



Σχολή Θετικών Επιστημών και Τεχνολογίας

Πρόγραμμα Σπουδών

Μεταπτυχιακή Ειδίκευση Καθηγητών Φυσικών Επιστημών

Διπλωματική Εργασία

**Η ιστορία της επιστήμης ως εργαλείο στη διδασκαλία
των φυσικών επιστημών**

Ζαρμπούτης Δημήτριος

Επιβλέπων καθηγητής : Σκορδούλης Κωνσταντίνος

Πάτρα, Ιούνιος 2024

Η παρούσα εργασία αποτελεί πνευματική ιδιοκτησία του/της φοιτητή (Ζαρμούτης Δημήτριος) που την εκπόνησε. Στο πλαίσιο της πολιτικής ανοικτής πρόσβασης ο συγγραφέας/δημιουργός εκχωρεί στο ΕΑΠ, μη αποκλειστική άδεια χρήσης του δικαιώματος αναπαραγωγής, προσαρμογής, δημόσιου δανεισμού, παρουσίασης στο κοινό και ψηφιακής διάχυσής τους διεθνώς, σε ηλεκτρονική μορφή και σε οποιοδήποτε μέσο, για διδακτικούς και ερευνητικούς σκοπούς, άνευ ανταλλάγματος και για όλο το χρόνο διάρκειας των δικαιωμάτων πνευματικής ιδιοκτησίας. Η ανοικτή πρόσβαση στο πλήρες κείμενο για μελέτη και ανάγνωση δεν σημαίνει καθ' οιονδήποτε τρόπο παραχώρηση δικαιωμάτων διανοητικής ιδιοκτησίας του συγγραφέα/δημιουργού ούτε επιτρέπει την αναπαραγωγή, αναδημοσίευση, αντιγραφή, αποθήκευση, πώληση, εμπορική χρήση, μετάδοση, διανομή, έκδοση, εκτέλεση, «μεταφόρτωση» (downloading), «ανάρτηση» (uploading), μετάφραση, τροποποίηση με οποιονδήποτε τρόπο, τμηματικά ή περιληπτικά της εργασίας, χωρίς τη ρητή προηγούμενη έγγραφη συναίνεση του συγγραφέα/δημιουργού. Ο συγγραφέας/δημιουργός διατηρεί το σύνολο των ηθικών και περιουσιακών του δικαιωμάτων.



Η ιστορία της επιστήμης ως εργαλείο στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών

Ζαρμούτης Δημήτριος

A.M. 156327

Επιτροπή Επίβλεψης Διπλωματικής Εργασίας

Επιβλέπων Καθηγητής :

Σκορδούλης Κωνσταντίνος

Συν-Επιβλέπουσα Καθηγήτρια:

Κατσιαμπούρα Ιωάννα

Πάτρα, Ιούνιος 2024

Η εργασία αφιερώνεται στη γυναίκα μου Μπέτυ και τα παιδιά μου Σταμάτη, Νίκο και Νεφέλη.

1. Περίληψη

Είναι γενικά διαπιστωμένο ότι παρόλο που οι φυσικές επιστήμες θεωρούνται από την κοινή γνώμη πολύ συναρπαστικές και καθοριστικές για τη ραγδαία πρόοδο της τεχνολογίας και τελικά την ανάπτυξη του σύγχρονου πολιτισμού, τα αντίστοιχα μαθήματα στα σχολεία θεωρούνται από τα πλέον βαρετά και δυσνόητα σε όλο και μεγαλύτερη μερίδα μαθητών κάτι που αποτυπώνεται και στον όλο και μικρότερο αριθμό μαθητών που επιλέγουν αντίστοιχους κλάδους για τις ακαδημαϊκές σπουδές τους. Από την άλλη μεριά, οι σύγχρονες κοινωνίες γίνονται όλο και πιο πολύπλοκες και οι προκλήσεις στις οποίες οι πολίτες καλούνται να ανταποκριθούν είναι και θα είναι στο μέλλον ακόμα περισσότερο, εξαιρετικά κρίσιμες κάτι που δεν μπορεί να είναι εφικτό χωρίς επαρκή κατανόηση των θετικών επιστημών. Είναι λοιπόν επιτακτική η ανάγκη για αναστροφή αυτού του αρνητικού κλίματος και πράγματι σε παγκόσμιο επίπεδο γίνονται μεγάλες προσπάθειες τόσο για τη διάγνωση των αιτιών του προβλήματος μέσω ερευνών και σχετικών δημοσιεύσεων όσο και αντιμετώπισής του μέσω διαφόρων φιλόδοξων καινοτόμων projects. Η εργασία αυτή ασχολείται με ένα εργαλείο το οποίο σύμφωνα με πολλούς ερευνητές θα μπορούσε να συνεισφέρει σε αυτή την προσπάθεια, τη χρήση της Ιστορίας των Φυσικών Επιστημών στη διδασκαλία τους σε όλες τις βαθμίδες της εκπαίδευσης. Συγκεκριμένα γίνεται προσπάθεια ανασκόπησης πρόσφατων δημοσιεύσεων (περίπου των τελευταίων 15 χρόνων) σχετικών με τις προσπάθειες και προοπτικές αυτού του εργαλείου καθώς και πιθανή ένταξη αυτού σε γενικότερες προσπάθειες αναβάθμισης της διδασκαλίας των φυσικών επιστημών όπως οι (Nature of Science NOS), Socio-Scientific Issues (SSI) και το πρόγραμμα των ΗΠΑ Next Generation Science Standards (NGSS).

Λέξεις – Κλειδιά :

Ιστορία της Επιστήμης, Εκπαίδευση, Φυσικές Επιστήμες

History of science as a tool for science teaching

Zarmpoutis Dimitrios

2. Abstract

It is generally established that although natural sciences are considered by public opinion to be very exciting and decisive for the rapid progress of technology and ultimately the development of modern civilization, the corresponding subjects in schools are considered among the most boring and difficult to understand to an increasing portion of students, something that is reflected in the decreasing number of students who choose similar disciplines for their academic studies. On the other hand, modern societies are becoming more and more complex and the challenges to which citizens are called upon to respond are and will be even more critical in the future, something that cannot be possible without an adequate understanding of science. It is therefore imperative to reverse this negative climate and indeed at a global level great efforts are being made both to diagnose the causes of the problem through research and relevant publications and to address it through various ambitious innovative projects. This paper deals with a tool that, according to many researchers, could contribute to this effort: the use of History of Science in their teaching at all levels of education. Specifically, an effort is made to review recent publications (approximately the last 15 years) related to the efforts and prospects of this tool as well as its possible inclusion in more general efforts to upgrade science teaching such as Nature of Science (NOS), Socio-Scientific Issues (SSI) and the US Next Generation Science Standards (NGSS) program.

