Piliouras, P., Plakitsi, K., Nasis, G. (2015). Discourse Analysis of Science Teachers Talk as a Self-reflective Tool for Promoting Effective NOS Teaching, *World Journal of Education*, 5(6), 96-107.
- Piliouras, P., Plakitsi, K., Seroglou, F. Papantoniou, G. (2018). Teaching Explicitly and Reflecting on Elements of Nature of Science: A Discourse-Focused Professional Development Program with Four Fifth-Grade Teachers. *Research in Science Education*, 48, 1221–1246. doi.org/10.1007/s11165-016-9600-4
- Postholm, M.B. (2020). Premises and Promises for Expansive Learning in Teacher Education. *Front. Educ.* 5:41. doi: 10.3389/educ.2020.00041
- Reid-Smith, J. (2013). Historical short stories as nature of science instruction in secondary science classrooms: Science teachers' implementation and students' reactions. Graduate Theses and Dissertations, Iowa State University
- Roberts, D. (2007). Scientific Literacy/Science Literacy, in Abell S.K. & Lederman N.G. (Eds) *Handbook of Research on Science Education*, Lawrence Erlbaum Associates, New Jersey, 729-780.
- Roberts, D., Bybee, R. (2014). Scientific Literacy, Science Literacy and Science Education, In Lederman N.G. and Abell S.K. (Eds) *Handbook of Research on Science Education*, New York, 545-558.
- Rode, H., Friege, G. (2017). *Nine optical black-box experiments for lower-secondary students*, *Physics Education* 52(3)
- Rodrigues, A., Camillo, J., Mattos, C. (2011). Cultural-Historical Activity Theory and Science Education: Foundational Principles and Potentialities, *Scientific Papers*, University of Latvia, 778, 191-200.
- Roth, W., Desautels, J. (2004). Education for citizenship: Reappraising the role of science education, *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, 4(2), 149-168.
- Roth, W., Goulart, M., Plakitsi, K. (2013). Magnifying Effects with LIGHT. In Roth, W.-M., Goulart, M.I.M., Plakitsi, K., *Science Education during Preschool Years*.

- A Cultural-Historical Approach*. Dordrecht, The Netherlands: Springer, p. 181-200.
- Roth, W., Jornet, A. (2014). Toward a Theory of Experience, *Science Education*, 98(1), 106–126.
- Roth, W., Lee, Y. (2007). “Vygotsky’s neglected legacy”: Cultural-historical activity theory. *Review of Educational Research*, 77(2), 186- 232.
- Roth, W., Lee Y., Hsu P. (2009). A tool for changing the world: possibilities of cultural-historical activity theory to reinvigorate science education. *Studies in Science Education* 45(2) 131–167
- Rust, F. (2020). Expansive Learning Within a Teachers Community of Ongoing Learners (TCOOL). *Front. Educ.* 5:67. doi: 10.3389/feduc.2020.00067
- Sadler, T. (2004). Informal Reasoning Regarding Socioscientific Issues: A Critical Review of Research, *Journal of Research in Science Teaching*, 41(5), 513-536.
- Sadler, T., Barab, S., Scott, B. (2004) What do students by engaging in socioscientific inquiry?, *Research in Science Education*, 37, 371-391.
- Sadler, T., Barab, S., Scott, B. (2007). What Do Students Gain by Engaging in Socioscientific Inquiry?, *Research in Science Education*, 37, 371-391.
- Schizas, D., Psilos, D., Stamou, G. (2016). Nature of Science or Nature of the Sciences, *Science Education*, 100(4), 706-733.
- Schwartz, R., Lederman, N., Crawford, B. (2004). Developing Views of Nature of Science in Authentic Context: An Explicit Approach to Bridging the Gap Between Nature of Science and Scientific Inquiry, *Science Education*, 88(4), 610-645.
- Schwartz, R., Crawford, B. (2006). Authentic Scientific Inquiry as Context for teaching Nature of Science, In Flick L.B. and Lederman N.G. (Eds) *Scientific Inquiry and Nature of Science*, Springer, Dordrecht, 331-356.
- Schwartz, R., Lederman, N. (2002). It’s the nature of the beast: The influence of knowledge and intentions on learning and teaching nature of science, *Journal of Research in Science Teaching*, 39(3), 205-236.
- Schwartz, R., Lederman, N. (2008). What Scientists Say: Scientists’ views of nature of science and relation to science context, *International Journal of Science Education*, 30:6, 727-771.
- Schwartz, R., Lederman, N., Lederman, J. (2008). An Instrument to Assess Views of Scientific Inquiry: The VOSI Questionnaire, In Paper presented at the international conference of the National Association for Research in Science Teaching (NARST). Baltimore, MD.
- Schwartz, R., Lederman, N., Abd-El-Khalick, F. (2012). A series of misrepresentations: A response to Allchin’s whole approach to assessing nature of science understandings. *Science Education*, 96(4), 685–692.
- Seroglou, F., Adúriz-Bravo, A. (2007). Designing and evaluating nature-of-science activities for teacher education. Paper presented at the 9th International History, Philosophy and Science Teaching Conference, June 24–28, 2007, Calgary, Canada.
- Shapin, S. (2003). *Η Επιστημονική Επανάσταση*. Κάτοπτρο, Αθήνα.

- Shea, W. (2003). *Designing Experiments and Games of Chance: The Unconventional Science of Blaise Pascal*. (Science History Publications). Canton: Watson Publishing International.
- Smith, K., (2020). Expansive Learning for Teacher Educators. The Story of the Norwegian National Research School in Teacher Education (NAFOL). *Front. Educ.* 5:43. doi: 10.3389/educ.2020.00043
- Smith, M. Jones, F. Gilbert, S. Wieman, C. (2017). The Classroom Observation Protocol for Undergraduate STEM (COPUS): A New Instrument to Characterize University STEM Classroom Practices, *CBE – Life Sciences Education*, 12(4), 618-627.
- Stefanidou, C. Psoma, V. Skordoulis, C. (2020). Ptolemy's experiments on refraction in science class, *Physics Education*, 55(3).
- Stefanidou, C. Skordoulis, C. (2017). Primary Student Teachers' Understanding of Basic Ideas of Nature of Science: Laws, Theories and Models, *Journal of Studies in Education*, 7(1), 127-153.
- Stefanidou, C. Skordoulis, C. Kechagias, C. (2018). The Relationship between Student Science Teachers' Views on Nature of Science and Classroom Practice: Is There Any?, *Journal of Studies in Education*, 8(4), 28-44.
- Suratmethakul, W. Hasan, H.M. (2004). An activity theory analysis of a case of IT-driven organisational change. In R. Meredith, G. Shanks, D. Arnott & S. Carlsson (Eds.), *Decision Support in an Uncertain and Complex World: Proceedings of the 2004 IFIP WG 8.3 International Conference on Decision Support Systems DSS2004* (pp. 773-781). Melbourne: Monash University.
- Tala, S. Vesterinen, V. (2015). Nature of Science Contextualized: Studying Nature of Science with Scientists, *Science & Education*, 24, 435-457. DOI 10.1007/s11191-014-9738-2
- Terry, C. (1995). *Black-box Electrical Circuits*, *The Physics Teacher*, Vol. 33, pp. 386-387.
- Thye, T.L. Kwen, B.H. (2004). Assessing the Nature of Science Views of Singaporean Pre-Service Teachers, *Australian Journal of Teacher Education*, 29(2), 1-10.
- Tsai, C. (2002). Nested epistemologies: Science teachers' beliefs of teaching, learning and science, *International Journal of Science Education*, 24(8), 771-783. DOI:10.1080/09500690110049132
- Van Amstel, F. (2014). *Expansive design: designing with contradictions*. PhD Thesis (Architecture and Design). University of Twente.
- VanDijk, E. (2011). Portraying Real Science in Science Communication, *Science Education*, 95(6), 1086-1100
- Vygotsky, L. (1978). *Mind in society: The development of higher psychological processes*. In Cole, M., John-Steiner, V., Scribner, S., and Souberman E., (Eds.), Cambridge: Harvard University Press.
- Webster, C. (1965). The discovery of Boyle's law, and the concept of the elasticity of air in the seventeenth century. *Archive for History of Exact Sciences*, Volume 2, Issue 6, pp 441–502.
- Westfall, R. (2004). Η συγκρότηση της σύγχρονης επιστήμης. Πανεπιστημιακές εκδόσεις Κρήτης. Ηράκλειο. από το “The Construction of Modern Science – Mechanisms and Mechanics”, 1977, Cambridge University Press

- Willard, T. (2020). *The NSTA Atlas of the Three Dimensions*, NSTA Press.
- Wong, S., Hodson, D. (2009). From the horse's mouth: What scientists say about scientific investigation and scientific knowledge, *Science Education*, 93(1), 109-130.
- Wong, S., Hodson, D. (2010). More from the horse's mouth: What scientists say about science as a social practice, *International Journal of Science Education*, 32(11), 1431-1463.
- Wong, S., Hodson, D., Kwan, J., Yung, B. (2008) Turning Crisis into Opportunity: Enhancing student-teachers' understanding of nature of science and scientific inquiry through a case study of the scientific research in severe acute respiratory syndrome, *International Journal of Science Education*, 30(11), 1417-1439. DOI: 10.1080/09500690701528808
- Woodcroft, B., (1851). *The pneumatics of Hero von Alexandria from the original Greek* (Translated for and edited by Bennet Woodcroft). Taylor Walton and Maberly. London
- Wray, E. (1974). *The black box principle*, *Physics Education*, 50 (9), pp. 50-52.
- Yacoubian, H. (2018). Scientific literacy for democratic decision-making, *International Journal of Science Education*, 40(3), 308-327.
- Yacoubian, H. (2020). Teaching Nature of Science Through a Critical Thinking Approach, In W. McComas (Ed) *Nature of Science in Science Instruction: Rationales and Strategies*, Springer Nature, Switzerland. p. 199-212.
- Yacoubian, H. Hansson, L. (2020). *Nature of Science for Social Justice*, Springer Nature, Switzerland, DOI:10.1007/978-3-030-47260-3
- Zeilder, D., (2014). Socioscientific Issues as a Curricular Emphasis, In Lederman N.G. and Abell S.K. (Eds) *Handbook of Research on Science Education*, New York, 697-726.
- Αβραμιώτης, Σ., Αγγελόπουλος, Β., Καπελώνης, Γ., Σινιγάλιας, Π., Σπαντίδης, Δ., Τρικαλίτη, Α., Φίλος, Γ. (2012). Χημεία Β΄ Γυμνασίου, Ινστιτούτο Τεχνολογίας Υπολογιστών και Εκδόσεων «Διόφαντος», Αθήνα.
- Αλεξιάκης, Ν., Αμπατζής, Σ., Γκουγκούσης, Γ., Κουντούρης, Β., Μοσχοβίτης, Ν., Οβαδίας, Σ., Πετρόχειλος, Κ., Σαμπράκος, Μ., Ψαλίδας, Α. (2014). Φυσική Γενικής Παιδείας Β΄ Λυκείου, Ινστιτούτο Τεχνολογίας Υπολογιστών και Εκδόσεων «Διόφαντος», Αθήνα.
- Αναγνωστοπούλου, Κ., (2015). Σχολική αξιολόγηση στην Ελλάδα και δεξιοτήτων στο διεθνές πρόγραμμα PISA: Συγκριτική μελέτη. Δημοσίευτη διδακτορική διατριβή. Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο.
- Αντωνίου, Ν., Δημητριάδης, Π., Καμπούρης, Κ., Παπαμιχάλης, Κ., Παπασίμπα, Λ., (2012), Φυσική Β΄ Γυμνασίου, Ινστιτούτο Τεχνολογίας Υπολογιστών και Εκδόσεων «Διόφαντος», Αθήνα.
- Αντωνίου, Ν., Δημητριάδης, Π., Καμπούρης, Κ., Παπαμιχάλης, Κ., Παπασίμπα, Λ., (2012), Φυσική Γ΄ Γυμνασίου, Ινστιτούτο Τεχνολογίας Υπολογιστών και Εκδόσεων «Διόφαντος», Αθήνα.
- Αντωνόπουλος-Ντόμης, Μ., Βλαχοκώστας, Χ., Κιαρτζής Σ., Μπίλλιας, Π., Σαμαράς, Π. (2009). Εφαρμογές της Πυρηνικής Τεχνολογίας στη Βιομηχανία Παραγωγής

- content/uploads/2018/02/OE_NuclearEnergy.pdf
- Βλάχος, Ι., Γραμματικάκης, Ι., Καραπαναγιώτης, Β., Περιστερόπουλος, Π., Τιμόθεου, Γ. (2014) Φυσική Α΄ Λυκείου, Ινστιτούτο Τεχνολογίας Υπολογιστών και Εκδόσεων «Διόφαντος», Αθήνα.
- Θεοδωράκη, Χ. (2015). Σχεδιασμός και ανάλυση δραστηριοτήτων των Φυσικών Επιστημών για μαθητές ηλικίας 5-9 ετών με τις σύγχρονες θέσεις της Θεωρίας της Δραστηριότητας (cultural – historical activity theory – CHAT). Αδημοσίευτη Διδακτορική διατριβή. Ιωάννινα. Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων.
- Θεοδωρόπουλος, Π., Παπαθεοφάνους, Π., Σιδέρη, Φ. (2012). Χημεία Γ΄ Γυμνασίου, Ινστιτούτο Τεχνολογίας Υπολογιστών και Εκδόσεων «Διόφαντος», Αθήνα.
- Καλκάνης, Γ., Γκικοπούλου, Ο., Καπότης, Ε., Γουσόπουλος, Δ., Πατρινόπουλος, Μ., Τσάκωνας, Π., Δημητριάδης, Π., Παπατσιμπα, Α., Μιτζήθρας, Κ., Καπόγιαννης, Α., Σωτηρόπουλος, Δ., Πολίτης, Σ. (2013). Φυσική Α΄ Γυμνασίου, Ινστιτούτο Τεχνολογίας Υπολογιστών και Εκδόσεων «Διόφαντος», Αθήνα.
- Κανδεράκης, Ν. (2015), Τι είναι η φύση της επιστήμης και γιατί οι μαθητές πρέπει να μαθαίνουν γι΄ αυτήν, *Φυσικές Επιστήμες στην Εκπαίδευση*, 7, 23-31.
- Καστορίνης, Α., Κωστάκη-Αποστολοπούλου, Μ., Μπαρώνα-Μάμαλη, Φ., Περάκη, Β., Πιαλόγλου, Π. (2012). Βιολογία Α΄ Λυκείου, Ινστιτούτο Τεχνολογίας Υπολογιστών και Εκδόσεων «Διόφαντος», Αθήνα.
- Κόκκος, Α. (2005). Εκπαίδευση Ενηλίκων: Ανιχνεύοντας το πεδίο, Μεταίχμιο, Αθήνα
- Κόκκοτας, Π., Πήλιουρας, Π. (2008). Επιμόρφωση των εκπαιδευτικών στη φύση της επιστήμης: η εμπειρία από τα ευρωπαϊκά προγράμματα «STeT» και «The MAP prOject», Στο Κουλαϊδής, Β. Αποστόλου, Α. Καμπουράκης, Κ. (Eds), *Η φύση των Επιστημών: Διδακτικές Προσεγγίσεις*, Αθήνα, 127-144.
- Κολοκούρη, Ε. (2015). Η θεωρία της Δραστηριότητας στις τυπικές και άτυπες μορφές διδασκαλίας εννοιών των Φυσικών Επιστημών για παιδιά ηλικίας 5-9 ετών. Η περίπτωση των κινούμενων σχεδίων. Αδημοσίευτη Διδακτορική διατριβή. Ιωάννινα. Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων.
- Κοντογιαννάτου, Γ. (2018). Έρευνες μικτών μεθόδων Η λογική του σχεδιασμού και οι προϋποθέσεις εφαρμογής τους, *Academia*, ISSN 2241-1402, Number 12
- Κορνελάκη, Α. (2018). Σχεδιασμός Εκπαιδευτικών Προγραμμάτων από τον κόσμο των Φυσικών Επιστημών για μη τυπικά περιβάλλοντα μάθησης, υπό το πρίσμα της Θεωρίας της Δραστηριότητας. Αδημοσίευτη Διδακτορική διατριβή. Ιωάννινα. Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων.
- Κουμαρά, Α., Πλακίτση, Κ. (2018). Μαύρα Κουτιά (Black Boxes) στη διδασκαλία χαρακτηριστικών της φύσης των Φυσικών Επιστημών στη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση, στο Πρακτικά 3^ο Πανελλήνιου Συνεδρίου με Διεθνή Συμμετοχή «Εκπαιδευτικό Υλικό Μαθηματικών και Φυσικών Επιστημών: διαφορετικές χρήσεις, διασταυρούμενες πορείες μάθησης» (Eds Μ. Σκουμιός, Χ. Σκουμπουρδή), 409-418, Ρόδος.
- Κουμαρά, Α., Πλακίτση, Κ. (2019). Αποτίμηση του βαθμού συμπερίληψης της φύσης των Φυσικών Επιστημών στο ελληνικό εκπαιδευτικό πλαίσιο της Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης, 11^ο Πανελλήνιο Συνέδριο Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση, Φλώρινα.

- Κουμαρά, Α., Πλακίτση, Κ. (2019). Τα αποτελέσματα Ελλήνων μαθητών της Γ΄ Λυκείου σε διεθνή έρευνα για τη γνώση των χαρακτηριστικών της Επιστημονικής Διερεύνησης. *Διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών: Έρευνα και Πράξη*, (72-73): 60-76. Ανακτήθηκε από <http://www.lib.uoi.gr/serp/>
- Κουμαράς, Π. (2017). Διδάσκοντας Φυσική αύριο... με στόχο την καλλιέργεια γνώσεων και ικανοτήτων για τη ζωή, Εκδόσεις Gutenberg, Αθήνα.
- Κουνιάς, Σ., Κολύβα – Μαχαίρα, Φ., Μπαγιάτης Κ., Μπόρα – Σέντα, Ε. (2009). Εισαγωγή στη Στατιστική. Εκδόσεις Χριστοδουλίδη. Θεσσαλονίκη.
- Λιοδάκης, Σ., Γάκης, Δ., Θεοδωρόπουλος, Δ., Θεοδωρόπουλος, Π., Κάλλης, Α., (2014). Χημεία Α΄ Λυκείου, Ινστιτούτο Τεχνολογίας Υπολογιστών και Εκδόσεων «Διόφαντος», Αθήνα.
- Λιοδάκης, Σ., Γάκης, Δ., Θεοδωρόπουλος, Δ., Θεοδωρόπουλος, Π., Κάλλης, Α. (2014). Χημεία Β΄ Λυκείου, Ινστιτούτο Τεχνολογίας Υπολογιστών και Εκδόσεων «Διόφαντος», Αθήνα.
- Μαυρικάκη, Ε., Γκούβρα Μ., Καμπούρη Α. (2012). Βιολογία Α΄ Γυμνασίου, Ινστιτούτο Τεχνολογίας Υπολογιστών και Εκδόσεων «Διόφαντος», Αθήνα.
- Μαυρικάκη, Ε., Γκούβρα Μ., Καμπούρη Α. (2012). Βιολογία Β΄ & Γ΄ Γυμνασίου, Ινστιτούτο Τεχνολογίας Υπολογιστών και Εκδόσεων «Διόφαντος», Αθήνα.
- Μελάς, Δ., Ασωνίτης, Γ., Αμοιρίδης, Β. (2000). Κλιματική αλλαγή [Οδηγός εκπαιδευτικών]. Ανάπτυξη εκπαιδευτικού υλικού για την περιβαλλοντική εκπαίδευση. Υπουργείο Εθνικής Παιδείας και Θρησκευμάτων. ΑΘΗΝΑ 2000.
- Νάννη, Ε. (2017). Η θεωρία της δραστηριότητας στην εκπαίδευση των εκπαιδευτικών της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης στη διδασκαλία θεμάτων των φυσικών επιστημών σε τυπικά και μη τυπικά περιβάλλοντα μάθησης. Η περίπτωση της έμβιας ύλης. Δημοσίευτη Διδακτορική διατριβή. Ιωάννινα. Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων.
- Πλακίτση, Κ. (2008). Η Φύση της Επιστήμης ως οριζόντιος άξονας στην εκπαίδευση των εκπαιδευτικών που διδάσκουν φυσικές επιστήμες, Στο Κουλαϊδής, Β. Αποστόλου, Α. Καμπουράκης, Κ. (Eds), Η φύση των Επιστημών: Διδακτικές Προσεγγίσεις, Αθήνα, 165-183.
- Πλακίτση, Κ. (2015). Μουσειοπαιδαγωγική και εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες: Κοινοί θεωρητικοί τόποι και εφαρμογές τους στην έρευνα, στα αναλυτικά προγράμματα και στη διδακτική πρακτική. Επιστημονική Επετηρίδα Παιδαγωγικού Τμήματος Νηπιαγωγών Πανεπιστημίου Ιωαννίνων, 2, 181-197. doi: <https://doi.org/10.12681/jret.957>
- Πλακίτση, Κ., Σταμούλης, Ε., Θεοδωράκη, Χ., Κολοκούρη, Ε., Νάννη, Ε., Κορνελάκη, Α. (2018). Η Θεωρία της Δραστηριότητας και οι Φυσικές Επιστήμες: Μια νέα διάσταση στην STEAM εκπαίδευση. Αθήνα: Εκδόσεις Gutenberg.
- Σκουμιός, Μ. (2016). Συμβολή μιας σειράς πειραματικών δραστηριοτήτων στις δεξιότητες των μαθητών να αξιολογούν τα αποδεικτικά στοιχεία γραπτών επιχειρημάτων, *Φυσικές Επιστήμες στην Εκπαίδευση*, 10, 17-32.
- Σοφianoπούλου, Χ., Εμβλωτής, Α., Πίτσια, Β., Καρακολίδης Α. (2017). Έκθεση Αποτελεσμάτων του Διεθνούς Προγράμματος PISA 2015 για την αξιολόγηση των μαθητών στην Ελλάδα. Αθήνα; Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής (ΙΕΠ)

- Σπανέλλη, Τ. (2014), Τι κρύβουν τα «Μυστηριώδη Κουτιά;» Μια διδακτική παρέμβαση για την εισαγωγή στην έννοια της Επιστήμης στη Β΄ τάξη Δημοτικού, *Φυσικές Επιστήμες στην Εκπαίδευση*, 4, 9-20.
- Σταμούλης, Σ., (2014). Η ιστορική και φιλοσοφική διάσταση των Φυσικών Επιστημών στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών με τη βοήθεια των Τεχνολογιών Πληροφορίας και Επικοινωνίας, μαθητών ηλικίας έως 12ετών. Αδημοσίευτη Διδακτορική διατριβή. Ιωάννινα. Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων.
- Στεφανίδου, Κ. (2013). Ο ρόλος της ιστορίας και φιλοσοφίας των φυσικών επιστημών στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών: διαδικασίες διδασκαλίας και μάθησης της φύσης της επιστήμης: νόμοι – μοντέλα – θεωρίες – μέσα από την ιστορία του ηλεκτρισμού, Αθήνα, διδακτορική διατριβή
- Τσιαρτσιώτου, Ζ. (2015). Η αντιπαράθεση επιχειρημάτων στη διδασκαλία της φύσης των φυσικών επιστημών, Θεσσαλονίκη, διδακτορική διατριβή

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

Παράρτημα Α ⁸⁶

Ερωτηματολόγιο VNOS-D+⁸⁷ από τους Lederman & Lederman (2010)⁸⁸

Όνοματεπώνυμο: _____

Ημερομηνία: ... /4/2018

Οδηγίες

- Παρακαλώ απαντήστε σε κάθε μία από τις επόμενες ερωτήσεις στο διαθέσιμο χώρο κάτω από τις εκφωνήσεις.
 - Κάποιες ερωτήσεις περιέχουν περισσότερα από ένα μέρη. Σιγουρευτείτε ότι έχετε απαντήσει σε όλα τα μέρη.
 - Σε αυτό το ερωτηματολόγιο δεν υπάρχουν σωστές και λάθος απαντήσεις. Μας ενδιαφέρουν **οι απόψεις σας** για τις ακόλουθες ερωτήσεις.
- Σας ευχαριστούμε εκ των προτέρων για το χρόνο σας!

⁸⁶ Δόθηκε σε 50 εκπαιδευτικούς πριν και μετά το Πρόγραμμα Επιμόρφωσης, το Μάρτιο και το Μάιο του 2018 και σε 149 φοιτητές 1^{ου} έτους το Νοέμβριο του 2018.

⁸⁷ Η μετάφραση έγινε από τα αγγλικά από την ερευνήτρια

⁸⁸ <https://www.physport.org/assessments/assessment.cfm?A=VNOS>

1. Τι είναι οι Φυσικές Επιστήμες;

2. Τι είναι αυτό που κάνει τις Φυσικές Επιστήμες (ή έναν κλάδο τους, όπως η Φυσική, η Βιολογία, κλπ) διαφορετικό από άλλους κλάδους, όπως η Τέχνη, η Ιστορία, η Φιλοσοφία, κλπ;

3. Οι επιστήμονες παράγουν την επιστημονική γνώση. Πιστεύετε ότι αυτή η γνώση μπορεί να μεταβληθεί στο μέλλον; Εξηγήστε την απάντησή σας και δώστε ένα παράδειγμα.

4. (α) Πώς οι επιστήμονες ξέρουν ότι οι δεινόσαυροι πράγματι υπήρξαν; Εξηγήστε την απάντησή σας.

(β) Πόσο σίγουροι πιστεύετε ότι είναι οι επιστήμονες για το πώς έμοιαζαν οι δεινόσαυροι; Εξηγήστε την απάντησή σας.

(γ) Οι επιστήμονες συμφωνούν ότι πριν από περίπου 65 εκατομμύρια χρόνια οι δεινόσαυροι εξαφανίστηκαν. Παρόλα αυτά, διαφωνούν για την αιτία που προκάλεσε αυτή την εξαφάνιση. Γιατί πιστεύετε ότι διαφωνούν, αν και έχουν πρόσβαση στις ίδιες πληροφορίες;

(δ) Αν ένας επιστήμονας επιθυμεί να πείσει τους συναδέλφους του για τη θεωρία του πάνω στην εξαφάνιση των δεινοσαύρων, τι πιστεύετε ότι χρειάζεται να κάνει για να τους πείσει; Εξηγήστε την απάντησή σας.

5. Προκειμένου οι μετεωρολόγοι να προβλέψουν τον καιρό, συλλέγουν διαφορετικά είδη πληροφοριών. Συχνά δημιουργούν διαφορετικά υπολογιστικά αριθμητικά μοντέλα καιρού. (α) Πιστεύετε ότι οι μετεωρολόγοι είναι απόλυτα σίγουροι για τα υπολογιστικά αριθμητικά μοντέλα καιρού; (β) Γιατί ναι/γιατί όχι;

6. Το μοντέλο του εσωτερικού της Γης περιγράφει ότι η Γη αποτελείται από στρώματα που ονομάζονται φλοιός, άνω μανδύας, μανδύας, εξωτερικός πυρήνας και εσωτερικός πυρήνας. Αυτό το μοντέλο για τα γεωλογικά στρώματα αντιπροσωπεύει επακριβώς πώς είναι το εσωτερικό της Γης; Εξηγήστε την απάντησή σας.

7. Οι επιστήμονες ψάχνουν να βρουν απαντήσεις στα ερωτήματά τους κάνοντας επιστημονικές έρευνες/πειράματα. Πιστεύετε ότι οι επιστήμονες χρησιμοποιούν τη φαντασία και τη δημιουργικότητά τους όταν εκτελούν τις έρευνες/πειράματα;

α. Αν όχι εξηγήστε γιατί

β. Αν ναι, σε ποια σημεία της έρευνας (σχεδιασμός, πειραματική διαδικασία, διαδικασία παρατηρήσεων, ανάλυση δεδομένων, ερμηνεία δεδομένων, αναφορά αποτελεσμάτων, κλπ) πιστεύετε ότι χρησιμοποιούν τη φαντασία και τη δημιουργικότητά τους; Δώστε παραδείγματα.

8. Υπάρχει διαφορά ανάμεσα σε μια επιστημονική θεωρία και έναν επιστημονικό νόμο; Εξηγήστε την απάντησή σας με παραδείγματα.

9. Αφού οι επιστήμονες έχουν αναπτύξει μια επιστημονική θεωρία (πχ την ατομική θεωρία, τη θεωρία της εξέλιξης) πιστεύετε ότι αυτή η θεωρία μπορεί να αλλάξει; Εξηγήστε την απάντησή σας και δώστε παράδειγμα.

10. Υπάρχει σχέση ανάμεσα στην επιστήμη, την κοινωνία και τις πολιτισμικές αξίες; Αν ναι, πώς; Αν όχι, γιατί; Εξηγήστε και δώστε παραδείγματα.

Παράρτημα Β⁸⁹

Πρωτόκολλο συνέντευξης με εκπαιδευτικούς

Άξονες για ημιδομημένη συνέντευξη:

- Ταυτότητα εκπαιδευτικού: χρόνια υπηρεσίας και σπουδές.
- Γνωρίζατε για τη φύση της γνώσης των Φ.Ε. πριν παρακολουθήσετε το πρόγραμμα επιμόρφωσης; Αν ναι από ποιες πηγές;
- Αν ναι, περιλαμβάνετε στοιχεία της στη διδασκαλία σας; Αν ναι, σε ποια μαθήματα και πώς, αν όχι για ποιο λόγο;
- *Παρακολουθώντας το πρόγραμμα επιμόρφωσης, υπάρχει κάποιο χαρακτηριστικό της φύσης των Φ.Ε. που θεωρείτε ότι δεν γνωρίζατε τόσο καλά; Αν ναι ποιο είναι αυτό; Υπάρχει κάποιο χαρακτηριστικό που σας έκανε εντύπωση; Αν ναι, ποιο είναι αυτό;
- *Έχοντας παρακολουθήσει το πρόγραμμα επιμόρφωσης, θεωρείτε ότι θα ήταν εφικτό να ενσωματώσετε τα χαρακτηριστικά της φύσης των Φ.Ε. στη διδασκαλία σας; Αν ναι, με ποιον τρόπο;
- Από το ερωτηματολόγιο που συμπληρώσατε πριν το πρόγραμμα επιμόρφωσης, υπάρχει κάποια ερώτηση που σας προβλημάτισε περισσότερο;
- *Θεωρείτε ότι οι μαθητές θα ενδιαφέρονταν για να μάθουν τα χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. και αν ναι με ποια από τις 3 προσεγγίσεις; Ποια θα χρησιμοποιούσατε εσείς και γιατί; Για ποιο λόγο θα τους άρεσε; Θα τους άρεσε εξίσου και αν εξετάζονταν σε αυτά;
- Εργαστήριο: πηγαίνετε στο εργαστήριο του σχολείου σας; πόσο συχνά; πώς αντιδρούν οι μαθητές σας στα πειράματα και γενικά στο κάτι καινούριο που γίνεται στο μάθημα
- Νομίζετε ότι το εκπαιδευτικό σύστημα βοηθά τον εκπαιδευτικό να ξεφύγει από το "παραδοσιακό" μάθημα; Και αν ναι, πώς το αντιμετωπίζουν οι μαθητές;
- Προσθέστε οτιδήποτε επιθυμείτε από τη δική σας εμπειρία στην εκπαίδευση σχετικά με τα παραπάνω θέματα

*Οι ερωτήσεις τέθηκαν μετά την ολοκλήρωση του προγράμματος επιμόρφωσης. Οι υπόλοιπες τέθηκαν και πριν και μετά.

⁸⁹ Χρησιμοποιήθηκε στις ημι-δομημένες συνεντεύξεις με 10 εκπαιδευτικούς

Παράρτημα Γ⁹⁰

Πρωτόκολλο συνέντευξης με αποφοίτους Λυκείου

1^ο Μέρος: Συζήτηση πάνω στο ερωτηματολόγιο VNOS-D+

2^ο Μέρος: Ημιδομημένη συνέντευξη στους παρακάτω άξονες:

Σχολείο αποφοίτησης (Γυμνάσιο/Λύκειο):

Περιγραφή του μαθήματος Φ.Ε. (Φυσική/Χημεία/Βιολογία) στο Γυμνάσιο και στο Λύκειο, δηλαδή ποια ήταν συνήθως η ρουτίνα του μαθήματος

Αριθμός πειραμάτων και πόσο συχνά πήγαιναν στο εργαστήριο σε κάθε μάθημα

Ποιος έκανε τα πειράματα; Ποιος χειριζόταν τα υλικά (επίδειξη από το δάσκαλο ή εργασία σε ομάδες;)

Εξοπλισμός εργαστηρίου: σύγχρονος – εύκολος να χρησιμοποιηθεί;

Δραστηριότητες – διαγωνισμοί – προγράμματα Φ.Ε. που συμμετείχαν οι ίδιοι (ή συμμαθητές τους ενθαρρυνόμενοι από τους εκπαιδευτικούς τους), project Φ.Ε. που πραγματοποιήθηκαν

Οτιδήποτε έχουν να προσθέσουν σχετικά με τη διδασκαλία των Φ.Ε. στο σχολείο

⁹⁰ Χρησιμοποιήθηκε στις ημι-δομημένες συνεντεύξεις με 30 φοιτητές

Παράρτημα Δ⁹¹

Πρόσκληση για το Πρόγραμμα Επιμόρφωσης Εκπαιδευτικών Πρόγραμμα

Ποια είναι τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της γνώσης των Φυσικών Επιστημών (φύση της γνώσης των Φυσικών Επιστημών); Γιατί και πώς να τα διδάξουμε στους μαθητές της Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης.

Στο πλαίσιο του προγράμματος θα γίνουν τέσσερις τρίωρες συναντήσεις στο κτήριο της Παιδαγωγικής Σχολής του Α.Π.Θ. Συνοπτικά σε κάθε συνάντηση θα παρουσιαστούν:

1^η συνάντηση (Τρίτη 17 Απριλίου 2018, και ώρες 6-9 μ.μ.) :

Καταγραφή των απόψεων των συμμετεχόντων. Οι λόγοι για τη διδασκαλία της φύσης της γνώσης των Φυσικών Επιστημών (Φ.Ε.). Ποια είναι τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της που μπορούν να συμπεριληφθούν στη διδασκαλία μας. Διδασκαλία και ανάδειξη των ιδιαίτερων χαρακτηριστικών της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. μέσω της ιστορίας των Φ.Ε. (με εστίαση στη Φυσική), παρουσίαση και εκτέλεση κρίσιμων ιστορικών πειραμάτων. Ποια είναι τα πλεονεκτήματα και ποια τα μειονεκτήματα αυτού του τρόπου διδασκαλίας της φύσης της γνώσης των Φ.Ε.. Ιδέες για διδασκαλία στους μαθητές μας.

2^η συνάντηση (Τρίτη 24 Απριλίου 2018, και ώρες 6-9 μ.μ.):

Διδασκαλία χαρακτηριστικών της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. μέσα από δραστηριότητες διερεύνησης. Μέσα από αυτό οι μαθητές βιώνουν (ακόμη και σε κοινό μέτωπο) συγκεκριμένες δραστηριότητες που αποσκοπούν στην ανάδειξη συγκεκριμένων πτυχών της φύσης της γνώσης των Φ.Ε.. Ποια είναι τα πλεονεκτήματα και ποια τα μειονεκτήματα αυτού του τρόπου διδασκαλίας της φύσης της γνώσης των Φ.Ε.. Ιδέες για διδασκαλία στους μαθητές μας.

3^η συνάντηση (Τρίτη 8 Μαΐου 2018, και ώρες 6-9 μ.μ.):

Διδασκαλία και ανάδειξη των ιδιαίτερων χαρακτηριστικών της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. μέσω της μελέτης κοινωνικό – επιστημονικών ζητημάτων κυρίως από το χώρο της Φυσικής και Χημείας. Μπορεί οι επ’ αυτών διαφορετικές απόψεις να είναι σύμφυτες των ιδιαίτερων χαρακτηριστικών της φύσης της γνώσης των Φ.Ε.; Ποια είναι τα πλεονεκτήματα και ποια τα μειονεκτήματα αυτού του τρόπου διδασκαλίας της φύσης της γνώσης των Φ.Ε.. Ιδέες για project/δημιουργικές εργασίες στους μαθητές μας. Επιλογή θέματος εργασίας από τους μετέχοντες.

4^η συνάντηση (Τρίτη 22 Μαΐου 2018, και ώρες 6-9 μ.μ.):

Οι μετέχοντες θα παρουσιάσουν σχέδιο μαθήματος, εμπνευσμένο από όσα παρουσιάστηκαν στις τρεις συναντήσεις. Στόχος είναι τα σχέδια μαθημάτων να δημοσιευτούν ηλεκτρονικά ώστε να αποτελούν βοήθημα για τους συναδέλφους. Απολογισμός – κριτική του προγράμματος, προτάσεις για τη βελτίωσή του.

Οι συνάδελφοι που θα παρακολουθήσουν το πρόγραμμα θα πάρουν βεβαίωση παρακολούθησης.

⁹¹ Στάλθηκε σε όλα τα σχολεία της Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης Θεσσαλονίκης το Φεβρουάριο του 2018

Παράρτημα Ε⁹²

Οδηγίες για τις εργασίες πάνω στη φύση της γνώσης των Φυσικών Επιστημών

Διαλέξτε ένα κεφάλαιο/υποενότητα οποιουδήποτε μαθήματος ανατίθεται σε εκπαιδευτικό ΠΕ04 (Φυσική – Χημεία – Βιολογία – Τεχνολογία – Γεωγραφία – Ερευνητική Εργασία, κλπ) και οργανώστε ένα σχέδιο μαθήματος στο οποίο θα περιλαμβάνετε ορισμένα ή και όλα τα χαρακτηριστικά της φύσης των Φ.Ε. με όποια από τις τρεις προσεγγίσεις προτιμάτε (Ιστορία των Φ.Ε., Διερεύνηση, Κοινωνικο-επιστημονικά θέματα) ή συνδυασμό αυτών.

Περιγράψτε τι θα κάνετε στο μάθημα και πώς θα αναδείξετε τα χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. Θυμηθείτε ότι η διδασκαλία πρέπει να είναι σαφής και να δηλώνεται ρητά στους μαθητές ότι μελετούν το συγκεκριμένο χαρακτηριστικό της φύσης της γνώσης των Φ.Ε.

Το κεφάλαιο που θα διαλέξετε δεν είναι απαραίτητο να είναι φέτος στη διδακτέα ύλη, αλλά θα θέλαμε να είναι από τα μαθήματα που διδάσκονται τώρα οι μαθητές στο παρόν αναλυτικό πρόγραμμα (πχ αποφύγετε την Αστρονομία που καταργήθηκε πριν λίγα χρόνια). Με απλά λόγια, σας ζητάμε να οργανώσετε ένα μάθημα διάρκειας 1 – 2 διδακτικών ωρών για να αναπτύξετε μια ή περισσότερες δραστηριότητες που να περιέχουν τη φύση της γνώσης των Φ.Ε.

⁹² Δόθηκε μετά την Τρίτη συνάντηση, κατόπιν αιτήσεως των εκπαιδευτικών για οδηγίες

Παράρτημα ΣΤ⁹³

Ερωτήσεις αξιολόγησης του προγράμματος

Ερωτηματολόγιο 4^{ης} συνάντησης

1. Για ποιο λόγο συμμετείχατε στο πρόγραμμα;

2. Το πρόγραμμα κάλυψε τις προσδοκίες σας;
 Διαφωνώ απόλυτα Διαφωνώ Δεν έχω άποψη Συμφωνώ Συμφωνώ απόλυτα

3. Τι περισσότερο θα περιμένατε από το πρόγραμμα;

4. Γράψτε δυο πράγματα που σας άρεσαν

5. Γράψτε δυο πράγματα που δεν σας άρεσαν

6. Οι ώρες που διήρκεσε συνολικά το πρόγραμμα σας φάνηκαν:
 Λίγες Ικανοποιητικές Πολλές Δεν έχω άποψη

7. Στο πρόγραμμα παρουσιάστηκαν τρεις προσεγγίσεις για τη διδασκαλία της φύσης των Φ.Ε. Θεωρείτε ότι θα έπρεπε για κάποια από αυτές να αφιερώσουμε λιγότερο ή περισσότερο χρόνο:
 - Για την Ιστορία των Φ.Ε. (1^ο τρίωρο)
 Λιγότερο Όσο αφιερώσαμε Περισσότερο Δεν έχω άποψη
 - Για τη διερεύνηση (2^ο τρίωρο)
 Λιγότερο Όσο αφιερώσαμε Περισσότερο Δεν έχω άποψη
 - Για τα κοινωνικο-επιστημονικά ζητήματα (3^ο τρίωρο)
 Λιγότερο Όσο αφιερώσαμε Περισσότερο Δεν έχω άποψη
8. Θα συστήνατε το πρόγραμμα σε συναδέλφους σας σε περίπτωση που αυτό πραγματοποιηθεί ξανά;
 Σίγουρα όχι Ίσως όχι Δεν έχω άποψη Ίσως ναι Σίγουρα ναι

9. Θεωρείτε πιθανό να ενσωματώσετε μέρος αυτών που ακούσατε στη διδασκαλία σας;
 Σίγουρα όχι Ίσως όχι Δεν έχω άποψη Ίσως ναι Σίγουρα ναι

⁹³ Δόθηκε στο διάλειμμα της 4^{ης} συνάντησης.

α) Αν ναι, σε ποιες τάξεις και μαθήματα;

β) Αν όχι, για ποιο λόγο;

10. Γράψτε, αν επιθυμείτε, ένα γενικότερο σχόλιο για το πρόγραμμα, π.χ. για κάτι που θεωρείτε ότι δεν καλύφθηκε από τις παραπάνω ερωτήσεις.

Παράρτημα Ζ⁹⁴

Απόψεις εκπαιδευτικών για τη συμπερίληψη των τριών διδακτικών προσεγγίσεων

Ερωτηματολόγιο 5^{ης} συνάντησης

- I. Στο πρόγραμμα επιμόρφωσης παρουσιάστηκαν, με διάρκεια ένα τρίωρο η καθεμία, τρεις προσεγγίσεις της φύσης της γνώσης των Φ.Ε.
- 1^{ος} μέσω της Ιστορίας των Φ.Ε.
2^{ος} μέσω της επιστημονικής διερεύνησης και
3^{ος} μέσω κοινωνικο-επιστημονικών ζητημάτων
- Νομίζετε ότι η σειρά παρουσίασης επηρέασε το ενδιαφέρον σας για το μάθημα; Θα προτιμούσατε κάποια άλλη σειρά παρουσίασης, όπως π.χ. αν είναι ο 1^{ος} τρόπος διδασκαλίας της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. μέσω κοινωνικο-επιστημονικών ζητημάτων; Αιτιολογήστε την απάντησή σας
- II. Αν, λόγω χρόνου, αναγκαστικά παρουσιάζαμε μελλοντικά μόνο τη μία από τις τρεις προσεγγίσεις της διδασκαλίας της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. (που αναφέρονται παραπάνω). Ποια θα προτιμούσατε και γιατί;
- III. Μετά το πρόγραμμα επιμόρφωσης, δηλαδή από την έναρξη της σχολικής χρονιάς μέχρι σήμερα, έχετε επιχειρήσει να διδάξετε τη φύση των Φ.Ε. στην τάξη σας;
- Αν ναι, ποια ή ποιες από τις τρεις προσεγγίσεις χρησιμοποιήσατε (Ιστορία, Διερεύνηση, Κοινωνικο-επιστημονικά ζητήματα)
 - Αν συναντήσατε προβλήματα στην απόπειρά σας να διδάξετε τη φύση της γνώσης των Φ.Ε., ποια ήταν αυτά;
 - Αν δεν επιχειρήσατε να διδάξετε, τι ήταν αυτό που σας εμπόδισε να το κάνετε;
- IV. Αν διδάξατε, ή αν μελλοντικά σκέφτεστε να διδάξετε τη φύση της γνώσης των Φ.Ε., με ποια ή ποιες από τις τρεις προσεγγίσεις της διδασκαλίας της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. αισθάνεστε πιο σίγουροι/άνετοι για την εξέλιξη του μαθήματος;

⁹⁴ Δόθηκε στο διάλειμμα της 5^{ης} συνάντησης

Παράρτημα Η⁹⁵

Αποτίμηση της διδασκαλίας της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. από τους εκπαιδευτικούς

Ερωτηματολόγιο 6^{ης} συνάντησης

1. Σημειώστε στον παρακάτω πίνακα πόσες περίπου φορές στη διάρκεια της σχολικής χρονιάς κάνατε συμπεριλάβετε στο μάθημα σας διδασκαλία χαρακτηριστικών της φύσης της γνώσης των Φυσικών Επιστημών (Φ.Ε.)

καμιά	2-3 φορές	Κατά μέσο περισσότερες
		όρο μία φορά
		το μήνα
2. Τρεις προσεγγίσεις που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη διδασκαλία της φύσης της γνώσης των Φ.Ε είναι 1) η Ιστορία των Φ.Ε. 2) η Διερεύνηση και 3) η διαπραγμάτευση Κοινωνικο – επιστημονικών ζητημάτων. Ποια από τις τρεις χρησιμοποιήσατε περισσότερο; Ποια λιγότερο; Χρησιμοποιήσατε κάποιον συνδυασμό αυτών; Αν ναι ποιον κυρίως;
3. Τι δυσκολίες συναντήσατε στην οργάνωση/παρουσίαση μαθημάτων σχετικών με τη φύση της γνώσης των Φυσικών Επιστημών;
4. Τι αποτέλεσμα εκτιμάτε ότι είχε στους μαθητές σας;
5. Θεωρείτε ότι «άξιζε τον κόπο»;
6. Τι νομίζετε ότι θα μπορούσε να σας βοηθήσει ώστε να κάνετε περισσότερα σχετικά μαθήματα;

⁹⁵ Δόθηκε στο διάλειμμα της 6^{ης} συνάντησης

Παράρτημα Θ⁹⁶

Τέσσερις θεωρίες για την προέλευση της Σελήνης και δεκατέσσερις ενδείξεις

Τέσσερις θεωρίες για την προέλευση της Σελήνης:	Αυτή η θεωρία προτείνει ότι...
A. Διαχωρισμός (Αποκόλληση) από τη Γη	Η Σελήνη αποκολλήθηκε από τη Γη όταν αυτή ήταν νέα και περιστρεφόταν πολύ γρήγορα γύρω από τον άξονά της.
B. Ταυτόχρονος σχηματισμός με τη Γη	Η Γη και η Σελήνη, όπως και όλα τα άλλα σώματα του Ηλιακού Συστήματος σχηματίστηκαν ανεξάρτητα μέσα από τεράστια σύννεφα κρύων αερίων και στερεών σωματιδίων που αποτελούσαν τα πρωταρχικά νεφελώματα. Το μεγαλύτερο μέρος αυτών τελικά κατέληξε στο κέντρο του Ηλιακού Συστήματος και σχημάτισε τον Ήλιο.
C. Σχηματισμός μακριά από τη Γη (θεωρία της σύλληψης)	Η Σελήνη σχηματίστηκε σε διαφορετικό μέρος του Ηλιακού Συστήματος και όταν οι τροχιές της Γης και της Σελήνης βρέθηκαν κοντά, η Σελήνη παρέμεινε σε μόνιμη τροχιά γύρω από τη Γη.
D. Γιγάντια πρόσκρουση	Η Γη χτυπήθηκε, στην πολύ νεαρή ηλικία της, από ένα σώμα στο μέγεθος του Άρη. Η καταστροφική πρόσκρουση εκτόξευσε κομμάτια της Γης και του συγκρουόμενου σώματος σε τροχιά γύρω από τη Γη, όπου τα συντρίμια της σύγκρουσης τελικά ενώθηκαν και δημιούργησαν τη Σελήνη.

Δεκατέσσερις ενδείξεις

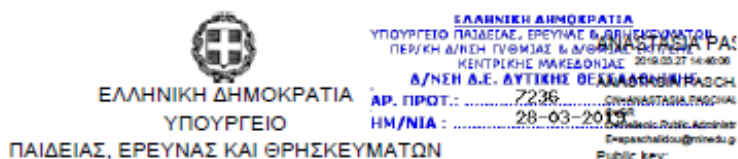
	Ένδειξη	Σκέψεις των επιστημόνων για την ένδειξη αυτή
1	Η πυκνότητα των πετρωμάτων της Σελήνης είναι ίδια με αυτή των στρωμάτων κάτω από το φλοιό της Γης (τα στρώματα του ανώτερου μανδύα).	<i>Παρόμοια πυκνότητα πετρωμάτων σημαίνει και παρόμοια προέλευση.</i>
2	Περίπου το ένα τρίτο του όγκου της Γης αποτελείται από τον πυρήνα σιδήρου στο κέντρο της, αλλά μόνο το 2-4% της Σελήνης αποτελεί τον πυρήνα σιδήρου της.	<i>α) Ο σίδηρος της Γης θα μπορούσε ήδη να έχει περιοριστεί στον πυρήνα όταν έγινε η γιγαντιαία πρόσκρουση β) Ο σίδηρος από το σώμα που προσέκρουσε θα μπορούσε να καταλήξει στον πυρήνα της Γης</i>
3	Τα πετρώματα που συλλέχθηκαν από τη Σελήνη κατά τη διάρκεια του προγράμματος Apollo περιέχουν σε μικρότερο ποσοστό στοιχεία που εξατμίζονται σε υψηλές θερμοκρασίες σε σχέση με τα πετρώματα της Γης. Για παράδειγμα, τα σεληνιακά πετρώματα δεν περιέχουν καθόλου νερό, αλλά τα ηφαιστειακά πετρώματα του πλανήτη μας περιέχουν νερό στο εσωτερικό τους.	<i>Η έλλειψη πτητικών στοιχείων στα πετρώματα της Σελήνης δείχνει ότι κάποια στιγμή θερμάνθηκαν σε υψηλή θερμοκρασία, πχ κατά τη διάρκεια μιας πρόσκρουσης Ή οι διαφορές στη σύσταση των πετρωμάτων μπορεί να φανερώνει ότι η Σελήνη προέρχεται από κάπου αλλού.</i>
4	Υπάρχουν σημάδια ότι τα πετρώματα της Σελήνης έλειψαν κάποια στιγμή στο παρελθόν, κάτι που δεν παρατηρείται συνήθως για τα πετρώματα της Γης.	<i>Η Σελήνη δημιουργήθηκε πολύ θερμή, ίσως εντελώς ρευστή.</i>
5	Οι τεχνικές που χρησιμοποιούν οι επιστήμονες για να βρουν την ηλικία αρχαίων πετρωμάτων αποκαλύπτουν ότι η Γη και η Σελήνη έχουν περίπου την ίδια ηλικία, 4,5 δισεκατομμύρια έτη.	<i>Αυτή είναι ένδειξη παρόμοιας προέλευσης. Η ο σχηματισμός της Σελήνης έγινε όταν η Γη ήταν πολύ νέα.</i>

⁹⁶ Χρησιμοποιήθηκε στην 1^η διδασκαλία που παρουσιάστηκε στην 5^η συνάντηση, είναι από το Πρόγραμμα Σπουδών της Ν. Ζηλανδίας, <https://scienceonline.tki.org.nz/Nature-of-science/Nature-of-Science-Teaching-Activities/Conflicting-theories-for-the-origin-of-the-Moon>

6	Η Σελήνη δεν έχει μαγνητικό πεδίο όπως η Γη, αλλά κάποια πετρώματα στην επιφάνεια της Σελήνης δείχνουν ότι ίσως υπήρχε μαγνητικό πεδίο παλιότερα στην ιστορία της Σελήνης	α) Η Σελήνη έχει κοινή προέλευση με τη Γη, η οποία απέκτησε επιπλέον σίδηρο από το αντικείμενο που προσέκρουσε πάνω της β) Οι επιστήμονες δεν έχουν καταλάβει ακόμα το λόγο της απώλειας του μαγνητικού πεδίου της Σελήνης
7	Τα μη ραδιενεργά σταθερά πετρώματα της Γης και της Σελήνης έχουν τελειώς διαφορετική σύσταση ισοτόπων οξυγόνου (διαφορετικές χημικές δομές) από όλους τους μετεωρίτες που έχουν ποτέ αναλυθεί.	Η Γη και η Σελήνη σχηματίστηκαν στην ίδια απόσταση από τον Ήλιο και πιθανότατα να αναπτύχθηκαν μαζί.
8	Η Γη έχει μια κλίση που δεν προσανατολίζεται ακριβώς πάνω στον άξονα της εκλειπτικής, όπως συμβαίνει με τους περισσότερους πλανήτες του Ηλιακού Συστήματος (σκεφτείτε αυτόν τον άξονα σαν ένα αόρατο «πίατο» στο οποίο σχεδόν όλοι οι πλανήτες κείτονται καθώς περιφέρονται γύρω από τον Ήλιο). Όμως, η Γη περιφέρεται γύρω από τον Ήλιο κατά την ίδια φορά με τους άλλους πλανήτες και έχει σχεδόν κυκλική τροχιά σαν και αυτούς.	Η σύγκρουση με ένα αντικείμενο στο μέγεθος και τη μάζα του Άρη θα προκαλούσε μια σημαντική και μόνιμη αλλαγή στην τροχιά της Γης.
9	Από υπολογισμούς προκύπτει ότι η Γη δεν περιστρεφόταν ποτέ τόσο γρήγορα ώστε να της αποκολληθεί ένα σώμα στο μέγεθος της Σελήνης.	Η περιστροφική ταχύτητα της Γης (η στροφορμή της) θα έπρεπε να είναι τέσσερις φορές μεγαλύτερη από την παρούσα τιμή της – κάτι που φαίνεται εντελώς απίθανο από τα υπάρχοντα μοντέλα
10	Οι κομήτες είναι σώματα του διαστήματος που «αιχμαλωτίζονται» καθώς τριγυρίζουν πολύ κοντά σε ένα αστέρι όπως ο Ήλιος και δεσμεύονται από το βαρυτικό πεδίο του. Έχουν έντονα ελλειπτικές τροχιές.	Η πιθανότητα της Σελήνης να αιχμαλωτίστηκε από τη Γη κατά έναν παρόμοιο τρόπο θα απαιτούσε έναν σχεδόν απίθανο συνδυασμό περιστατικών – ακόμα και αν ένα σώμα στο μέγεθος της Σελήνης ερχόταν κοντά στη Γη, θα ήταν πιο πιθανό να την προσπεράσει ή να συγκρουστεί μαζί της από το να αιχμαλωτιστεί: μια επιτυχημένη δέσμευση θα είχε ως αποτέλεσμα μια επιμηκυμένη τροχιά παρόμοια με αυτή ενός κομήτη.
11	Το μέσο πάχος του βραχώδους φλοιού της Σελήνης είναι ίσο με 70 χιλιόμετρα, σε αντίθεση με το μέσο πάχος των 20 – 60 χιλιομέτρων του φλοιού της Γης πάνω από τις ηπείρους και τα 8 – 10 χιλιόμετρα πάνω από τους ωκεανούς.	Η μεγαλύτερη περιοχή του φλοιού της Σελήνης (για το μέγεθός της) μπορεί να φανερώσει την πρόσθεση βραχώδους φλοιού που ζεπετάχτηκε από τη Γη ως αποτέλεσμα μιας σύγκρουσης.
12	Ο φλοιός της Σελήνης είναι λεπτότερος από τη μεριά που είναι πιο κοντά στη Γη.	Η Σελήνη ήταν κοντά στη Γη όταν ο μανδύας της κρύωσε. (Το βαρυτικό πεδίο της Γης τράβηξε ένα ελαφρώς μεγαλύτερο μέρος του μανδύα της προς τη Γη προτού αυτό σταθεροποιηθεί, οπότε ο φλοιός είναι λεπτότερος από αυτή την πλευρά).
13	Οι κρατήρες πρόσκρουσης δείχνουν ότι η Σελήνη βομβαρδίστηκε με πολλά αντικείμενα που προσέκρουσαν σε αυτή. Επειδή δεν υπάρχει ελεύθερο νερό στη Σελήνη, αυτοί οι κρατήρες δεν διαβρώθηκαν, όπως θα γινόταν στη Γη.	Οι ενδείξεις μεγάλων συγκρούσεων δείχνουν ότι γιγάντια βλήματα υπήρχαν στη γειτονιά μας στο πρόσφατο παρελθόν. Αν κάποιο από αυτά χτύπησε τη Γη, θα μπορούσε μεγάλο κομμάτι αυτού να τεθεί σε τροχιά γύρω από τη Γη και να σχηματίσει τη Σελήνη.
14	Από εικόνες που έλαβαν οι επιστήμονες κατά τη διάρκεια της σύγκρουσης του κομήτη Shoemaker-Levy με το Δία το 1994, φαίνεται να υπάρχει λόγω της σύγκρουσης τεράστιος αντίκτυπος που εξαπλώνεται μακριά στο διάστημα, πέρα από τον πλανήτη. Συγκρινόμενος με το μέγεθος του Δία, ο κομήτης φαίνεται πως ήταν σχετικά μικρός και διασπάστηκε σε μεγάλο αριθμό κομματιών.	Οι εικόνες δείχνουν τι μπορεί να συμβεί όταν ένα αντικείμενο του διαστήματος συγκρουστεί με έναν πλανήτη: οι επιστήμονες που είχαν προβλέψει ότι τα αποτελέσματα θα ήταν καταστροφικά ήταν σωστοί.

Παράρτημα Γ'

Άδεια παρακολούθησης όπως εκδόθηκε από το Υπουργείο Παιδείας



ΓΕΝΙΚΗ ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ ΣΠΟΥΔΩΝ
Π/ΘΜΙΑΣ ΚΑΙ Δ/ΘΜΙΑΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ
ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ ΣΠΟΥΔΩΝ, ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΩΝ ΚΑΙ
ΟΡΓΑΝΩΣΗΣ Δ/ΘΜΙΑΣ ΕΚΠ/ΣΗΣ
ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ ΕΠΑΓΓΕΛΜΑΤΙΚΗΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ
ΤΜΗΜΑΤΑ Α'

Ταχ. Δ/ση: Ανδρέα Παπανδρέου 37
Τ.Κ. – Πόλη: 15180 Μαρούσι
Ιστοσελίδα: www.minedu.gov.gr
Πληροφορίες: Αν. Πασχαλίδου
Μ. Γόγολα
Τηλέφωνο: 210-3443422
210-3442240

ΠΡΟΣ:

- κ. Άννα Κουμαρά
anniekmr@gmail.com
- Διευθύνσεις Δ/θμιας Εκπ/σης
Ανατ. Θεσ/νίκης και Δυτικής
Θεσ/νίκης

ΘΕΜΑ: Έγκριση διεξαγωγής έρευνας

Σχρτ.: Το με αρ. πρωτ. εισ. ΥΠ.Π.Ε.Θ. 37937/Δ2/12-03-2019 έγγραφο

Απαντώντας σε σχετική αίτηση και μετά τη γνωμοδότηση του Ινστιτούτου Εκπαιδευτικής Πολιτικής (πράξη 9/2019 του Δ.Σ), σας γνωρίζουμε ότι **επιτρέπουμε** τη διεξαγωγή έρευνας από την κ. Άννα Κουμαρά κατά τη διάρκεια του σχολικού έτους 2018-2019 με τις εξής προϋποθέσεις:

α) Πριν από την έναρξη της έρευνας να γίνει ενημέρωση του Διευθυντή και του συλλόγου Διδασκόντων των σχολικών μονάδων Δ/θμιας Εκπ/σης, οι οποίες θα συμμετάσχουν στην έρευνα, σχετικά με τη διαδικασία διεξαγωγής της.

β) Η έρευνα να γίνει με τη σύμφωνη γνώμη τους.

γ) Η έρευνα να γίνει με την έγγραφη συγκατάθεση των γονέων - κηδεμόνων των μαθητών που θα συμμετάσχουν (για κάθε μαθητή χωριστά). Ο Διευθυντής του σχολείου, αφού αποστείλει στους γονείς-κηδεμόνες προς συμπλήρωση το έντυπο γονικής συναίνεσης που θα του κατατεθεί από την ερευνήτρια και στο οποίο θα περιγράφονται οι σκοποί, το περιεχόμενο και η μεθοδολογία της έρευνας, και αφού συγκεντρώσει τα ενυπόγραφα σημειώματα με τη συγκατάθεση των γονέων-κηδεμόνων, μπορεί να συνεχίσει στη διεξαγωγή της έρευνας.

δ) Οι εκπαιδευτικοί να συμμετάσχουν στην έρευνα απόβουλο και εφόσον το επιθυμούν.

ε) Η παρατήρηση στην τάξη να γίνει χωρίς παρέμβαση της ερευνήτριας στην εκπαιδευτική διαδικασία και να μην υπερβαίνει τις δύο (2) διδακτικές ώρες ανά τμήμα.

στ) Η συγκέντρωση και μελέτη των στοιχείων να γίνουν σύμφωνα με την αρχή προστασίας των δεδομένων προσωπικού χαρακτήρα και να μην δημοσιοποιηθούν ευαίσθητα προσωπικά δεδομένα.

Επισημαίνεται ότι η συμμετοχή στην έρευνα δεν είναι υποχρεωτική.

Η έρευνα έχει θέμα: **«Μελέτη της Φύσης των Φυσικών Επιστημών: Αποτίμηση της κατάστασης στην Ελλάδα και διδασκαλία της στη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση».**

και απευθύνεται σε εκπαιδευτικούς του

Για την πραγματοποίηση της έρευνας θα πρέπει:

1. Οι επισκέψεις στα σχολεία να γίνουν μετά από συνεννόηση με τον Διευθυντή και σε συνεργασία με τον σύλλογο καθηγητών των σχολείων, ώστε να μην παρεμποδίζεται η ομαλή διεξαγωγή των μαθημάτων.

2. Μετά την ολοκλήρωση της έρευνας να κατατεθεί ηλεκτρονικό αντίτυπο της ερευνητικής εργασίας σε ψηφιακό δίσκο στο πρωτόκολλο του Ινστιτούτου Εκπαιδευτικής Πολιτικής (Αν. Τσόχα 36, 115 21 Αθήνα), καθώς επίσης και ενυπόγραφη, σύμφωνη ή όχι γνώμη της ερευνήτριας για το εάν επιτρέπεται στο Ι.Ε.Π. να προβεί σε ηλεκτρονική ανάρτηση της ερευνητικής εργασίας. Το αντίτυπο, αφού κατατεθεί στο πρωτόκολλο, θα διαβιβαστεί αρμοδίως στη βιβλιοθήκη του Ι.Ε.Π..

3. Οι Διευθυντές των Διευθύνσεων Δ/θμιας Εκπ/σης Ανατ. και Δυτ. Θεσσαλονίκης να ενημερώσουν σχετικά τους Διευθυντές των σχολικών μονάδων αρμοδιότητάς τους, ώστε να διευκολύνουν την ενδιαφερόμενη στην πραγματοποίηση της έρευνας αυτής σύμφωνα με τα παραπάνω.

Ο ΥΠΟΥΡΓΟΣ
ΠΑΙΔΕΙΑΣ, ΕΡΕΥΝΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ

ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ ΓΑΒΡΟΓΛΟΥ

Εσωτ. Διανομή

- Γρ. Υπουργού
- Γρ. Γενικού Γραμματέα
- Δ/ση Σπουδών, Προγρ/των & Οργάνωσης Δ.Ε., Τμ. Α'
- Δ/ση Επαγγελματικής Εκπ/σης, Τμ. Α'

ΑΚΡΙΒΕΣ ΑΝΤΙΓΡΑΦΟ

Η Προϊσταμένη του Τμ. Α'
της Δ/σης Σπουδών, Προγρ/των & Οργάνωσης Δ.Ε.
του ΥΠ.Π.Ε.Θ.
Αναστασία Πασχαλίδου

Παράρτημα ΙΑ΄

Πρωτόκολλο παρακολούθησης μαθήματος για τη φύση των Φ.Ε.

Εκπαιδευτικός/Σχολείο (προσωπικά δεδομένα):

Κεφάλαιο/Μάθημα:

Τμήμα/Τάξη:

Αριθμός μαθητών:

Χώρος διεξαγωγής του μαθήματος: τάξη εργαστήριο αλλού
(πού)

Διάρκεια του μαθήματος:

Σχεδιασμός του μαθήματος:

Τρόπος προσέγγισης:

- Ιστορία των Φ.Ε. (HOS)
- Επιστημονική Διερεύνηση (SI)
- Κοινωνικο-επιστημονικά Ζητήματα (SSI)

(να κυκλωθούν ένα ή περισσότερα)

Ήταν το μάθημα ειδικά προσαρμοσμένο στην παρακολούθηση: ναι όχι

Φύλλα εργασίας: ναι όχι → σχεδιασμένα για το μάθημα αυτό: ναι όχι

Άλλο υλικό που χρησιμοποίησε ο διδάσκων:

Κατά τη διάρκεια του μαθήματος:

Η Διδασκαλία περιείχε:

- Διάλεξη (Δ)
- Διάλεξη με συζήτηση (ΔΣ)
- Επίδειξη (Ε)
- Ανακαλυπτική Επίδειξη (ΑΕ)
- Εργασία σε ομάδες (ΕΟ)
- Πειράματα (Π)

Υλικά που χρησιμοποιήθηκαν:

- Φύλλο Εργασίας (Φ.Ε.)
- Σχολικό Βιβλίο (Β)
- Υλικά για πειράματα: σχολικός εργαστηριακός εξοπλισμός (ΣΕΕ) ή απλά υλικά (ΥΚΧ)
- Υπολογιστής ή παρόμοια εποπτικά μέσα (ΤΠΕ)

Χρονική Περιγραφή του μαθήματος:

Ανταπόκριση/Εμπλοκή μαθητών:

- 1: Ανεπαρκής, οι περισσότεροι μαθητές δεν ανταποκρίνονταν στις ερωτήσεις, δεν πρόσεχαν στο μάθημα και έκαναν φασαρία/ασχολούνταν με άλλα πράγματα
- 2: Οριακά αποτελεσματική, οι περισσότεροι μαθητές δεν συμμετείχαν στο μάθημα αλλά ήταν ήσυχοι και δεν έκαναν άλλα πράγματα

- 3: Μερικώς αποτελεσματική, περίπου οι μισοί μαθητές παρακολουθούσαν και συμμετείχαν στο μάθημα
- 4: Αποτελεσματική, οι περισσότεροι μαθητές συμμετείχαν στο μάθημα, αλλά περιορίστηκαν σε διεκπεραιωτικό ρόλο, κάνοντας ό,τι τους ζητήθηκε
- 5: Υποδειγματική, οι περισσότεροι μαθητές συμμετείχαν στο μάθημα ενεργητικά με εύστοχα σχόλια

Ποιότητα διδασκαλίας:

→ Σε σχέση με τη διαχείριση τάξης: (ΔΧ)

- 1: Ανεπαρκής διδασκαλία, χάθηκε εντελώς ο έλεγχος της τάξης
- 2: Οριακά αποτελεσματική, οι περισσότεροι μαθητές δεν παρακολουθούσαν
- 3: Μερικώς αποτελεσματική, ορισμένοι μαθητές παρακολουθούσαν το μάθημα
- 4: Αποτελεσματική, η πλειοψηφία των μαθητών παρακολούθησε το μάθημα
- 5: Υποδειγματική, όλοι οι μαθητές παρακολούθησαν το μάθημα, κράτησαν σημειώσεις/συμπλήρωσαν τα φύλλα εργασίας και φέρθηκαν με ωριμότητα και υπευθυνότητα

→ Σε σχέση με την αναφορά στη φύση της γνώσης των Φ.Ε. (ΦτΕ)

- 1: Ανεπαρκής διδασκαλία, τα χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. δεν αναφέρθηκαν καθόλου
- 2: Μερικώς αποτελεσματική, αναφέρθηκαν τα χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε., αλλά μη σαφώς
- 3: Υποδειγματική, αναφέρθηκαν όλα τα χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. που σχεδιάζονταν, με σαφήνεια

Παρατηρήσεις – Αξιολόγηση του μαθήματος:

Προβλήματα που προέκυψαν:

Κάτι που είχε σχεδιαστεί **διαφορετικά** και άλλαξε στην πορεία (αν έγινε συζήτηση με τον καθηγητή πριν ή μετά):

Ενδιαφέροντα **σχόλια** που έγιναν από μαθητές:

Γενικές παρατηρήσεις:

Χαρακτηριστικά της φύσης που αναφέρθηκαν και πώς:

Χαρακτηριστικό	Αναφέρθηκε	Τρόπος αναφοράς (ρητά ή όχι, πώς φάνηκε)
Εμπειρικό	Ναι/ Όχι	
Συμπερασματικό	Ναι/ Όχι	
Αβέβαιο	Ναι/ Όχι	
Δημιουργικό	Ναι/ Όχι	
Υποκειμενικό/Αντικειμενικό	Ναι/ Όχι	
Πολιτισμική Αλληλεπίδραση	Ναι/ Όχι	
Θεωρίες/Νόμοι	Ναι/ Όχι	

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΒ΄

Extended English Summary

The present text is an extended English summary of the complete text, that is written in Greek. Figures and Tables keep the initial numbering from the Greek text, for example Figure 3.3 is the same both in the Greek and the English text. Figures 3.1 and 3.2 are not included in the English text.

Important notes for Greek Secondary Education:

- Lower High School: Grades 7-9, students' age: 12-15. It is mandatory for all students.
- Senior High School: Grades 10-12, students' age: 15-18. It is not mandatory, but most students continue their studies.
- Science teachers can teach: Physics, Chemistry, Biology, Geography. All teachers at a school can teach "Project", where they work on a theme for each semester.
- Teachers may teach both in Lower and Senior High School within the same year, to complete their timetable.
- In most schools, students of each class have their own classroom (for example A2, B3, etc) and teachers visit each room when they have lessons with this class. As for the laboratory rooms, most schools have one, that all science teachers share it and make appointments when they want to visit the laboratory and have their lessons there.
- An average school in Greece has around 250 students. There are schools with 150 students, but rarely with more than 350.

Chapter 1 – Introduction

1.1 Scope and delimitation of the dissertation

The dissertation is part of the broader field of Science Education in Primary and Secondary Education. More specifically, it is about the integration of nature of science (NOS) in Secondary Education. Today, the integration of nature of science is a necessary component of Science teaching (Lederman et al, 2014; Allchin et al, 2014; Erduran & Dagher, 2014; Osborne et al, 2003; Clough, 2017; Matthews, 2015, Bell, 2006, σελ. 429; Driver, Leach, Millar & Scott, 1996), along with content knowledge and the science processes. Among others, nature of science enhances the understanding of content knowledge, students' activation, the understanding of the boundaries between science and pseudoscience, and the connection between science and art (see Chapter 4), according to the literature. In general, it contributes to the achievement of scientific literacy (Lederman, Antink & Bartos, 2014).

There is a large number of studies on both the characteristics of nature of science (e.g. Lederman & Lederman, 2014; McComas, 2015; Matthews, 2012; Erduran & Dagher, 2014; Kampourakis, 2016; vanDijk, 2011; Abd-El-Khalick, 2012), and the problems teachers face during instruction and the need for teacher training, as well as the characteristics of a PD-program (e.g. Lederman, 2007; Akerson & Hanuscin, 2007; Khishfe, 2008; Schwartz, Lederman, & Crawford, 2004; Abd-El-Khalick & Lederman, 2020; McComas, 2020, p. 71-73). In the literature, there are three teaching approaches of NOS integration through a) history of science (HOS), b) scientific inquiry (SI) and c) Socio-scientific issues. There are many doctoral dissertations internationally (e.g. Abd-El-Khalick, 1998; De Hosson, 2007; Law, 2010; Reid-Smith, 2013; Leden, 2017;), but there is none that integrates all the three approaches.

In our research in the Greek literature, we did not find a doctoral dissertation that focuses on the integration of nature of science in teaching instruction or teacher training. In Greece, there is academic research in recent years, but we found only two doctoral studies with NOS on the title (See Chapter 4). A pre-study, which is confirmed with the main study (see Chapter 6), pointed out that nature of science is not integrated into the science curriculum, into the school textbooks, and is not taught, at least not in an organized manner. Individual teachers just refer to some NOS aspects, taking the chance from textbooks, but they do not mention the term “nature of science” or any other similar.

The above lead us to the decision that it is important to do a dissertation that focuses on teacher training and the implementation of nature of science in secondary education, in a curriculum that does not integrate it. The contribution at an international level is the decision to integrate all three teaching approaches in the PD-program. Also, it is the first time, as far as we know, that the Cultural-Historical Activity Theory, and more specifically the cycle of expansive learning, is used as a theoretical framework for the design, implementation, and evaluation of a PD-program.

1.2 Goals and research questions

The goal of the research is the study of the integration of nature of scientific knowledge⁹⁷ (NOSK) into the Greek secondary education. To this direction, a PD-program for in-service science teachers was implemented (Chapter 8). For its design (Chapter 7) we took into consideration a) the literature on nature of science (Chapter 2) and the suggestions for its teaching (Chapter 4), b) the literature on the Cultural-Historical Activity Theory (Chapter 3) to organize our research, and c) the research in the Greek Secondary Education (Chapter 6). The results of the PD-program are evaluated through the usage of questionnaires and interviews, analysis of lesson plans and classroom observations from participant teachers.

Three are the main goals of the dissertation:

1. To evaluate the level that NOSK aspects are integrated in Greek Secondary Education
2. To organize a PD-program for science teachers on learning and teaching NOSK aspects and evaluate its results.
3. To use Cultural Historical Activity Theory (CHAT), and most specifically the cycle of expansive learning, as a tool for designing and implementing the PD-program.

More thoroughly, the research questions of the present dissertation are:

Research Question 1: What is the condition in Greece, regarding the integration of NOSK aspects in Secondary Education, considering whether: it is embedded in Science Curricula, and in school science textbooks (teaching resources), and teachers are aware of them, and, if yes, whether they teach them, and graduate students are aware of them (educational human resources)?