Keywords :

History of Science, Education, Science Teaching, NOS, NGSS, ISS

3. Περιεχόμενα

1. Εισαγωγή.....	1
2. Γιατί η ιστορία της επιστήμης μπορεί να συνεισφέρει στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών;	2
2.1 Απόψεις για την εκπαιδευτική αξία της εισαγωγής της ΙΦΕ στη διδασκαλία των ΦΕ	2
2.2 Τρόποι εφαρμογής της ΙΦΕ στην διδασκαλία των ΦΕ.....	3
2.3 Στάση των εκπαιδευτικών στη χρήση της ΙΦΕ	3
3. Παραδείγματα εφαρμογής της ιστορίας της επιστήμης	6
3.1 Project HIPST (History and Philosophy in Science Teaching).....	6
3.2 Έρευνα Henke & Höttecke (2014) με εκπαιδευτικούς που συμμετείχαν στο project HIPST σε σχέση με τα εμπόδια εφαρμογής της ΙΦΕ στη διδασκαλία ΦΕ	8
3.3 Δυνατότητα χρήσης του πειράματος του τροχού του Joule στη διδασκαλία της έννοιας της ενέργειας.	12
3.3.1 Το Πείραμα τροχού του Joule	13
3.3.2 Διδακτική αξία του πειράματος τροχού του Joule	17
3.4 Η ΙΦΕ στα σχολεία Μέσης Εκπαίδευσης της Γαλλίας-Εφεύρεση της ηλεκτρικής στήλης από τον A. Volta	18
3.4.1 Η ΙΦΕ στα αναλυτικά προγράμματα της Γαλλίας	19
3.4.2 Η παιδαγωγική ακολουθία που βασίζεται στη στήλη του Volta.....	19
3.4.3 Η χρήση του πειράματος του Volta για την υποστήριξη μιας διδακτικής ιστορικής ακολουθίας	21
3.4.4 Διαθεματικότητα και ΙΦΕ	23
3.4.5 Προβληματισμοί.....	24
3.5 Ιστορία της επιστήμης σε δύο πρόσφατες εκδόσεις σχολικών βιβλίων στην Κίνα	25
3.5.1 Η ΙΦΕ στα σχολικά βιβλία	26

3.5.2	Η ΙΦΕ στις εκδόσεις PEP & Luke στην Κίνα	27
3.6	Ανασκόπηση μελετών οι οποίες διερευνούν εμπειρίες από την εφαρμογή της ΙΦΕ στις σχολικές τάξεις	30
3.6.1	Εισαγωγή.....	30
3.6.2	Παρουσίαση των μελετών.....	32
3.6.3	Γενικός σχολιασμός και σύγκριση των μελετών	39
3.6.4	Αποτελέσματα των μελετών	41
3.6.5	Συμπεράσματα	44
4.	Η συνεισφορά της ΙΦΕ στην ανάδειξη της σχέσης της επιστήμης με κοινωνικό- επιστημονικά ζητήματα (Socio-Scientific Issues - SSI) και με τη "Φύση της Επιστήμης" - Nature of Science (NOS)	46
4.1	Κοινωνικό-επιστημονικά ζητήματα (SSI).....	46
4.2	ΙΦΕ και SSI	48
5.	ΙΦΕ και πρόγραμμα Next Generation Science Standards (NGSS).....	49
5.1	Next Generation Science Standards (NGSS)	49
5.2	ΙΦΕ και NGSS	53
6.	Συμπεράσματα	55
7.	Βιβλιογραφία.....	57
8.	Παράρτημα.....	60

4. Κατάλογος Εικόνων / Σχημάτων

Εικόνα 1 : Διάταξη του πειράματος τροχού του Joule (πηγή Wikipedia)	15
Εικόνα 2 : Υλικά για την παρουσίαση της ιστορικής πληροφορίας στις εκδόσεις PEP&Luke.....	27
Εικόνα 3 : Τομείς με τους οποίους η ΙΦΕ σχετίζεται στα διάφορα βιβλία της μελέτης.....	29
Εικόνα 4 : Συχνότητα υποχρεωτικής-μη υποχρεωτικής εισαγωγής ΙΦΕ	30
Εικόνα 5 : Παράδειγμα PE των NGSS (από NGSS for states by states, 2013)	52

5. Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 1 : Προφίλ εκπαιδευτικών που συμμετείχαν στην έρευνα των Henke & Höttecke (2014)	9
Πίνακας 2 : Συνοπτική παρουσίαση μελετών της έρευνας Texeira et al (2012)	32
Πίνακας 3 : Αποτελέσματα παρεμβάσεων μελετών Texeira et al (2012).....	42

6. Συντομογραφίες & Ακρωνύμια

ΔΕ	Διπλωματική Εργασία
ΕΑΠ	Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο
ΘΕ	Θεματική Ενότητα
ΠΣ	Πρόγραμμα Σπουδών
ΣΥΝ	Συντονιστής/Συντονίστρια
ΙΦΕ	Ιστορία Φυσικών Επιστημών
ΦΕ	Φυσικές Επιστήμες
NOS	Nature of Science
ISS	Socio-Scientific Issues
NGSS	Next Generation Science Standards
DCIs	Disciplinary Core Ideas
SEPs	Science & Engineering Practices
CCs	Crosscutting Concepts

1. Εισαγωγή

Έχει παρατηρηθεί σε παγκόσμιο επίπεδο μια όλο και κλιμακούμενη μείωση του ενδιαφέροντος και της κατανόησης των μαθητών της πρωτοβάθμιας και δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης για τα μαθήματα των Φυσικών Επιστημών (Φυσική, Χημεία, Βιολογία). Όπως είναι φυσικό, η παγκόσμια εκπαιδευτική κοινότητα αναζητά συνεχώς νέους τρόπους και μεθόδους οι οποίες θα μπορούσαν να σταματήσουν και στη συνέχεια να αναστρέψουν αυτή την δυσοίωση κλιμάκωση. Ένα από τα εργαλεία που έχουν προταθεί και φαίνεται να είναι πολλά υποσχόμενο, αν και αμφιλεγόμενο όπως θα φανεί στη συνέχεια, είναι η δραστική αναβάθμιση της χρήσης, με περισσότερο ενεργό ρόλο απ' ότι στο παρελθόν, της Ιστορίας της Επιστήμης στη διδασκαλία των μαθημάτων θετικών επιστημών. Αντικείμενο της εργασίας αυτής, είναι ακριβώς η διερεύνηση του κατά πόσο η Ιστορία της Επιστήμης θα μπορούσε όντως να συνεισφέρει στην αντιμετώπιση αυτού του προβλήματος και γενικότερα να αναβαθμίσει τη διδασκαλία των φυσικών επιστημών με βάση την καταγραφή των μέχρι τώρα προσπαθειών που έχουν γίνει και τα μηνύματα που έχουν ληφθεί απ' αυτές. Επίσης, θα διερευνηθεί το κατά πόσο η ΙΦΕ θα μπορούσε να συμβάλλει στην ενίσχυση των στόχων μεγάλων και φιλόδοξων σχετικών projects που πραγματοποιούνται αυτή την εποχή σε μεγάλες χώρες όπως τα NGSS στις ΗΠΑ.

Συγκεκριμένα, στο κεφάλαιο 2, θα διερευνηθούν οι λόγοι για τους οποίους θα μπορούσε η ΙΦΕ να συνεισφέρει στη διδασκαλία των ΦΕ. Θα παρατεθούν απόψεις πάνω σε αυτό το θέμα, γενικοί τρόποι με τους οποίους θα μπορούσε να γίνει αυτή η συνεισφορά και τέλος κάτι πολύ σημαντικό και καθοριστικό, οι απόψεις και στάσεις των εκπαιδευτικών σε σχέση με αυτό το ζήτημα. Στο κεφάλαιο 3, θα παρουσιαστούν συγκεκριμένες προτάσεις αλλά και προσπάθειες εφαρμογής της ΙΦΕ στην διδασκαλία των ΦΕ βασισμένες κυρίως στις δημοσιεύσεις των Höttecke (2012), Henke & Höttecke (2014), Bächtold (2020), Fauque (2008), Lin Lin et al (2024), Texeira et al (2012). Στο κεφάλαιο 4, θα εξεταστεί η πιθανή συμβολή της ΙΦΕ σε σχέση με κοινωνικο-επιστημονικά ζητήματα (SSI) και με τη φύση της επιστήμης (NOS). Στο κεφάλαιο 5 θα επιχειρηθεί σύνδεση των ευρημάτων των προηγούμενων κεφαλαίων με το πρόγραμμα Next Generations Science Standards (NGSS) για το οποίο τα στοιχεία αντλήθηκαν κυρίως απ' το επίσημο εγχειρίδιο του project *NGSS for states by states*, (2013). Τέλος, στο κεφάλαιο 6 θα διατυπωθούν συμπεράσματα που παράχθηκαν από την ανάλυση και συγκριτική παρουσίαση των ευρημάτων της εργασίας.