Research Question 2: Could Greek science teachers be trained, through a PD-program, that is organized taking into consideration the international literature and teachers' cultural characteristics, to: a) learn NOSK aspects, b) design a lesson plan that integrates NOSK aspects, in the present curriculum and school textbooks, c) teach NOSK aspects effectively, in the present curriculum and school textbooks?

Research Question 3: In the literature, there are three teaching approaches to integrate NOSK into teaching (History of Science, Scientific Inquiry, and Socio-scientific Issues). It is the first time – as far as we know – that a PD-program contains all three known teaching approaches to integrate NOSK aspects into teaching. What are teachers' views considering the necessity to know all the three approaches? Did the order of the presentation affect them? Do they regard one to be more suitable than another for instruction, so they use it more than the others? And, more generally, did they find the PD-program to be useful and interesting?

Research Question 4: What is the contribution of the use of the cycle of expansive learning to the design and implementation of the PD-program in the NOSK instruction?

1.3 Significance of the dissertation

⁹⁷ We decided (Chapter 2) to use the suggestion of the Lederman group for the aspects of nature of science, so the term is used as “nature of scientific knowledge” (NOSK)

Teacher training in the dissertation is organized in a manner to help teachers who wish, in the present curriculum, to teach NOSK aspects. Taking into consideration the results of its implementation and the improvements: a) a teacher guide with resources could be taken out of the dissertation and b) all the results and conclusions from the PD-program could be used to organize a more extensive and wider PD-program if at any future time NOSK aspects will be included in the Greek curriculum of Secondary Education.

The innovations of the research are:

1. The evaluation of the integration of NOSK aspects in science teaching in the Greek Secondary Education.
2. The organizing and evaluation of how a PD-program might contribute to the teaching of NOSK in the present curriculum and school science textbooks.
3. There is no record – as far as we know – of a study that contains all three teaching approaches in a single PD-program. Thus, one of the research questions of the dissertation is the comparison between the three approaches, for instance which one the teachers prefer and why, which is the one teachers are more familiar with or which is the one teachers feel they achieve better results on explicit teaching and students' understanding.
4. Even though Cultural-Historical Activity Theory, and more specifically the cycle of expansive learning, that the PD-program was structured on, has been used, both in Greece and internationally, in many PD-programs, the design and implementation of a NOSK PD-program has not been used in any other study, as far as we know. This is an innovation that brings together two different communities: the CHAT and the NOS ones.

1.4 Structure of the dissertation

The dissertation consists of 10 chapters. The theoretical framework is presented in chapters 2 and 3, the literature review is in chapter 4 and the methodology of the dissertation is in chapter 5. The study in Greek Secondary Education is presented in Chapter 6. Data reached from those chapters lead to decisions on the design of a PD-program for science teachers. Those decisions are presented in chapter 7. In chapters 8 and 9, the implementation and the evaluation of the PD-program are presented, respectively. Conclusions that came out of the research are presented in the 10th chapter, as well as the limitation of the study and suggestions for future research. The structure of the dissertation is shown in Figure 1.1.

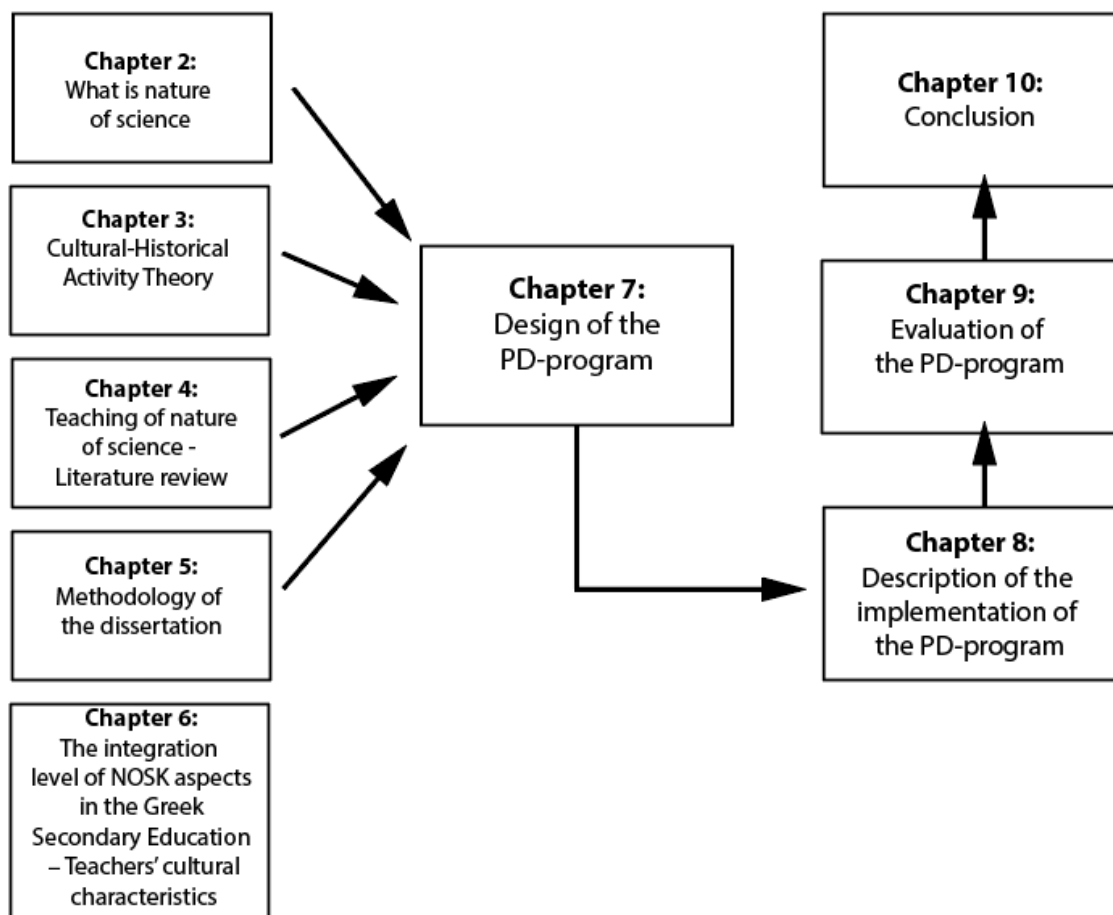


Figure 1.1: **Structure of the dissertation**

A brief description of each chapter follows.

The 2nd chapter starts with the theoretical framework on the definition of nature of science and its suggested aspects from different researchers. They are classified into two major “categories”; the "consensus view", and the "family resemblance approach". Also, critique among researchers is presented, as well as conciliating suggestions. We decided to follow the suggestion from the Lederman group, so we use the term “nature of scientific knowledge” (NOSK) of the rest of the dissertation.

Cultural-Historical Activity Theory (CHAT) is presented in the 3rd chapter. CHAT is adopted as a guiding framework, mainly for the design and implementation of the PD-program. The reasons for using CHAT are justified, and all the essential for the dissertation elements are presented. The three generations of CHAT, according to Engeström, are described, with a thorough focus on the 3rd and the five principles in which it is summarized. We focus on the 4th (contradictions) and 5th principle (expansive learning), which are extensively integrated into our study. We define expansive learning and describe the sequence of six learning actions, through which an initially well-established state is transformed into a new one, the 7th stage of a typical cycle of expansive learning. Contradictions of different levels arise throughout the stages of this cycle when new ways of thinking or practicing are in contrast with the accepted practice. Contradictions are the most important motive for development and

transformation of the activity. The chapter ends with the relation of expansive learning to Adult Education and what is used in the dissertation, regarding CHAT, and why.

Literature review is presented in the 4th chapter. The question of why it is important to teach the aspects of nature of science in mandatory education and which are the suggested instructions is studied. The literature review continues with the recording of teaching approaches used on nature of science instruction, and the advantages and disadvantages of each of those approaches. There are three approaches recorded: teaching through History of Science, Scientific Inquiry, and Socio-scientific issues, while there is no recorded simultaneous implementation of all three. The review finishes with the presentation of relevant research in Greece.

The methodology of the dissertation, the tools used, and the data analysis process are analyzed in the 5th chapter. The tools contain both worldwide validated questionnaires and our own, semi-structured interviews, a rubric for book grading, classroom observations with an observation protocol, and lesson plans analysis. There is data triangulation for all research questions. Cultural-Historical Activity Theory, and more specifically the cycle of expansive learning, is in the central methodological role in the organizing and the implementation of the PD-program. Tools and the analysis process are presented again in the 7th and 9th chapters, to help the reader, along with the results, due to their large number.

The results of our study on the integration level of NOSK aspects in Greek Secondary Education are presented in the 6th chapter. For our research a) we studied the Science Curricula of Lower and Senior High School and the respective school science textbooks, to record whether NOSK aspects are embedded in them, b) we studied whether in-service science teachers, who later participated in the PD-program were aware of NOSK aspects. The tool for assessment was the VNOS-D+ questionnaire, and we also interviewed teachers, c) we interviewed School Inspectors, on general issues of school life and more specifically on NOSK teaching, and d) we studied whether high school graduates know NOSK aspects. For the latter study, we used the VNOS-D+ questionnaire, and we took interviews with students. The chapter ends i) with the results of our study, and ii) the cultural characteristics of science teachers. The latter was pointed out through our contact with teachers and the School Inspectors, both during the study, the pre-study, and our participation in another research, focusing on 12th Grade Students and their knowledge on the nature of scientific inquiry.

Based on the previous chapters, decisions are taken about the design and the content of the PD-program and are described in the 7th chapter. The problem is presented in the 6th chapter, and factors taken into consideration for suggested solutions are in all previous chapters. The intervention is designed in the 7th chapter, and the implementation (8th chapter) and the evaluation (9th chapter) follow. The 7th chapter is the threshold among recording and intervening.

The PD-program is briefly presented in the 8th chapter, described as a cycle of expansive learning. In the six stages of the cycle, there is either a part of one meeting or more than one meeting, out of the six total meetings with participant teachers. Then, what happened at each meeting of the PD-program is presented in detail: our resources and their interactions. The first meeting includes an induction to NOSK aspects and the

approach through History of Science. The second meeting included the approach through Scientific Inquiry and the third the approach through Socio-scientific issues. In the 4th meeting, 6 participant teachers presented their lesson plans and a discussion on the evaluation of the program followed. During the discussion, suggested the necessity of a fifth meeting. There, they were shown two video-taped NOSK teachings and a discussion followed. A 6th meeting was requested by teachers, where a Black-Box activity took place, and finally, teachers discussed their experience in NOSK teaching both in the program and their classes. The first four meetings took place in Spring 2018 and the other two in December 2018 and May 2019 respectively.

The results of the evaluation of the PD-program are presented in the 9th chapter. Tools used, data collected and their analysis considering the 2nd and 3rd research question are analyzed in detail. The data analysis is also used for the evaluation of the cycle of expansive learning, that takes place in the next chapter.

The results and interpretations based on the theoretical framework and the literature review are presented in the 10th chapter. The consequences of the findings of the dissertation are reviewed both in the field of research and teaching. The chapter ends with the limitations of the research and suggestions for further research.

Chapter 2: What is Nature of Science

This chapter is the theoretical framework on a) the definition of nature of science (NOS) and the proposed suggestions for its characteristics from various researchers, b) the critiques on the above suggestions, and c) our decision on what to adopt in our research.

The term appears in the literature as “Nature of Science”, “Nature of Scientific Knowledge”, “Views on the Nature of Science”, “Nature of Science Studies”, “Ideas-about-Science”. A brief review of the term is given by Lederman (1992; 2007); Lederman & Lederman (2014), Erduran & Dagher (2014, p.3), and Matthews (2012), while different definitions on what it consists of are included (Lederman, 1992 & 2007; McComas, Clough & Almaroza, 1998; Osborne et al, 2003; Clough, 2006; Wong & Hodson, 2009). The different definitions, that end up in different characteristics, are related to whether the definition embeds characteristics of the nature of scientific knowledge and/or the processes and inquiry procedures through which this knowledge is produced.

The existing suggestions for nature of science have been classified by many researchers (e.g. Lederman & Lederman, 2014; McComas, 2015; Matthews, 2012; Erduran & Dagher, 2014; Kampourakis, 2016; vanDijk, 2011; Abd-El-Khalick, 2012) in two categories: a) The Consensus View and b) The Family Resemblance Approach. Each of the two categories is presented below, as well as the critique for each one and the response to the critique.

Consensus View: Its name results from the fact that the suggestions included in it have common ground, according to both their creators and critics. The suggestions of Consensus View are presented in detail (Abd-El-Khalick et al, 1998; Lederman et al, 2002; Lederman, Antink & Bartos, 2014), McComas (2015), Niaz (2009, σελ. 33), Clough (2007) and Osborne, Collins, Ratcliffe, Millar, & Duschl (2003). It has been widely applied in research and praxis in Science Education (e.g. NGSS, 2013; New Zealand Science Curriculum, 2014). According to the Consensus View, there are some general aspects of NOS, which can be efficiently taught in science classes and include aspects of nature of scientific knowledge and processes and inquiry procedures through which this knowledge it produced (scientific research). The main difference among the suggestions of the Consensus View is that Lederman and his team do not include the aspect that “there is no single scientific method”, as the other four suggestions do, in similar linguistic expressions. Lederman and his team embed multiple scientific methods to the aspects of nature of scientific inquiry (Lederman et al, 2014b, Schwartz et al, 2008).

The critique to the Consensus View includes that a) different science disciplines have their own special characteristics (e.g. Wong & Hodson, 2009 & 2010; Schizas et al, 2016; van Dijk, 2011; Irzik & Nola, 2011 & 2014; Erduran & Dagher, 2014; Allchin, 2011; Duschl & Grandy, 2013), so a short list of aspects does not cover them, b) the list of the aspects is wrong, limited, and could lead to misconceptions (Irizik & Nola, 2011, Matthews, 2012 & 2015, Allchin, 2011, vanDijk, 2011, Hodson, 2014, Galili, 2019), c) the list of aspects could lead to memorization (Irizik & Nola, 2011; Clough, 2007; van

Dijk, 2011) and d) the aspects of scientific inquiry are either absent or degraded (Hodson, 2014; Duschl & Grandy, 2013; Irzik & Nola, 2011).

As a response to critiques, Abd-El-Khalick (2012) answers that the effort to differentiate science disciplines might disorient teachers and students. Lederman (2019) claims it is important that students first learn what unites science disciplines and then what it separates them. He does not reject the Family Resemblance Approach but considers it is more appropriate for an advanced level after students have understood the major aspects of science (Lederman & Lederman, 2014). As a result, the ideal for a teacher would be to start from general aspects, achieve better knowledge on the issue himself/herself (Lederman, 2007), and then move on to the heterogeneity of science disciplines. At the same time, the teacher could teach the aspects of scientific inquiry (Lederman et al, 2014a), and then continue to the other categories of the Family Resemblance Approach, which includes, among others, both the aspects of nature of science and scientific inquiry (Kampourakis, 2016). In the present thesis, we follow the suggestion of Lederman (see Chapter 4), so nature of science is mentioned as “Nature of Scientific Knowledge” (NOSK).

McComas (2015), Lederman (2006; 2019) and Abd-El-Khalick (2014) highlight that the focus is on mandatory science education, so the provided knowledge needs to be accessible to all students and be connected to the scientific concepts they are taught. The memorization of the aspects was never the goal, but only their understanding (Lederman et al, 2014b; Lederman, 2006; Lederman, 2019; Schwartz et al. 2012).

The **Family Resemblance Approach** started from Irzik & Nola (2011 & 2014), continued with Erduran & Dagher (2014), and is inspired by the same concept of Wittgenstein. The basic idea is that all the members of one family can resemble one another in some aspects, but not in others. The critique is based on the argument that it is a complex theory, that teachers would find difficult to learn efficiently, to teach it to their students and students comprehend it. Besides, it is not sure that most teachers have attended courses on philosophy of science during their studies. As a result, teachers are not encouraged to teach nature of science, especially when it is not included in the curriculum and they are not obliged to so (Kampourakis, 2016; Lederman, 2019).

Kampourakis (2016) proposes that “we should consider developmental pathways in teaching about NOS that might start from the Consensus View and end up to the Family Resemblance Approach”.

In the present dissertation we decided to follow the suggestion of Lederman group (see Chapter 7).

Chapter 3: Cultural-Historical Activity Theory

In this chapter we present the Cultural-Historical Activity Theory (CHAT), (Engeström, 2001, Engeström & Sannino, 2010), that we adopted in the present dissertation as a guiding framework to design, implement and evaluate our PD-program. CHAT was selected so that we can deal with the complexity of the activity system of education. Education is a complex, multi-parametric activity system, that interacts in network relations with other systems, via the conceptual tools it has developed (Engeström, 2001), where they merge as “*a constellation of two or more activity systems that have a partially shared object*” (Engeström & Sannino, 2010).

CHAT is a “cross-disciplinary framework to study how humans purposefully transform natural and social reality, including themselves, as an ongoing culturally and historically situated process” (Roth & Lee, 2007). There is a big spectrum of socio-cultural theories where CHAT was always included. Its origins are traced in the classical German philosophy (from Kant to Hegel), and in the Russian studies in psychology of Vygotsky, Leontiev, and Luria. They saw behaviorism and analytical psychology as unable to manage the material and cultural reality which was then on the scene. The concept of activity became very important in the societal setting, and the focus was on activity as the unit of analysis.

In the specific field of science education, some scholars consider science education as contribution by both teachers and learners in an agentive, authorial, authentic, and activist way, to the gist of science (Stetenko, 2017). Learners become engaged in science activities and they use artifacts, that is, material objects or processes which are products of human activity (Blunden, 2013) to deal with a scientific concept. Furthermore, they interact with one another as well as with tools and means into the community of learners and work on the construction of knowledge with outcomes that are scientifically accurate (Engeström, 2005). Activity Theory, as a guiding framework has been adopted by many researchers in Science Education in the field of organizing teaching series for students, and teachers’ personal development. In our country, it has been used from our research group in Primary School students (Stamoulis, 2014), in students aged 5 – 9 (Kolokouri, 2015; Theodoraki, 2014), in non-typical learning environments (Kornelaki, 2018), and for Primary teacher training (Nanni, 2017). Internationally, it is adopted by many researchers in the field of curriculum studies and teacher training in Science (Kolokouri et al, 2012; Kornelaki 2018, p.20; Rodrigues et al 2011; Jóhannsdóttir 2014, DeWitt & Osbourne, 2007). Recently (April – June 2018) the journal *Frontiers in Education* published 6 articles on “Expansive Learning in Science Education”. In the Submission Overview of the research topic, the editors of the journal express their belief that “as a whole, the research topic will contribute to the collective effort to provide teachers educators, teachers and students with the education they need”.

The relations between the Subject (usually people, but lately they are also corporations that are moving towards a desired goal) and the Object (the goals of the activity) are mediated through tools, community, rules, and division of labor (Igira & Gregory, 2009). Tools and artifacts are culturally produced means that subjects use to perform the activity. They may be material, like a magnet, a telescope, or mental, like language. Community refers to all the participants who share the same object, and shapes and

directs individual actions to the collective activity. Division of labor refers to the way subjects i.e. members of the community divide their responsibilities during an activity. The triangle of the activity system refers both to the horizontal actions and interrelations between the members of the community and the vertical distribution of power, resources and relative societal or professional status (Plakitsi et al, 2018). The nodes of an activity system are not static and isolated to each other, but they are dynamically connected; the system is regarded as a unity (see Figure 2.3) (Hasan & Kazlauskas, 2014).

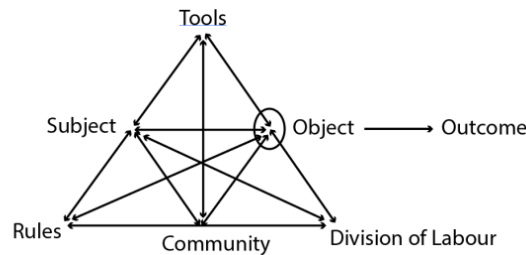


Figure 3.3: Activity system of human activity (Engeström, 1987)

Then, Engeström (2001) moved beyond the barriers of one activity system, including minimally two activity systems that interrelate, promoting multiple perspectives, dialectics, and networks for collaboration (see Figure 2.4, Engeström, 2001).

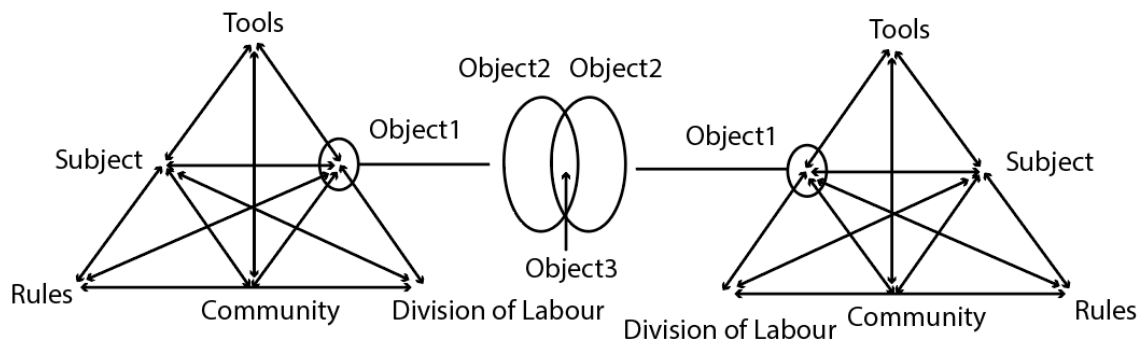


Figure 3.4: Two interacting activity systems, as the simplest model of the 3rd Generation of CHAT (Engeström, 2001)

Contradictions and tensions that might appear would play a crucial role as the most important motive for development of human actions, transforming both the activity and the outcome (Plakitsi et al, 2018). Engeström’s suggestions could be summarized in the following five principles: a) is the unit of analysis, b) is multi-voiced, c) its problems and potentials can be understood against their own history, d) contradictions are the driving force of change and e) through the cycle of expansive learning it is possible to study the transformations of the activity system, while it is reconceptualized to embrace a radically wider horizon of possibilities than in the previous mode of the activity (Engeström, 2001).

The fourth and the fifth principle are presented in more detail below, because they will be used in the dissertation more extensively.

3.4 Contradictions

The concept of contradictions plays a major part in Activity Theory (Meyers, 2007). The term does not have the sense of a logical conflict (Kornelaki, 2018, p.26). It is a concept that should not be equated to dilemma, conflict, double-bind; terms that have been misused as synonyms to contradictions, whereas they are expressions of them (Engeström and Sannino 2011; Bonneau, 2013; Plakitsi et al, 2018, p.69). Contradictions arise when new ways of thinking of practicing conflict with traditional or accepted ones, even though they are problematic. Excessive contradictions or those that reach to crises can lead to the destruction of the activity system (Meyers 2007).

There are four levels of contradictions:

Primary contradictions are expressed within one pole of the activity system. In the teachers' activity system, the primary contradiction is the opposition between the professional and managerial imperatives that manifest these activities (Bonneau, 2013). For example, in Greece, teachers usually teach to prepare their students for the exams from a young age, the target being the success in the National exams. Many students are not interested, so they do not bother to participate in the lesson, having decided not to give exams on this course. This is tiring, both physically and mentally, to teachers. Also, many teachers regard that their lesson is useful only for the exams and they do not teach something important for their students' life. The primary contradiction here is dealt as a teacher's personal conflict among his/her role as a teacher and his/her role as a civil servant who has to follow the curriculum.

Secondary contradictions are expressed within two poles of the activity system. When one activity system had adopted a new outer element, for example, a new technology (tool) or a new object, to deal with a primary contradiction, this can lead to a new concrete secondary contradiction, where old elements (for example the rules or the division of labor) conflict with the new element that entered the system. Those contradictions create tensions and conflicts, but innovative efforts to transform the activity system as well. Let us see an example of a secondary contradiction: in a PD-program, the above teachers discuss teaching nature of scientific knowledge as a new direction that could provide solutions to the primary contradictions of the activity system. Secondary contradictions that arise are, for example, that time is not enough to integrate nature of scientific knowledge additionally, or that parents would oppose to a different kind of teaching and their nuisance would be transferred to the principal. Tensions that relate to secondary contradictions could be resolved with the integration of new elements in the activity system, which could lead to tertiary contradictions.

Tertiary contradictions are the ones that arise when in the place of the initial object/motive of the activity system, a new, culturally more advanced object/motive is introduced. Practically, they appear as tensions between new and constituted practices, as a resistance manifestation to the new practice. In our example, teachers have decided to teach nature of scientific knowledge instead of the regular scientific content, but in practice, they realize that "old habits die hard".

Finally, the reconfiguration of the activity system can lead to quaternary contradictions between the central and the neighboring activity systems. These neighboring systems are a) the instrument-producing, that is essential for the new object, b) subject-producing for the new object, c) rule-producing and adjustment to the new object, and

d) all activity systems that are affected by the outcome of the central activity (Bonneau, 2013). In our teachers' example, a quaternary contradiction will arise when teachers demand changes in science curriculum, textbooks, and their professional development, or when NOSK teaching is established, to assess it properly in the exams.

Contradictions are not a problem, an indication of malfunction, weakness, or something good to avoid in an activity system. On the contrary, they are a source of change and development of the system, providing chances for expansive learning. Activity systems are developed and constantly evolve, while the subjects are occupied in object-oriented actions. The goal is to overcome documented contradictions and transformation (Roth, et al., 2009; Engeström and Sannino, 2010; Foot and Groleau, 2011; Rodrigues et al., 2011; Bonneau, 2013; Foot, 2014; Plakitsi et al, 2018, p.67-69).

3.5 Expansive Learning

In expansive learning, the teacher does not have completed the preparation of the knowledge that wants to share with the trainees. Knowledge is produced with the contribution of the trainees and their experience. Finally, the educator learns as well, see page ...

Engeström and Sannino (2010) give an ideal-typical sequence of actions in an expansive cycle, which is presented in detail, because the whole PD-program was designed and implemented based on the cycle of expansive learning:

8. The first action is that of questioning. Participants in an activity system are criticizing or rejecting some aspects of the accepted practice and existing knowledge. Primary contradictions appear, within each and any of the nodes of the activity system.
- The second action is an analysis of the situation to identify systemic tensions or contradictions within and between activity systems. Secondary contradictions appear between two or more nodes, e.g. a new object and an old tool.
- The third action is that of modeling, to construct an explicit, simplified model of the new idea that explains and offers a solution to the problematic situation.
- The fourth action is about examining and testing the model to establish its potential and limitations
- The fifth action is implementing the model by means of practical applications, enrichments, and conceptual extensions. Tertiary contradictions appear, between a newly established mode of activity and remnants of the previous mode.
- The sixth and seventh actions are those of reflecting on and evaluating the process and consolidating its outcomes into a new stable form of practice. Quaternary contradictions appear, between the newly recognized activity and its neighboring activity systems.

The above are illustrated in Figure 2.7 (Engeström & Sannino, 2010)

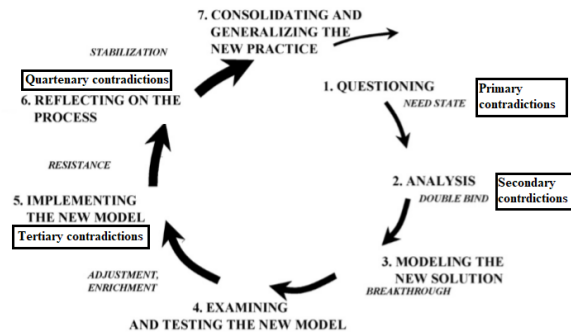


Figure 3.6. Actions and corresponding contradictions in the cycle of expansive learning (Engeström & Sannino, 2010)

The process of expansive learning should be understood as construction and resolution of successively evolving contradictions. In expansive learning learners are involved in constructing and implementing a radically new, wider and more complex object and concept for their activity and implement this new object and concept in practice. It is worth mentioning that all strategic actions presented in Fig. 3 are an indicative series of steps and not a “universal formula” that follow each other automatically. Some steps might be skipped (Plakitsi et al, 2019; Engeström & Sannino, 2010).

In the present dissertation, we use the Activity System of Education (see Chapter 6) to outline the integration level of NOSK aspects in the Greek science classes and the cycle of expansive learning to design, implement and evaluate the PD program (see Chapter 7, 9 and 10).

Chapter 4: Teaching of nature of science – Literature review

In the present chapter it is presented a) researchers' suggestions on why it is important to integrate NOS aspects into science classes (paragraph 4.2.1) and what happens internationally considering its integration in the Curriculum (paragraph 4.2.2), b) the suggested ways for the instruction (paragraph 4.2.3), c) issues that have been arisen, like the need for teacher training and essential characteristics of the PD-programs (paragraph 4.2.4), d) review of the teaching approaches used in NOS instruction and presentation of advantages and disadvantages for each one (paragraph 4.3), and e) the decisions adopted for the PD-program, considering the literature review.

4.2 Integrate of NOS into teaching

Concerning the importance of integration NOS in Science Education, all researchers agree of its significance, linking it to scientific literacy and students' activation (Lederman et al, 2014; Allchin et al, 2014; Erduran & Dagher, 2014; Osborne et al, 2003; Clough, 2017; Matthews, 2015, Bell, 2006, p. 429; Driver, Leach, Millar & Scott, 1996).

Concerning NOS teaching, it has been suggested and studied:

A) the explicit and reflective teaching versus the implicit seems to be more effective in learning outcomes, students can develop metacognitive skills, they do not have misconceptions, and do not bypass something they heard during teaching (Lederman & Abd-El-Khalick, 1998; Abd-El-Khalick & Lederman, 2000b; Abd-El-Khalick; Duschl & Grandy, 2013; Lederman, 2007, Abd-El-Khalick & Akerson, 2004; Akerson & Hanuscin, 2007; Hanuscin, Akerson, & Phillipson-Mower, 2006; Khishfe, 2008; Scharmann, Smith, James, & Jensen, 2005; Schwartz, Lederman, & Crawford, 2004; Allchin et al, 2014).

B) Contextualized versus de-contextualized teaching: most researchers are in favor of contextualized teaching, claiming that learning cannot be achieved out of the context it refers to. As a result, the connection between nature of science and science content is brought out, and learning is integrated into an authentic learning environment, where the respective NOS aspect is pointed out (Allchin et al, 2014; McComas, 2015; Abd-El-Khalick et al, 1998; Lederman, 2006; Neumann et al, 2020). De-contextualized activities are not rejected; on the contrary they could be a great introduction to nature of science (Lederman & Abd-El-Khalick, 1998 & 2020), especially for younger ages (Akerson et al, 2009; Akerson & Donnelly, 2009).

C) Regular teaching throughout the school year is more probable to have a stronger impact to students' understanding (McComas & Kampourakis, 2015).

Also, teacher training on nature of science is necessary (Lederman & Lederman, 2014; Lederman 2007; Abd-El-Khalick & Lederman, 2000a; Schwartz & Lederman, 2002; Leden et al, 2013; Tsai, 2002), where teachers' previous experiences and needs are taken into account, it is long-term, it encourages the cooperation among educator-participant teachers and among teachers, it contains microteaching, classroom observations, etc. (Akerson & Hanuscin, 2007; Lederman et al, 2012; Bell & Maeng 2013; Akerson, Morrison & McDuffie, 2006; Korthagen, 2017).

At the same time, assessment, both formative and summative is necessary. Many tools for assessment have been published in recent years (Abd-El-Khalick, 2014).

4.3 Teaching approaches to integrate NOS: advantages and disadvantages of each one

Considering NOS teaching, three teaching approaches are found in the literature. Each of them has its own advantages and disadvantages. Those are:

A) History of Science (HOS), (Allchin et al, 2014; Kipnis; 1998, Irwin, 2000; Matthews, 2015; Monk & Osborne, 1996; Abd-El-Khalick & Lederman, 2000b, Abd-El-Khalick & Lederman, 2000b; Duschl, 2006; McComas, 2020, p.529; Kipnis, 1998; Clough, 2010).

B) Scientific Inquiry (SI), (Allchin et al, 2014; Lederman et al, 2014b; Bell, 2009; Osborne et al, 2003; Lederman & Lederman, 2019). We also present the aspects of nature of scientific inquiry (Lederman et al, 2014b, Schwartz et al, 2008), make connections with authentic learning environments (Herrington & Oliver, 2000; Schwartz et al, 2004; Meyer & Crawford, 2011; Schwartz & Crawford, 2006; Chapman, 2013; Edmondson et al, 2020) and present the combined teaching of HOS and SI (Kipnis,1996 &1998; Heering & Hoettecke, 2014).

C) Discussion of Socio-scientific Issues (SSI), (Allchin et al, 2014, Bell et al, 2011, Eastwood et al, 2012, Sadler, 2004; Karisan & Zeilder, 2017).

The results from the literature review considering the appropriateness of each teaching approach for each aspect in NOSK instruction is given in Table 1.2, in color code. The green background refers to an aspect easily introduced with this approach, the yellow indicates that teaching this aspect with this specific approach is demanding, and the red indicates that the approach is very hard (or impossible) to be taught with that approach.

	HOS	SI	SSI
A1. Empirical	The aspect is highlighted through historical narratives (inherent to the approach)	The aspect is highlighted through students' observations (inherent to the approach)	The aspect is highlighted through the events (inherent to the approach)
A2. Inferential (Difference between observations and inferences)	The aspect is highlighted through historical narratives (inherent to the approach)	The aspect is highlighted through students' observations (inherent to the approach)	The aspect is highlighted through the events (inherent to the approach)

A3. Creative	The aspect is highlighted through critical experiments and alternative ideas that lead to the change of paradigm	The aspect is highlighted through open inquiries, that students are asked to find the answers themselves, by designing the research	Highlighting the aspect is hard because cognitive knowledge goes beyond the level of school science
A4. Subjective	The aspect is highlighted through alternative ideas of scientists that were finally established	Highlighting the aspect is hard with regular inquiries	The aspect is highlighted through alternative ideas of scientists
A5. Tentative	The aspect is highlighted through the change of paradigm	Not suitable for highlighting the aspect	Highlighting the aspect is hard because, even though there are alternative opinions, change of paradigm cannot be achieved/brought out
A6. Cultural Embeddedness	Living conditions of a certain past time are highlighted	Not suitable for highlighting the aspect	Contemporary living conditions are highlighted
A7. Difference between Theories and Laws	The aspect is explicitly highlighted: laws and theories may not appear at the same time	Highlighting the aspect is hard with regular inquiries	Not suitable for highlighting the aspect

Table 4.1: **Appropriateness of each teaching approach for teaching NOSK aspects**

4.4 Research on Nature of Science in Greece

Through our research, we result that in the Greek academia the term is not unknown (e.g. Piliouras, Plakitsi & Nasis, 2015; Piliouras et al, 2018; Paraskevopoulou & Koliopoulos, 2011; Stefanidou & Skordoulis, 2017; Stefanidou et al, 2018; Stefanidou,

Psoma & Skordoulis, 2020; Seroglou & Aduriz-Bravo, 2007). However, we found only two dissertations with the term in the title, moreover, there is very little work on teachers' blogs and sites. There was an organized effort in 2008 by Kampourakis, Koulaidis, and Apostolou, when they organized a seminar in a private school of Athens. Kampourakis has significant work in the field, but he does not work in Greece anymore, meaning that he does not have a direct influence on the Greek teaching community.

Finally, we note that all the publications are very recent, so in-service teachers have not been in touch with the term during their studies. As a result, the only possibility to get informed about the integration of NOSK aspects in teaching is through conferences and PD-programs.

4.5 What is adopted in the dissertation and why

The chapter ends with the decisions taken from this chapter about the rest of the dissertation. They are mentioned in the Chapter 7 in detail, but, briefly, they are:

- We will continue with organizing a PD-program for science teachers, which will include explicit – reflective and contextualized teaching. The program will be long-term, taking into consideration their needs,
- In the PD-program we will use all three teaching approaches: HOS, SI and SSI.

Chapter 5: Methodology of the dissertation

5.2 Type of research

The research as a whole is characterized as mixed research, initially with qualitative data and then quantitative data analysis is performed in several places. The mixed methods research attempts to bridge the qualitative and the quantitative research and to make the best use of the advantages of each method and deal more effectively with the weaknesses of each (Levin & Wagner, 2009).

More specifically, it is embedded design research, where the researcher collects and analyzes both qualitative and quantitative data, in a traditional qualitative or quantitative design (Creswell, 2006). For example, the researcher might ask a quantitative sub-question within a qualitative design. This sub-question is added to enhance the total design. Also, data triangulation is used, since all research questions are answered through more than one research (Cohen, Manion & Morrison, 2008, p. 189-195).

5.3 Tools for research

Many tools have been used for data collection, like literature review, questionnaires (both internationally validated like VNOS-D+ and ours), semi-structured interviews, book scoring with a rubric, analysis of lesson plans and classroom observations, three of which are analyzed as case studies. In order to have valid and reliable results, we use data from various sources.

More specifically, for the first research question, the study in the Greek secondary education, the researcher used semi-constructed interviews, focused on the issues she wanted to discuss with the interviewees, as well as other issues that will arise during the discussion (Cohen, Manion & Morrison, 2008, p. 454-460), with teachers (Appendix B), School Inspectors and students (Appendix C) to figure out whether NOSK aspects are taught (data triangulation). To figure out whether teachers and students know NOSK aspects, there was evaluation of the VNOS-D+ questionnaires (Lederman et al, 2002) from teachers and students from more than one researcher (researcher triangulation). To figure out whether NOSK aspects are integrated in the curriculum, the researcher studied the curriculum and the textbooks. She graded the latter in a rubric, adjusted from Abd-El-Khalick et al (2017).

For the second research question, specifically to check a) whether teachers learned the NOSK aspects, the questionnaire VNOS-D+ (Lederman et al, 2002) is used before (see Chapter 6) and after (see Chapter 9) the end of the first 4 meetings of the PD- program. In addition, their knowledge of the aspects is judged through their management in lesson plans and classroom observations. Regarding b) whether teachers are able to design a lesson plan, an analysis is done for the lesson plan they delivered (see Chapter 9), whose instructions were written by the researcher (see Appendix E). Regarding whether c) they are able to teach a lesson, 9 teachers in the classroom are observed, with an observation protocol (see Appendix J) prepared by the researcher, studying respective protocols (eg Hora & Ferrare, 2013, Smith et al, 2017). Three of the observations are analyzed as case studies.

For the third research question, on whether trainee teachers consider the presentation of all three approaches necessary, as well as whether they approved the order of presentation and in general if they found the training program interesting and useful, the questionnaires of the 4th (see Annex F) and 5th meeting (see Appendix G) are used, designed by the researcher (Cohen, Manion & Morrison, 2008, pp. 414-442) and validated with the help of the organizers and interviews in the form of free discussion (Cohen, Manion & Morrison, 2008, pp. 454-460). Considering which approaches (HOS, SI, SSI) teachers choose for their teaching, the answers came from the analysis of lesson plans, classroom observations, with an observation protocol the researcher designed, and the questionnaires from the 5th and 6th (see Appendix H) meeting the teachers completed.

For the fourth research question, which is about the effectiveness of the use of CHAT and the cycle of expansive learning as a design method for the training program, the study was conducted through the success of the program. This was evident from the participation of the teachers (observation), the questionnaire of the 4th meeting (post-training evaluation form), their answers to the questionnaires of the 5th and 6th meeting, the analysis of the lesson plans, and the results of the classroom observations.

The PD-program was designed and implemented in the framework of Cultural-Historical Activity Theory as a cycle of expansive learning. This has been used again in teacher training. We used elements from the literature review and the results from the Greek study. There was a contradictory situation (first stimulus) to the teachers; teachers had tension with the existent situation in the school classroom (primary contradiction), the researcher provided them with a tool, the mediated means, that was not finished yet and targeted to help them overcome their contradictions (second stimulus). In the literature, it is noted that the tool should not be given to the participants in its final form (Engeström 2001, p.604), but it could have a general form, to help teachers organize their own learning process. So, the tool could be a new (unfinished) teaching series or a pedagogic strategy (Barma, 2015). The unfinished tool (mediating means) does not mean that the trainer has not prepared his/her lecture (see chapter 3), but that this lesson will take its final form after the intervention of trainees. So, the researcher started organizing the PD-program with goals similar to other PD-programs (eg. Nanni, 2017; Daniels et al, 2004; Jóhannsdóttir, 2014). However, Greek teachers' culture, the structure and the goals of the curricula and the textbooks are different from other countries and left the complete form of the PD-program open. For example, the researcher had organized four meetings, which turned out to be six in total. The necessity of expansive learning is presented at this point, where the researcher expanded her knowledge through teachers' contradictions. Teachers moved from their comfort zone to the zone of proximal development; they accepted the challenges they once considered they could not be able to cope with, overcoming their tensions and conflicts. Their motives were based on the seeking of opportunities to enhance their teaching, so it could activate their students to participate in the daily lesson. The mutual goal was the expansion of both teachers' (to design and teach to their students) and the researcher's (to participate in the design of tasks that are interesting to teachers and could be applied) horizons and skills, and the creation of a strong community of learners from different activity systems (teachers – researcher) that are in network relations between them and concern the nature of scientific knowledge.

5.4 Data collection and analysis process

For the first research question, the curriculum and the textbooks were studied, the latter were graded based on the adjusted (by the researcher) rubric by Abd-El-Khalick et al (2017). NOSK knowledge was studied through the VNOS-D+ questionnaire with researcher triangulation and interviews with 20% of the sample. The results were statistically analyzed with χ^2 . Semi-constructed interviews took place on the integration of NOSK aspects into teaching and more general questions on school life with 10 teachers, 7 School Inspectors and 30 students.

For the second research question, considering a) teachers' knowledge improvement in NOSK aspects, they completed the VNOS-D+ questionnaire (pre/post-test), 20% of the sample was interviewed and the results were statistically analyzed with χ^2 , b) their ability to design a lesson that integrated NOSK aspects, the lesson plans they delivered during May-August 2019 are analyzed, and c) their ability to teach a lesson that integrates NOSK aspects, classroom observations with an observation protocol, where the qualitative characteristics of teaching are quantified, took place during the school year 2018-19. Each protocol was completed by the researcher after the observation. Additional with the field notes, the lessons were analyzed. Video and audio tape was prohibited. Three cases of teachers were of particular interest and were analyzed as case studies, considering the identity of the teacher, the lesson preparation, the classroom observations, the way of teaching, the efficient teaching of NOSK aspects, student response, and the impact of the program on the teacher.

For the third research question, about the inclusion of the three teaching approaches in the PD-program, and the series of their presentation, question 7 from the questionnaire for the 4th meeting, questions I and II from the questionnaire of the 5th meeting, and question 2 from the questionnaire of the 6th meeting are used. For the teaching approach the teachers used, we took information from the lesson plans and classroom observations. Also, teachers answered respective questions in the questionnaires from the 5th and 6th meetings, but we cannot check on their claims.

For the fourth research question, each stage of the cycle of expansive learning is evaluated, all contradictions are dealt, and, in the end, we will evaluate if the use of this methodological framework was successful.

Apart from other methods, the evaluation of the PD-program included ethnographic research with the observation of teachers during the meetings and classroom observations. In this kind of research, the researcher records everything that observes, intervening as little as possible. The observation takes place in objects' natural places, and not contracted frameworks. All factors, and not only a small number of parameters, are taken into consideration. The research is holistic, seeking the description and explanation of an integrated case. The target of the research is to build a lively recreation of the study groups (Cohen, Manion & Morrison, 2008, p. 232-235). In relevance to the Activity Theory, ethnography allows us to study NOSK teaching holistically and in its natural place. It provides us with rich data for a deep understanding of arising contradictions. Engeström (2000) notes that it is necessary for researchers to perform ethnographic studies, to make the arising contradictions obvious

to participants in the cycle of expansive learning, a “whole mirroring” as he names it (p. 153). Specifically, the 3 case studies of classroom observations aim to investigate the cultural phenomenon of teaching (ethnography), as well as an attempt to outline a specific situation, with systematic recording and strictness (case study) (Cohen, Manion & Morrison, 2008, p. 311). The research is not just qualitative, it becomes inductive, trying to make the best use of the empirical data and end up with certain results, in a bottom-up approach. The aim is to understand the dynamics, robustness, coherence, and resilience of the studied activity system (in this case, the community of science teachers), focusing on individual behavior, that leads to – if possible – generalization.

The structure of the dissertation, along with the methodology is presented in the following table:

Phases	Chapter	Questions	Methods – Ways of action
Part A <u>Theoretical framework</u> -Nature of science -Cultural-Historical Theory of Activity	Ch. 2 Ch. 3		
Part B <u>The research</u> # Identifying the research: ✓ Literature review	Ch. 4	-Why NOSK teaching is important to be integrated in school Curricula? -Which teaching approaches are used internationally? -What is the international integration level of NOSK aspects into teaching?	Secondary Research
✓ Need analysis	Ch. 6	-What is the integration level of NOSK aspects in Greek Secondary Education (1 st RQ) -Ensuring validity and reliability in methods used (triangulation) -Figuring out teachers' cultural characteristics	Mixed research ✓ Study of curriculum ✓ Study of school textbooks and use of a rubric ✓ VNOS-D+ questionnaires (teachers & students) and statistical analysis ✓ Semi-constructed interviews (teachers, students & School Inspectors) ✓ Final exams' topics & textbooks' works for students' assessment (+secondary research)

# Design of the Intervention	Ch. 7	-Use CHAT as a methodological tool to organize the proper content, the rules, and the series of the presentation of each approach. Link to the need analysis (4 th RQ)	-Design and Implementation of a PD-program, considering: 1) Literature 2) the results of the Greek study
# Implementation of the Intervention: the PD-program for science teachers	Ch. 8	-Implementation as a cycle of expansive learning (4 th RQ) -Use of the three approaches (HOS, SI, SSI). What are teachers' views? (3 rd RQ)	-Design of prototype tasks and adjustment of tasks found in the literature
Part C # Results	Ch. 9	-Evaluation of the PD-program (2 nd & 4 th RQ) -Which approach do teachers chose? (3 rd RQ)	a) teachers' knowledge: VNOS-D+ questionnaire (pre/post-test) and statistical analysis b) Teachers' ability to design a lesson: lesson plans c) Implementation in the classroom: classroom observations with 9 teachers (ethnographic study, 3 case studies, field notes, observation protocol), interviews, questionnaires (form the 5 th & 6 th meeting) -classroom observations with 9 teachers (as written above)
# Final evaluation		-Discussion on results -Limitations of the research -Suggestions for further research	

Figure 5.1: The structure of the dissertation, the research questions and the respective tools for data collection

Chapter 6: The integration level of the aspects of Nature of Scientific Knowledge in the Greek Secondary Education – Teachers’ cultural characteristics

The Chapter is about the research within the Greek educational community, whether the NOSK aspects are integrated in the Science Classes in the Secondary Education. The first research question is answered in this chapter.

6.2 Our research in the Education Activity System

Education, in general, and more specifically in Science, is a complex activity system with various parameters. Its complexity could be illustrated using CHAT (Kolokouri & Plakitsi, 2016), as shown in Figure 6.1.

In order to evaluate the level of integration of NOSK aspects in the teaching of Greek secondary school science classes, all components of the educational system recorded in Figure 6.1 are studied, apart from the educational policy makers and textbook authors. The research focuses on science classes from 7th Grade until 11th Grade. 12th Grade is not included in our research, because it is a preparatory year for university entrance exams and students specialize in particular subjects; as a result, not all students follow Science courses. For the purposes of this research, we examine what all students are taught in Secondary Education.

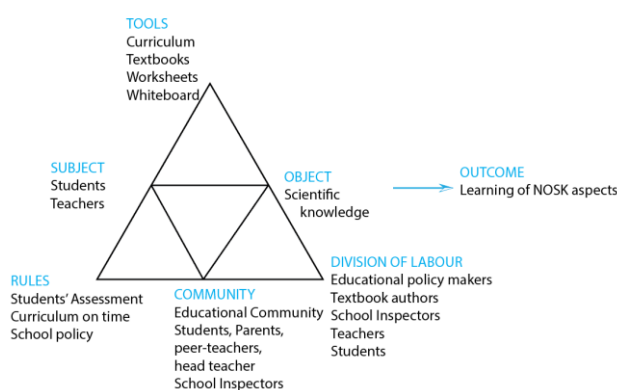


Figure 6.1: Activity System of Science Education in Secondary Schools in Greece

The researcher, the Subject in their own activity system (see Figure 6.3), in order to assess:

1. Whether the teaching of NOSK aspects was suggested in science curricula and included in textbooks (tools in Figure 6.3), studied 1) the science curricula, and 2a) all subject textbooks, and also studied and classified 2b) the recommended textbook exercises.
2. Whether science teachers (subjects in Figure 6.2) were aware of NOSK aspects, 1) asked 50 science teachers from Thessaloniki, Greece to complete the VNOS-D+ questionnaire (Lederman et al. 2002) and 2) interviewed 10 of them.
3. Whether science teachers assessed (rules in Figure 6.2) NOSK aspects in the final exams, the researcher analyzed the final exam content.
4. Whether school inspectors (members of the community in Figure 6.2) knew if NOSK

aspects were taught in science classes, they interviewed 7 School Inspectors from all regions of Greece.

5. Whether high-school graduates¹ (subjects in Figure 6.2) were taught and were aware of NOSK aspects, the researcher 1) asked 149 students to complete the VNOS-D+ questionnaire (Lederman et al. 2002) and 2) interviewed 30 of them.

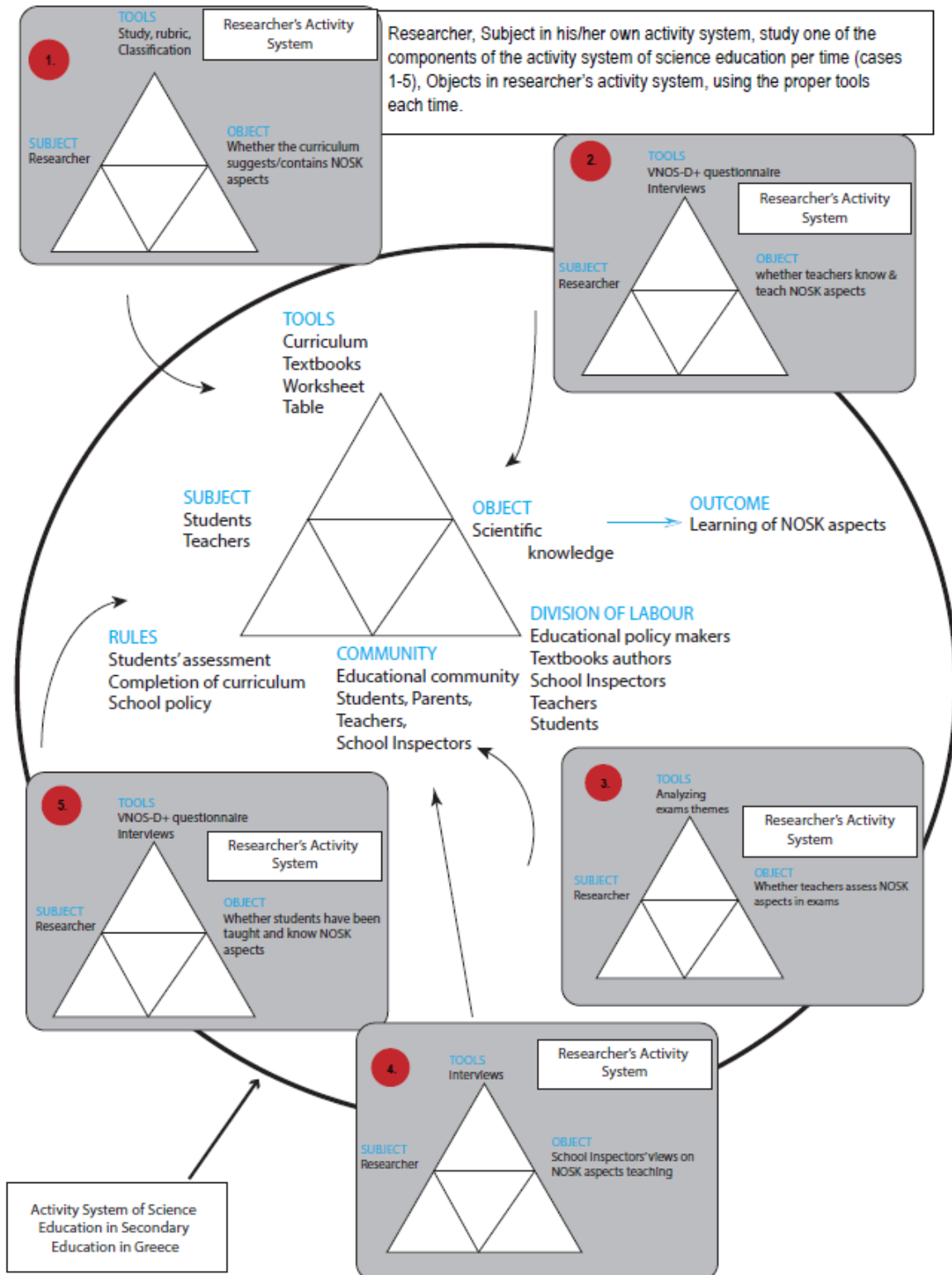


Figure 6.3: **Research on the Activity System of Science Education in Secondary Education in Greece**

6.3.1 Curriculum

Curricula for all Science subjects in Lower Secondary School, apart from 7th Grade Physics, were published in 2003 and used in the school year 2007-08. Regarding 7th

Grade Physics, the curriculum was published in 2013 and used in the school year 2013-14, when the subject was introduced for the first time.

The general part of all curricula is oriented towards scientific literacy, but neither the NOSK term (or any similar one), nor any of its aspects are mentioned.

The special part of curricula includes primarily cognitive goals and secondarily goals for inquiry skills. NOSK is not mentioned explicitly. However, if teachers are aware of NOSK aspects and wish to integrate them in their lessons, the curriculum allows them to do so. It is noted that a new Physics curriculum (Plakitsi et al, 2011) included NOSK, but, even though it was successfully piloted in 100 schools, it was not generally applied and did not lead to the writing of new textbooks.

Regarding Higher Secondary Education, the textbook content was based on the Science Curricula published in 1999. In recent years, there have been many changes, mainly the removal of specific chapters and rearrangements in the curriculum, i.e. some chapters that were originally written for one grade are taught in another. In other words, new curricula have been published, as modified versions of the 1999 ones, and no new books have been written.

In Science Curricula of Higher Secondary Education, no NOSK aspects are included, nor the term itself. However, there are objectives upon inquiry and references to everyday life which allow science teachers to include NOSK aspects in their lessons, if they are aware of them and they wish to do so.

6.3.2 Textbooks

It is internationally recorded that Curricula are regularly substituted by textbooks, which control what is taking place inside the classroom (Abd-El-Khalick et al, 2017). Teachers usually rely on textbooks for daily instructions and use of their recommended student exercises, either for use in the classroom (75-90% of teachers) or for homework (90% of teachers). This happens either due to lack of time, or due to lack of knowledge², or because there is only one official textbook (DiGiuseppe, 2014; McDonald & Abd-El-Khalick, 2017a).

Greece has only one official textbook for each subject, which is compulsory in all private and public schools in each grade. Teachers traditionally work with the textbook and not the curriculum. The content of textbooks and their proposed exercises play an important role in the teaching of science and consequently in learning, since they are extensively used in the daily teaching process determining to a great extent the final learning outcome (Anagnostopoulou 2015, p.175).

In order to assess the reference of NOSK aspects in textbooks, a rubric, adjusted from Abd-El-Khalick et al (2017), is used. The scoring of each NOSK aspect is based on the criteria described in Table 6.1:

Score	Representation of each NOSK aspect	Grade	Representation of each NOSK aspect
3	Explicit, informed, consistent	-1	Implicit, naive

2	Explicit, partially informed	-2	Explicit, naive
1	Implicit, informed, consistent	-3	Explicit, naïve, non-consistent
0	Not addressed		

Table 6.1: Criteria for Textbooks Scoring

An initial study on textbooks, prior to scoring with the use of the rubric, indicated that the reference of NOSK aspects is limited. Phrases like “nature of scientific knowledge” and “this is how scientists think/work”, and other similar ones, were missing from textbooks. Direct references on NOSK aspects were few. Therefore, the explicit representation score would be near 0 for all textbooks. However, this will not allow us to identify the actual differences between textbooks, for example, the significant differences between 8th Grade Chemistry and Biology.

We considered the possibility of reaching conclusions regarding the reference of some NOSK aspects examining the vocabulary used in textbooks, for instance, the use of verbs such as “observe”, “conclude”, etc. Consequently, we decided to be more lenient regarding the explicit/implicit representation of these aspects. Therefore:

- The representation of a NOSK aspect was categorized as Explicit/Implicit; this was determined by the content of written information that teachers would receive and whether this allowed them to make reference to these aspects or not.
- The representation of a NOSK aspect was categorized as Informed/Partially Informed/Naïve based on its reference in school textbooks. If an aspect was addressed correctly it was categorized as “informed”; if it was addressed to the correct direction but its formulation was problematic, it was categorized as “partially informed”; and, if it was addressed incorrectly and was misleading, it was deemed as “naïve”. The “correct” and “incorrect” directions are defined by the international literature on NOSK aspects.
- The content was assessed based on the consistency of the representation of each NOSK aspect in the entire textbook.

The rubric is limited since scoring does not include the position of each recorded aspect. For example, introductions and appendixes are not usually read by students, contrary to the main body of the text.

Results of the study are summarized in Table 6.2:

Grade	Physics					Chemistry				Biology		
	7th	8th	9th	10t h	11t h	8th	9th	10t h	11t h	7th	8th - 9th	10t h
A1	2	3	3	3	3	3	1	2	2	1	0	0
A2	2	2	2	1	1	2	1	1	1	0	1	0
A3	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	0	0

A4	1	0	0	0	1	2	1	2	0	0	0	0
A5	1	-1	-1	2	2	2	1	3	2	1	1	0
A6	1	0	0	0	0	3	2	0	2	0	0	0
A7	0	-3	-1	0	0	0	0	-2	0	0	0	0
Total	7	1	3	6	7	13	7	7	7	3	2	0

Table 6.2: Scoring the Science Textbooks Using the Rubric

The conclusions from Table 6.2 are:

1) Apart from Biology textbooks, the rest of them provide the opportunity to teachers to refer to NOSK aspects, if they are aware of them and should they wish to do so.

2) The empirical aspect in Lower and Higher Secondary School textbooks, the difference between observations and inferences in the Lower Secondary School textbooks and the tentative aspect in Higher Secondary School textbooks have the highest scores. The lowest scores are on the creative thinking aspect both in Lower and Higher Secondary School, the social and cultural embeddedness for Higher Secondary School, while the difference between theories and laws receives negative scores.

3) Regarding Biology, our results are in agreement with Kampourakis (2017), who claims that both textbooks and the Curriculum provide opportunities – some very implicitly though – for integration in teaching to those who are aware of NOSK aspects. Kampourakis raises the question which will also preoccupy us later, whether teachers are actually aware of NOSK aspects.

However, despite their scores, the total absence of the term “nature of scientific knowledge” is highlighted in textbooks, whereas when NOSK aspects are mentioned, these appear exclusively in chapter introductions or appendixes, which are not usually assessed. As a result, it is highly likely that these parts are not being taught.

6.4 What do teachers know about NOSK aspects and which ones they teach

6.4.1. Analysis of VNOS-D+ Questionnaire

Apart from the Curricula and the textbook content, teachers can interpret instructions as they wish. Therefore, an interesting question is whether teachers are aware of NOSK aspects (Lederman & Lederman, 2014). To study the above question, in April 2018, 50 science teachers were asked to complete the internationally validated VNOS-D+ questionnaire (Lederman et al, 2002).

VNOS-D+ questionnaire is an acronym for “Views of Nature of Science” and consists of 10 open-ended questions, which target directly or indirectly the knowledge of one or more NOSK aspects. “Directly” means that the answer on a question is linked to an aspect, whereas “indirectly” means that the answer on a question may or may not be linked to that aspect (Lederman et al, 2014). Question 4 has four sub-questions.

According to the guidelines provided by the creators of the questionnaire³, NOSK aspects are detected from the questions as presented in Table 6.3:

Targeted NOSK aspects	Questions
Empirical	4d and 2 indirectly
Difference between observations and inferences	4a, 4b, 4c, 5, 6 and 3 indirectly
Based on creative thinking	7 and 2 indirectly
Subjective/Objective	4c, 7 and 1, 2, 3 indirectly
Tentative	3, 4b, 5, 9 and 1 indirectly
Social and cultural embeddedness	10
Difference between theories and laws	8

Table 6.3: Questions and Targeted NOSK Aspects

The sample consists of 50 science teachers in public and private schools in the region of Thessaloniki, Greece, of whom 18 were men and 32 women; there were 32 physicists, 3 geologists, 6 biologists and 9 chemists. All but one had permanent placements, and were aged between 35 and 60, with an average around 50. Since their placement in Thessaloniki was permanent, they had either many years of teaching experience or high academic qualifications (Master's or PhD degrees). Science teachers would participate voluntarily in a PD-program on NOSK taking evening classes (see paragraph 4) and their answers were the pre-test. Teachers who traditionally attend those PD-programs are motivated to learn and improve their teaching, as they do not receive certificates of attendance [which would otherwise be useful for promotions or similar use].

Questionnaires were scored twice within four months by the first author, after being trained by the creators of the questionnaire. At the same time, she trained two other researchers enabling them also to score. The three researchers attributed the final scores in unison, reaching consensus of agreement at 91%.

Each question was scored in 4 categories:

- N-Naïve: when the answer indicated that the teacher had a misrepresented view on the specific NOSK aspect
- M-Mixed: when the answer indicated that the teacher knew some elements on the specific NOSK aspect, but not sufficiently
- I-Informed: when the answer indicated that the teacher had an informed (correct) view about the specific NOSK aspect
- I+-Super Informed: when the given answer was well-documented, well-formulated and could be given as an excellent correct example for the specific NOSK aspect in question
- U-Unanswered: for questions that teachers did not answer

The difference between informed (I) and super-informed (I+) responses is defined by the vocabulary used (for example, the use of certain keywords), whether an example is mentioned or if there is a more analytical description in I+ responses in comparison to I. Both categories include correct responses.

To score the responses, it was important to create the “profile” of each participant for

every NOSK aspect. To enhance their “profile”, the first author interviewed 20% of the participants, as instructed by the creators of the questionnaire. Interviews took place after the researcher scored the questionnaires for the first time. At each interview, the interviewee answered each question of the VNOS-D+ orally. If the researcher discovered a mismatch between what they meant and what they had written (or between what the researcher thought they meant) she changed her score and noted it down for the other researchers.

The overall results are presented in Figure 6.4 and Table 6.4:

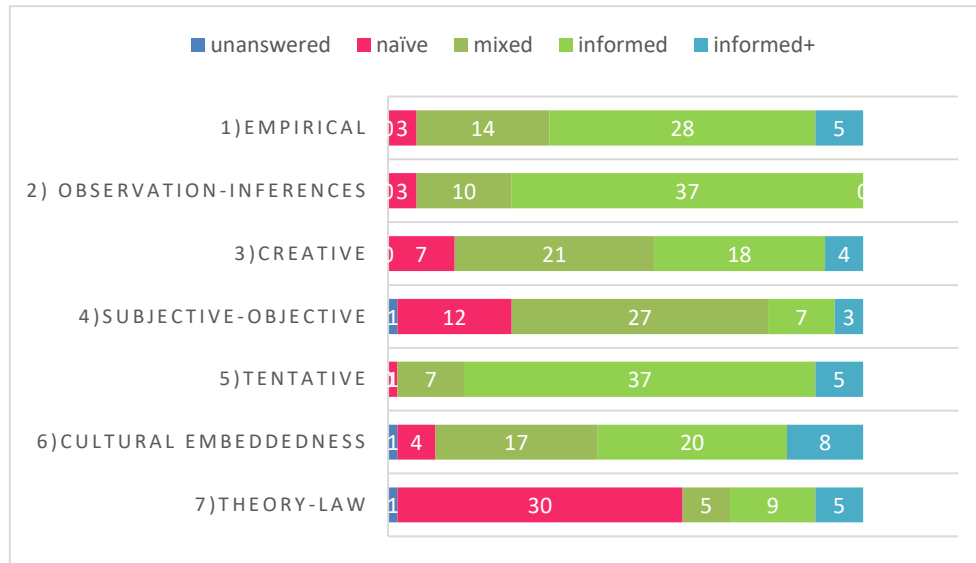


Figure 6.4: Results of VNOS-D+ Questionnaire from Teachers

NOSK aspects	I+	I	M	N	U
1. empirical	5	28	14	3	0
2. difference between observations and inferences	0	37	10	3	0
3. is a product of creative thinking	3	7	27	12	1
4. subjective/objective	4	18	21	7	0
5. tentative	5	37	7	1	0
6. cultural and social embeddedness	8	20	17	4	1
7. difference between theories and laws	5	9	5	30	1

Table 6.4: Results of VNOS Questionnaire from Teachers

For our statistical estimations, we used confidence intervals to ensure, at a percentage defined at the beginning, that we have an interval within the range of the real value of the parameter we are interested in. The 95% confidence interval of the real range of teachers who give super informed and informed answers is provided by the relation (Kounias, Kolyva, Bagiatis & Bora, 2009, p. 141-142):

$$p - Z_{\frac{\alpha}{2}} \sqrt{\frac{p(1-p)}{n}} < p < p + Z_{\frac{\alpha}{2}} \sqrt{\frac{p(1-p)}{n}} \quad (1)$$

where $p = \frac{\text{Number of people from the sample who give the desired answer}}{\text{number of people from the sample}}$,

n is the number of people from the sample

the desired confidence interval is (95%), $Z(\alpha/2) = 1,96$.

The sample results are presented in the table below:

NOSK aspects	Range of values for 95% confidence interval
(X8) empirical	$66 \pm 13,1$ (52,9 – 79,1)
(X9) differences between observations and inferences	$74 \pm 12,2$ (61,8 – 86,2)
(X10) creative	$20 \pm 11,1$ (8,9 – 31,1)
(X11) subjectivity/objectivity	$44 \pm 13,8$ (30,2 – 57,8)
(X12) tentative	$84 \pm 10,2$ (73,8 – 94,2)
(X13) social and cultural embeddedness	$56 \pm 13,8$ (42,2 – 69,8)
(X14) difference between theories and laws	$28 \pm 12,4$ (15,6 - 40,4)

The table reveals three groups: the first group contains aspects 1, 2 and 5 and the second contains aspects 3 and 7. These two groups are statistically different – there is no overlap between them. The third group contains aspects 4 and 6 and there is a small overlap with the first and the second group.

The conclusions from Figure 6.4 and Table 6.4 are:

- More than 2/3 of the teachers are well aware (I/I+) of aspects 1, 2 and 5: the empirical aspect (33/50), the difference between observations and inferences (37/50), and the tentative aspect (42/50).
- Almost half of the teachers are well aware of the subjective aspect (22/50) and the aspect about social and cultural embeddedness (28/50). Teachers' mixed views are higher for these aspects (21/50 and 17/50 respectively).
- The biggest issues seem to be a) on the difference between theories and laws, where only 14/50 are aware of it and 30/50 teachers have naïve views, the most common being that Law is superior to Theory, something like a proven theory and b) that scientific knowledge is a product of creative thinking, since only 10/50 know of it. More than half (27/50) have mixed views.

It is noted that teachers who completed the questionnaire are superior to the average Greek science teacher, and consequently the results cannot be generalized for the whole population. However, they are still important, since they clearly demonstrate that even

if those teachers who care to improve their teaching performance find difficulty in answering this questionnaire, then average teachers, with traditionally basic lessons, would provide worse responses (this is an inductive conclusion, there is no data from random sample).

6.4.4 Interviews with 10 Science teachers who attended the program and completed the VNOS-D+ questionnaire

Semi-constructed interviews took place with ten of the above teachers. The topics for discussion were the questions of the VNOS-D+ questionnaire, which NOSK aspects they were aware of and which they used in their lessons, each subject's relative chapters and some general school life questions. The interviews took place in May 2018 and additionally in October/November 2018.

Six out of ten teachers claimed that they had never heard of NOSK aspects before and had not thought of what these might be – or they might have heard the term but did not remember it. Four teachers who claimed to have previously heard of it, had either completed a PhD in Science Education (2 teachers) or attended PD-programs and conferences (2 teachers). They had no recollection of having been taught about it during their studies, definitely not explicitly.

Even though they did not know the collected NOSK aspects, they claimed that they teach intuitively some of them: all of them teach that scientific knowledge is empirically-based, through which scientists come to inferences, but they do not stress the difference between observations and inferences. They also teach the tentativeness of scientific knowledge. Two teachers claimed that they partially teach the subjectivity and creativity in scientific knowledge. Three teachers claimed that they teach the interactions between science and society. Regarding the difference between theories and laws, only one teacher knew of it and claimed to teach it. They all answered that they do not teach NOSK aspects explicitly and reflectively and they never assess students' knowledge on them.

All teachers claimed that the educational system does not incorporate NOSK in its lessons, but some of its elements may be included, although not taught, in textbooks, mostly in introductions and appendixes, which students traditionally do not read.

Their biggest teaching anxiety was to complete the curriculum in time and prepare their students for the exams, while avoid having problems with principals and parents. As they mentioned, “success in teaching is defined by how well you have prepared your students for exams and how successful they were.”

6.5 Students' Assessment in Relation to NOSK Aspects

6.5.1 Student Exercises in Textbooks

Most of the suggested exercises for students in textbooks test cognitive knowledge and almost none of them is related to NOSK aspects. Specifically, only 15 out of 2261 (0.7%) questions/exercises were related to aspect A2 (observations and inferences) but the difference between observations and inferences was not clear. Regarding the suggested projects, which could also be used for assessment, around half of them in each subject could be related to NOSK aspects. However, their formulation is very generic, and they could incorporate NOSK aspects only if the teacher wishes to provide

that direction in their lessons. Another study concluded that the recommended exercises in Lower Secondary School textbooks test cognitive knowledge by 92.7% and only a 7.3% assesses the knowledge of science, part of which is related to NOSK (Anagnostopoulou, 2015, p.270).

6.5.2 Students' Assessment by Teachers

Students' studying (and, in general, trainees of every age) is mainly determined by the assessment type and the characteristics of the exams they take. What they will finally learn is not determined as much by the content of textbooks but by the exam type. The evaluation requirements affect students' studying strategies (Anagnostopoulou, 2015, p.177-178; Green & Oates, 2009; Arons, 1990, p.365-366). To study whether students are assessed in their NOSK knowledge, we analyzed the topics of final exams.

For Lower Secondary School, Anagnostopoulou (2015) concluded that 4233 out of 4288 exam topics (1476 Physics, 1413 Chemistry, 1359 Biology), at a percentage of 99.6%, assessed the body of knowledge. Only 15 exam topics, a percentage of 0.4%, assess the knowledge "of science", where scientific research is included, part of which might be the knowledge of NOSK (p. 284). As for Higher Secondary School, almost no topic was related to NOSK – apart from 3 out of 1630 – as included in the Test Bank created by the Ministry of Education.

6.6 Interviews with School Inspectors

Seven Science School Inspectors from all regions of Greece were interviewed during January – June 2017 either face-to-face or via telephone. Four of them held a PhD in Science Education and one was a member of the authors' team for a textbook. The interview was a semi-constructed discussion on NOSK aspects and school life in the Secondary Education. Their responses did not differ significantly from teachers' opinions; however they emphasized the limited time for teaching and preparation for National Exams (which students take to enter university), a restriction that forces most teachers to prioritize solving complex mathematical exercises. School Inspectors claimed that only 15% of teachers use inquiry-based learning and around 2-5% of them teach most NOSK aspects regularly and explicitly⁴. They estimated that in most cases teaching contains the empirical and the tentative aspects, the latter as a path towards the truth.

In conclusion, School Inspectors argued that NOSK is not an objective in Science Education and it is not included in everyday teaching. They also claimed that most teachers are not aware of NOSK and are not being taught how to integrate it into their lessons.

6.7 What graduate students know on NOSK aspects

The final recipients of all the above are the students. Consequently, what graduates know about NOSK is another source of information, whether NOSK is being taught – and, most importantly, if it is being learned – in Secondary School. Our research continues with the VNOS-D+ questionnaires and the interviews with graduate students.

6.7.1 VNOS-D+ Questionnaire

The sample consists of 149 first-year students in the School of Education of the Aristotle University of Thessaloniki. University students were chosen, instead of 12th Grade students, as a means to obtain more objective results for the total student population. Specifically, university students in a big city come from all over Greece, from urban, rural and island areas, they have attended schools with different science teachers, and they potentially have received different stimuli. Furthermore, we considered that first-year graduates who attended university for only one month are not adjusted to university life yet and, as a result, they maintain the same mindset and have similar characteristics with high-school students. We conducted 30 interviews (20% of the sample), where we discussed the VNOS questionnaire and other general questions. The research took place in November 2017.

Total results from students' answers for each category are presented in Figure 6.5 and Table 6.5 as follows:

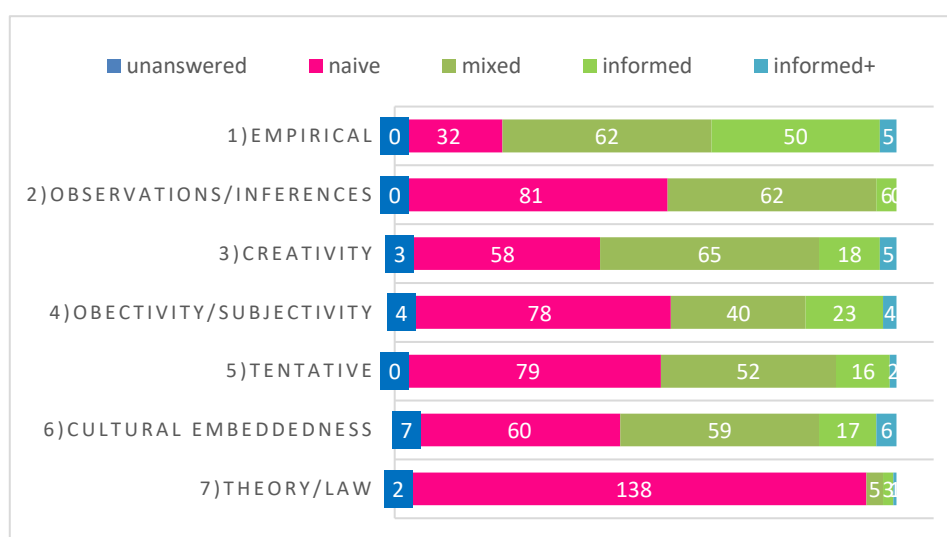


Figure 6.5: Results of VNOS-D+ Questionnaire from Students for Each NOSK Aspect

NOSK aspects	I+	I	M	N	U
1. empirical	5	50	62	32	0
2. difference between observations and inferences	0	6	62	81	0
3. is a product of creative thinking	5	18	65	58	3
4. subjective/objective	4	23	40	78	4
5. tentative	2	16	52	79	0
6. social and cultural embeddedness	6	17	59	60	7
7. difference between theories and laws	1	3	5	138	2

Table 6.5: Results of VNOS Questionnaire from Students

Table 6.6 results from the data of Table 6.5 On its second column there is the number of students that give informed and super informed answers and on the third column is the 95% confidence interval (Kounias et el, 2009, p.141-142) where the value of the wider population of Greek graduate students can be found.