2. Γιατί η ιστορία της επιστήμης μπορεί να συνεισφέρει στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών;

2.1 Απόψεις για την εκπαιδευτική αξία της εισαγωγής της ΙΦΕ στη διδασκαλία των ΦΕ

Πλήθος ερευνών έχουν δείξει ότι η διδασκαλία η οποία βασίζεται περισσότερο στην ιστορία (αλλά και τη φιλοσοφία και την κοινωνική διάσταση) των φυσικών επιστημών θα μπορούσε όχι μόνο να βοηθήσει τους μαθητές να κατακτήσουν τη σύγχρονη επιστημονική γνώση αλλά επίσης και να τους δώσει τη δυνατότητα να κατανοήσουν τη διαδικασία απόκτησής της μέσα από το εννοιολογικό της περιεχόμενο. Βέβαια, είναι γεγονός ότι η εισαγωγή της ΙΦΕ στα ήδη πολύ φορτωμένα αναλυτικά προγράμματα δεν είναι καθόλου εύκολη υπόθεση για διάφορες αιτίες οι οποίες θα αναλυθούν στη συνέχεια. Σύμφωνα με τον Mathews (1994), η εκπαιδευτική αξία της ιστορίας της επιστήμης μπορεί να συνοψιστεί στους παρακάτω τομείς :

- Εμβαθύνει την κατανόηση των μαθητών στη φύση της επιστήμης (Nature of Science, NOS)
- Διεγείρει το ενδιαφέρον των μαθητών και τους δίνει κίνητρο να μελετήσουν την επιστήμη
- Βοηθά τους μαθητές να κατανοήσουν και σε ένα βαθμό να κατασκευάσουν μόνοι τους την επιστημονική γνώση
- Προάγει την ανάπτυξη της κριτικής σκέψης των μαθητών
- Εμπλουτίζει και «εξανθρωπίζει» το περιεχόμενο των επιστημονικών συγγραμμάτων
- Παρέχει υποστηρικτικό υλικό για τη διδασκαλία στους διδάσκοντες και τους εμπνέει να παράγουν και μόνοι τους δικό τους αντίστοιχο υλικό.

Η χρήση της ιστορίας της επιστήμης θα μπορούσε να συμβάλλει στη βελτίωση της διαπιστωμένης κατάστασης μειούμενου ενδιαφέροντος των μαθητών προς τα αντίστοιχα μαθήματα η οποία έχει παρατηρηθεί παγκοσμίως εδώ και αρκετά χρόνια αφού μέσω αυτής θα ήταν δυνατόν να αναδυθεί η περιπετειώδης και πολλές φορές δραματική πορεία προς την κατάκτηση της επιστημονικής γνώσης κάτι που θα μπορούσε να έλξει ισχυρά τους μαθητές και να κινήσει το ενδιαφέρον τους (Mc Comas, 2008).

Δεν είναι τυχαίο λοιπόν, που τα τελευταία χρόνια η εκπαιδευτική αξία της όλο και περισσότερο ουσιαστικής και εκτεταμένης χρήσης της ιστορίας της επιστήμης στην εκπαίδευση και η δυνητική προσφορά της, αναγνωρίζεται όλο και περισσότερο και μελετάται ερευνητικά με πλήθος δημοσιεύσεων.

2.2 Τρόποι εφαρμογής της ΙΦΕ στην διδασκαλία των ΦΕ

Σύμφωνα με τους Henke & Höttecke (2014), η εφαρμογή της ΙΦΕ μπορεί να γίνει με διάφορους τρόπους όπως :

- Διαβάζοντας, αναλύοντας και συζητώντας πρωτότυπες ιστορικές ερευνητικές δημοσιεύσεις, ημερολόγια εργαστηρίων ή τεχνικές εκθέσεις.
- Λέγοντας χαρακτηριστικά ιστορικά ανέκδοτα, μικρές ιστορίες ή οργανώνοντας διαδραστικά σκετς τα οποία έχουν εννοιολογικές, μεθοδολογικές και φιλοσοφικές προεκτάσεις.
- Μεταφέροντας ιστορικά νοητικά πειράματα ή εκτελώντας (αναπαριστώντας) πραγματικά χαρακτηριστικά πειράματα καταδεικνύοντας την ανάπτυξη των επιστημονικών μεθόδων, ιδεών και θεωριών.
- Συνδυασμός των παραπάνω.

2.3 Στάση των εκπαιδευτικών στη χρήση της ΙΦΕ

Η οπτική των εκπαιδευτικών σχετικά με τον τρόπο και τους στόχους της διδασκαλίας των ΦΕ έχει μεγάλη αξία να μελετηθεί διότι επηρεάζει καθοριστικά τη στάση τους και την απόφασή τους για το αν και κατά πόσο θα υιοθετήσουν κάποιες προτεινόμενες διδακτικές πρακτικές όπως εν προκειμένω τη χρήση της ΙΦΕ. Οι εκπαιδευτικοί ΦΕ διαμορφώνουν την άποψή τους για τέτοιου είδους ζητήματα μέσα από τους φακούς των καθημερινών πρακτικών διδασκαλίας τους, την προτίμησή τους για κάποια εκπαιδευτική προσέγγιση (πχ δασκαλοκεντρική, εποικοδομητισμός κτλ) και τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της πόλης και του σχολείου τους. Μέσα από όλους αυτούς τους παράγοντες οικοδομείται το πώς οι καθηγητές ΦΕ, ειδικά οι νέοι, αντιλαμβάνονται και διαμορφώνουν τα κριτήρια που θα πρέπει να πληρούν ώστε να είναι επιτυχημένοι στη δουλειά τους, τα οποία σύμφωνα με τους Henke & Höttecke (2014) είναι τα :

- Να μεταδίδουν την εδραιωμένη επιστημονική γνώση στους μαθητές τους αποτελεσματικά (και όχι τη γνώση σχετικά με την επιστήμη ή τις επιστημονικές μεθοδολογίες)

- Να εξασφαλίζουν την κάλυψη της ύλης που ορίζει το αναλυτικό πρόγραμμα της χώρας τους.
- Να προετοιμάζουν επαρκώς τους μαθητές τους ώστε να επιτύχουν στις διάφορες εξετάσεις που υποβάλλονται από το εκπαιδευτικό σύστημα.

Από εκεί και πέρα οι αμφισβητήσεις και οι αλλαγές γι' αυτά τα κριτήρια έχουν να κάνουν με την διδακτική εμπειρία τους η οποία έρχεται με τα χρόνια. Κατ' αρχάς, κάποια στιγμή συνήθως γίνεται η διαπίστωση ότι απαιτείται μερική ή ολική αναθεώρηση των διδακτικών κριτηρίων που είχαν θέσει αρχικά και στη συνέχεια η αναζήτηση και υιοθέτηση νέων διδακτικών προσεγγίσεων η οποία συνδέεται με την αυτοπεποίθηση που νοιώθουν σε σχέση με την ικανότητα και την επάρκειά τους να τις εφαρμόσουν. Οι διδάσκοντες στην πορεία προς την εφαρμογή μιας διδακτικής καινοτομίας (οποιασδήποτε, όχι μόνο χρήση ΙΦΕ) σύμφωνα με τον Golgenbaum (2013) πολύ συχνά αναφέρουν διάφορα εμπόδια των παρακάτω τύπων :

- Κοινωνικά, όπως αξιακά, στάσεις προσώπων (υποστηρικτική ή μη συμπεριφορά) τα οποία εμπλέκονται άμεσα ή έμμεσα με τη διαδικασία όπως διευθυντές, συνάδελφοι, γονείς κτλ και ικανότητες των μαθητών προς την εφαρμογή καινοτόμων πρακτικών.
- Θεσμικά, όπως οργάνωση της σχολικής ζωής, πίεση για την τήρηση του αναλυτικού προγράμματος, ανάληψη ευθυνών, διαθέσιμος χρόνος κτλ.
- Διαθεσιμότητα υλικών, όπως εργαστηριακός εξοπλισμός, ηλεκτρονικοί υπολογιστές κτλ
- Ατομική ανεπάρκεια των συγκεκριμένων εκπαιδευτικών σε τομείς όπως εφαρμογή καινοτόμων πρακτικών, επαρκούς γνώσης του αντικειμένου στο αναγκαίο βάθος, δεξιότητες των απαιτούμενων ειδικών τύπων διδασκαλίας και οπτικές θετικές προς την εφαρμογή καινοτόμων πρακτικών.