NOSK aspects	Number of I+I+ answers	Range of values for 95% confidence interval
1. Empirical	55	36,9±7,7 29,2 – 44,9
2. difference between observations and inferences	6	4,0±3,2 0,8 – 7,2
3. creative	23	15,4±5,8 9,6 – 21,2
4. subjective/objective	27	18,1±6,2 11,9 – 24,3
5. tentative	18	12,1±5,1 7,0 – 17,2
6. social and cultural embeddedness	23	15,4 ±5,8 9,6 – 21,2
7. difference between theories and laws	45	Lower than 3.4±2,9

Table 6.6: Statistical Analysis from Students' VNOS Results for I/I+ Answers

The conclusions which arise from Table 6.6 are:

- Students' knowledge on the empirical aspect is statistically distinguished, since 30-40% of students seem to be aware of it.
- Students' knowledge on the tentative and subjective aspects, the aspect about creative thinking and the social and cultural embeddedness do not differ significantly. Students' knowledge on all these aspects is around 10-20%.
- The difference between observations and inferences and between Theories and Laws seem not to be understood by students, even though the former is included in textbooks and teachers seem to be aware of it. This will be further discussed in paragraph 4.

6.7.2 Interviews with 30 Students from those who answered the VNOS-D+ questionnaire

After having scored the answers on VNOS-D+ questionnaires for the first time, we interviewed 30 students (20% of the total sample, as guided by the creators of the questionnaire), during December 2017 – January 2018. Each interview consisted of three parts: a) every student was asked to answer again all the VNOS questions orally and explain what they wrote. The results of this part of the interviews formed the final scoring of the questionnaire. b) Students were asked to answer whether they were taught about NOSK during their school years and whether they were assessed on that. They were also asked to comment on c) various general matters about their school life and education, which were used in a different research stage.

All students claimed that they had never heard the term “nature of scientific knowledge” before, or at least they did not remember it. When asked whether their daily lessons

included NOSK aspects (in order to understand the question, they were given a sheet of paper with the NOSK aspects and discussed them briefly with the researcher), 10 students answered that they had never referred to any of them in any subject, whereas 15 students remembered having heard that knowledge is empirically-based (the empirical aspect) and has an inferential character, but they were not aware of the difference between observations and inferences. Three students claimed that in their Physics classes there were extensive references on the evolution of scientific ideas. They discussed that scientific knowledge is subject to change over time (the tentative aspect), but it seemed as if they only referred to the past. Also, students had the impression that these references were only for their own information and were not part of the actual lesson. Finally, one student participated in an eTwinning program regarding “how science works”, where most NOSK aspects were presented, although not in an organized and explicit manner.

To sum up, the questionnaires and interviews with students indicated that students were not taught about the NOSK aspects in an organized manner and any knowledge originates from implicit teaching.

6.8. Conclusion

In conclusion, the Greek educational system is not oriented towards the integration of NOSK aspects in science teaching. The curriculum objectives do not contain it and textbooks, which tend to follow the curriculum, include only a few aspects, mainly the empirical and, at a smaller degree, the tentative one, but without referring to them by their names. Also, the term “nature of scientific knowledge” or any similar term is not used. Teachers usually follow the textbooks and do not mention NOSK in their lessons. However, even when they do, they do not assess them. School inspectors, with a wider understanding of what is happening in schools, regard that NOSK is not a goal for Science Education and, generally, it is not included in daily lesson planning. This is consistent with the observation that most students have naïve views on NOSK aspects. Regarding the difference between observations and inferences, interestingly, even though it is clearly mentioned in textbooks, teachers are the only ones who are aware of it. This indicates that probably teaching is not explicit and reflective, as suggested in the literature (Lederman & Lederman, 2014), and students are not becoming aware of it.

Schematically, all of the above are illustrated in Figure 6.7, using the sub-triangles of CHAT (Plakitsi, 2013):

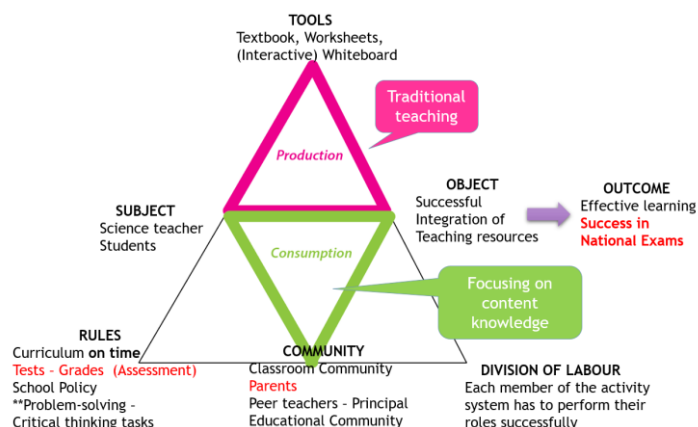


Figure 6.7: A typical Science Class Activity System in Greek Secondary Education, as Resulting from Our Research

Contradictions arisen from students, parents and principals who insist that teaching should lead to success in all National exams. However, at the same time, students feel that what they are being taught does not reflect their interests.

In relation to the embeddedness of NOSK aspects, the sub-triangle of production is interesting, since teachers who wish to integrate NOSK in their teaching must design new lesson plans that demand extra time and effort. The sub-triangle of consumption is also interesting, since the same teachers need to persuade the community (parents, students, principals and peer teachers) that NOSK teaching is in favor of the evolutionary learning route of students, in order to be accepted.

Other studies from Greece (e.g. Kampourakis, 2017) and abroad, draw similar conclusions, validating our research. For instance, in Lebanon (El-Takach & Yakoubian, 2020) NOSK is not included in the curriculum and teachers have no formal pedagogical training. Regarding books, Abd-El-Khalick et al (2017) claim that NOSK aspects are included in the introduction chapters of most books. Lederman and Lederman (2014) in their review article, claim that a plethora of studies conclude that both teachers and students have naïve views on most NOSK aspects and that NOSK teaching, when it takes place, is not explicit and reflective. The case of Greece is not disheartening; on the contrary, it has many similarities with other countries.

The cultural characteristics of Greek science teachers are included in the same chapter. The total number of Science teachers is 6,760, and 73.8% of them are over 50 years old, whereas only 3.6% are 40 years old or less. Especially in Thessaloniki, which is the second biggest city in Greece, the teacher population is old. Science teachers have no specialty in Education and Didactics, apart from those who were hired from 2000 to 2009, who gave exams in Didactics, as well as science content knowledge, in order to get hired. National exams to enter university are of great value among Greek families and teachers feel obliged to teach extensively what the exams ask for, especially in Senior High School: combine content knowledge from different chapters and solve advanced mathematical problems. They appreciate science, have a deep scientific background, but most of them underestimate Didactics, as they know nothing of its content. Most teachers like laboratory activities and wish to integrate them, but only around 20% of teachers perform them regularly. School Inspectors claimed that many

teachers do not have the necessary skills to organize such activities, whereas many schools, especially Lower High Schools that the program is lighter, do not have a laboratory room. Teachers are also usually using historical narratives. Chemists and biologists may be interested in sustainable development and environmental education, so they talk about socio-scientific issues. However, students are not assessed in lab work, or any other project they work on; summative assessment is only on content knowledge. Finally, in recent years, more teachers are interested in working on European projects, like e-twinning or Erasmus+, interacting with schools from other European countries.

Chapter 7: Design of the PD-program

All decisions taken for the organization of the PD-program are presented in the present chapter, based on chapters 2-6. Those decisions are: the choice to follow the suggestion from the Lederman group on the nature of science aspects (paragraph 7.2, NOSK aspects presented on paragraph 7.3), the content of the PD-program (paragraph 7.4) and the organizing of the PD-program as a cycle of expansive learning (paragraph 7.5).

7.2 Why it was decided to use the concept “nature of scientific knowledge” by Lederman and the view from Lederman’s group

Out of all the suggestions for Nature of Science, we decide to follow the “Consensus View”, and most specifically the suggestion by Lederman. The reasons for this are:

- It is more appropriate for K-12 science instruction, more likely to be useful and valuable to public understanding of what NOSK is and appropriate to the capabilities of most students (Lederman, 2019)
- Scientific Inquiry is separate from Nature of Scientific Knowledge, so our research could focus on the latter.
- There is rich literature on its integration in many countries and study groups (students, university students, teachers)
- There are tools for assessment (VNOS questionnaires), that are valid and reliable worldwide.
- Our research group worked with Prof. Lederman on the international research on scientific inquiry (Lederman et al, 2014a; Koumara & Plakitsi, 2019), representing Greece, so we had direct contact with him.

As a result, we adopt the terminology suggested by Lederman, so the phrase “nature of science” is referred to as “nature of scientific knowledge” (NOSK).

7.3 Aspects of nature of scientific knowledge as introduced by Lederman group

The NOSK aspects are:

A1: Scientific knowledge is empirical.

A2: There is a difference between observations and inferences. This aspect is referred as “the inferential aspect”.

A3: Scientific knowledge includes human imagination and creativity.

A4: Even though objectivity is the goal, subjectivity in scientific knowledge is unavoidable.

A5: Scientific knowledge is never certain or absolute. This aspect is referred as “the tentative aspect”.

A6: Science, as a human endeavor, is integrated within society, and all scientists are products of this society. This aspect is referred as “cultural embeddedness”.

A7: Scientific Laws and Scientific Theories are different.

7.4 Content of the PD-program

7.4.1 Teaching in an explicit and reflective, contextualized way, using all three teaching approaches found in the literature

The PD-program will contain all three approaches found in the literature (History of Science, Scientific Inquiry, and Socio-scientific Issues) in an explicit and reflective way. We decided to include all three aspects because in the literature there are advantages and disadvantages for all the approaches. So, if teachers know all the approaches, the disadvantages of one could be overcome from the advantages of the other two. Also, each teacher has his/her personality and interests, so one of the three approaches could fit better to one teacher and not to another. For example, one teacher could be fond of the History of Science, and another uses socio-scientific issues regularly. Also, the three approaches give more chances to include NOSK aspects, in more subjects and chapters, especially for a curriculum like the Greek one, that does not officially integrate NOSK aspects.

7.4.2 Order of presentation of the three approaches

Order of the approaches: after the research in the Greek educational community, it was pointed out that many science teachers do not consider that NOSK is as important as content knowledge and they also do not know about it, since they were never taught about it in their studies. However, they respect scientific knowledge.

This respect made us decide on starting the PD-program with History of Science. We regarded that it would be ideal to learn NOSK aspects through the development of a new concept. Teachers would have the chance to see that nature of scientific knowledge is inherent to its body of knowledge. We also had the impression that if we started with Scientific Inquiry or Socio-scientific issues, teachers might understand that NOSK aspects are aspects/creations of science teaching and not of science.

The approach of Scientific Inquiry followed. Teachers have a “laboratory culture” and many of them search for resources to organize inquiries in their classes. Also, when students are involved in activities on NOSK aspects, they can understand them better than when they are lectured about them (Bell 2008, p 10; Abd-El-Khalick & Lederman, 2000b).

Finally, the PD-program closes with the Socio-scientific issues, which in our research was proven to be the most problematic of the three. Also, the discussion of socio-scientific issues, in the end, would serve as an application of all the new knowledge to students’ everyday life as future citizens.

There is a logical sequence in the series of approaches: teachers learn and recognize NOSK aspects as inherent to the way scientific knowledge is produced, they teach them to their students through scientific inquiry and then students recognize them in their everyday life as citizens. The goal of science education is scientific literacy, and we move towards this goal. Teachers agreed with the sequence, as discussed in the 6th Chapter.

7.5 The PD-program organized as a cycle of expansive learning

Taking into consideration:

- The suggestion of Korthagen (2017) for Level 3.0 training, that takes teachers' personality, emotions, concerns and thoughts into account,
- The suggestion of Akerson & Hanuskin (2007) that “the duration of a program should be extensive” and that “educators need to be ready to adjust what they have prepared. Trainees' needs might lead the lesson to different paths than the designed ones. Through this, the educators could learn their work better.
- The suggestions of Lederman et al (2012), Akerson & Hanuskin (2007), Bell & Maeng (2013), and Akerson, Morrison & McDuffie (2006) that effective teacher training considers their views and practices, encourage cooperation with each other, and gives the chance for practice, questioning and reflection.

We regard that the adoption of a cycle of expansive learning (see paragraph 2.4.1) covers the above considerations, as well as the needs of Adult Education (Kokkos, 2005) for clarified goals, connected to teachers' experiences and objective needs, enhance active participation, and create a learning climate of mutual respect and collaboration. The educator can act as a facilitator, that encourages the heuristic knowledge and interacts with them.

In expansive learning, knowledge is produced with the contribution of trainees' experiences. It requires formative implementations, which are based on the method of double stimulation:

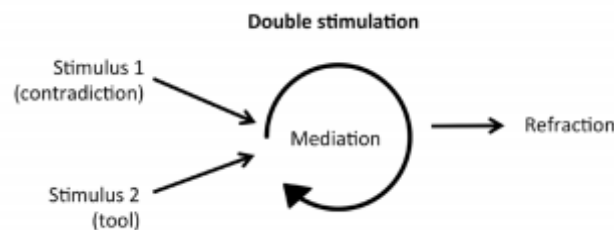


Figure 7.1: **Double stimulation (Van Amstel, 2014)**

The first stimulus in Figure 7.1 is a contradictory situation (the problematic state) and the second stimulus is a rather vague artefact, the mediating tool, which can be appropriately transformed and used to overcome the previous contradictions (Engeström 2001, p.604; Van Amstel, 2014; Barma, 2015). In our PD-program, the first stimulus, the contradictory situation, as resulted from the interviews, is: teachers claim that the lessons' content needs to change so that students are activated and participate more actively. However, they are concerned that parents and the principal would react negatively, considering that students are not prepared properly for the exams. Also, teachers would need to work more to prepare new lesson plans. The second stimulus, the artefact, is the partially designed content of the PD-program.

The four first steps of the cycle of expansive learning are already designed, as a scaffold. In the first stage, according to the interviews and informal discussions, teachers attend due to the primary contradiction that their lesson is not enough to keep students engaged and activated in the classroom, which is irritating and tiring for teachers.

In the second stage, when we will have presented the content of our PD-program, we expect that teachers would have secondary contradictions and questioning on students, parents, and the principal's reactions to the new solution, regarding that students are not prepared for the exams properly. Also, teachers would have more work to design new lesson plans. In the third stage, we have designed to present the three teaching approaches for NOSK integration, one per meeting. The fourth meeting will be focused on teachers' presentation on a lesson plan that integrates NOSK aspects. The audience will comment on the presentations and point out the strengths and weaknesses of each lesson plan. This will be the 4th stage of the cycle of expansive learning, and the first test and examination of the new model. The rest of the stages will be defined according to trainee teachers' demands (Koumara & Plakitsi, 2020a).

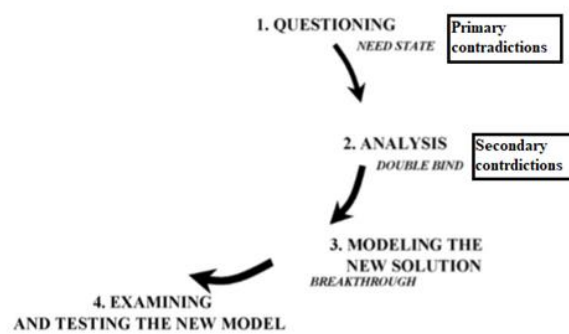


Figure 7.2: **The 4 first stages of the cycle of expansive learning (Engeström & Sannino 2010, Engeström 2001)**

Chapter 8 – Description of the implementation of the PD-program

The chapter contains information on the PD-program (paragraph 8.2), then the PD-program is described, integrated into the six stages of a cycle of expansive learning (paragraph 8.3). The chapter ends with a detailed description of the six meetings (paragraph 8.4).

8.2 Information about the PD-program

The PD-program was co-organized with the 4 Laboratory Centers for Physics Sciences (EKFE) in Thessaloniki, Greece, who sent an invitation to the science teachers of Thessaloniki to participate voluntarily in the PD-program. The limit was set to 50 participants. 49 science teachers participated at last, 31 physicists, nine chemists, six biologists, and three geologists. Their average age was 50 years, and they had been working for 10-30 years. The PD-program took place in the afternoon (18.00-21.00), and teachers worked normally in their school in the morning, which was deterring for a long-term program. It was decided to contain four 3-hour meetings, one per fortnight. The first meeting took place in April 2018. At the end of the 4th meeting, in May 2018, teachers asked for a 5th meeting, which took place in December 2018. That led to one more meeting (the 6th) in May 2019. During the school year 2018-19 the researcher, after the written authorization from the Ministry of Education and its subject limitations, observed nine teachers in their classrooms. The PD-program was designed, implemented, took its final form, and was presented as a cycle of expansive learning. The final form of this cycle, as well as teachers' reactions, are presented in paragraph 5.1.

8.3 Brief description of the PD-program as a cycle of expansive learning

8.3.1. Questioning

At the beginning of the PD-program, teachers were asked why they attended the program. Their answer was a description of the classroom activity system, similar to the one described on paragraph 1. The primary contradiction to the accepted practice was that their students don't participate actively, which makes their job tiring. They attended the program, because they were already critical towards the existing system and they seek for anything that could inspire their students to be more energized.

8.3.2 Analysis

Teachers knew the schedule of the program from its announcement. When the lecturer informed them that the goal was to a) learn NOSK aspects and b) be able to teach them themselves, secondary contradictions arose: a) in order to teach a new object they had to design new resources (tool), since there are none in the textbooks and b) there might be opposition, mainly from parents, if teaching is completely different from the regular.

Discussion lead to their suggestions, some of which were based on the inclusion of all three approaches of NOSK teaching: for example, teachers who already used HOS in their teaching, could add NOSK aspects to that content. Respectively, teachers who use

SI and SSI could add NOSK aspects to what they already do, based on extracts vaguely derived from the textbooks. So, on the one hand teachers could design lesson plans easier and on the other students would not attend completely different classes than the ones they were used to. Also, it was decided not to do any intervention in the 12th Grade, the exams year.

8.3.2 Modelling the new solution

Each one of the first three meetings was dedicated to a NOSK teaching approach (HOS/SI/SSI). Their content was both original tasks and adjustments from the literature. The PD-program began with an induction to NOSK aspects.

1st meeting: HOS approach. The evolution of the concept “pressure” from 1638 to 1662 was presented. The choice was made firstly because the same phenomena are interpreted through different inferences: a) the partial abhorrence to a vacuum (Galileo), b) the weight of the air (Torricelli and Pascal), the infamous experiment on Puy-de-Dome being a crucial experiment and c) the “springs of air” (Boyle) developing the air-pump for the crucial experiment (Koumara, 2019) and secondly because of the intense effect of the new philosophical stream (Mechanical Philosophy). Before the presentation, teachers were asked to recognize and note down NOSK aspects. By the end of the lesson, these aspects were summarized in a table.

2nd meeting: SI approach. Teachers participated in a Black Box activity (Koumara & Plakitsi, 2018) and recognized NOSK aspects during its solution. Black boxes’ computer applications and other classification tasks were also included (Bell, 2008). The meeting ended with a task where different inferences came from the same observations⁹⁸.

3rd meeting: SSI approach. The topics were a) different inferences from interpreting the same diagram for the reasons of climate change (IPCC, 2001), and 2) advantages and disadvantages of using nuclear energy vs. coal for electricity (Sadler et al, 2007).

8.3.4 Examining and Testing the new solution

Teachers knew from the announcement of the program that they had to present a lesson plan as a final assignment, based on any school unit they wished, using NOSK aspects explicitly. Also, the assignment was not mandatory, so that teachers with increased responsibilities were not discouraged to participate in the program.

Even though the assignment was voluntary and occurred on the end of May, a season with increased responsibilities for teachers, 30/49 teachers delivered 29 lesson plans (2 teachers cooperated). 21 of them were successful. On the other 8, there was either incomplete application of the new model of activity or the old model remained. 7 of them were presented in the 4th meeting. Discussion followed each presentation between teachers and researchers. Questions, claims, different opinions and suggestions were

⁹⁸ <https://scienceonline.tki.org.nz/Nature-of-science/Nature-of-Science-Teaching-Activities/Conflicting-theories-for-the-origin-of-the-Moon>

heard. The program ended with teachers ask for a 5th meeting by next winter, after they would teach NOSK in their classes.

8.3.5 Implementing the new solution

Throughout school year 2018-19, the first of the writers observed 9 of 49 teachers in the classroom, in order to study how they embedded NOSK in their teaching. It was found that, in some occasions, there was disharmony between the suggested tasks for NOSK teaching and the daily school practice (tertiary contradiction). That was the theme of the 5th meeting (December 2018), where two videotaped lessons on NOSK teaching – of different character – were shown, analyzed and discussed. Through them and teachers' experience in NOSK teaching, contradictions appeared for some teachers between the object of the activity and its motive, which lead to upgrades of the activity.

8.3.6 Reflecting on the Process

The final 6th meeting took place on May 2019, where teachers whose lessons the first author observed, presented their experience to the plenary. Discussion followed. Quaternary contradictions arose, directly connected to other network activity systems, like the request to make changes in the curriculum and the textbooks. Teachers – having a first-hand experience themselves – have affected their schools and prepare for change.

8.3.7 Consolidating and Generalizing the new practice

We would reach that stage when the Curriculum changes and NOSK aspects are included.

8.4 Analytical presentation of each meeting

8.4.1 1st meeting

A historical review of 1638-1669, focusing on episodes that point out NOSK aspects explicitly, was presented to the trainee teachers. The narrative follows below. The points where historical experiments took place, using today's everyday objects, are noted with footnotes. The two interpretations by Pascal, using both the abhorrence to a vacuum and the weight of the air, were discussed, as well as the interpretation of the same phenomenon – two attached small smooth pieces of marble – by Galileo, Pascal, and Boyle. Before we started, we asked teachers to note down all the NOSK aspects they recognized during the narrative. They were informed that by the end of it, they would fill in a table in the plenary with the NOSK aspects they had recognized. Trainee teachers could ask questions at any time of the narrative. The evaluation of the whole process is whether teachers succeeded in recognizing NOSK aspects as inherent to the way scientific knowledge is produced.

8.4.1.2 Content used: Atmospheric pressure. Historical Review from 1638 to 1669

8.4.1.2a Pre-Galileo and Galileo

The knowledge that a suction pump draws water from a limited depth was known to technicians before Galileo. For instance, there are illustrations of pumps connected, being in different heights, that lift water from mines (Agricola, 1556, p. 186). Sagredo, in Galileo's "Dialogues", mentioned that he learned from a pump-technician «*that it was not possible, either by a pump or by any other machine working on the principle of attraction, to lift water a hair's breadth above eighteen cubits*⁹⁹» (Galileo 1638, p.16). Galileo, to explain that limit in his treatise about the strength of materials, combined nature's abhorrence of a vacuum with the knowledge that "*a rope, or rod of wood, or of iron, if sufficiently long, would break by its own weight when held by the upper end*". He claimed that water is lifted, attached to the bottom of a pump's piston, to avoid creating a vacuum between water and the piston. A water-column was formed but collapsed, due to its weight (like the rope or rod described above) when it reached the observed height (limit). This height was a kind of ceiling in the Aristotelian horror vacui (Galileo 1638, p.1-17).

Galileo sent the above as a reply (06/08/1630) to Baliani's letter (27/07/1630), who made known a practical problem and asked Galileo for help: A siphon, designed to transfer water above a hill, for the water needs of Genoa, was not working¹⁰⁰. The sound produced on the tube after a hit showed that the water column had been cut on the upper part of the tube, formulating a vacuum. In his answer, Baliani claimed that if the air has weight, then vacuum formation can be explained. It is impressive that Galileo had given the information that air has weight in 1614, he had calculated that weight to be equal to 1/400 of the weight of water of equal volume (instead of today's 1/800), but had never connected it to the possibility of vacuum's formation, like Baliani had done at 1624, Beeckman in the Netherlands even before (Webster 1965, p.445, Shea 2003, p.157) and Torricelli and Pascal on later years. Galileo was seeking an answer on the water column itself and not the surrounding space (air), assimilated the phenomena of pneumatics to those of cohesion in the Solid-state. It was a wrong interpretation, but, through the publication of Dialogues (Galileo, 1638) opened the scientific dialogue about the problem (Westfall, 1977, p. 43) on the one hand and, shortly after his death, a solution was launched. On the other hand, the established limit opened the way for experimental vacuum production (Webster 1965, p.445).

⁹⁹ Cubit was a unit of length, since Ancient Egypt, that had various definitions among the different cultures that used it. Its length was among 44.4 to 52.9 cm. An ancient roman cubit had a length till 120 cm. The shorten unit – regular cubit – was based on the length from the edge of the middle finger to the lower part of the elbow. In most Italian cities, a long roman cubit was usually a braccio (Landrus 2010). In Florence, one braccio was equal to 58.4 cm (Shea 2003, p.18), so 18 cubits (braccia) were around 10.5 m.

¹⁰⁰ During the lecture, we used a flexible PVC tube, with a radius of 8mm to demonstrate the operation of a siphon at a height of around 2 m high (restriction of the room's height). After teachers' request, we repeated the experiment after the meeting time in the yard of the 10-floor main building of the School of Education. We showed that till the height of around 10 m the siphon is working, it interrupts when we overcome this height, while it re-operates when the height is lower than 10 m. In the same demonstration, we used an 11m similar tube, with two spigots on its two ends, poised properly with a rope, to show that water can remain up to around 10 m (water barometer).



Figure 8.2: Demonstration of void's formation at a street in Rome

Berti, between 1639 and 1641, having read Galileo's "Two New Sciences", wanted to check the claim that water cannot remain lifted at a height over 10,3m. He performed an experiment using a lead tube, 13m long, with valves on the upper and lower ends, inverted in a basin. When the lower valve opened, part of the water was poured, producing a sound when hitting the tube, perceiving that the remaining water column was around 10.3m long. Later, the upper end of the tube was replaced with a glass sphere, for transparency reasons, and he ended up performing lots of public demonstrations in Rome. Finally, he added a bell on the glass sphere and showed that when the sphere is out of the water it permits transmission of light, magnetism, and sound. The latter is due to the conductivity of the wooden edge that supports the bell (Webster 1965, Shea 2003, p.20-29). These were the first experiments in a vacuum.

8.4.1.2b Torricelli

Torricelli was informed about Berti's experiment from Magiotti who, as he claimed in his letter to Mersenne, mentioned that if saltwater was used, the column would not lift as high as on drinkable water. If that was true, it might have inspired Torricelli to use mercury –14 times heavier than the same volume of water – that would lift the column only to 76cm. So, he could easily find a glass tube of the proper length (Shea 2003, p.32). He proved that experimentally.

In his letter to Ricci (11/06/1644), where the illustration from Figure 8.3 is included, Torricelli initially described the process he followed:

"We have made many glass vessels like the following marked A and B with necks two cubits. We filled these with quicksilver, and then, the mouths being stopped with a finger and being inverted in a basin where there was quicksilver C, they seemed to become empty and nothing happened in the vessel that was emptied; the neck AD, therefore, remained always filled to the height of the cubit and a quarter and an inch besides [75,54cm]"

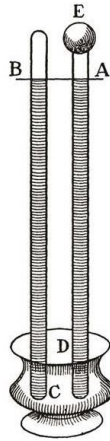


Figure 8.3: Torricelli's illustration to describe the process of his experiment

Then:

- a) In order to show that space above A *“was perfectly empty, the underlying basin was filled with water up to D, and the vessel was slowly raised, when the mouth reached the water, one could see the quicksilver fall from the neck, whereupon with a violent impetus the vessel was filled with water completely to the mark E.”*
- b) He claimed that the experimental observation that mercury on both vessels rises at the same level *“is an almost certain indication that the force was not within; because if that were so, the vessel AE would have had greater force, since within it there was more rarefied material to attract the quicksilver and a material much more powerful than that in the very small space B, on account of its greater rarefaction.”* (Evans 1973, p. 164-165)

Torricelli searched for the force that kept the mercury lifted out of the tube, contrary to his predecessors, who searched for it inside the tube. He claimed the column was not suspended from the top, like Galileo did (something that sucks it upwards) but attached to the bottom (something pushes it upwards). He wrote to Ricci: *“We live submerged at the bottom of an ocean of the element air, which by unquestioned experiments is known to have weight”* (Evans, 1973, p.164).

Torricelli was aware that air has weight, from Galileo's *“Two New Sciences”*. He did not mention how the idea of the ocean of air came to his mind, but Baliani and Beeckman had mentioned that before him. According to Torricelli: *“On the surface of the liquid which is in the basin, there gravitates a mass of air fifty miles high; is it therefore to be wondered at if in the glass CE, where the mercury is not attracted nor indeed repelled, since there is nothing there, it enters and rises to such an extent as to come to equilibrium with the weight of this outside air which presses upon it?”* (Evans 1973, p.166).

The apparatus was no longer a tool for vacuum demonstrations (see Berti), but was designed to measure the weight of the air, as its Greek name *“barometer”* implies: *“baros”* is the Greek word for the weight (*“barometer”* means *“weightmeter”*). Torricelli wrote to Ricci that his main intention was *“not simply to produce a vacuum, but to make an instrument which would show the changes in the air, which is the time heavier and thicker and at times lighter and more rarefield”* (Evans, 1973, p.166). At the end of his letter, he informed Ricci that he failed in that. Today, his failure could be

explained by trapping a small amount of humidity within the empty space of the barometer (Shea, 2003, p.36). Measurement of those “air changes” had to wait some more years.

Ricci, on his replying letter (18/06/1644), suggested (the first objection) a “critical experiment”: to place an unbending cap on the surface of the mercury in the basin, pierced with a single hole through which the glass tube comes out. So, the weight of the air is not gravitating on the surface of mercury, but upon the cap. If the mercury remains lifted like before, the result could not be attributed to the weight of the air that is supposed to hold the mercury in equilibrium. Then, Torricelli’s interpretation would be wrong (Evans 1973, p.166).

Torricelli’s answer was: *“If, on the other hand, you introduce this sheet so that it will enclosed some air also, I would ask whether or not you wish that contained air to be of the same degree of density as the outer air. If so, the quicksilver will be held up as before (after the manner of the wool which I shall mention presently); but if the air which you include is to be more rarefied than the outer air, then the raised metal will descend somewhat; moreover, if it were infinitely rarefied – that is, a vacuum- then the metal would descend entirely, granted that the enclosed space could contain it.”* (Evans 1973, p.168).

His reply was an idea met in his successors, as well as the analogy to the wool he gave: There is wool inside a cylindrical box ABCD. A heavy object E is placed above the upper side of AB (Figure 8.4). Wool is compressed. If the box is separated in two on the level of FG, with a metal sheet that is supported by the walls of the box, the wool beneath FG will remain as compressed as before, even though there is no weight lifted on it.

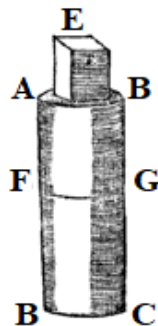


Figure 8.4: Torricelli’s analogy, used by his successors

Conant (1966, p.6) claims that Torricelli could not have formulated his ideas as clearly as he did if he was not aware of the work done on the pressure of liquids, especially Stevin, whose work was available in Latin since 1608 (Chalmers 2017, p.52) and French (so Pascal could also be aware of it) since the beginning of the 17th century (Malet, 2013).

A similar analogy, that air is similar to a huge sponge that surrounds the Earth, was proposed in 1624 by the Dutch Beeckman. This analogy introduced the concepts of lower atmosphere’s compressibility, the weight, and the elasticity of the entire mass of the air. Probably, Descartes was also affected by this analogy, who – independently

from Torricelli – claimed that air is similar to a pile of wool. Therefore, a model that promoted elasticity of air was introduced at the very beginning of research for air pressure (Webster 1965, p.445; Boschiero 2007, p.130) that finally lead to Boyle’s law, a quantitative relation.

Torricelli brought out two questions, that had arisen even since Galileo’s time:

a) What keeps the mercury-column suspended? and b) is there anything (and if yes, what) above the mercury? The second question led to a fruitless philosophical discussion, contrary to the first question that was very productive.

8.4.1.2c Pascal

Torricelli’s mail to Ricci was known, but not in detail, to Mersenne, who later (autumn 1644) watched a demonstration of Torricelli’s experiment (Shea 2003, p.39). He discussed it with Petite, who repeated the experiment in Rouen, with Etienne and Blaise Pascal, in autumn 1644. Then, Pascal performed the experiment himself, in various ways, using tubes of different lengths (12 and 15 feet long), a big glass sphere on top, and different inclinations on the tubes, testing a variety of liquids, like mercury, water, wine, and oil. The dependence of the liquid’s column height only from the liquid and not from the empty space above led Pascal to the inference that the space above the surface of the liquid did not contain any known substance. It was still open to investigate the possibility of Descartes’s “subtle matter” – ether. Pascal wrote: *“When they are requested, as you are, to show us this material, they answer that it is not visible. If they are asked whether it makes some sound, they say it cannot be heard, and so on with all the other senses. They think they have accomplished a great deal when they have placed others in the position of not being able to prove that this material does not exist, when they have deprived themselves of the power of proving that it does”*. By those words, he carefully disapproved of the existence of ether or considered it was not possible to investigate experimentally (Shea, 2003, p.74). Sometime later, Boyle started searching for the experimental detection of ether, designing a series of genius experiments, but the result was zero (Boyle, 1669, p. 127-129). However, Boyle was not restricted to that. Both Pascal and Boyle were not involved in contemporary philosophical battles (vacuist - plenist controversy) on whether the space above the mercury was full or empty, and that was productive. [Noel, for example, focused exclusively on that, and imagined that the empty space was filled with igneous air, spirituous vapors, or the subtle matter of Descartes (Shea, 2003, p. 99)]

The experiment Pascal demonstrated in January/February 1647 in Rouen, in front of 500 people in the yard of a glass factory, was very impressive and demanding, demanding both technical skills and the glassware industry. For the latter, it was necessary to evolve methods of producing long glass tubes, bringing out its contribution to Pascal’s demanding experiments. Pierius, a local Philosophy Professor, claimed that the column did not reach the top of the tube because it was pushed down by vapors of the liquid that fill the space above the liquid. To contradict him, he filled in two 40-foot glass tubes, closed on the upper end, with water and wine, respectively. They were held upright on a ship’s mast, the lower end closed with a spigot and immersed in a container. Pascal challenged the professor to bet on which liquid will stand lower. Pascal had

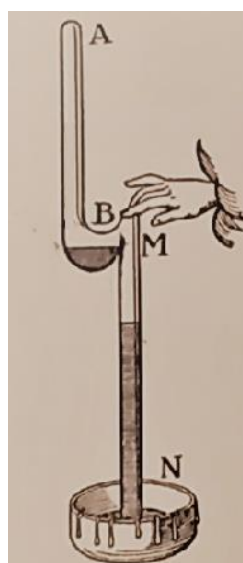
predicted the results successfully because he had performed the experiment beforehand with mercury and he knew the exact densities of the two liquids (Westfall, 1977, p. 46; Shea, 2003, p.45). The professor betted on wine, since it contained more alcohol, so more vapors were produced. People from the audience voted as well, and Pascal opened the spigot; water stood at $31\frac{1}{9}$ feet and the wine at $31\frac{6}{9}$ feet. Webster (1965) mentions the contribution of the glassware industry to the experiments and Shea (2003, p. 108) comments on Pascal's wealth, who succeeded in getting the necessary tubes for his experiments, without any difficulty, contrary to Mersenne. Teachers are introduced to the economic factors of scientific progress.

In October 1647, Pascal printed "New Experiments Concerning Vacuum" and sent it to France and abroad (Evans 1973. p. xvii). There, he described his experiments and came to conclusions similar to those of Galileo: "nature abhors a void" and then he set a limit "*The force of this abhorrence is limited and is equal to that with water of a given height ((which is about thirty –one feet) tends to flow down*". He claimed that this was all that can be supported by the results of his experiments.

However, having learned Torricelli's hypothesis at the beginning of 1647 (Shea 2003, p. 52) that "*we live submerged in a sea of air*" and his interpretation of the phenomenon as a balance of the column of the liquid inside the tube with the weight of the column of the air on the surface of the basin, he tried to test it experimentally. He initially performed the «Barometer inside another barometer" experiment (Vacuum-in-the-vacuum experiment)¹⁰¹.

Pascal initially claimed that the vacuum-in-the-vacuum experiment proves that the equilibrium in the column of the liquid is due to the weight of the air column, however later he regarded that this experiment can also be explained using nature's abhorrence to a vacuum. So, he decided to search for a decisive experiment in nature (Shea, 2003, p.105-107). In 16/11/1647, just five weeks after the publication of New Experiments, he wrote to Périer about his new idea: "*I feel much more inclined to attribute all these*

101



Vacuum-in-the-vacuum experiment: each leg of the tube is longer than 76 cm. There is a hole at point M, that is sealed airtightly. The whole tube AN, with the hole at point M closed, is initially filled with mercury and is inverted on the container N, which also includes mercury. Tube AB gets empty, and mercury remains only into the curve in area B and the tube MN until the height of 76 cm. Then, the hole at point M opens. The mercury within tube MN falls into the container N, and the mercury into the curve of the tube beneath B is lifted on the tube AB at a height of 76 cm (Evans 1973, p. 56-57). There is a mistake in the figure, detected by Périer in the first edition: the tube on area B is not curved enough, there should be no space beneath the mercury (Evans 1973, p.xxii)

effects to the weight and pressure of the air” and asked for help for its implementation: check the height of mercury’s column at the base of Puy de Dôme and an altitude of 1000-1200m.

“If it happens that the height of the quicksilver is less at the top than at the base of the mountain (as I have many reasons to believe it is, although all who have studied the matter are of the opposite opinion), it follows of necessity that the weight and pressure, of the air is the sole cause of this suspension of the quicksilver, and not the abhorrence of the vacuum: for it is quite certain that there is much more air that presses on the foot of the mountain than there is on its summit, and one cannot well say that nature abhors a vacuum more at the foot of the mountain than at its summit” (Evans 1973, p. 99-101)

The experiment took place on 19/09/1648 and the results were as he had predicted. Pascal wrote:

“Consequently, I know find no difficulty in accepting [...] that nature has no repugnance to a vacuum, and makes no effort to avoid it; that all the effects ascribed to such abhorrence are due to the weight and pressure of the air, which is their only real cause; and that for lack of knowledge, people have purposely invented this imaginary abhorrence of the vacuum in order to account for them. This is far from being the only case in which, when the weakness of men has made them unable to discern true causes, their subtlety has substituted for them imaginary causes to which they have attached specious names which fills the ears, but not the mind” (Evans 1973, p. 110).

In his book “Treatise on the weight of the mass of the air”, he supported the interpretation of the weight of the air for nine phenomena¹⁰², as well as the interpretation by the abhorrence to a vacuum, using genius experimental apparatus (Evans, 1973, p. 32-48). Descartes claimed that he suggested Pascal to experiment whether the mercury column raised higher on the top and the bottom of the mountain. Others claimed the same as well. Pascal strongly insisted that it was his idea. We can assume that Torricelli’s answer (28/06/1644) to the critical experiment Ricci had suggested (see paragraph i) inspired both the vacuum-in-the-vacuum experiment and the one on Puy-de- Dôme. (Shea, 2003, p. 123).

Finally, Torricelli’s initial intention “to make an instrument which would show the changes in the air” came true. Pascal, collecting data from 1647 to 1651 resulted in: *Not but that the mercury is sometimes high in summer, low in winter, irregular at the solstices, and steady at the equinoxes, for there is no regularity in the matter*”. He also moved on to weather forecasts (Shea 2003, p. 181).

Weber (1965, p. 447) notes that even though the experiments in France are connected to Pascal and Perrier, Mersenne, Noel, Roberval, Auzoult, Petit, Pierius and Pecquet

¹⁰² Two of those experiments were described to teachers and we discussed the interpretations given both with the $\tau\eta\upsilon$ abhorrence of a vacuum and the weight of the air. We demonstrated two other experiments with everyday objects, and we discussed their interpretations, both with the abhorrence of a vacuum and the weight of the air.

played an important role, as well as Descartes and Gassendi, who used the experimental data in their own competitive philosophies about nature. Mersenne, who brought Torricelli's experiment to France, spread the results to England, the Netherlands, Italy, and Poland. This is one of the first examples of cooperation in experimental research.

8.4.1.2d French and Italian predecessors of Boyle

Apart from Pascal's experiments, which represented the main philosophical trend in France and verified the hypothesis that air has weight, other experiments could not be explained by that inference. Noel (1647) observed that inserting a small volume of air above the mercury in Torricelli's experiment caused the mercury column to stay lower than when inserting an equal amount of water. That was a paradox since the water was denser than air. Thus, the lower level of the mercury column was not due to the weight only. Noel interpreted this by assuming that air contained more ether than water (Weber, 1965, p. 448). The same experiment was published by Roberval in May 1648, along with the carp-bladder experiment, which he devised himself. The swim-bladder was removed from a carp and pressed so that existing air was removed and tightened closely, so the air could not get in or out. It was then placed on top of a Torricellian tube. The tube was filled with mercury and inverted in a mercury-filled basin. Mercury fell to the expected level, the carp remained in the empty space above the mercury, having been distended (see Figure 8.5, Pecquet, 1651, p.51).

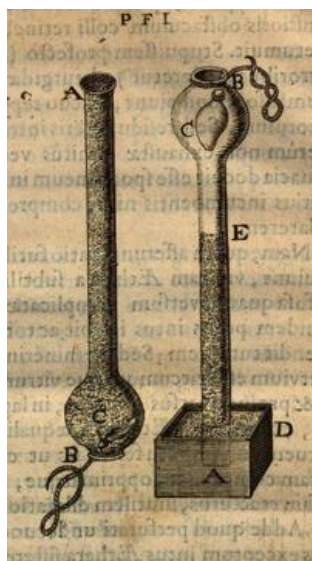


Figure 8.5: Use of distended air forces to interpret phenomena on pressure

Roberval suggested that, in normal conditions, the air was compressed or condensed from the upper levels and distended when released from compression. This is what happened to the carp when a small amount of air was left inside: it was distended due to the lower pressure conditions until the forces acted from the extended air¹⁰³ to the

¹⁰³ Pascal had also observed that if someone gets a balloon half-full with air, shrank and tightened to a thread on its neck, and carried it from the bottom to the top of a mountain, the balloon would extend by itself while raising. In the top, it would be completely

membrane were equal to the tension of the elastic carp (Webster, 1965, p.449). Roberval's experiment and his inferences on the spontaneous dilution of the air were very impressive. Pecquet wrote (05/05/1648) to Marsenne: "*Monsieur de Roberval performed marvels here, and yesterday he performed successfully the experiment with the carp's bladder; he had a great number of observers*" (Weber 1968, p. 451). It is also indicative of how rapidly Boyle learned the news: Hartlib informed him about the experiment on 09/05/1648 (Shea, 2003, p.92).

Pecquet's amazement at the experiment may lead him to include a chapter with various experiments, whose results "it's not only about the weight of air, but springs of air as well" (Pecquet, 1651, p.48) in his book "Experimenta Nova Anatomica", a small book with short essays about physiology published at 1651. The importance of Pecquet's work lies in the emphasis he gave to the property of elasticity of air. He was the one who introduced the terms "elater" and "elastic" to describe the phenomenon (using the Greek word "elatirio" that means "the one that repels"). The term was used by English writers and through the work of Charleton, Power, and Boyle it became familiar to 17th-century readers (Weber, 1968, p.452-3). However, Boyle was the one who decided that the term "elasticity" was significant, inspired by the work of Gassendi, Mersenne, Charleton, and Pecquet and subjected it to a more thorough examination than any other researcher had done before.

Let us return to Italy for a while before we reach Boyle. In August 1657, members of Accademia del Cimento started their public attempts to retest the French experiments regarding the pressure of air in Florence. Their first attempt was the construction of a "barometer-in-a-barometer" (see paragraph iii). Many scientists regarded the result of this experiment as proof of the inference that the weight of the air balances the mercury column. After that, the group of the Aristotelians asked, as a check of the previous inference, to place a glass jar above the barometer, which would protect the mercury in the basin and the barometer from the effect of the weight of the air (see Figure 8.6).



Figure 8.6: Barometer placed under a glass jar

They predicted that the insignificant weight of the little amount of air that was contained under the glass jar could not maintain the mercury column at the same

extended, like there is more air into it. When the balloon is descended, it gets shrunk. He interpreted it with the inference that air has weight (Evans, 1973, p.31).

height as the weight of the huge air column did when acting on the mercury in the basin and there was no bell. If the column remained at the same height, the reason for the phenomenon would be the weight of the air.

The experiment took place. The mercury column reached the same height as before. Magalotti wrote:

“...the immediate reason for the mercury being violently pushed to a height of an ell and a quarter and held there is not really the weight of the superincumbent air, which is taken away by the bell jar ... but on the contrary, the compression that had been produced by this weight ... It is therefore not to be wondered at that as the same state of compression is maintained, the elevation of the quicksilver does not fall below its usual measure” (Boschiero 2007, p. 128-130).

The analogy suggested by Torricelli showed up again.

8.4.1.2e Boyle

It is more possible that Torricelli's experiment in England was performed later than in France (autumn 1646). Wallis noted that “the weight of Air, the Possibility or Impossibility of Vacuities and Nature's abhorrence thereof, the Torricellian Experiment in Quicksilver” was one of the matters discussed in weekly meetings between distinguished Natural Philosophers of England, in London (Webster, 1965, p.454). It was around 1648 that meetings were extended in Oxford, familiarizing Torricelli's experiment to more people, including Boyle.

The experiment was probably presented by Haak, who had traveled around Europe and was a correspondent of Mersenne. It seems that later there were no delays in transferring news on original experiments from France to England, probably due to Mersenne. Apart from Mersenne, Cavendish played a significant role in transferring the news, since he was exiled to Europe and he lived in Paris in 1645-8. Cavendish announced Roberval's carp experiment to Petty in April 1648, and a month later Hartlib announced it to Boyle (Webster, 1965, p.491). Thus, Boyle knew a lot on the matter before he constructed the first air-pump, a topic he learned from Schott's 1657 book, where vonGuericke's pump is described, with which he could remove the air from a closed space.

Boyle and his assistant, Robert Hooke, improved Otto vonGuericke's air-pump, focusing on Experiment 17, as Boyle named it in his book (Boyle 1660, p. 51; Conant, 1966, p.17). Boyle's first air-pump (the cylinder below the globe in Figure 8.7) was connected, through a valve, to the receiver that could remove the air. The receiver was a glass glove, the biggest one that contemporary glass technicians could construct (30 wine quarts) that was resilient to vacuum conditions. The upper end of the receiver had an opening to put devices and materials inside and closed air-tightly (Conant, 1966, p.16-21). Two upgrades of the device followed.



Figure 8.7: Boyle' first air-pump, with the glass receiver attached on a wooden stand

The contribution of contemporary technology to the development of science is obvious here, like in Pascal's experiments. The design and construction of the air-pump were difficult enough, the resilient glass gloves were essential, as well as the methods for air-tight sealing (Webster, 1965, p.491). Conant (1966, p.9) comments: "*Boyle's work in pneumatics is an excellent illustration of the significance of improvement in experimental equipment for the advance of science. His improved pump made possible the exploration of a wide field of study; it was for his day the equivalent of the x-ray tubes of the late nineteenth century, the cyclotron of the twentieth century and ...*"

A brief description of Experiment 17 follows: Boyle placed the basin of a barometer in the receiver. He took the tube out from the opening and closed the receiver airtightly. He observed¹⁰⁴ that the mercury's column remained at the same level as in the open atmosphere. He interpreted his observations by claiming that the phenomenon could not be explained as an equilibrium of weights, since the weight of the air inside the receiver was significantly lower than the mercury column's weight. He kept on removing air from the receiver. The mercury gradually fell, but when he let air into the receiver it raised (Boyle 1960, p.52-53).

The phenomenon, and other similar ones, like a half-inflated animal's bladder into the receiver that inflated when the air was removed from it¹⁰⁵, could not be interpreted as an equilibrium of weight. The proper interpretation included the elasticity of air. Boyle assumed that the "spring of air" is what holds two smooth pieces of marble joined to each other. So, he placed two joint items in the receptor of the pump and he attempted

¹⁰⁴ "Upon which closure there appeared not any change in the height of the Mercurial Cylinder; no more, than if the interposed Glass Receiver did not hinder the immediate pressure of the ambient Atmosphere upon the inclosed Air; which hereby appears to bear upon the Mercury, rather by virtue of its spring than of its weight: since its weight cannot be supposed to amount to above two or three Ounces, which is inconsiderable in comparison of such a Cylinder of Mercury as it would keep from subsiding" (Boyle 1660, p.52).

Κεφάλαιο 1ο:¹⁰⁵ We demonstrated this experiment to trainee teachers: a balloon, half-inflated, and well-tighten to its neck is placed into a food storage container in a vacuum. The air is removed from the container and the balloon inflates. We discussed who could explain it from Galileo, Pascal, and Boyle.

to separate them by removing the air. The experiment failed in his first pump (Boyle, 1660, Experiment 31, p.116-118). Boyle attributed his failure either to the incapacity of the pump to create the necessary void or to the alcohol he put between the two marble surfaces in order to avoid the existence of air between them. Finally, he succeeded with an improved second version (Boyle, 1669, Experiment 50, p.173-174).

Boyle has formulated two interpretations of elasticity. According to the first, the air consisted of adjoining particles at rest, that were compressible, like springs or pieces of wool, as Torricelli had also suggested. The second was that particles whirled around vehemently in the subtle fluid Descartes postulated, filling all space. Boyle had a preference for the first one, but he did not support it emphatically (Holton & Brush, 2001, p.272). A story, starting from horror vacui reaches the particle structure of matter.

Boyle claimed he had let a noticeable space between the narration of his observations of the air-pump and his inferences on their causes. Observations were accessible to the senses, but not their causes (interpretations). The dearest analogy from naturalists of the clock is used here as well: *“an industrious watch maker may make two watches which keep time equally well and without any difference in their external appearance, et without any similarity in the composition of their wheels, so it is certain that God works in an innity of diverse ways ...”*. Boyle asked his readers, if they wished, to study the experiments and the interpretations separately (Shapin, 1996, p.101-103). The experience of a common spring that resists compression but when released is not expanded indefinitely, lead the supporters of the first inference to regard that gas particles do not alter in size, but are mutually repelled from a distance (Holton and Brush, 2001, p.272). This view also seems to be supported by Newton, who started from the hypothesis that an elastic fluid consists of small particles that are mutually repelled with a force inversely proportional to the distance of their centers, and lead to Boyle’s Law (Newton, 1729, p.300-1).

After the book’s publication, Linus doubted Boyle’s interpretation. He claimed that mercury was held on the tube, hang from an invisible rope or film, named funiculus, that rested between the upper end of the column and the closed end of the tube. It could draw up the mercury column until 29 inches long (the atmospheric pressure). He supported his claim by a well-known observation: if we close the upper end of the column with our finger in the Torricellian experiment, we feel our finger to be “pulled” inwards. He attributed that pull to finiculus. Boyle replied that the external air pressed the finger inwards and he searched for experimental evidence.

The goal of the experiment was to point out that there could be a suspended mercury column could higher than 29 inches. He used a J-shaped tube, the short leg sealed and the long one open, see Figure 8.8.



Figure 8.8: The experiment to reject the existence of finiculus that finally lead to Boyle's Law

He filled the long open leg with mercury until the difference in mercury's level in the two legs was 29 inches (we assume that, in today's terminology, the atmospheric pressure was 29 inches, so this means that the pressure of the enclosed air was twice the atmospheric one). He noted "*not without delight and satisfaction*" that the volume of the enclosed air was about half the volume of the initial one. He kept on adding mercury in the open leg. When the volume of the enclosed air in the short leg became equal to the $\frac{1}{4}$ of its initial volume, he noted that the difference in the mercury levels was around 88 inches. This means that the pressure of the enclosed air equals to $\frac{88+29}{29} = 4,0344$ times higher than the atmospheric (it would be exactly 4 times if the difference of the levels was one inch lower, namely 87 instead of 88). Boyle ended up: "*It is evident, that as common air, when reduced to half its wonted extent, obtained near about twice as forcible a spring as it had before; so this thus comp rest air being further thrust into half this narrow room, obtained thereby a spring about as strong again as that it last had, and consequently four times as strong as that of the common air*" (Conant, 1966, p.52).

After the publication of his data and feedback from readers, Boyle reached the homonymous law (Conant, 1966, p.54). It was the first arithmetical law that illustrated the functional dependence of two variables. However, the interpretation of Boyle's Law at the time was not similar to the to-date one (Wester, 1965, p.494-5).

As for the critical point to reject the existence of funiculus, Boyle proved that, when he sucked air with his mouth from the top of the long leg, the mercury column, much longer than 29 inches high, is risen (taking advantage of the expansion of the compressed air in the short leg). As a result, the limit that the funiculus can hold a liquid column did not exist. His reply was published in 1662 (Conant, 1966, p. 50-52).

Of all contemporary scientists that worked on the concept of pressure, Torricelli, Pascal, and Boyle made the difference. According to Webster (1965, p.491), probably this is due to their presence on centers of significant scientific research in Florence, Paris, and London, respectively. Those were the centers of developing scientific communities (The Accademia del Cimento – Academy of Experiment – was founded in Florence in 1657, The Royal Society was founded in London in 1660 and the Académie Royal des Sciences in Paris in 1666) that attracted the most genius personalities from the three countries. Plenty of authentic experiments on atmospheric pressure were launched in their informal meetings, and many advantages are owned to group work on the problem.

8.4.1.3 Trainee teachers recognize NOSK aspects from the narrative

During the narrative, teachers had to keep notes on the NOSK aspects they recognized. For their help, NOSK aspects were written on a paper board during the whole lecture. By the end of the narrative, during which we discussed with teachers major key points, and we demonstrated some of the experiments, as mentioned above, we began the discussion on NOSK aspects, based on teachers' notes. The goal was to fill in a table

with all NOSK aspects underlined. All teachers participated actively, commented on their peers' suggestions, and they found the whole process very intriguing. Their interest was obvious when the time passed, they still had more to add, and they kept talking in small groups while leaving. A short presentation of teachers' suggestions on each NOSK aspect follows:

(A1) Scientific knowledge is empirical, based on/derived from observations of the natural world

Teachers mentioned that regarding the equilibrium of the liquid column in the inverted vertical tube, the transition of the interpretation with nature's "abhorrence to a vacuum" to the "weight of the air" was after the experiment on the mountain Puy-de-Dôme. The next transition to the interpretation with "the springs of air" took place after Boyle's Experiment 17. Also, observations supported the rejection of claims, like a) "the space into a vertical tube, above the liquid column, contains vapors of alcohol", through the experiment with the long length tubes that were inverted, full of water and wine, b) the glass tubes of different size and volume, that were used initially from Torricelli and then Pascal, that exclude the presence of any known substance above the mercury and c) the existence of funiculus, after Boyle's experiment with the J-shaped tube. One teacher asked why Galileo did not link the weight of the air to the possibility of vacuum creation, as Balliani did, even when he wrote it to him, even though he had calculated the weight (density) of the air. This led to an interesting discussion between the teachers, that even genius scientists make mistakes and insist on them.

(A2) Scientific knowledge is inferential, observations and inferences are different

Teachers comment that both Galileo and Torricelli observed the same: a liquid column inside a vertical tube. The former claimed that the column was held from the top and interpreted the phenomenon using a limited Horror Vacui and the latter claimed that the column was attached to the bottom and explained the phenomenon using the weight of the air. They were impressed with naturalists' analogy with the clock for the difference between observations and inferences: two clocks may be externally similar and show the same time, but their mechanisms are different. They noted that Boyle asked his readers, if they wished, to read separately the experiments and his inferences. He gave two interpretations to the elasticity of air, without supporting one over the other. Finally, they all mention Pascal's two different inferences on the same phenomenon, and the three different inferences by Galileo, Pascal, and Boyle for the difficulty in separating two small pieces of glass, placed one on top of the other. The demonstration of the latter experiment helped them to imprint it.

(A3) Scientific knowledge is durable but changes in the light of new evidence

Teachers were impressed with all the changes that took place within 30 years (1638-1669), from the (limited) abhorrence to a vacuum to the springs of air, a concept that approached the particle. They referred to the changes in the interpretation of a phenomenon from 1638 to 1669: i) nature's (limited) abhorrence to a vacuum, ii) weight of air, and iii) springs of air. They commented that modern scientific concepts, like fundamental particles or gravitational waves, could evolve in an analogous manner.

(A4) Scientists' creativity and imagination are needed in all parts of a scientific research

Characteristic examples of creativity and imagination are the analogies “we live submerged at the bottom of an ocean of air” by Torricelli and “air consists of tiny springs” by Boyle which lead to new interpretations. Torricelli’s change of focus was also creative: the column is not suspended from the top but is supported from the bottom, as well as the analogy with the wool (figure 8.4) that remains compressed, even though there is no weight lifted on it. Imagination and creativity are recognized in the design of Torricelli’s experiment in Figure 8.3, on Pascal’s experiments, and the experiment in Figure 8.7 by Boyle. Many teachers referred to the carp-bladder experiment of Roberval and Noel’s experiment that inserted equal volumes of water and air successively to the empty space above the mercury (see paragraph iv), which indicated the insufficiency of the weight of the air for its interpretation.

(A5) Even though objectivity is the goal, subjectivity within scientists is inevitable, derived from scientists’ personal beliefs, background knowledge, training, expectations, etc.

There is a progressive route from Galileo to Boyle that knowledge gets to be more objective, in the manner that new experiments are designed and implemented, whose observations could not be interpreted by the previous “theory”; A new “theory” is necessary to do so.

(A6) Scientific knowledge is culturally embedded; it affects and is affected by all societal, technological, economical, philosophical, religious etc. factors of each historical and geographical era

Teachers recognized the impact of technology, that provided new instruments and techniques: A) Pascal lived in Rouen and – because of its glass industry – he was able to construct long and resilient glass tubes, ideal to perform vacuum experiments and B) Boyle, in cooperation with Hook, made improvements to von Guericke’s air-pump and he came up to methods to produce air-tight sealing. The evolution of the glass industry made it possible to construct resilient glass gloves.

Philosophy also had an impact, with the transition from Naturalism to Mechanism. Teleological interpretations were abandoned, and new ones were rising, based on experimental data, which lead to more objective knowledge.

(A7) Scientific Laws and Theories are different kind of knowledge.

They noted the formulation of Boyle’s Law (1662) that is acceptable to date, and the kinetic theory of gases, which explains the law but was formulated later, with the works of Clausius (1857), Boltzmann (1871), and Maxwell (1873).

The meeting closed with suggested lessons from the curriculum that could be taught in a similar approach, a) where the same observations were inferred differently, like the nature of light, the discovery of oxygen, and the nature of heat and b) where theories were subjected to change in the light of new evidence.

8.4.2 2nd meeting

The meeting about Scientific Inquiry. The tasks are written below:

8.4.2.2b *A Black Box with electric circuits* (designed by the researcher, presented on the 3rd National Conference of Teaching Resources)

The Black Box was on electric circuits. It was a rectangular box, made of paper, with dimensions 35cm x 30cm x 5cm. Two double cables, in blue and brown colors (A, B, Γ, and Δ in the figure below) came out of the two narrow edges of the box. The word “ΕΙΣΟΔΟΣ” (“ENTRY”) was written on points A and B, to help teachers to insert the battery, due to time management issues.

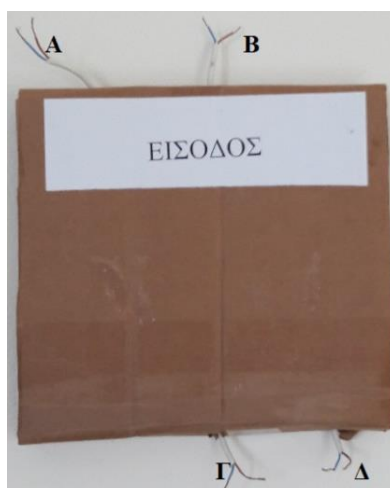


Figure 8.1: **The external view of the Black Box**

The lesson was designed as follows: teachers, in groups of 4, are given: a 4,5V battery, a 3,6V bulb in its base, a compass, and cables with crocodile clips. They are asked to search for the interior of the box, using the objects they are given. After group work, they discuss in the plenary for the final inferences. So, teachers from each group use their imagination to design and implement their research, they come to their (subjective) inferences out of their observations, which they report and support in the discussion with the scientific community, in a procedure similar to scientific research. Discussion leads to more objective inferences. Finally, teachers are asked to recognize NOSK aspects of the whole process. Due to time and space limitations, teachers suggested actions in the plenary, the lecturer performed them, teachers discussed their observations and came to inferences on the interior of the Black Box and NOSK aspects. Actions suggested by teachers and their observations are presented on Table 5.1:

ACTIONS	OBSERVATIONS
8. Connect the battery on position A and the bulb on position Δ	8. The bulb lights
9. Connect the battery on point A and the bulb on point Γ	9. The bulb does not light
10. Connect the battery on position A but with reverse polarity. The bulb in on position Γ	10. The bulb does not light, but the sound of a buzzer sounds
11. Connect the battery on position B (try both polarities) and the bulb on position Γ and/or position Δ	11. The bulb does not light, no buzzer is heard

12. Connect the battery on position B and place the compass on different positions on the box	12. In one position on the box the needle of the compass inclines and goes round
13. Connect the battery on position B with reverse polarity.	13. The compass goes round on reverse direction. The direction depends on the polarity of the battery.
14. A teacher suggested to use a mobile phone with magnetic field sensor and a suitable application (eg. Physics Toolbox Suite)	14. The indication of the existence of a magnetic field was intense. The indications are reversed when the polarity of the battery changes.

Table 8.1: **Actions and observations during the Black Box activity**
Inferences coming out of the observations:

4. The cable from position A ends up on position Δ (Observation 1)
5. The cable from position A branches somewhere. The second branch ends up on position Γ. A piezoelectric buzzer (with polarity) is connected (Observations 2 and 3). The addition of a bulb closes the circuit, so the buzzer is connected in series. The bulb does not light, because the resistance of the buzzer is high. The positive pole (the red wire) of the buzzer is connected to the brown wire of the positive pole of the battery (Observation 3)
6. The cable from position B meets an electromagnet that is in the interior of the box (Observations 5, 6, and 7).

As a result, an intersection of the Black Box is shown in Figure 8.11:

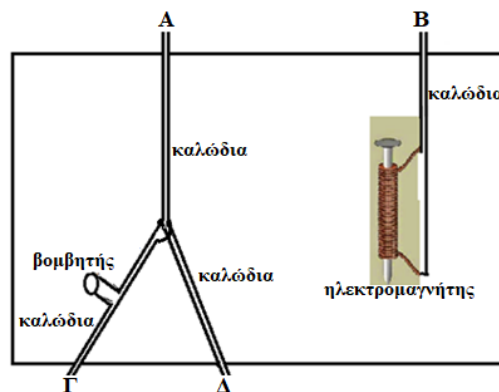


Figure 8.2: **An intersection of the Black Box**

Finally, NOSK aspects were discussed explicitly with teachers, as well as how each one is pointed out.

8.4.2.2c A “magic” Black Box

We showed teachers a “magic” Black Box, that water is inserted in the entrance and wine is coming out in the exit. Similar black boxes were used in ancient times, in festivals of gods, considered as a miracle. However, in the 17th century it was a way to prove that gas has volume (A6). We had designed that Black Box as well, though we found it in the literature (Woodcroft, 1851, p. 39-40)

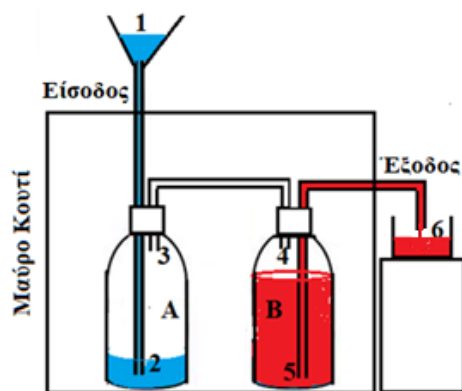


Figure 8.3: A Black Box that converts water to wine

8.4.2.2d Black Box simulation

A Black Box simulation used in schools regularly is Rutherford's experiment. An introductory Black Box simulation was shown to teachers, taken from http://chemteacher.chemeddl.org/joomla/index.php?option=com_projectlog&view=project&id=96&caller=74 and Rutherford's experiment followed

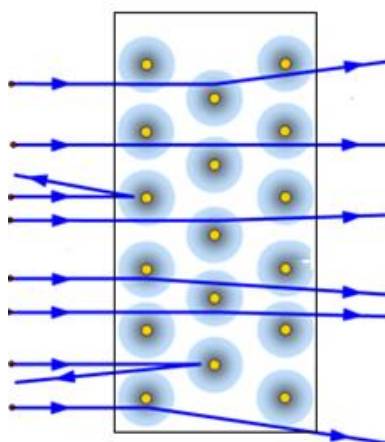


Figure 8.15: Simulation of particle scattering in gold foils

8.4.2.3 Multiple Scientific Methods

Using the literature (e.g. Lederman, Antink & Bartos, 2014), we discussed with science teachers that there is not one scientific method. Even though this is an aspect of Scientific Inquiry according to Lederman, we decided to include it, because any misconception on that would be made difficult for participant teachers to understand NOSK aspects properly, as inherent to the production of scientific knowledge. Also, teachers should understand the difference between various scientific disciplines. For example, teachers should understand that Evolution and Observational Astronomy both belong to the scientific endeavor, even though they do not include experiments. We mentioned to teachers that a scientific research can be observational (descriptive), correlational or experimental, regarding the aim of the research, the theme, the relation between parameters searched, etc. We closed this section by referring to some scientific discoveries made by chance, like penicillin, vaccines by Pasteur, and the relation between electric and magnetic fields by Oersted.

8.4.2.4 Classification

We discussed with teachers the following:

- a) What objects does a magnet repel
- b) Conductors and insulators. A teacher did this lesson in his classroom and we published an article together.
- c) Which objects sink and which float.

It was shown that students have inadequate views that heavy objects or the ones with a big volume sink. A new concept, density, was introduced. A crumpled spherical foil sheet initially floats on water. When the foil sheet is pressed, to become denser, it sinks in the water more.

All classifications followed an extensive discussion on NOSK aspects, that teachers were asked to identify them, so as NOSK teaching was explicit and reflective.

8.4.2.5 Scientific inquiry on expansion of liquids

We talked briefly on the matter. Later, the lesson was video-taped on pre-service teachers and presented in the 5th meeting to the participant teachers.

8.4.2.6 Guess the next number

Teachers were asked to understand the “law” out of a series of numbers in order to successfully guess the next number. The task was inspired from https://undsci.berkeley.edu/lessons/number_patterns.html.

8.4.2.7 Conflicting theories on the origin of the Moon

It was taken from <https://scienceonline.tki.org.nz/Nature-of-science/Nature-of-Science-Teaching-Activities/Conflicting-theories-for-the-origin-of-the-Moon>. Due to time management, it was given to teachers as an interesting activity to implement in their classrooms, with directions. It was taught to pre-service teachers, was video-taped, and presented in the 5th meeting.

8.4.3. 3rd meeting

The meeting contained the approach through Socio-scientific issues. Climate change and the use of nuclear energy vs fossil fuels were the subjects discussed. Due to time management, issues on genetics that were planned, were briefly discussed, and the translated paper by Lederman, Antink and Bartos (2014) was given to teachers for further reading.

8.4.3.2 Climate change

Climate change, in the view that the average temperature of the Earth is getting higher, is an issue that both scientists and citizens talk about frequently. The most popular theory explains that increase due to the higher level of CO₂ released in the atmosphere due to human actions. However, there are other scientists who claim that the increase in the average temperature is a periodical natural phenomenon and not anthropogenic. Our aim is to study how scientific knowledge is the product of inferences, considering the evidence, among seemingly ambiguous data, for a particular position or decision.

We wanted to show teachers how personal views, as well as political and economic commitments, can influence these decisions and the role of subjectivity. By no means do we reject climate change, which is a fact, but we focus on discussing the different inferences, taken from the same data, regarding its origin.

For a start, we showed teachers the graph from Figure 8.19 and ask them to make inferences out of their observations. They all agreed that there is an increase of about 0,8°C from 1860 till 2000, or 0,4°C from 1960 till 2000. However, one teacher wondered why the temperature fell from 1940 to 1970 and why it raised from 1900 to 1940 as much as it did from 1960 till 2000, since the consumption of fuels (industry production, big cities, and cars) was not common for the two periods. Other teachers shared the same question. We asked them to explain the data both as if they were supporters of the theory that the higher levels of CO₂ are responsible for climate change and as if they claimed that these two facts are incompatible. Then, we discussed on NOSK aspects arisen from the graph.

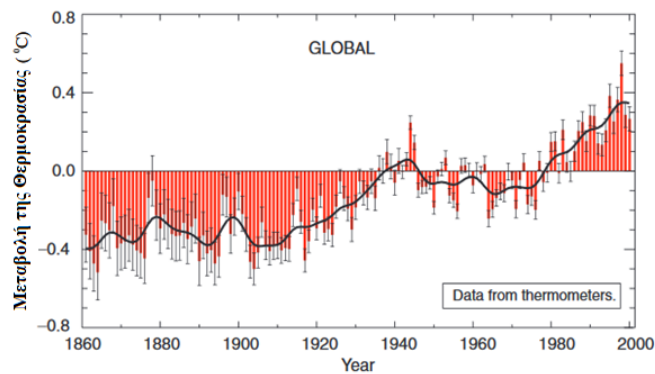


Figure 8.19: Variations of the Earth’s average surface temperature from 1860 to 2000. The Earth’s surface temperature is shown year by year (red bars) and approximately decade by decade (black line, a filtered annual curve suppressing fluctuations below near decadal time-scales) (IPCC, 2001, p.3).

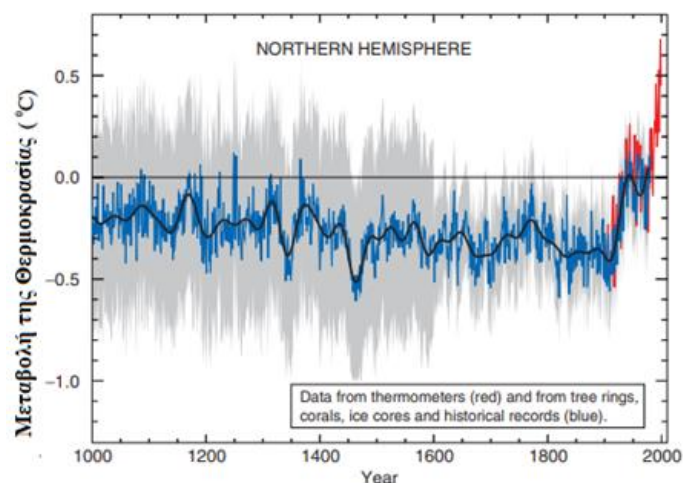


Figure 8.20: Variations of the Earth’s average surface temperature on the last 1000 years (IPCC, 2001, p.3).

Then, we showed them another diagram for the past 1000 years (1000 to 2000 AC), taken from proxy data (frozen carrots from glaciers, rocks and sediments, changes in tree rings combined with radioactive carbon techniques, corals, and historical references) (Haigh 2007, p.7-8; <https://www.ncdc.noaa.gov/news/what-are-proxy-data>). Teachers admired the imagination of scientists who seek data (A1) so back in time (A3). However, there is extensive literature that doubts the use of tree rings. The results are different on the average temperature of each century (through proxy data mentioned before the hottest year in mankind was 1998). Researchers claim that their results are in accord with historical data, that in Medieval Times, from the 10th to 14th century the North Hemisphere experienced a relatively hot and dry period (Medieval Warm Period) the greatest of which occurred in the 12th century. The temperature conditions of this period seem to have mainly beneficial effects on the flora and fauna. That information is in accord with an official informative booklet on Environmental Education for Greek students, written by Greek scientists (who only mention the warm medieval period, they do not make any other inferences about today's status).

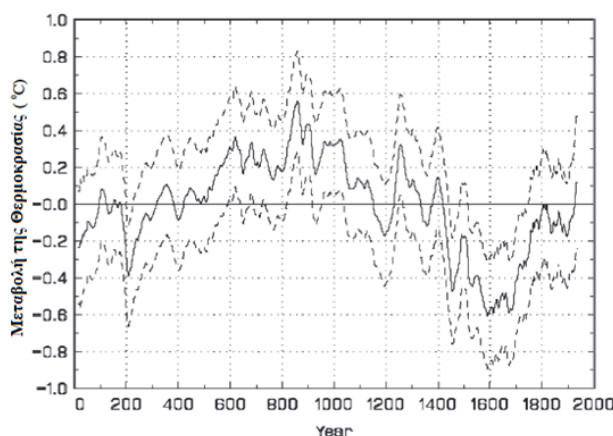


Figure 8.4: **Variations of the North Hemisphere's temperature from 1000 to 2000, without taking notice of tree rings (Loehle and McCulloch 2008).**

The main difference between the diagrams 8.20 and 8.21 is that in the former the temperature has risen up only in recent years (though with a wide range of uncertainty), whereas the latter shows that this has happened many times before.