Συνεπώς, ανάλογα με τη γενικότερη φιλοσοφία του κάθε εκπαιδευτικού σε σχέση με το πώς οραματίζεται τη διδασκαλία του, θα αισθανθεί θετικά ή αρνητικά σε σχέση με την εφαρμογή της ΙΦΕ στην τάξη του. Επίσης, λόγω του ότι η εφαρμογή της διδασκαλίας βασισμένης στην ΙΦΕ αποδεικνύεται ιδιαίτερα απαιτητική, έχει παρατηρηθεί μια γενικά περισσότερο αρνητική στάση προς αυτή την κατεύθυνση. Σε σχετική έρευνα των Spiliotopoulou-Papantoniou & Agelopoulos (2009) διαπιστώθηκε ότι οι εκπαιδευόμενοι εκπαιδευτικοί αφού σε διδασκαλίες είχαν εφαρμόσει υλικό εμπλουτισμένο με ΙΦΕ, κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι ήταν μάλλον αναποτελεσματικό αναφέροντας το γεγονός ότι υπήρχε σύγχυση μεταξύ των σύγχρονων και των παλαιών επιστημονικών ιδεών στο

μυαλό των μαθητών. Επίσης, θεωρούσαν τη διδασκαλία με ΙΦΕ πολύ απαιτητική εξαιτίας των ανεπαρκών ιστορικών πηγών, της ανασφάλειας χειρισμού των ιστορικών δεδομένων, την έλλειψη δεξιοτήτων παρουσίασης ιστορικών πληροφοριών και αντιμετώπισης σχετικών αποριών των μαθητών.

3. Παραδείγματα εφαρμογής της ιστορίας της επιστήμης

3.1 Project HIPST (History and Philosophy in Science Teaching)

Σύμφωνα με τον Höttecke (2012), είναι αποδεκτό από την πλειοψηφία των ερευνητών σε αυτόν τον τομέα ότι η εκτεταμένη χρήση της ιστορίας της επιστήμης (ΙΦΕ) θα μπορούσε να έχει οφέλη σε διάφορα επίπεδα της διδασκαλίας των φυσικών επιστημών όπως στα σχολεία μέσης εκπαίδευσης, στην εκπαίδευση των εκπαιδευτικών και σε ιδρύματα όπως μουσεία της επιστήμης. Παρόλα αυτά, πρέπει να επισημανθεί ότι η πλειοψηφία των υποστηρικτών αυτής της άποψης ανήκουν στην κοινότητα των ακαδημαϊκών. Και αυτό γιατί, ενώ τα περισσότερα μέλη αυτής της κοινότητας έχουν παρελθόν ως εκπαιδευτικοί τάξης, μόνο λίγοι απ' αυτούς έχουν καταφέρει να διατηρήσουν την επαφή με τις σχολικές πρακτικές και τη σχολική πραγματικότητα από τότε που απέκτησαν την ιδιότητα του ερευνητή. Συνεπώς, είναι αυτονόητο ότι θα πρέπει να χτιστούν γέφυρες ανάμεσα στην ακαδημαϊκή νοοτροπία των υποστηρικτών της ΙΦΕ και σε εκείνους τους διδάσκοντες φυσικών επιστημών που είναι πρόθυμοι να υιοθετήσουν στη διδασκαλία τους πολλές απ' τις ιδέες σε σχέση με το ρόλο και τα οφέλη της. Ακριβώς αυτή ήταν η επιδίωξη του project HIPST στο οποίο συμμετείχαν δέκα συνεργάτες-ερευνητές από επτά ευρωπαϊκές χώρες και το Ισραήλ και πραγματοποιήθηκε από το 2008 έως το 2010. Η προσδοκία ήταν να παραχθούν και να προσφερθούν *δραστηριότητες, γνώσεις και υλικά* τα οποία θα μπορούσαν να υποστηρίξουν την αποτελεσματική εφαρμογή της ΙΦΕ στην εκπαίδευση καθώς και να προωθήσουν τη διδασκαλία και την κατανόηση της φύσης της επιστήμης (NOS).

- Οι *δραστηριότητες* στόχευαν να συνεισφέρουν στη σύνδεση των διαφόρων συντελεστών όπως των εκπαιδευτικών, των εκπαιδευτών τους, των ιστορικών της επιστήμης, των δημιουργών των αναλυτικών προγραμμάτων, των ειδικών των μουσείων της επιστήμης και των διευθυντών σχολείων. Για την επίτευξη αυτού του στόχου πραγματοποιήθηκαν πλήθος συναντήσεων τόσο με κάθε συμμετέχοντα στη χώρα του όσο και μεταξύ όλων των μελών.
- Οι *γνώσεις* από τα διάφορα πεδία της επιστήμης, τη διδακτική, την ιστορία και τη φιλοσοφία των φυσικών επιστημών, θα έπρεπε να πλαισιώσει όλες τις δραστηριότητες και τα προϊόντα του project. Για τη βέλτιστη επίτευξη αυτού του στόχου επιλέχθηκε ότι άτομα διαφορετικών ειδικών γνώσεων θα έπρεπε να μεταφέρουν τις γνώσεις και τις ικανότητές στους στο project.

- Τέλος, το εκπαιδευτικό υλικό προορίζονταν για την υποστήριξη των διδασκόντων και των ειδικών των μουσείων στην πιο συστηματική εφαρμογή της ΙΦΕ στην εργασία τους.

Τα μέλη του project αποφάσισαν να δημιουργήσουν μελέτες (case studies) σχετικά με την εκμάθηση και τη διδασκαλία των διάφορων σχετικών πεδίων. Έτσι, με στενή συνεργασία όλων των συντελεστών δημιουργήθηκαν πάνω από 30 τέτοιες μελέτες οι οποίες σχετίζονταν σαφώς και με την NOS. Επίσης, οι case studies που δημιουργήθηκαν, περιείχαν πληροφορίες σχετικά με τους μαθητές-στόχους (target groups) και ανάλογα με την ηλικία διαδικασίες και αναφέρονταν τα αναμενόμενα αποτελέσματα που θα είχαν στα ενδιαφέροντα και στο κίνητρο των μαθητών. Για τη βέλτιστη υποστήριξη των εκπαιδευτικών συμπεριλαμβάνονταν και είδη εκπαιδευτικού υλικού όπως φύλλα εργασίας, ερωτηματολόγια, όργανα, ερευνητικές εργασίες, δραστηριότητες με ρόλους, εικόνες και βίντεο.

Από την οπτική των περισσότερων εκπαιδευτικών, η ΙΦΕ φαίνεται να είναι μια καινοτομία η οποία είναι ριζικά διαφορετική από τις πρακτικές διδασκαλίας και τις ρουτίνες τις οποίες έχουν συνηθίσει πολλά χρόνια και θεωρούν ότι τους είναι δύσκολο και επίπονο να αλλάξουν. Γι' αυτό το λόγο τέτοιου είδους εμπόδια έπρεπε να αναγνωριστούν και να αντιμετωπιστούν. Βασική στόχευση του project ήταν μέσω της ΙΦΕ να ενθαρρυνθεί μια περισσότερο μαθητοκεντρική προσέγγιση με τον διδάσκοντα σε δεύτερο πλάνο, σε ρόλο συντονιστή. Έτσι, θα έπρεπε να καλλιεργηθούν συγκεκριμένες διδακτικές δεξιότητες για παράδειγμα η πρόκληση και υποστήριξη ανοιχτών συζητήσεων σχετικά με τις επιστημονικές διαμάχες, η καθοδήγηση δραστηριοτήτων με ρόλους ή η εισαγωγή δραστηριοτήτων σχετικών με την NOS. Με λίγα λόγια οι case studies απαιτούνταν να περιέχουν εκτεταμένη καθοδήγηση προς τους διδάσκοντες ώστε να τους υποστηρίξουν ουσιαστικά και να τους ενθαρρύνουν ώστε να ξεπεράσουν τους ενδοιασμούς τους και να διδάξουν με βάση την ΙΦΕ. Συγκεντρωτικά, οι προϋποθέσεις που τέθηκαν σα στόχος να πληρούν οι case studies ήταν τα παρακάτω :

- Να είναι πλήρως και διεξοδικά τεκμηριωμένες αναφέροντας τα target groups, οδηγίες για τους διδάσκοντες, λίστα με εκπαιδευτικούς στόχους και ηλεκτρονικές διευθύνσεις από ιστοτόπους που περιέχουν το διαθέσιμο υλικό.

- Να υπάρχει εστίαση σε διάφορα target groups μαθητών (με υψηλές και χαμηλές δεξιότητες στις φυσικές επιστήμες, διαφορετικές κουλτούρες και κοινωνικό υπόβαθρο).
- Να είναι κατάλληλες ή να μπορούν να προσαρμοστούν στις ανάγκες και τις ιδιαίτερες συνθήκες της σχολικής πραγματικότητας ώστε να είναι αποδεκτές από τους διδάσκοντες.
- Να μπορούν να προσαρμοστούν στις ιδιαίτερες συνθήκες των διαφόρων χωρών όπως στη γλώσσα και στα χαρακτηριστικά του πολιτισμού τους.
- Να προάγουν την κατανόηση απ' τους μαθητές των επιστημονικών εννοιών όπως και της NOS.
- Να μεταδώσουν στους μαθητές την προοπτική της επιστήμης ως αναπτυσσόμενη, μεταβαλλόμενη και προσωρινή.
- Να απεικονίσουν την επιστήμη σαν ένα ανθρώπινο εγχείρημα το οποίο έχει τις ρίζες του στον πολιτισμό, την ιστορία και την κοινωνία.
- Να αποφύγουν τη δημιουργία ψευδών εντυπώσεων για τη φύση της επιστήμης όπως της γραμμικότητάς της συνεπώς επιδιώχθηκε να αποφεύγονται απ' ευθείας ιστορικές συνδέσεις από το παρελθόν στο παρόν.
- Να συνδυάσουν τις απόψεις για διδασκαλία μέσω της ΙΦΕ και της διερευνητικής μάθησης.

3.2 Έρευνα Henke & Höttecke (2014) με εκπαιδευτικούς που συμμετείχαν στο project HIPST σε σχέση με τα εμπόδια εφαρμογής της ΙΦΕ στη διδασκαλία ΦΕ

Είναι διαπιστωμένο ότι ενώ αρκετοί εκπαιδευτικοί ΦΕ έχουν πεισθεί ότι η ΙΦΕ είναι ένα ισχυρό εργαλείο που θα μπορούσε να αναβαθμίσει ουσιαστικά την επίτευξη των στόχων της διδασκαλίας τους, στερούνται της απαραίτητης γνώσης, του επιστημονικού υπόβαθρου και της αυτοπεποίθησης ώστε να τη χρησιμοποιήσουν αποτελεσματικά στη διδασκαλία τους. Η μελέτη των Henke & Höttecke (2014), στόχευε ακριβώς στην καλύτερη κατανόηση της άποψης των εκπαιδευτικών σχετικά με τη διδασκαλία των ΦΕ με χρήση της ΙΦΕ. Γι' αυτό το σκοπό, στην έρευνα επιλέχθηκαν οκτώ Γερμανοί εκπαιδευτικοί μέσης εκπαίδευσης με πάνω απ' το μέσο όρο γνώση και εμπειρία στην εφαρμογή της διδασκαλία με ΙΦΕ αφού είχαν συμμετάσχει στο HIPST project λίγα χρόνια πριν τη μελέτη αυτή και εξετάστηκε η άποψή τους η οποία διαμορφώθηκε από την εφαρμογή στη δική τους τάξη. Το δείγμα των εκπαιδευτικών αν και μικρό, καλύπτει ευρύ

φάσμα τόσο εμπειρίας στην ΙΦΕ όσο και στο ακριβές γνωστικό αντικείμενο των ΦΕ (Πίνακας 1) και άρα τα συμπεράσματα της έρευνας μπορούν να θεωρηθούν σχετικά αξιόπιστα.

Table 1 Overview of participating teachers and their teaching experience with HPS

Teacher	Main subjects	Previous teaching experience (general/HPS)
A	Physics, Mathematics	8 years/sporadically
B	Physics, Mathematics	7 years/sporadically
C	Physics, Mathematics	2 years (practice teaching)/none
D	Physics, Mathematics	17 years/repeatedly
E	Physics, Biology	7 years/repeatedly
F	Physics, Chemistry	3 years/once
G	Physics, S & T	22 years/sporadically
H	Physics, Mathematics	12 years/repeatedly

Πίνακας 1 : Προφίλ εκπαιδευτικών που συμμετείχαν στην έρευνα των Henke & Höttecke (2014)

Μέσα από το HIPST project οι εκπαιδευτικοί της έρευνας είχαν αποκτήσει δεξιότητες σχετικές με τη διδασκαλία μέσω ΙΦΕ οι οποίες μπορούν να συνοψιστούν στα παρακάτω είδη παρεμβάσεων :

- Παρεμβάσεις εννοιολογικού, φιλοσοφικού, πολιτισμικού και βιογραφικού περιεχομένου από σχετικά ιστορικά επεισόδια.
- Στρατηγικές για τη διδασκαλία της επιστήμης συσχετίζοντας ιστορικά στοιχεία με τις προϋπάρχουσες ιδέες των μαθητών.
- Παιχνίδια ρόλων, δημιουργική γραφή και ανάγνωση ιστορικών κειμένων.
- Χρήση αντιγράφων ιστορικών οργάνων και πειραμάτων
- Κατασκευή και καθοδήγηση καινοτόμων παρεμβάσεων οι οποίες βασίζονται στην ΙΦΕ.
- Προώθηση της NOS μέσω της ΙΦΕ.

Μετά το τέλος του HIPST project οι εκπαιδευτικοί που συμμετείχαν στην έρευνα έδειξαν προθυμία να συνεχίσουν να εφαρμόζουν αυτόνομα τέτοιου είδους παρεμβάσεις με τους παρακάτω τρόπους :

- χρησιμοποιώντας αυτούσιο ή βελτιώνοντας ήδη υπάρχον υλικό είτε του HIPST project είτε άλλο.
- αναπτύσσοντας νέο υλικό βασισμένο στην ΙΦΕ χρησιμοποιώντας πρωτογενείς ή δευτερογενείς ιστορικές πηγές.

- εμπλουτίζοντας και μετασχηματίζοντας ήδη υπάρχουσες παρεμβάσεις οι οποίες δεν περιείχαν ΙΦΕ.