Many data on temperature have come out of frozen carrots, like Vostok ice core, taken from Eastern Antarctica. The temperature has been calculated out of the ratio of ^2H to ^1H . Figure 8.23 refers to a period of about 400,000 years. Haigh (2007) relates the variation in the temperature with the concentration of both CO_2 and CH_4 . A period of around 100,000 years is clearly shown in the figure.

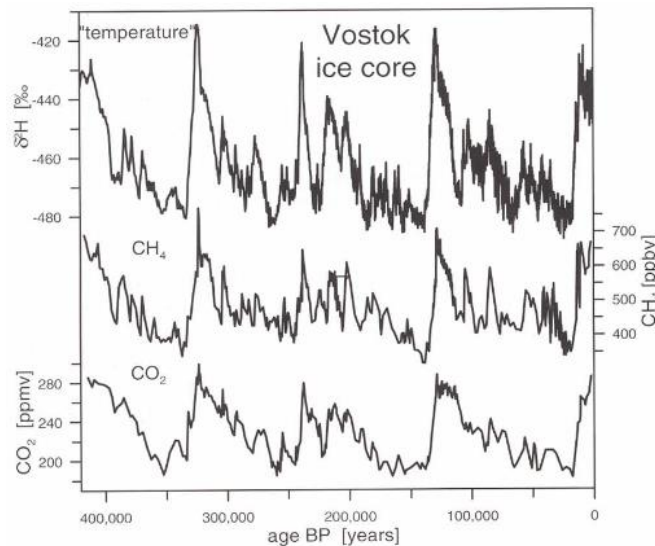


Figure 8.5: Variations in the temperature in relation to the variation of the concentration of CH₄ and CO₂ for more than 400.000 years (Haigh 2007).

On the other hand, Milankovitch proposed that variations in the intensity of solar radiation, depending on the eccentricity of the ecliptic orbit of the Earth, the obliquity of the ecliptic, and the change in the direction of the Earth's axis of rotation, is the reason of variations in the surface temperature. These collective effects of changes on its climate are named Milankovitch cycles (Haigh, 2007). However, there are deviations in the estimated temperatures with the frozen carrots.

Other researchers (for example Khilyuk and Chillingar 2003, 2006; Foskolos 2010, p.19) claim that the increase in the concentration of CO₂ is not the reason for the increase in the temperature, but the result. Petit et al (1999) claimed that the heating of southern high latitudes precedes, due to the Milankovitch cycles. This heating contributes to the release of CO₂ from the southern oceans. The release enhances the rise of the temperature of the Earth, which is also enhanced more through the reduction of the diffuse reflection of the Earth, resulting from the melting of Northern Hemisphere ice.

Up to this stage, teachers recognized the need of the imagination during the process and analysis of data (A3), the different inferences (A4) on the different causality relationships among the increase of temperature and the increase in the concentration of CO₂ in the atmosphere, and that observations and inferences are different (A2).

Finally, other researchers relate the variations in the temperature of the Earth to solar activity and more specifically the cycle of sunspots, as shown in Figure 8.25 by Friss-Christiansen and Lassen, 1991. However, their model and mathematical analysis in data process is highly criticized.

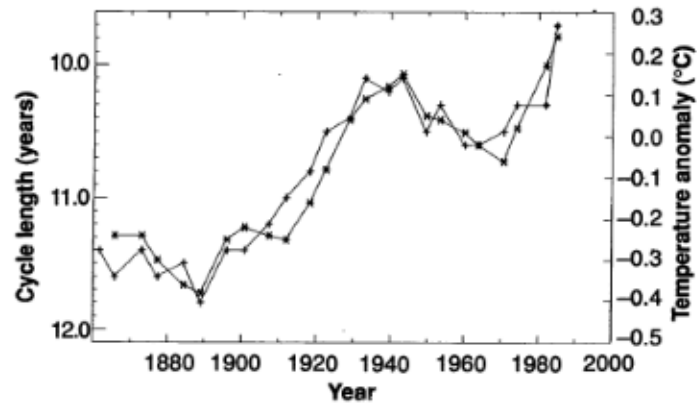


Figure 8.25: Temperature in the Northern Hemisphere and length of sunspot cycle.

Finally, other climate scientists claim other gases, and not CO₂, are responsible for the increase in the temperature, like CH₄, producing by bovines, or vapor. However, other scientists claim that vapor could balance the overheating of the planet.

Teachers were impressed with the information we presented to them. We agreed that climate change is a fact we cannot deny, however, the reason, whether it is anthropogenic or natural, is not known. All NOSK aspects, apart from the difference between theories and laws (A7) arise:

- Scientific knowledge is empirically based (A1)
- The same observations/graphs can be interpreted differently (A2), and scientists make different inferences, or they also use different data.
- The imagination of scientists is important in all parts of research (A3)
- The support of different inferences shows the subjective aspect of scientific knowledge (A4). Computational models, coming from different laboratories that produce different predictions for temperature change, reflect the degree of subjectivity, as they are based on theoretical constructions and algorithmic approaches to climate effects and results, developed by different scientists. Those models and algorithms demand scientists' imagination as well.
- The critique of inferences and theories shows that scientists regard scientific knowledge to be tentative and subject to change (A5).
- The issue is controversial and politically charged since there are huge financial benefits in every view (A6).

8.4.3.3 Nuclear energy vs Fossil Fuels

We decided to use the dilemma between nuclear energy and fossil fuels to produce electric energy because if we used renewable energy sources instead of nuclear energy there would be no real dilemma; socio-scientific issues are controversial, complex issues, with questionable answers (Sadler et al, 2007). We wished teachers to get involved in a discussion and understand the inherent complications of the matter, to examine the multiple views of the problem, to understand that a socio-scientific issue is always under examination, and to be skeptical of the arguments they hear,

considering them to be misleading. Also, renewable energy sources can not provide the 100% energy needs yet, so an alternative source is needed.

The discussion started with the task from Sadler et al (2007) on the city of Triveca, that the local population had to decide on whether to use fossil fuels or build a nuclear plant in the area for their needs. All teachers claimed that nuclear energy is prohibitive, due to the danger of an accident. Expecting this, we showed them a graph on the average sulfur dioxide emissions in the areas with lignite plants in Greece. Then, we showed them a report from the Technical Chamber of Greece, on the application of Nuclear Technology in electricity generation from 2009, that considered all factors (economical, environmental, risks of accidents, earthquakes, sustainability). We discussed the safety of the new generation's nuclear reactors, the lack of emission of greenhouse gases, as well as the proper storage and dispute of radioactive waste.

At the beginning of the discussion, teachers were superstitious on the matter of a nuclear plant, but later they understood that the issue is complex enough and the answer is not as easy as it looks. Also, there is no certain answer since there is a price to pay in both decisions. We noted that the Technical Chamber of Greece does not result in an explicit answer, but it underlines the factors that should be considered; this is a scientific report on a socio-scientific issue.

Regarding NOSK aspects, teachers recognized the subjective (A4), since different scientists share different views, regarding their background knowledge, their experiences, and expectations. The tentative (A5) aspect was also mentioned, since the evolution in technology may show that an energy source is safer than another. In the present case, new generation nuclear reactors have many advantages related to fossil fuel plants. The interaction between scientific knowledge and society is obvious (A6); for example, society could enforce a decision based on political or economical criteria. Finally, they recognized the empirical aspect (A1) and the difference between observations and inferences (A2), since individual scientists and agents interpret the same data differently, referring to some factors being more important than others.

8.4.4 4th meeting

It took place on 24 May 2018. Two were the goals of the meeting:

1) teachers' training in designing lesson plans with NOSK aspects: when teachers had to deal with the lesson plan, they would understand their problems and ask for solutions to their questions during the meeting or they would ask for more meetings (as they finally did). Also, they would learn better from their peers' presentations and the following discussion. Throughout the presentations and the discussion, trainee teachers would test and try the new solution, find problems, and seek solutions, in a "controlled environment", before their classrooms.

2) evaluating the effectiveness of the first three meetings. Those results are presented in the 6th chapter.

6 teachers presented their lesson plans and in the middle of the meeting, before the break, teachers filled in the post-training evaluation form (for the results see Chapter 6). Regarding the lesson plans, teachers were asked to design a lesson plan on any

subject and chapter that is taught in Secondary Education, integrating NOSK aspects. There was no other limitation. The assignment was voluntary and, even though the due date was the date of the meeting, teachers asked for extension. The selection for presentation was done by the researcher and the organizers (Heads of EKFE). The main criterion was the representation of subjects (Physics, Chemistry, Biology, Geography) and grades (7th-11th).

The lesson plans presented were on:

- 1) Factors that affect the enzyme potency – Biology 11th Grade
- 2) Genetics and Biotechnology – Biology 9th Grade or Project
- 3) Chemical Bond as a Black Box – Chemistry 10th Grade
- 4) Free Fall – Physics 10th Grade
- 5) Atomic Models – Physics 11th Grade
- 6) Plate tectonics – Geography 7th Grade

Interestingly, the teachers who presented first did not explicitly present NOSK aspects, even though they had understood them. Their colleagues marked this issue, before us. Presenter-teachers tried to mention the NOSK aspects orally, they corrected their lesson plans, and re-send them to us. An analytical evaluation of lesson plans follows in the 6th chapter.

The meeting closed with the discussion for evaluation in the plenary, which led to the organizing of the 5th meeting. The conclusions of the discussion are used in Chapter 6.

8.4.5. 5th meeting

It took place on 13/12/2019 and included two video-taped instructions that integrated NOSK aspects. Both instructions took place in the Education Department in Thessaloniki, with pre-service elementary teachers. We preferred university students instead of high-school students due to the law requirements on video-taping underage students.

The first was on the Four Theories on the Origin of the Moon, from the Science Curriculum of New Zealand (<https://scienceonline.tki.org.nz/Nature-of-science/Nature-of-Science-Teaching-Activities/Conflicting-theories-for-the-origin-of-the-Moon>). NOSK aspects were induced at the beginning of the lesson and were written on the paper-board. The whole lesson was on the teaching of NOSK aspects, so they were discussed extensively and explicitly. After the video, teachers discussed in the plenary. Their main point was that even though it was an engaging lesson, it was out of context for the Greek curriculum. However, about a week later, a teacher sent us an email, mentioning that she taught the lesson to all her students and almost all students were exhilarated and actively participated in the lesson.

The second lesson was on the expansion of liquids, taken from a school textbook. The instructor, after suggesting using everyday objects instead of the experimental

equipment proposed in the book, performed the experiments himself, but asked his students to discuss their observations, recognize variables, make hypotheses, suggest an experiment for the control of variables, make inferences, etc. He highlighted that modern teaching standards suggest integrating inquiry activities and recognition of NOSK aspects. Following the students' suggestion, they examined three variables that the dilation of liquids depends on (bath temperature, kind of liquid, size of the bottle the liquid is enclosed to). After the control of each variable, the instructor asked which NOSK aspects students recognize. Those were the empirical (A1), the inferential (A2), and the difference between Theory and Law (A7).

In the second teaching, NOSK aspects were not the main goal of the lesson. However, they were included explicitly during the inquiry process. The lesson, without the NOSK aspects, is frequently taught in classes. Hence, the lecturer suggested that teachers could start integrating NOSK aspects into what they already do. Also, it is not necessary for the lesson to include all NOSK aspects, but only those that arise in each lesson. Following this advice, teachers would not have to reform all their lesson plans, they will gain experience with integrating NOSK aspects, so, consequently, they will end up organizing lessons like the first one, the theories on the origin of the Moon. As the instructor said, “do lessons as the second one, and keep in mind that you target on the first”.

In the discussion that followed, teachers regarded that both lessons included explicit and reflective teaching on NOSK aspects. They were encouraged that they feel confident to organize lessons like the second videotaped instructions, mentioning that probably that is the only way, since they do not have time (either to design new lesson plans and teaching time). The instructor asked whether teachers have a preferred approach, after the discussion. Inquiry and History of Science dominated because teachers claimed that NOSK teaching could be short and easily integrated into traditional teaching. On the contrary, socio-scientific issues usually take time, both to prepare and in classroom discussion.

Before the break, teachers completed a questionnaire. More information on the 6th chapter.

8.4.6. 6th meeting

It took place on 16/05/2019. In the first half, teachers did a Black Box activity, before the break they completed a questionnaire, that is analyzed on the 6th chapter, six teachers (out of the nine the researcher observed) spoke about their experience in NOSK teaching. The meeting, and the PD-program, closed with a final discussion in the plenary, evaluating the PD-program and the whole experience.

8.4.6.2 The Black Box

8.4.6.2a Description of suggested Black Box

The external view of the Black Box is shown in Figure 8.32 and its internal structure in Figure 8.33:

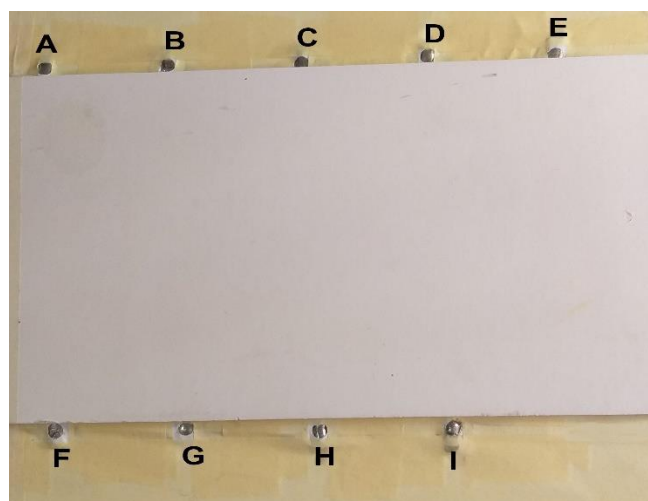


Figure 8.32: The external view of the Black Box

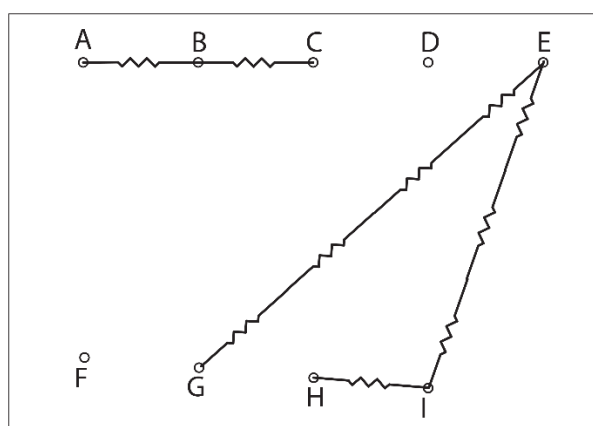


Figure 8.33: Structure of the Black Box

Also, $AB=BC=CD=DE=FG=GH=HI=5\text{cm}$, $EI=15\text{cm}$ and $EG=20\text{cm}$. Resistances of all resistors are 8.2Ω .

8.4.6.2b Design of activity

Teachers were given:

- 1) **Materials:** The Black Box, 4.5V cell, 3.6V bulb, piezoelectric buzzer, three cables, ohmmeter. They can ask for anything else they need.
- 2) **The problem:** Some of the points A,B,C,... shown in figure 8.32, are connected to each other, either directly or through other points. Find the exact way they are connected. Solve the problem working like a scientist who plans his/her investigations for a new discovery. Also, review your own work and search for NOSK aspects met during your problem-solving. Regard the problem to be more general, for example in proportion to a contemporary research problem, where a) new instruments provide new data, b) probable mathematical solutions are rejected and, finally, c) creative thinking provides the answer through seemingly irrelevant/random observations.
- 3) **Guidelines:** Record your observations, using the instruments in the following order:

A) Assemble the tester circuit shown in Figure 8.34, using your given materials. Place cables' terminals 1 and 2 on points A,B,C,... and define which points are interconnected to each other.

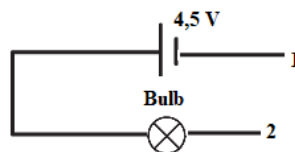


Figure 8.34: tester circuit

B) Replace the bulb with the piezoelectric buzzer on the tester circuit and repeat your previous investigation.

C) Repeat the process, using the ohmmeter ($\pm 0.1\Omega$ measurement uncertainty).

By the end of this process, plenary discussion follows, aiming to explicit identification by teachers of all NOSK aspects that arise from their own investigation.

In order to provide a full description and highlight the connections between observations, inferences, questions during discussion, etc. the designed implementation is presented in Tables 8.3, 8.4 and 8.5, one per instrument used (bulb, buzzer, ohmmeter). For each table: the first column lists the points combination for which at least one of the three instruments show an indication. In the second column, those indications are presented when connected to respective points. Bulb's illumination is altered due to the resistor intervening between the two connected points. It was decided to use 8.2Ω resistors to achieve gradation on bulb's illumination. Buzzer's sound intensity doesn't change by adding a few ohms in series (on the direction that conducts electricity), because its internal resistance equals to $3.5M\Omega$. The inferences that teachers could ideally make from observations of the second column are presented in the third column. Questions asked to teachers during plenary discussion to encourage them to present their own inferences (individual or group ones) are in the 4th column. We decided not to give those questions to teachers in the beginning, in order to do an open inquiry. Expected key points from plenary discussion and presentation of inferences are presented in the 5th column. For every key point the question "which NOSK aspect can you identify here?" is asked. The expected answer is presented in the 6th column. For example, in table 8.3, the question "Are E-G conductively connected?" (4th column) may have multiple answers from teachers. Mentioning of these answers (yes/no/not sure) during plenary (5th column) may, through the above question, lead to identify A1 NOSK aspect (6th column).

Points connected on terminals 1 & 2	Observations	Desired ideal inferences from science teachers	Questions that unveil teachers' inferences from their observations	Key points resulting from plenary discussion	NOSK aspect brought out from key points
A-B	Illuminates intensely	<ul style="list-style-type: none"> Points A-B, B-C, A-C (through B), E-I, I-H are conductively connected. Due to the last two connections, it is deduced that E and H are also connected, but the bulb is not illuminating due to high resistance. It is unknown whether points without indication are not connected, or the bulb is not illuminating due to high resistance between them We assume that there is a relation between points' distance and illumination brightness as well as the intervening resistance 	<ul style="list-style-type: none"> Are E-H conductively connected? Are E-G conductively connected? How can we be certain whether E and G are connected or not? What is the reason for alteration in bulb's illumination brightness? 	<ul style="list-style-type: none"> Concern on the existence of more possible connections, not observed with the bulb (useful for follow up) Different inferences (connected/not connected/not sure) arise from the same observation (bulb not illuminating) This instrument is not able to provide all information, a more suitable one is essential It is possible to relate distance to brightness 	<ul style="list-style-type: none"> Same observations might result to different inferences (A1) "Evolution in technology" (A4) and budget for its supply (A5) is needed This connection (if done) is a creative thought (A2), useful for follow up
B-C	Illuminates intensely				
A-C	Illuminates little				
E-I	Illuminates slightly				
E-H	No indication				
E-G	No indication				
I-H	Illuminates intensely				
I-G	No indication				
G-H	No indication				

Table 8.3: Studying the Black Box, using the instrument "bulb"

Points connected on terminals 1 & 2	Observations	Desired ideal inferences from science teachers	Questions that unveil teachers' inferences from their observations	Key points resulting from plenary discussion	NOSK aspect brought out from key points
A-B	sounds	<ul style="list-style-type: none"> Apart from the connections detected on the previous step, points G-H and G-I are also connected Buzzer's sound intensity is not changing objectively, so no result can be obtained whether some points (i.e. G-H) are directly connected or through others If modification in bulb's illumination has been related to distance, it is most probable to deduce that H is not directly connected to G, but through E and I, because, due to low distance G-H, the bulb would illuminate. 	<ul style="list-style-type: none"> What are the new data introduced by the new instrument? Are G-H directly connected or through other points? Can you combine the indications from the bulb and the buzzer and answer whether G-H are directly connected or through other points? 	<ul style="list-style-type: none"> "Evolution in technology" results in new evidence Buzzer's sound intensity is subjective, so different researchers could make different inferences It is possible that someone finds the right answer 	<ul style="list-style-type: none"> A4 A3 Creative thought, A2 (continue from the previous one)
B-C	sounds				
A-C	sounds				
E-I	sounds				
E-H	sounds				
E-G	sounds				
I-H	sounds				
I-G	sounds				
G-H	sounds				

Table 8.4: Studying the Black Box, using the instrument "buzzer"

Points connected on terminals 1 & 2	Observations	Desired ideal inferences from science teachers	Questions that unveil teachers' inferences from their observations	Key points resulting from plenary discussion	NOSK aspect brought out from key points
A-B	8.2Ω	<ul style="list-style-type: none"> The previous connections from the buzzer are verified According to ohmmeter's indications, two inferences could be made for the three sides of triangle EIH: 1) resistors are only on sides EI and HI, equal to 24.7Ω and 8.2Ω respectively. Resistance of HE (32.8Ω) equals to the sum of those (±0.1Ω measurement uncertainty) and 2) there are proper resistors in all sides of the triangle (see appendix) The observation that in any conductive connection the resistance equals to 8.2Ω per 5cm, could lead to the hypothesis that resistance is proportional to distance (see Appendix) Verification of the above leads to the "Law": resistance equals to 8.2Ω/5cm in every conductive connection. The "Law" leads to the conclusion that no direct connection is between H-E, because their direct distance equals to 17cm and the measured resistance is 32.8Ω instead of 27.9Ω that should occur through the "Law". Thus, points H-E are connected through I, in 20cm total distance (EI=15cm+IH=5cm) and the expected resistance equals to 32.8Ω, the measured one. 	<ul style="list-style-type: none"> Are resistors on EI and HI or on all sides of the triangle EIH? Is it possible to answer the question using the instrument only? If the instrument had an indication with more decimal digits, but the measurement uncertainty is always ±1 in the last digit, could we get an answer? What new options are given by the new instrument? Where is the "Law" due? 	<ul style="list-style-type: none"> It is possible that some teachers reached only the first option and regard the problem solved. The second option need to be discussed in the plenary (even from the instructor) The instrument cannot provide an answer (see Appendix) New instruments enable more precise formulation and control of hypothesis For instance, it could be due to conductor's resistance per unit length or due to resistors of appropriate value. Also, it is interesting whether the "elementary/quantum" unit is the 8.2Ω-resistor or there are other values of resistors connected properly to form the 8.2Ω 	<ul style="list-style-type: none"> Same observations might result to different inferences (A1) The initial subjective knowledge turns out to be more objective (A4) A4 A4 Laws and Theories are different (A6). The researcher has a "Law", a mathematical relation, brought out as an inference from observations and creative thoughts, but without any explanation why it occurs. There is no Theory (A6)
B-C	8.3Ω				
A-C	16.4Ω				
E-I	24.7Ω				
E-H	32.8Ω				
E-G	32.9Ω				
I-H	8.2Ω				
I-G	57.6Ω				
G-H	65.7Ω				

Table 8.5: Studying the Black Box, using the instrument "ohmmeter."

i) Teachers' reaction

a) In individual interviews

All the above were initially tested in individual interviews. The Black Box was initially given individually to 7 educators, who knew NOSK aspects. They worked for an hour by themselves and then we discussed, based on the questions from the 4th column of the tables. They had all found the connections of Figure 8.33, four of them without considering the possibility of a resistor in the branch EH. The encountered difficulties were on the possibility of a resistor and the finding of the "Law". Only one out of seven

teachers reached the “Law” and claimed that, due to the distance between points, there could be no resistors in the branch E-H. He also mentioned the equation $R = \rho \frac{l}{s}$. Two teachers had thought of the possibility that resistors could be connected on the side EH of the triangle EHI, but hadn’t done the math: the first suggested to connect a battery on points E-I and measure the p.d. between E-H and the latter to short-circuiting the branch E-I and measure the resistance between the points E-H. Three teachers accepted our suggestion that resistors could possibly exist in the branch E-H and admitted that they hadn’t thought of that option, since the sum of in series resistances on the branches EI and IH resulted in the resistance of the branch EH within measurement uncertainty. Finally, the last teacher insisted that, for the same reason, it is unnecessary to search for that option, but changed his mind when we showed him the mathematical solution. Four out of seven teachers regarded that 1 hour was enough time for the activity, whereas the other three claimed that it looked like an endless scientific investigation: the more time they had, the more options they could design. Two teachers suggested that if some objects and a ruler were also included within the materials, it would seem more possible to reach the “Law”. Finally, key points were brought out during all those seven individual discussions, similar to the ones in the 5th column, that lead to identify NOSK aspects explicitly (6th column).

b) In the PD-program

25 teachers participated on the course, split in 8 groups of 3. They were given the Black Box (materials, problem, guidelines) and an hour to work. By the end of this hour, the instructor lead the plenary discussion, based on questions (or similar ones) from the 4th column of tables 8.3-8.4. Results of problem solving were similar to those from the individual interviews. Encountered difficulties were also on the possibility of resistors on the side EH of triangle EHI and forming the “Law”. The addition of a ruler and a compass, suggested in the individual interviews, had no effect. Regarding the “Law”, some teachers reacted that this is a random relation in the Black Box we set as its creators and is not a “natural Law”. Their colleagues replied that points could be connected with a wire of $164\Omega/m$ resistance and mentioned the equation $R = \rho \frac{l}{s}$. Though, they noted that more time is needed for such an investigation, in order to find any probable correlation. Key points, similar to the ones from the 5th column were brought out. Teachers were lead – through the question “Which NOSK aspect do you identify here” – to the explicit recognition of NOSK aspects (6th column). The plenary ended with teachers agree that they could also ask similar questions by the end of each process or the whole lesson, to guide their students to identify NOSK aspects explicitly. At an exception, the Black Box opened by the end of the lesson, so that teachers could construct it themselves.

All participants liked to have the ability to add instruments that provide new data during an investigation. The dependence of production of scientific knowledge from financial factors as well (for example in particle accelerators) in the supply of equipment and some research centers’ superiority were also debated.

Chapter 9: Evaluation of the PD-program

In this chapter, the evaluation of the PD-program is presented. The second (paragraphs 9.3-9.5) and third (paragraphs 9.6-9.7) research questions are answered. More specifically, in paragraph 9.3 there is the evaluation on whether trainee teachers learned NOSK aspects. In paragraph 9.4, their ability to design a lesson plan that integrates NOSK aspects are evaluated, and in paragraph 9.5 it is evaluated whether teachers can teach a lesson that integrates NOSK aspects. In paragraph 9.6, the PD-program is evaluated whether it was interesting and useful, and in paragraph 9.7 teachers evaluate the integration of the three teaching approaches (HOS, SI, SSI) in the PD-program. In paragraph 9.8 are the conclusion.

9.2 Research questions and tools for data collection

The second research question studies the following sub-questions:

- 4) Whether teachers' **knowledge** of NOSK aspects was improved. The tool used is the VNOS-D+ questionnaire (Lederman & Khishfe, 2002). The post-test was given at the end of the 4th meeting of the program. Its results are compared with the results of the same questionnaire that was given at the beginning of the program (see Chapter 6).
- 5) Teachers' capability to **design a lesson** that integrates NOSK aspects, based on what they learned in the PD-program. The lesson plan could be on any subject and chapter they teach in High School, and had to contain NOSK aspects, taught explicitly and reflectively. The assignment was voluntary, for not preventing teachers with increased responsibilities to participate in the program. Also, teachers that wanted to apply their new knowledge directly would be encouraged to participate. The assignment had a dual purpose: on the one hand to assess the effectiveness of the first three meetings of the PD-program, and, on the other hand, the NOSK teaching achievement. The latter is crucial, because a) teachers, being engaged with the lesson plan designing, will realize their problems and seek a solution (or ask for more meetings, as they did) and b) they would learn from their colleagues' presentations and the following discussion. The results of the assessment are presented in this chapter and the teaching in the 5th.
- 6) Teachers' capability to **teach a lesson**, integrating NOSK aspects explicitly and reflectively. This stage is necessary, because in the literature it is noted that teachers may know the NOSK aspects and understand the importance of explicit and reflective teaching, however they do not integrate it in the classroom, although they considered they did. After educators' and colleagues' comments in their videotaped instructions or in microteaching they understood the difference (Akerson & Hanuscin, 2007). For this reason, the researcher observed, following the respective permission from the Ministry of Education, 9 teachers in their classrooms throughout the school year 2018-19. Finally, we collected data for this question on the questionnaire from the 6th meeting.

The third research question studies the following sub-questions:

- 1) Trainee teachers found it **interesting and useful**. As a tool, we used the questionnaire (post-training evaluation form) from the 4th meeting (apart from question 7). Teachers' interest comes out from their participation, which remained constant, without them getting a certificate or any other "promotion-benefit". Finally, we discussed about it with the interviews with 10 teachers by the end of the program.
- 2) The structure of the PD-program is tightly connected to teachers' interest in the program. Teachers' positive answer to the previous question means that they approve the structure of the PD-program as well. A major component of the PD-program organizing is the **three teaching approaches** on NOSK and the order of their presentation. Since it is the first time, as far as we know from the literature, that all three approaches are presented in one PD-program, it is intentional to evaluate whether a) teachers regard that it is important to know all three approaches, b) the series of the approaches' presentation affected/had an impact on them, c) they prefer one approach over the other as more suitable for teaching in their classes. As a tool, we used Question 7 from the questionnaire of the 4th meeting, Questions I and II from the questionnaire of the 5th meeting, and Question 2 from the questionnaire of the 6th meeting. Also, we present results from: a) analysis of lesson plans delivered by teachers in the 4th meeting, b) classroom observations, performed by the researcher, c) discussions and interviews with trainee teachers. The evaluation of the PD-program's structure is particularly important because it is one of our key assumptions and could provide evidence for future improvement of the program.

9.3 Evaluation of the PD-program whether participant teachers learned the aspects of nature of scientific knowledge

Teachers filled in the VNOS-D+ questionnaire before the first meeting and after the 4th one. The comparative results are presented in Figure 9.2. We notice that knowledge on all aspects is improved, however, in some aspects there was a high percentage of informed answers before (A1, A2, A5). In three aspects the difference is statistically significant (A3, A4, A7). We consider that NOSK aspects were presented sufficiently in the PD-program since teachers comprehended them.

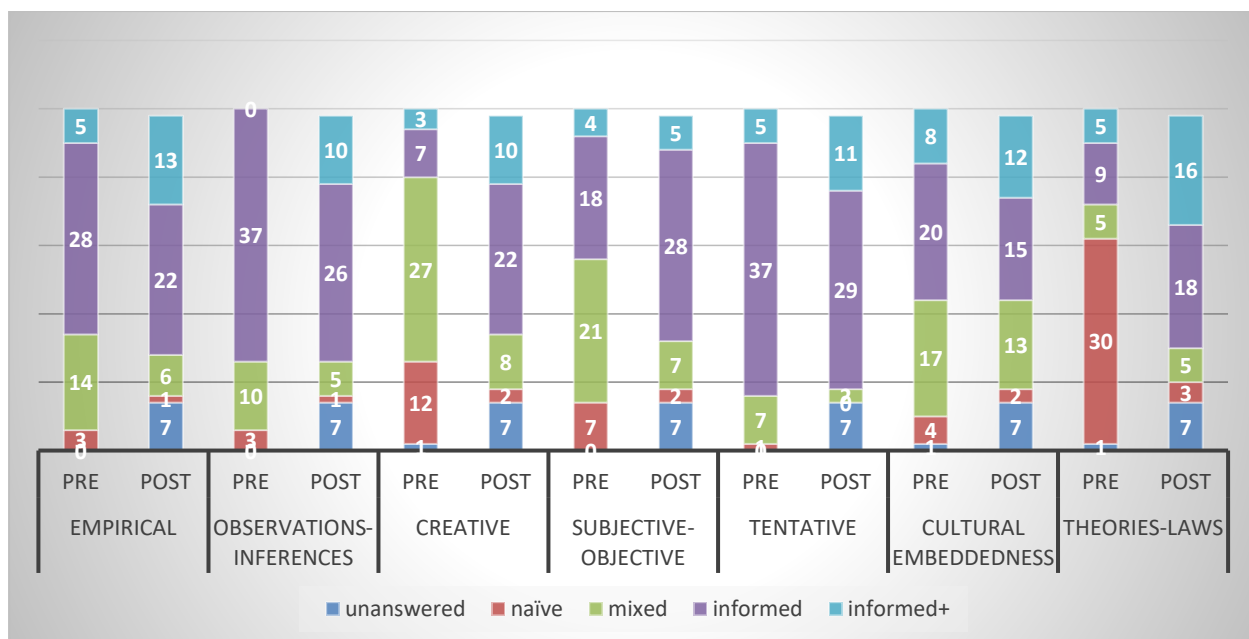


Figure 9.2: Comparison of VNOS-D+ questionnaire before and after the PD-program

The statistical processing is presented in Table 9.1

NOSK aspects	Teachers' percentage interval with 95% confidence level	
	Before (n=42)	After (n=50)
(A1) empirical	83 ± 11,3 (72,1 – 94,6)	66 ± 13,1 (52,9 – 79,1)
(A2) difference between observations - inferences	86 ± 10,6 (75,1 – 96,3)	74 ± 12,2 (61,8 – 86,2)
(A3) creative	76 ± 12,9 (63,3 – 89,1)	20 ± 11,1 (8,9 – 31,1)
(A4) subjective/objective	79 ± 12,4 (66,2 – 91)	44 ± 13,8 (30,2 – 57,8)
(A5) tentative	95 ± 6,4 (89 – 100 ¹⁰⁶)	84 ± 10,2 (73,8 – 94,2)
(A6) cultural embeddedness	64 ± 14,5 (49,8 – 78,8)	56 ± 13,8 (42,2 – 69,8)
(A7) difference between theories and laws	81 ± 11,9 (69,1 – 92,8)	28 ± 12,4 (15,6 - 40,4)

Table 9.1: Results on teachers' answers on the VNOS-D+ questionnaire after the PD-program after statistical processing with 95% confidence level

Also, teachers used NOSK aspects correctly, both in lesson plans and in classroom observations.

¹⁰⁶ The equation that provides the confidence level is accurate when $n \geq 30$, $np \geq 5$ and $n(1-p) \geq 5$ (Kounias et al, 2009, p.142), so it is not valid in this case, since $n(1-p) = 42(1-0.95) = 2,1 < 5$. In this case we take the values from abacus.

9.4 Evaluation of participant teachers' ability to design a lesson plan that integrates aspects of nature of scientific knowledge

As mentioned in the beginning of the chapter, lesson plans were not mandatory, to not prevent teachers from participating in the PD-program, since its implementation was at the end of the school year, which is a period with many obligations for teachers. 29 lesson plans were delivered, by 30 teachers, since 2 teachers collaborated. As a result, 30 out of 49 teachers, about 60%, delivered a lesson plan.

- Out of the lesson plans, 17 are in Physics, 5 in Biology, 3 in Chemistry and Geography, and 1 is a Project¹⁰⁷. The preference in Physics is justified from the sample of the teachers, most of whom are physicists. 8 lesson plans are on 9th Grade, 7 on 10th and 11th Grade, 4 on 7th Grade, and 4 on 8th Grade. We notice that teachers prefer the older grader. Considering the preferred teaching approach, 13 teachers use SI, 4 SSI and 3 HOS. The others use combinations of two or more approaches: 6 lesson plans on SI & HOS, 2 on HOS & SSI, and 1 lesson plan contains all the three approaches. There is a preference (not statistically important) in SI that is linked to laboratory work, which is in general in accord with teachers' culture (or at least what they wished they would do). The next preference is the combination of HOS & SI, where teachers perform either historical experiments (2 lesson plans) or include historical narratives during SI procedures.
- Topics used more than one time are the following: lithospheric plates are used 3 times, with different approaches: one time in a combination of HOS & SSI, one time in HOS, and one in SI. Newton's Laws appear three times, with the HOS approach, the SI and a combination of HOS & SI. Electric circuits appear three times as well, twice as a Black-Box activity (SI) and one in traditional teaching. Lesson plans on atomic models and the free fall appear twice, the first in a combination of HOS & SI and SI, and the latter in a combination of HOS & SI both times. The rest 16 topics appear only once.
- Interestingly, that 5 lesson plans contain Black-Box activities, two of them on electric circuits, one on atomic models, one on DNA structure, and one on chemical bonds.
- Considering the duration of the lessons: 5 lesson plans demand one period, 20 lesson plans demand 2 periods, and the other 4 last more: 3, 4, 5, and 8 periods, respectively. It results that teachers consider that 1 period (around 40-45 minutes) is not enough to complete what they plan. It is noted that in lesson plans that last for 1 period, teachers mention that teaching of the scientific content was done before. The lesson plan they delivered had tasks for further comprehension and expansion.
- It is worth mentioning that one lesson plan was a fulfilled lesson. The teacher collaborated with the sports teacher at her school, and they included photos of students. The teacher announced that both she and her colleague are very proud of their lesson, as well as the students, and intend to publish the text they gave us. Other three teachers mentioned that they are also satisfied with their work and intend to publish it as a best practice.

¹⁰⁷ In Greece Project is taught as a separate subject. Its theme depends on the teacher.

Lesson plans were studied and evaluated by the researchers. Out of the 29 lesson plans delivered, 21 (from 22 teachers out of 30) presented NOSK aspects in an explicit and reflective way. 8 lesson plans present them in an implicit way, 3 of which approach more the traditional teaching. We regard that the percentage of 73% of successful lesson plans is satisfactory, especially when the PD-program had not even finished.

In brief, the frequency of each NOSK aspect is presented in Figure 9.3, no matter whether teaching was regarded to be implicit or explicit; the aspects are brought out through the tasks that teachers have suggested and exist.

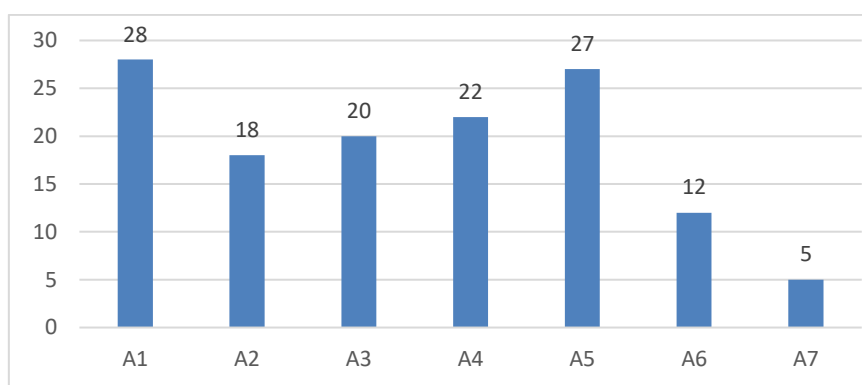


Figure 9.3: Frequency of each NOSK aspect appearance in lesson plans

In Figure 9.3 we note that almost all lesson plans contain the empirical (A1) aspect (28 out of 29), but only 18 of them, almost 2/3, mention the difference between observation and inferences (A2). It is interesting that the creative aspect (A3) is included in 20 lesson plans since a large percentage of teachers did not know it before the program. On the contrary, 56% of teachers knew the aspect of cultural embeddedness (A6), but it was included only in 12 out of 29 lesson plans. It seems that even when a teacher knows one aspect, this is not enough to integrate it into the teaching plans.

On average, each lesson plan contains the suggestion of teaching 4.6 aspects. In more detail, 11 lesson plans contain 5 aspects, 4 lesson plans contain all seven aspects, another 4 contain 3 aspects, while 3 lesson plans contain 2, 4, and 6 aspects, respectively. One lesson plan contains just 1 aspect. It is noted that all aspects are presented properly and there are no misconceptions.

9.5 Evaluation of participant teachers' ability to teach lessons that integrate the aspects of nature of scientific knowledge

9.5.1 Classroom observation of 9 teachers: general notes and conclusion

During the school years 2018-19, the researcher observed the instructions of 9 teachers of the ones who had attended the PD-program. Teachers' selection was done after their response to a researcher's email, who asked all the teachers that delivered a lesson plan whether they were positive in classroom observations. A priority was given to schools with their own council, which could provide temporary permission for observations before the official of the Ministry of Education. The researcher observed 112 periods in 85 lessons. It is noted that the permission of the Ministry of Education permitted the

observation for a limited time. Also, no recording, photo shooting, and videotaping are permitted, and the description should not allow the identification of persons.

A brief description of the 9 teachers is presented below, in Table 9.4:

Teacher	Obs. Periods & number of lessons	Lesson¹⁰⁸	Comments
#1	16 periods, 10 lessons	Daily teaching	Four lessons were observed, all taking place in the laboratory room. The first lesson was observed in 4 different classes, lasting 1 period, the second was observed once and lasted 4 periods, the third lasted 2 periods and was observed in 3 different classes and the fourth lesson was observed twice and lasted 1 period. NOSK teaching was usually implicit. All students attended Senior High School. Students worked in small groups, performing the experiments, using the equipment themselves, while reading the worksheet.
#2	6 periods, 3 lessons	Especially designed for the observation	Teaching of the lesson plan the teacher delivered, in 3 classes of 10 th Grade. The teacher attended a master's degree and had no time to design new lessons. NOSK teaching was explicit. The teacher did lecture-discussion, she used a PC and a projector. She had also prepared a worksheet for the students.
#3	10 periods, 6 lessons	Especially designed for the observation	The teacher was very warm in the researcher's suggestion for the observations because he wanted to learn NOSK aspects better. More hours were programmed for observation, but his school won a National competition and needed time to prepare his students for its final phase. NOSK teaching was mainly explicit. He also assessed his students in NOSK aspects. He spent many hours to design each lesson and borrowed laboratory equipment from the EKFE. He also exchanged his ideas with the researcher. Lessons were done on Senior High School students and used the lecture-discussion method. 4 times students worked in small groups and the other 2 he did discovery demonstration. Students used laboratory equipment and read guidelines from the worksheet he had designed. The teacher used a PC and a projector.
#4	19 periods, 19 lessons	Daily teaching	The teacher gave the researcher the opportunity to observe any time she wished, since he usually referred to NOSK aspects, even before the PD-program, but without knowing them as an organized body of knowledge. For this reason, he is the first case study (see below). Lessons were done in all grades of Lower Secondary School. He used lecture-discussion, in about half of the lessons students worked in small groups for some time, operating laboratory equipment. The teacher used a PC and a projector. He had designed worksheet for three lessons.

¹⁰⁸ It is mentioned whether the teachers had designed the lesson especially for the observation or whether it was the daily lesson.

#5	16 periods, 8 lessons	Daily teaching	The teacher is mainly working with adults. Since the first approach he was very interested in integrating NOSK aspects into teaching, so he was chosen to be the second case study (see below). He used the lecture-discussion method, and he also approved the discovery demonstration. In each lesson he used laboratory equipment, PC and a projector. In one class the students worked in a Black-Box activity.
#6	18 periods, 12 lessons	Daily teaching	Observations were done in laboratory activities with Lower High School Students. Usually NOSK teaching was implicit, because she lost much time in giving directions on the experiments and to supervise the students that performed the experiments in small groups. There was a worksheet designed by the teacher for each lesson. She used a PC and a projector in most lessons.
#7	4 periods, 4 lessons	Daily teaching	Observations were delayed due to the permission of the Ministry of Education. There was time only for 4 lessons, in 2 of which NOSK teaching was explicit and in the other 2 was implicit. Observations took place in the 8 th Grade. In two lessons he did lecture with discussion and in the other two discovery demonstration.
#8	4 periods, 4 lessons	Especially designed for the observation	Observations were delayed due to the permission of the Ministry of Education. The lessons were especially designed for the observation and NOSK teaching was explicit. Observations took place in the 9 th Grade. In two lessons students worked on a Black-Box activity and on the other two she did lecture with discussion.
#9	19 periods, 19 lessons	Daily teaching	The teacher was seeking a theme for her master's thesis during the PD-program, so she decided it to be on NOSK teaching. The teaching series that was observed was the implementation of her research in 11 th Grade. Due to the great impact the PD-program had to the teacher it is decided that she will be the third case study (see below). All lesson included lecture with discussion. In four lessons students worked in small groups, where she gave them a worksheet. She always used a PC with a projector.

Table 9.2: Summary of classroom observations performed by the researcher
Out of 85 lessons:

- 21 were taught to 11th Grade students,
- 13 were taught to 10th, 9th, and 8th Grade students,
- 4 were taught in 7th Grade,
- 3 were taught in 12th Grade
- and 7 to adults
- Finally, 10 observations were performed in a Science Club, attended by Lower High School students and 1 in foreign Erasmus students.

All observations took place after an appointment with the teachers. 17 of the 85 lessons were specifically designed for the observation, and the focus of the lesson would be the NOSK aspects. In the rest 68 lessons, the researcher observed the daily lesson of the teacher, in chapters that NOSK aspects could be integrated, but without any adjustment

for the observation. In 40 lessons teachers had designed lesson plans and in the other 45, they did not.

The time duration of the lessons was 1 period (40-45 minutes) for 56 observations, 2 periods for 17 observations, 1.5 period for 10, 1 observation lasted for 3 periods and another 4. The average time is 1.3 periods.

According to table 6.1c, teachers chose the SI approach in 58 out of 85 lessons (~70%). Combined with the above, 38 lessons took place in the laboratory room, 41 in the school classroom¹⁰⁹ and 6 in other places.

Considering the NOSK aspects they taught, the empirical aspect (A1) was mentioned in 3/4 of the lessons, and teachers also tried to teach the difference between observations and inferences (A2). In almost half of the lessons (39 out of 85) instruction integrated the creative aspect (A3) and the one of cultural embeddedness (A6). In 35 lessons the subjective aspect (A4) was mentioned, the tentative (A5) in 30, and finally the difference between theories and laws (A7) was mentioned in 28 lessons.

Students' response and intervention is exemplary are 37 lessons, where most students actively participated in the lesson with insightful comments. In 36 lessons, students processed what their teachers asked them to do, but nothing more. Only 1 lesson is insufficient (though not destructive), where most students were noisy or did not pay attention to the lesson. All teachers were experienced enough, so there was no problem in classroom management, even in the insufficient lesson the teacher did not lose control of the whole class.

Considering NOSK aspects, in 56 lessons taught everything they had planned – according to their claims. 6 lessons did not contain any NOSK aspects, 5 of them were inquiry procedures, that students found difficult and the teacher had to give guidelines for the inquiry instead of discussing the results and NOSK aspects. These 5 lessons occurred in 2 teachers, 3 and 2 times respectively. The other teacher realized that his students were insufficient in simple mathematical equations, so the whole lesson changed its route, after a direct decision of the teacher. By the end of the lesson, the teacher apologized that “*it was impossible to let that situation in so many students without acting immediately*”.

9.5.2 Observation of three teachers, presented as a case study

The observations of three teachers are described below as case studies:

9.5.2.1 1st Case Study (Teacher #4)

The first teacher is Pantelis¹¹⁰ (Teacher #4), who responded directly to the researcher because he always seeks ways to enhance his knowledge. The researcher was free to observe the daily lessons of Pantelis, and together they formed the criterion that she will observe in days that Pantelis had many lessons and she will avoid the days of tests and school trips. Finally, the researcher observed 19 lessons in equal periods. 16 of

¹⁰⁹ In most schools in Greece, each class has its own classroom, and each teacher goes in the respective classroom. Usually there is only one laboratory room for all science teachers at the school, who organize when they want to do their lesson there.

¹¹⁰ It is not his real name

them took place in the classrooms of each class the 3, when we approached the end of the observations, took place in the laboratory room. For those 3 Pantelis designed a worksheet, something he did not use to do since he had ready lesson plans for each chapter, saved in each classroom's PC. Pantelis used to carry the lab equipment in the classroom, split students into small groups, performed a short experiment, and they discussed the results later in the plenary. Especially for the inquiry, he organized in the laboratory, it came out after a discussion he had with the researcher on how other teachers she observes handle NOSK teaching. The laboratory activity was successful, and it is interesting that before it, he did not consider that NOSK could be taught efficiently through inquiry activities. The researcher took occasion from his change of attitude and talked to him about the nature of scientific inquiry. Soon, Pantelis expanded his laboratory activities to other chapters.

Pantelis claimed that he knew NOSK aspects and he integrated them into his classes regularly. His claims were proven correct, although he did not know the aspects in an organized body of knowledge, most of them were his conclusions through studying physics. Thus, 17 out of 19 daily lessons of Pantelis integrated NOSK aspects explicitly and reflectively. Even for the two lessons that did not contain NOSK aspects (~10%) the reason was very serious that deviated from the normal lesson. In 15 lessons he taught explicitly and reflectively, as indicated in the PD-program. He included all NOSK aspects in his teaching, and it is interesting that often, in different classes, he started talking about an aspect and students continued, which means that they had talked about that aspect many times. Considering the approaches, he used all three of them: 8 times he used SI, 2 times HOS, and 1 time SSI. In combination, he used 3 times HOS and SI, 2 times SI and SSI, and one time SSI and SI.

An interesting routine is that he assigned small individual projects to students, which they presented in the plenary. The projects were of general interest, based on the content they were taught. One interesting example is the "War of currents: Edison vs Tesla", which they analyzed extensively, and ended up that it was not a personal dispute, but a technological-economic collision.

However, he did not assess NOSK in written exams. All his tests are assessing traditional scientific knowledge. This is a considered decision, that he explains: *"My job is to teach Physics to my students. By that, I don't mean that they should only know how to solve mathematical problems and memorize equations, but also to make them see Physics in their everyday life. They need to understand that scientists are neither superheroes, nor geniuses, but human beings like all of us, that work towards one direction... However, as long as the exams have a standard structure, I have to prepare my students for them. Unfortunately, the system is exam-based, but it is not my job to judge it"*.

The researcher keeps in touch with Pantelis, and she sends him articles on NOSK teaching. His teaching, according to his claims, remains the same. His students trust him and respond positively to whatever he asks them.

9.5.2.2 2nd Case Study (Teacher #5)

The case study of Konstantinos¹¹¹ (Teacher #5) follows, who has a PhD in Science Education and has taught all science lessons in Lower and Senior High School. At this moment, he has an administrative position and does not have his own students. However, he can “borrow” students from the nearby schools of his office. Also, he teaches university courses that relate to Science Education. The researcher approached him since he is an active and creative teacher, who could help the researcher to collect data. Also, no permission was required for observing his lessons.

The researcher followed 8 lessons of Konstantinos, three of which were on university students, 1 in Grade 7 students and the other 4 were teacher seminars. The four lessons to students were organized by Konstantinos and NOSK was within the goals, whereas the four seminar lessons consisted of his old presentations, with the respective NOSK aspects he had added. The lesson he taught to university students are a) the lesson about the origin of the Moon that was videotaped and projected in the 5th meeting, b) what we presented on climate change in the 3rd meeting and c) the dilemma about nuclear energy versus coal, again from the 3rd meeting. In 7th Grade, he did a Black-Box activity that students tried to find conductive routes between visible nodes. Teacher #8 used the same Black-Box. Konstantinos cooperated with the researcher for the organizing of these four lessons.

University students responded positively to NOSK teaching and participated actively. From one lesson to the other, they remembered NOSK aspects and, especially after the third lesson asked whether another would follow. As for the three lessons, Konstantinos commented that they followed a sequence: the first lesson was about an incident that happened in the past and scientists want to study about it, the second is a socio-scientific issue that the individual human can do little to affect, but the third lesson is about citizens taking their lives in their hands, in a decision that is by no means obvious. Konstantinos saw an evolution in the themes, from student life to responsible citizenry.

Considering the 7th Grade lesson, students faced problems handling the equipment since they did not have laboratory culture. Finally, the lesson went well, students were excited when they left and asked to visit the laboratory again.

Considering the teachers, Konstantinos mentions that “*teachers usually attend these seminars to share their problems. They usually seek something new, a new approach to attract their students’ attention. I am not pleased with the attendance; I want more teachers to participate*”. This was the exact atmosphere in the seminars. During them, Konstantinos referred to NOSK aspects, but most teachers did not want to hear and brought the discussion to other issues. The only time that NOSK was discussed extensively was when there was a rumor that 11th Grade Physics would include chapters on History and Philosophy of Science. Finally, the rumor did not come true, but it is indicative that teachers will focus on a new object only when they are obliged to teach it. This is not a problem for us, change does not come within a day, and as long as there are teachers like Konstantinos who keep on referring to NOSK, more teachers will interfere.

¹¹¹ It is not his real name

The case of Konstantinos is very interesting because through him there is dispersion to other teachers. He has understood NOSK aspects and he uses most of them in all his actions and instructions. Also, he writes young adult books, popular science adventures. In the texts he wrote during the observations he had integrated NOSK aspects into them. When the researcher mentioned it to him, he answered that “*I didn’t do it on purpose, probably I have started doing it intuitively*”. Finally, he is interested in writing academic papers, and he has started a collaboration with the researcher, to write and publish articles in academic journals.

Konstantinos’ preferred teaching approach is SI and HOS follows. However, he did two lessons on SSI, in which he did excellently. “*I felt like Harari for a while. The combination of science with contemporary issues, in such a critical approach, was very interesting*”. So, Konstantinos expanded his zone of proximal development and, throughout the PD-program and his series of teaching, he evolved to zones that were out of reach beforehand.

9.5.2.3 3rd Case Study (Teacher #9)

The last case study is about Anastasia¹¹² (Teacher #9), who has a PhD in Applied Science. She teaches in Lower and Higher Secondary School, she is active and participates in many projects with colleagues at her school. During the PD-program she sought a theme for her thesis in her master’s studies in Science Education. NOSK seemed an ideal and prototype theme, that she decided to implement in 11th Grade Physics.

More specifically, before the start of her lessons, Anastasia managed to do 6 lessons in each of the two classes of 11th Grade she taught to. These lessons were on the structure of the atom (from Ancient Greeks to Bohr), using HOS, and the transition from Thomson’s model to Rutherford’s model, using SI. For this purpose, she had started preparing PowerPoint presentations and the respective worksheets, that she would use to collect data and analyze her work for her thesis. Finally, she did 10 lessons in each class (the researcher observed 19 of the total 20, due to personal issues) since students showed great interest. So, Anastasia decided to spend more time on discussions with her students. Additional to the content of the three lessons she had designed, she added an activity of discussing socio-scientific issues, that she organized after she had started the lessons. The theme is the following: an employee of a mobile communications company sues his company because he claims that a series of health issues he suffers from are due to his exposure to dangerous radiation. Students are divided into three groups, the law team of the employee, the law team of the company, and the jury members, who will finally judge the evidence and make the final judgment. Each group got a worksheet with evidence from various studies, which the two law groups could use with no restriction and the jury members could check on. Students were excited and talked about the activity in the break after the lesson. In the review by the end of the

¹¹² It not her real name

lessons, they distinguish it as their favorite and asked for instructions of other chapters to be like this.

Anastasia had studied NOSK aspects and she presented them explicitly to her students. She answered fast in their questions and she tried to use examples from school projects or excursions, that were common experiences to all students. She mentioned many times that the main goal of these lessons was the study of NOSK aspects and not to memorize the scientific content. The last is explained since this course is not tested in the final exams and many students do not pay attention. Anastasia responds that *“only 1/3 of the students will attend Physics in the 12th Grade and give the National exams on it. They already do not have an interest in the course. I think that discussion on NOSK is the best they could get from a course that they would not pay attention to. I think this is the ideal course that we can expand to NOSK issues and I intend to teach the whole course like this next year”*. It is important that Anastasia takes a disadvantage of school and converts it to an advantage, overcoming the contradictions that teachers had faced in the first stages.

The improvement in students' knowledge on NOSK aspects was great, the biggest being on the difference between theories and laws (A7) and the smallest on the subjective aspect (A4) of NOSK, as pointed out from students' pre-post questionnaires, according to Anastasia's claims.

The impact of the PD-program on Anastasia is obvious. She used the PD-program as a tool to serve her own needs, both academic and finally to improve the quality of her teaching. Also, Anastasia in her implementation used the same order of teaching approaches as we did in the PD-program. She had not realized it, but she responded that her organizing plans we like this: *“first we discuss some new knowledge in the classroom and gain knowledge that humans discovered in previous times (history). Then we visit the laboratory room, which also needs some preparation because we do not have the chance to go there many times. Usually, our lessons end here. A research project could probably finish with a visit to a relevant place, but we always finish this way. This time, I thought that we can make one step further, and make the connection with society. This is what impressed me in the PD-program”*.

The cases of the three teachers described above as case studies are not representative of Greek science teachers, not even those who participated in the PD-program. We believe that these three are the ones who can affect other colleagues in the future. Their needs concerning NOSK were different: Pantelis used NOSK already to a great degree, without knowing the relevant literature. Konstantinos seek new research trends to adjust in his instruction, and he finally embraced them in his writing products. Anastasia, active and willing to implement new programs in her teaching, sought a theme for her thesis. Their motives were similar to the ones of the researcher.

9.6 Evaluation of the PD-program whether it was regarded interesting and useful

In brief, teachers found the PD-program to be interesting. They recognized the necessity of NOSK integration into teaching, and how it could help to increase students' interest in science classes. The disadvantages of the PD-program are the focus on Physics, in

favor of the other disciplines (Chemistry and Biology) and the fast pace it proceeded, due to limited time. The above is confirmed from the interviews we took at the end of the program. Furthermore, some teachers protested for unclear guidelines they were given for the lesson plans and the lack of prototype lesson plans.

We consider that teachers' notes are useful and could be taken critically into account for a future repetition of the program. By critically, we mean that some elements of their comments could be integrated into the PD-program, after evaluation. For example, even though some teachers protested for the lack of prototype lesson plans, other teachers, having the same sources, succeeded in designing great lesson plans. Also, some teachers asked for more time for discussion but regarded that the time spent for each teaching approach was enough.

9.7 Teachers' evaluation on the three approaches used in the PD-program

Firstly, all teachers considered the three teaching approaches to be equally significant, and necessary to be presented because one complements the others, and each could be applied in different chapters. In this way, there are more chances to integrate NOSK aspects into teaching, as most teachers responded in non-typical discussions and interviews by the end of the program. Considering the order of the approaches' presentation, both in the questionnaires and the final interviews, most teachers agree with it. However, there are a few responses that teachers promote the approach they know less (not the one they prefer) since they wish to learn more about it. Out of their responses, the least preferred seems to be the socio-scientific issues, mainly because they do not know it, and because the curriculum does not give the necessary reasons to talk about it. Also, it demands lots of time both for its preparation and its processing. Chemists and biologists were stated more positively than physicists on this approach.

The teaching approaches used by all teachers, according to their claims in the 6th meeting (May 2019), throughout the school year 2018-19 is presented in Table 9.7a. Table 9.7b shows the teaching approaches used in the lesson plans, delivered by 30 teachers in the 4th meeting (May 2018), and the approaches used by 9 teachers in the classroom observations, throughout the school year 2018-19 are shown in Table 9.7c.

HOS		SI		SSI	
On itself	With other approaches	On itself	With other approaches	On itself	With other approaches
16	9	14	9	4	-
Total 25 (48%)		Total 23 (44%)		Total 4 (8%)	

Table 9.7a: Frequency of each NOSK teaching approach used, according to teachers' claims throughout the school year 2018-19

HOS		SI		SSI	
On itself	With other approaches	On itself	With other approaches	On itself	With other approaches
3	9	13	7	4	3

Total 12 (31%)	Total 20 (51%)	Total 7 (18%)
----------------	----------------	---------------

Table 9.7b: Frequency of each NOSK teaching approach used, from lesson plans' analysis, which were delivered on May 2018

HOS		SI		SSI	
On itself	With other approaches	On itself	With other approaches	On itself	With other approaches
14	14	46	12	9	6
Total 28 (28%)		Total 58 (57%)		Total 15 (15%)	

Table 9.7a: Frequency of each NOSK teaching approach used, from the 9 teachers in the classroom observations

Tables 9.7a and 9.7b show a quite similar preference in the first two approaches. The HOS approach precedes in the first table, though not statistically. Similarly, the SI approach precedes in the second table. The SSI approach comes third in both tables; especially in table 9.7a, where teachers review what they did, there is a statistical difference, which does not occur in table 9.7b, where they describe what they intend to do. In table 6.1c, where the researcher reports what the 9 teachers did in their classes, the SI approach precedes statistically as well.

In total, teachers show a slight preference over the SI approach, HOS comes next and SSI is third, having a long-distance with the other two. In the lessons observed by the researcher, we assume that teachers considered it to be easier to integrate NOSK aspects into laboratory classes, where they design the inquiries anyway. Also, laboratory classes are not assessed in written exams, so they would not face contradictions with parents and the principal. Furthermore, other teachers considered that through SI students are activated and pay attention to the lesson. Though, teachers seem to choose the approach in their comfort zone and the one they feel they can handle. SSI belongs to the zone of proximal development, where only particular teachers can touch.

Chapter 10 – Conclusion

10.2 Discussion of results

10.2.1 Discussion on the results considering the first research question

The first research question is about the integration level of NOSK aspects in Greece. The matter is discussed in the 6th Chapter and the conclusion is that NOSK aspects are not included directly in the Curriculum and the textbooks, and no assessment is related to NOSK. Our results for the textbooks are in accord with international literature (Abd-El-Khalick & McDonald, 2016; Abd-El-Khalick et al, 2017), that NOSK is not regarded to be as important as content knowledge. Considering the Curricula around the world, it is very recent that some countries, like the USA (NGSS, 2013) and New Zealand (2014) in the English-speaking world, have included NOSK in their Science Curricula. Greek Curricula are from 2003 in Lower Secondary School and 1999 from Senior High School, so it comes as no surprise that NOSK is not included. However, the teacher who is aware of NOSK aspects can find chances to integrate them. The matter is how many teachers are aware of them.

In the literature, it is figured out that most teachers and students have naïve views on most NOSK aspects (Lederman & Lederman, 2014; Lederman, 2007). Our results are in accord with the international ones, yet our teachers did better than most teachers in the VNOS-D+ questionnaire. However, this can be explained, since those teachers participated in the PD-program voluntarily, so they are not the average teacher. Both teachers and School Inspectors in the interviews claimed that they did not study NOSK in their studies, they integrate some aspects intuitively in their instruction, they never assess them, and the focus of the lesson is the preparation for the exams. As a result, most students in our study have naïve views on NOSK aspects.

The research question can contribute to the improvement of Greek education, pointing out to policymakers the shortcomings in relation to modern currents of Science Education. In international research, the contribution is the recording of one more country with no data available till now. Similar studies are also published, like the ones from BouJaoude & Santourian (2012) from Lebanon, Dogan & Abd-El-Khalick (2008) for Turkey, Leden et al (2015) for Sweden, and Thye & Kwen (2004) for Singapore.

One more contribution is the comprehensive methodology used for the investigation. All components of the Greek educational system were studied, both the teaching resources (Curriculum, school textbooks) and the human resources (teachers, students, school inspectors), from the most general to the most special. The same method can be used to investigate other issues of similar topics.

10.2.2 Discussion on the results considering the second research question

The second research question is discussed on paragraphs 9.3-9.5.

Considering the improvement in teachers' knowledge before and after the intervention, the improvement in three aspects (A3, A4, A7) is statistically significant and the others are improved around 10%, but their knowledge was high before. Also, more teachers give informed+ answers. This improvement is expected in the literature since its failure would be equal to the failure of the PD-program (Lederman & Lederman, 2014; Akerson & Hanuskin, 2007; Lederman et al, 2012; Bell & Maeng, 2013).

Considering the ability to design a lesson plan, 30 out of 49 teachers (61%) delivered a lesson plan, 22 of which (73%) is successful. The percentage is satisfactory, yet it is small related to the total number of participant teachers (45%). To our opinion, the voluntary character of the assignment in a busy period for teachers are the reasons that no more teachers delivered lesson plans. In any case, the assignment is regarded to be very important since many teachers do not understand that they did not teach in an explicit and reflective way, unless they are told so by their peers, or watch themselves in videotaped instructions (Akerson & Hanuskin, 2007; Akerson et al, 2009; Lederman et al, 2012). The same happened in the 4th meeting twice, and teachers took back their lesson plans for revision.

Considering teachers' ability to teach a lesson that integrates NOSK aspects into teaching, the researcher did 85 classroom observations in 112 periods. The result for most observations is satisfactory. According to teachers, students are activated and pay more attention to the lesson. Especially the activation of the "bad students" was intense. This indicates that the primary contradiction (teachers felt that while they were teaching the traditional science classes many students did not participate) that lead teachers to our PD-program, can be dealt with, with NOSK teaching. Teachers also told the researcher that their students enhanced their observing skills and their argumentation. The researcher discussed with teachers and confirmed the arguments from the literature for the importance of NOSK teaching (Lederman et al, 2014; Allchin et al, 2014; Erduran & Dagher, 2014; Osborne et al, 2003; Clough, 2017; Matthews, 2015, Bell, 2006, σελ. 429; Driver, Leach, Millar & Scott, 1996).

One problem that teachers faced was the need to create new lesson plans, which indicates that a small number of NOSK lessons can be done during the first year. Another problem was the small duration of the school period (40-45 min), which is always a problem, but they managed to find ways to make it work. Finally, students are not used to a different instruction; though the solution is to start training students from a younger age, in the first years of secondary education. Teachers did not face the reaction from parents and the principal for a completely different lesson that students were used to – the one demanded for the exams – since they had decided not to teach in the 12th Grade or to change their lessons' routine completely in earlier grades. Teachers found ways to overcome the problems and evolve.

Especially in the three case studies, it was pointed out that the more a teacher teaches NOSK, the more experienced he/she becomes. As a result, teachers are able to use more NOSK aspects, taking chances to speak more about NOSK, give better examples and get involved with all the teaching approaches, even though at first they believed that they could not handle them.

The contribution to the teaching field is that the PD-program is a productive tool for teacher training in Greece, and other countries as well. With some improvements (see Paragraph 10.4) it could be officially used by the policymakers to train teachers in NOSK teaching.

Original teaching resources are designed, like the teaching through History of Science (Koumara, 2019), the Black Box from the 2nd meeting (Koumara & Plakitsi, 2018), an inquiry activity (Pierratos & Koumara, 2020), and the Black Box of the 6th meeting is

under review. Teachers' lesson plans, after editing and teachers' permission, could form a repository for teaching use.

10.2.3 Discussion on the results considering the third research question

The research question is about teachers' views on the three approaches and whether they prefer one over the other.

In the questionnaire of the 4th meeting (May 2018), all teachers consider that all approaches are necessary and they are interested to learn the ones they did not know well. 8 months later (December 2018) in the 5th meeting, teachers were asked again about the existence of the three approaches in the PD-program, and they approved of it, as well as the order of their presentation. Half of them answered that they were not affected by the order, almost the other half that it was the right order and only 10% answered that they preferred another order, based on the approach they did not know well to be first. Later, in the discussion, they all agreed with a peer teacher, who claimed that the order was correct, because "through History of Science is how we learn, through Scientific Inquiry is how students learn, and through Socio-scientific Issues is how students can see NOSK aspects in their lives".

As for the preferred approach, in lesson plans and the classroom observations, teachers showed a preference for Scientific Inquiry, which was statistically significant in the latter. An explanation is that a) teachers already design the lessons for the inquiries, so they can add objectives that relate to NOSK aspects, and b) it is a part of teaching that is not assessed, so they would not face problems with parents and colleagues. History of Science follows, and socio-scientific issues come third. Some reasons for that is that a) dealing with it is time-consuming, b) they do not know it as well as the other two, and c) it does not suit the Curriculum as much as the other two approaches.

Considering the Scientific Inquiry approach, the problem was the even though the lesson plan was sufficient, when students performed the inquiries, they faced problems often, and the teacher had to guide them to finish with the inquiry. As a result, there was no time left for conversation, and NOSK aspects were taught implicitly. The solution was when the teacher performed the inquiry procedure using discovery demonstration. Then, there was time for discussion, and NOSK aspects were pointed out explicitly and reflectively.

Interestingly, the teachers who used the socio-scientific issues were the ones who had tried the other approaches before. In the beginning, they felt they could not integrate them into their teaching, but when they did, their students distinguished this approach as their favorite and asked them to repeat it.

The research pointed out that teachers do not use only one approach, since each chapter provides chances to do activities, using different approaches. Also, the approach that each teacher chose depends on their knowledge and their interests. They move to new approaches while they gain experience in NOSK teaching.

The answer to the research question points out that the use of the three approaches in one PD-program is acceptable and productive, especially in a Curriculum that does not integrate NOSK aspects officially. The matter can be further studied. The use of the three approaches seems to work positively, because each approach negates the

disadvantages of the others, as shown from the literature in Figure 4.2. Other advantages are a) teachers are given more chances to teach NOSK aspects, and b) more teachers can get involved, regarding their knowledge and interests.

Finally, the researcher created some tools for control, like the questionnaires of the 4th, 5th and 6th meeting, the protocols for the semi-structured interviews with teachers and students, and the observation protocol.

10.2.4 Discussion on the results considering the fourth research question

The fourth research question examines the use of the cycle of expansive learning in the design and implementation of the PD-program.

The researcher started her contact with the teachers at the framework of another study and continued with interviews with teachers and school inspectors, understanding the primary contradiction, that students are not participating in the lesson and teachers' work is hard. She designed a PD-program, but not in its final shape. According to the cycle of expansive learning, this does not mean that the program was not well-designed: it means that the design is based on the cultural characteristics of the trainee teachers and on what is expected from them, according to the relevant literature. Considering their reactions and their needs, changes and adjustments are embedded during the PD-program, focusing on the trainee teachers, sometimes they can suggest those changes and adjustments and the PD-program takes its final form.

Expansive learning, where teachers participate to create and implement a radically new, wider and more complex object for their activity, is considered in the literature as a suitable method for PD-programs (e.g. Nanni, 2017; Daniels et al, 2004; Jóhannsdóttir, 2014; Postholm, M.B., 2020; Murray et al, 2020), that no "efficient" educator knows the content of the required learning. This content is produced cooperatively by the teachers and the researcher after the teachers have already faced a primary contradiction (displeasure) with the present situation. A series of contradictions arises, which demand a new solution, that does not exist in any workbook.

The cycle of expansive learning has not been used in the literature for teacher training in NOSK aspects. However, the literature suggests that a) taking into account the personality, the emotions, the thoughts and concerns of the teacher (Korhagen, 2017), and their needs to be a reason for motivation (Akerson & Hanuskin, 2007), and b) educators to be ready to adjust their designed plan, to follow the one emerges from teachers' needs. Literature's suggestions for a PD-program (e.g. Lederman et al, 2012; Bell & Maeng, 2013; Akerson & Hanuskin, 2007) was implemented in complete accordance with the cycle of expansive learning. The Cultural-Historical Activity Theory can provide a framework for all those suggestions.

10.2.5 Final conclusion of the dissertation

Even though NOSK is not included in the curriculum, participant teachers recognized its value and found effective ways to integrate it into teaching. Apart from references in the classroom, they usually combined it with a visit to the Lab room. Two other ways that NOSK teaching can be achieved are a) the assignment of small projects, either individual or in small groups, on topics that could bring out NOSK aspects, and then students would present them in the classroom, and b) NOSK teaching in courses that

are not prerequisites for the National Exams, like Geography in Lower High School or 11th Grade Physics. In these courses, teachers feel less stressed to complete the curriculum and there is no pressure from parents; this is a way to deal with their secondary contradictions. Thus, PD-programs could be effective, even in curricula that do not integrate NOSK aspects.

10.3 Limitations of the study

10.3.1 Limitations of the study regarding the recording of the integration level of nature of scientific knowledge aspects in Greek Secondary Education

Even though we took into account all the components of the educational system, it was not possible to create the complete profile of the average science teacher considering his/her knowledge of NOSK and his/her attitude towards it. Similarly, the students we talked to are not the representative sample of the Greek high school graduate. However, our results are in accord with similar results from abroad, so they were considered sufficient for our study.

10.3.2 Limitations of the study regarding the results of the evaluation of the PD-program

Our conclusions from the lesson plans are limited to the teachers who delivered them. We cannot know whether the others are capable or not to design a lesson. Similarly, 7 out of 49 teachers (~15%) did not answer the post-VNOS-D+ questionnaire. Also, during the meetings, time was stressful and we could not have extensive discussions with the teachers, to hear more views and teachers become more experienced with the object.

10.3.3 Limitations of the study regarding classroom observations

The official permission from the Ministry of Education – apart from being delayed – set a limit of 2 hours per class for observations. Some teachers and principals insisted to be typical on that. If the observations started sooner, there could be more suitable chapters of the curriculum.

Also, all observations took place after an appointment with the teachers (another obligation from the official permission), so they chose the lessons they would most probably integrate NOSK aspects. The lessons the researcher observed are probably not the typical lessons of each teacher (apart from teacher #4). Also, the results should not be generalized for the general teacher population.

Also, the focus of the research was on how and what teachers taught and not what students learned.

10.4 Suggestions for future research

- The research on the integration of NOSK aspects in Greek secondary education could be quantitative research, with a representative sample of teachers and graduate students.
- The PD-program could be repeated and have a longer duration, for example, a whole school year, with regular meetings. Especially, the pace would be slower, there would not be an emphasis on Physics compared to the other disciplines, and prototype lesson plans and video-taped instructions would be presented before teachers get the assignment to design a lesson plan themselves. The suggested duration for the PD-program would be 30 hours. The conditions would be more ideal if the Ministry of Education embedded NOSK into the curriculum.
- Considering classroom observations, it would be interesting to perform more, and more specifically of teachers' daily lessons. Then we could have a whole picture of their classes, like teacher #4 that was described in Chapter 6.
- It would be interesting to evaluate the impact of the PD-program on teachers a year after the end of the program, to show whether the change in their teaching has remained.
- Finally, another similar study, focused on students could occur.

NOSK teaching could, on the next level, be expanded to goals related to social justice, and discuss concepts like diversity, identity, equality, ethos, etc. (Yacoubian & Hansson, 2020; Erduran et al, 2020). Finally, one issue that has been mentioned (Bell & Lederman, 2003; Khishfe, 2012; Yacoubian, 2018), but there is no extensive literature, is the lessons on decision making through NOSK instructions.