Η συλλογή των δεδομένων της έρευνας έγινε μέσω συνεντεύξεων με τους εκπαιδευτικούς κάθε μια απ' τις οποίες είχε διάρκεια 1,5 με 2 ώρες, και έγιναν με οδηγό ο οποίος κατασκευάστηκε ειδικά για αυτό το σκοπό. Στις συνεντεύξεις ζητήθηκε απ' τους εκπαιδευτικούς να περιγράψουν :

- την προετοιμασία τους για κάθε διδασκαλία βασισμένη στην ΙΦΕ
- τον τρόπο που προώθησαν τη μετάδοση της επιστημονικής γνώσης
- τον τρόπο που προώθησαν την NOS

Ένα βασικό χαρακτηριστικό που αποτυπώθηκε στην έρευνα ήταν ότι όλοι οι εκπαιδευτικοί που συμμετείχαν, εκδήλωσαν ένα αίσθημα ανασφάλειας κατά τη διάρκεια της προετοιμασίας των μαθημάτων τους. Οι εκπαιδευτικές επιλογές και τα αποτελέσματα έγιναν λιγότερο ευδιάκριτα όταν εμπλεκόταν η ΙΦΕ απ' ότι στις άλλες «συμβατικές» περιπτώσεις. Αποδείχθηκε ότι οι εκπαιδευτικοί (τουλάχιστον αυτής της έρευνας) αισθάνονται περισσότερη εμπιστοσύνη και αυτοπεποίθηση όταν σχεδιάζουν το μάθημά τους με τους παραδοσιακούς τρόπους διδασκαλίας. Αυτό βέβαια, σε ένα βαθμό είναι αναμενόμενο αφού τους εφαρμόζουν για πολλά χρόνια και εφαρμόστηκαν και σε αυτούς όταν ήταν μαθητές. Έτσι, ενώ νιώθουν σχετικά σίγουροι για τις παρεμβάσεις τους με τον κλασικό τρόπο, περιγράφουν τις αντίστοιχες με ΙΦΕ ως ανεπαρκείς. Συνεπώς, αυτοί που σχεδιάζουν τέτοιες διδακτικές παρεμβάσεις θα πρέπει να έχουν στο νου τους ότι το άρτια σχεδιασμένο υλικό δεν υποστηρίζει μόνο τη σωστή διδασκαλία με ΙΦΕ αλλά υποστηρίζει και τους διδάσκοντες στην κατανόηση και προετοιμασία με βάση αυτή τη διδακτική προσέγγιση (Ball & Kohen, 1996). Ενώ το να δημιουργείς νέο υλικό για τη διδασκαλία φυσικών επιστημών είναι μια πρόκληση έτσι κι αλλιώς, το να το κάνεις μέσω ΙΦΕ είναι μια ακόμη περισσότερο απαιτητική διαδικασία η οποία κρύβει πολλές δυσκολίες αλλά και παγίδες. Για παράδειγμα, η προσαρμογή της ιστορίας για τις εκπαιδευτικές απαιτήσεις μπορεί να οδηγήσει σε παραπλανήσεις, διαστρεβλώσεις ή ακόμα και ιστορικούς μύθους. Πράγματι, οι εκπαιδευτικοί της έρευνας ήταν ενήμεροι και είχαν την αγωνία ότι θα έπρεπε να αποφύγουν αυτό το ενδεχόμενο καθώς επίσης το ότι δε θα έπρεπε να δώσουν την εντύπωση στους μαθητές τους ότι η επιστήμη είναι μια διαδικασία η οποία ακολούθησε μια γραμμική και αναπόφευκτη πορεία προς τη σύγχρονη μορφή

της. Συνεπώς, οι εκπαιδευτικοί θα πρέπει να αντιμετωπίσουν αυτή την πρόκληση (της χρήσης της ΙΦΕ) με τρόπο ώστε ο εκσυγχρονισμός και η αναγκαία απλοποίηση της ΙΦΕ στις παρουσιάσεις και τα φύλλα εργασίας τους να γίνει με τρόπο ώστε να είναι μεν κατάλληλη για την καθημερινή διδασκαλία ώστε να μπορεί να προσληφθεί από τους μαθητές τους αλλά την ίδια στιγμή να αποφευχθούν παρανοήσεις και διαστρεβλώσεις. Με λίγα λόγια, οι εκπαιδευτικοί της έρευνας έχουν βιώσει από τη μια μεριά την τάση προς την παρουσίαση της ιστορίας από αυθεντικές πηγές και από την άλλη την ανάγκη της προσαρμογής της για τις εκπαιδευτικές ανάγκες οπότε την αναγκαία εύρεση της χρυσής τομής σε αυτό το δίλλημα. Τα συμπεράσματα της έρευνας μπορούν να συνοψιστούν στα παρακάτω :

- Υπάρχει έλλειψη από εκπαιδευτικές πηγές και παιδαγωγικής-εκπαιδευτικής εμπειρίας για την υιοθέτηση και δημιουργία υλικού διδασκαλίας σχετικού με την ΙΦΕ για την κάλυψη των αναγκών των μαθητών και την προσαρμογή στις τοπικές ιδιαίτερες συνθήκες.
- Υπάρχουν ανασφάλειες σχετικά με τα προτεινόμενα μοντέλα εφαρμογής της ΙΦΕ και έλλειψη παιδαγωγικής επάρκειας για το πέρασμά τους στις διδακτικές δραστηριότητες.
- Υπάρχει ανασφάλεια στη διαχείριση των ιστορικών πηγών και έλλειψη στρατηγικών εισαγωγής και παρουσίασής τους με τρόπους που δίνουν κίνητρο στους μαθητές.
- Υπάρχει ανησυχία σχετικά με τους τρόπους που έχουν συνηθίσει οι μαθητές να αντιλαμβάνονται την ιστορία της επιστήμης και των βαθιά ριζωμένων μεθόδων διδασκαλίας τα οποία δεν είναι συνεπή με το περιεχόμενο και τις μεθόδους αυτών που είναι με βάση την ΙΦΕ.
- Υπάρχει ανησυχία σχετικά με τον τρόπο που θα γίνει η δημιουργία και καθοδήγηση ανοιχτών ιστορικών ερευνητικών δραστηριοτήτων υπό το πρίσμα της έλλειψης εμπειρίας, της αβεβαιότητας αφομοίωσης του απαιτούμενου τρόπου εργασίας από τους μαθητές, της γνώσης των ιστορικών αποτελεσμάτων και των προκαθορισμένων επιστημονικών απόψεων.
- Υπάρχουν προβληματισμοί σχετικά με την από τη μια πλευρά υποστήριξη των σχηματιζόμενων επιστημονικών ιδεών του παρελθόντος και από την άλλη να βρεθούν κατάλληλα νοητικά μονοπάτια μέσω των οποίων θα οδηγηθούν από τις ιστορικές στις σύγχρονες επιστημονικές απόψεις.
- Υπάρχουν ζητήματα στην εύρεση των κατάλληλων τρόπων ευθυγράμμισης της διδασκαλίας που είναι βασισμένη στην ΙΦΕ με τις επιστημονικές απαιτήσεις καθώς και με την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων της διδασκαλίας τους.

- Υπάρχει το ζήτημα της αντίστασης στην πίεση που προκαλεί η απαίτηση τήρησης του αναλυτικού προγράμματος η οποία εντείνεται με την σύγκριση με συναδέλφους οι οποίοι διδάσκουν χωρίς χρήση της ΙΦΕ.

Σταχυολογώντας, οι εκπαιδευτικοί της έρευνας αναφέρουν ισχυρά αισθήματα ανασφάλειας σχετικά με το σχεδιασμό και την προετοιμασία μαθημάτων σχεδιασμένων με ΙΦΕ. Θα πρέπει να αποφασίσουν για το πότε, το πώς και το γιατί θα πρέπει να τη χρησιμοποιήσουν απλοποιώντας στον κατάλληλο βαθμό τα διάφορα ιστορικά επεισόδια και εφαρμόζοντας διάφορες εκπαιδευτικές στρατηγικές να συνδέσουν τα επιστημονικά θέματα του παρελθόντος με αυτά του παρόντος. Ενώ οι τωρινοί καθηγητές φυσικών επιστημών συνήθως στερούνται επαρκούς υποβάθρου στην ΙΦΕ, θα πρέπει τουλάχιστον οι μελλοντικοί συνάδελφοί τους να έχουν την απαιτούμενη γνώση στη μορφή της διδακτικής εφαρμογής της. Αυτή η γνώση θα τους επιτρέπει να επιλέγουν ιστορικά αποσπάσματα κατάλληλα να συναντούν τις ανάγκες του αναλυτικού προγράμματος με όσο το δυνατόν πιο αποτελεσματικό τρόπο ώστε έτσι τελικά να μειωθεί η διαπιστωμένη αντίσταση των εκπαιδευτικών στην εισαγωγή της ΙΦΕ στην εκπαιδευτική διαδικασία. Συνεπώς, η απόκτηση τέτοιας δυνατότητας από τους νέους εκπαιδευτικούς θα πρέπει να καλλιεργηθεί αφού οι απαιτήσεις μιας διδασκαλίας βασισμένης στην ΙΦΕ διαφέρει ριζικά από τις άλλες μορφές διδασκαλίες σε όλες σχεδόν τις πτυχές της.

3.3 Δυνατότητα χρήσης του πειράματος του τροχού του Joule στη διδασκαλία της έννοιας της ενέργειας.

Η ιστορία της επιστήμης, μας παρέχει πλήθος εννοιολογικά αξιόλογων πειραμάτων τα οποία μπορούν να μελετηθούν ή ακόμα και να αναβιώσουν σε μια σχολική τάξη συνεισφέροντας στη διδασκαλία. Βέβαια, δεν είναι όλα τα πειράματα κατάλληλα για αυτό το σκοπό ειδικά για τη δευτεροβάθμια εκπαίδευση. Μάλιστα, λόγω της προόδου της επιστήμης απ' τον 20^ο αιώνα και μετά, τα πειράματα απέκτησαν βαθμιαία αυξανόμενη πολυπλοκότητα τόσο ως προς τα υλικά και τον απαιτούμενο εξοπλισμό όσο και στις πολλές και δυσνόητες επιστημονικές θεωρίες που απαιτούνται για την κατανόησή τους (Hackng 1983 ; Pickering 1995). Αντίθετα, για πολλά πειράματα από την παλαιότερη ιστορία της επιστήμης, απαιτείται σχετικά απλός εξοπλισμός με τα σημερινά δεδομένα ενώ περιγράφονται με σχετικά απλές θεωρίες τέτοιες που είναι ευκολότερα κατανοητές

απ' τους μαθητές (Gauld, 2014). Μια χαρακτηριστική τέτοια περίπτωση είναι το περίφημο πείραμα του τροχού του James Prescott Joule (1818-1889) (Joule's Paddle Wheel Experiment), τη δυνατότητα χρήσης του οποίου μελετά το άρθρο του M. Bächtold (2020). Συγκεκριμένα, εξετάζεται το κατά πόσο η αξιοποίηση αυτού του πειράματος το οποίο παρουσιάστηκε το 1840, θα μπορούσε να βοηθήσει τους μαθητές να κατανοήσουν ευκολότερα και βαθύτερα τη δύσκολη έννοια της ενέργειας. Το πείραμα αυτό έχει μνημονευτεί από πολλά εγχειρίδια φυσικής κατά τη διάρκεια τους 20^{ου} αιώνα και μάλιστα πρόσφατα έχει προσελκύσει εκ νέου το ενδιαφέρον αρκετών ερευνητών της εκπαίδευσης φυσικών επιστημών. Μάλιστα, έχει ενδιαφέρον ότι η οπτική γωνία η οποία το αντιμετωπίζουν αυτοί οι ερευνητές δεν είναι πάντα η ίδια. Παρακάτω, θα παρουσιαστεί κατ' αρχάς το πείραμα και στη συνέχεια σκέψεις για το κατά πόσο και σε ποιους τομείς θα μπορούσε να είναι χρήσιμη η χρήση του στη διδασκαλία.

3.3.1 Το Πείραμα τροχού του Joule

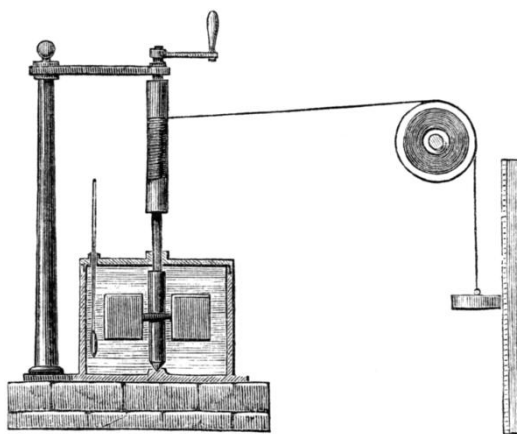
Η απαραίτητη κατανόηση του επιστημονικού υπόβαθρου της εποχής του πειράματος δεν θα μπορούσε να γίνει με καλύτερο τρόπο παρά διαβάζοντας τα λόγια του ίδιου του Joule από μια διάλεξη του η οποία δημοσιεύτηκε το 1847 με τίτλο «On matter, living force and heat». Εκεί ξεκινούσε με το πώς περιγραφόταν η ύλη εκείνη την εποχή και απέδιδε σε αυτήν δύο θεμελιώδη χαρακτηριστικά : τη διαπερατότητα (impenetrability) και την εκτατότητα (extention). Με τον όρο διαπερατότητα εννοούσε ότι δύο υλικά σώματα δεν μπορούν να βρίσκονται την ίδια στιγμή στο ίδιο σημείο. Με τον όρο εκτατότητα εννοούσε ότι κάθε υλικό σώμα καταλαμβάνει κάποιο χώρο. Τις υπόλοιπες ιδιότητες της ύλης θεωρεί ως αποτέλεσμα κάποιων ειδών δυνάμεων οι οποίες είναι :

- Οι ελκτικές δυνάμεις της βαρύτητας οι οποίες συγκρατούσαν μεταξύ τους τα διάφορα μέρη των στερεών σωμάτων.
- Άλλες ελκτικές ή απωστικές δυνάμεις όπως αυτές που συνδέονταν με τα ηλεκτρικά και τα μαγνητικά φαινόμενα.
- Τη ζώσα δύναμη (living force) την οποία δέχονταν τα κινούμενα σώματα ή με άλλα λόγια μεταφέρονταν από το ίδιο το σώμα και υπήρχε με αυτό και μέσα σε αυτό μέσω της κίνησής του και μαθηματικά εκφράζονταν ως ανάλογη της μάζας του σώματος και του τετραγώνου της ταχύτητάς του. Άρα είναι φανερό ότι η ζώσα δύναμη μπορεί να θεωρηθεί ως «πρόγονος» της κινητικής ενέργειας αν και βέβαια υπάρχει η προφανής σύγχυση ανάμεσα στις έννοιες «δύναμη» και (τη μεταγενέστερη) «ενέργεια».

Ο Joule επίσης υπενθύμισε το ότι οι περισσότεροι επιστήμονες της εποχής (αλλά όχι ο ίδιος) αντιλαμβάνονταν την έννοια «θερμότητα» ως κάτι που έχει υλική υπόσταση έχοντας δηλαδή τις ιδιότητες της ύλης δηλαδή την διαπερατότητα και την εκτατότητα. Στη συνέχεια, ανέφερε ένα κατά τη γνώμη του μείζον επιστημονικό πρόβλημα, αυτό της απότομης εξαφάνισης χωρίς δυνατότητα ανάκτησης, της ζώσας δύναμης στα περισσότερα φυσικά φαινόμενα όπως για παράδειγμα κατά την πτώση ενός σώματος τη στιγμή της επαφής του με το έδαφος όταν και μηδενίζεται σχεδόν στιγμιαία η ταχύτητά του. Έτσι, κατ' αυτόν τον τρόπο ο κόπος για να βρεθεί το σώμα στο ύψος απ' το οποίο αφέθηκε να πέσει, θεωρείτο ότι εξαφανίστηκε χωρίς την ισοδύναμη παραγωγή κάποια άλλης ποσότητας. Αυτό, κατά τη γνώμη του Joule και άλλων επιστημόνων ήταν εξαιρετικά προβληματικό και αντιπροτείνονταν η ιδέα κάποιου είδους διατήρησης δηλαδή της μετατροπής της ζώσας δύναμης σε κάτι άλλο το οποίο όμως δεν είχε προσδιοριστεί. Αυτός ο προβληματισμός δεν ήταν νέος αλλά είχε εμφανιστεί και το 18^ο αιώνα στο πλαίσιο της μηχανικής όπου στις μη ελαστικές κρούσεις κινούμενων σωμάτων οι απώλειες που υπήρχαν, υπήρχε η άποψη ότι ήταν φαινομενικές και όχι πραγματικές. Συνεπώς, υπήρχε από τότε μια βαθιά επιθυμία σε μερίδα της επιστημονικής κοινότητας για την διατύπωση μιας θεωρίας διατήρησης. Σύμφωνα με τον Joule η λύση σε αυτό το επιστημονικό πρόβλημα δόθηκε από μια ολόκληρη σειρά πειραμάτων που πραγματοποίησε ο ίδιος μεταξύ των οποίων και αυτό που μελετάται σε αυτό το υποκεφάλαιο. Όπως θα φανεί και παρακάτω, με βάση αυτά τα πειράματα κατά τη γνώμη του αποδείχθηκε ότι όποτε η ζώσα δύναμη εξαφανίζεται, αυτό είναι φαινομενικό διότι κάτι ισοδύναμο δημιουργείται το οποίο κάποια στιγμή μπορεί πάλι να μετατραπεί σε ζώσα δύναμη. Αυτό το ισοδύναμο είναι η *θερμότητα*. Συνεπώς, τα πειράματα αυτά έδειξαν ότι όποτε η ζώσα δύναμη φαινομενικά εξαφανίζεται ή απορροφάται δημιουργείται ισοδύναμο ποσό θερμότητας.

Ας περιγράψουμε όμως σύντομα το πείραμα τροχού. Ο Joule το εμπνεύστηκε από ένα παρόμοιο πείραμα ενός Βρετανού μηχανικού του George Rennie (1791-1866) το 1831 που είχε γίνει για τη μελέτη της τριβής στο νερό. Η λογική του πειράματος μπορεί να συνοψιστεί ως εξής : βάρη που πέφτουν από ύψος προκαλούν την περιστροφή ενός τροχού ο οποίος βρίσκεται μέσα στο νερό και αυτό με τη σειρά του

προκαλεί την αύξηση της θερμοκρασίας του νερού. Η διάταξη του πειράματος φαίνεται στην *Εικόνα 1*.



Εικόνα 1 : Διάταξη του πειράματος τροχού του Joule (πηγή Wikipedia)

Ο Joule παρουσίασε μια πρώτη σειρά από μετρήσεις ενώπιον της British Association στο Cambridge και δημοσίευσε ένα σύντομο paper το 1845. Επίσης, παρουσίασε μια δεύτερη σειρά από μετρήσεις η οποίες ήταν περισσότερο διεξοδικές με πολύ βελτιωμένες συνθήκες και εξοπλισμό ενώπιον της British Association στην Oxford και δημοσίευσε ένα εκτενές paper το 1847. Είναι πολύ σημαντικό να σημειωθεί ότι ο Joule έδωσε πολύ μεγάλη σημασία στην ακρίβεια και την επάρκεια των οργάνων της διάταξης ειδικά των τριών θερμομέτρων τα οποία είχαν κατασκευαστεί τα δύο από τον Dancer στο Manchester και το τρίτο από τον Fastré στο Παρίσι. Είναι χαρακτηριστικό ότι σε ένα paper το οποίο δημοσιεύτηκε το 1850 αναφέρει ότι οι ενδείξεις τους ήταν τόσο ακριβείς ώστε στα τρία θερμομέτρα η σύμπτωση ήταν γύρω στο 1/100 του βαθμού της κλίμακας Fahrenheit! Όπως αναφέρει ο Sibum (1995), τέτοιες εξαιρετικές ικανότητες στη μέτρηση της θερμοκρασίας δεν ήταν συνηθισμένες στη Βικτωριανή κοινότητα των φυσικών αλλά αντίθετα ήταν στην κοινότητα των ζυθοποιών στην οποία ανήκε ο Joule αφού εργαζόταν στη ζυθοποιία την οποία διατηρούσε η οικογένειά του και αυτός είναι ένας λόγος για την πειραματική του δεινότητα.

Το πείραμα αυτό είχε πολλαπλές επιδράσεις. Οι βασικότερες ήταν οι παρακάτω :

- Βοήθησε τα μέγιστα στο να δοθεί απάντηση στο μεγάλο ερώτημα της απότομης εξαφάνισης της ζώσας δύναμης. Η ζώσα δύναμη τελικά δεν εξαφανίζεται αλλά μετατρέπεται σε θερμότητα.
- Οδήγησε σε ακριβή υπολογισμό του αποκαλούμενου «μηχανικού ισοδύναμου της θερμότητας». Το ισοδύναμο ενός «βαθμού» θερμότητας σε ένα round νερού βρέθηκε ότι είναι σώμα 781,5 λίμπρες ανεβασμένο σε ύψος ενός ποδιού ή σε περισσότερο οικείες για την Ελλάδα μονάδες, το ισοδύναμο ενός «βαθμού» θερμότητας σε ένα γραμμαρίου νερού βρέθηκε ότι είναι σώμα 428,8 γραμμάρια ανεβασμένο σε ύψος ενός μέτρου. Αυτός ο υπολογισμός ήταν ιδιαίτερα χρήσιμος στον κλάδο των μηχανικών ειδικά για την κατασκευή των θερμικών μηχανών οι οποίες κατασκευάζονταν εκείνη της εποχή. Όπως μάλιστα τονίστηκε απ' τον ίδιο τον Joule, το αντίστροφο ισοδύναμο δηλαδή το πώς η θερμότητα θα μπορούσε να δώσει μηχανική ισχύς θα μπορούσε να προβλέψει το πόση θερμότητα από την καύση του κάρβουνου θα μπορούσε να μετατραπεί σε μηχανική ισχύς και έτσι να γίνει σαφές το κατά πόσο υπήρχε περιθώριο η μηχανή να βελτιωθεί κατασκευαστικά.
- Τέλος, το πείραμα τροχού του Joule έδωσε περισσότερα επιχειρήματα εναντίον της τότε θεώρησης που προαναφέρθηκε, για το ότι η θερμότητα έχει υλική υπόσταση. Πράγματι, αφού η θερμότητα μπορεί να παραχθεί όπως στο συγκεκριμένο πείραμα, δεν μπορεί να θεωρηθεί σαν μια ενιαία ουσία. Μάλιστα ήταν αυτή ακριβώς η συνεισφορά η οποία έδωσε στο πείραμα άμεση αναγνώριση ως πολύ σημαντικού από κορυφαίους επιστήμονες όπως ο William Thomson (μετέπειτα Λόρδος Kelvin, 1824-1907) ο οποίος μέχρι τότε έκλινε προς τη θεωρία του S. Carnot για τη θερμότητα.

Είναι αναγκαίο να τονιστεί ότι ο Joule στη δημοσίευση της παρουσίασης του πειράματος δεν έκανε καθόλου χρήση του όρου «ενέργεια». Η έννοια αυτή εισήχθη από τους W. Thomson και W. Rankine γύρω στο 1850. Επίσης, ο Joule δεν ερμήνευσε τα αποτελέσματα του πειράματός του με βάση κάποια μοναδική διατηρούμενη ποσότητα η οποία θα μπορούσε να θεωρηθεί προάγγελος της ενέργειας. Παρόλο που το πείραμα του Joule θεωρείται ότι έχει πολύ σημαντική συνεισφορά στην ανακάλυψη της αρχής διατήρησης της ενέργειας, αυτή δεν διατυπώθηκε απ' αυτόν. Η ερμηνεία του βασίστηκε απλά στη μετατροπή της ζώσας δύναμης σε θερμότητα και αυτό που διατηρούταν κατά την άποψή του ήταν απλά το άθροισμα των δύο ποσοτήτων. Η αρχή διατήρησης της ενέργειας διατυπώθηκε σαν γενική αρχή πρώτα από τον Herman von Helmholtz (1821-1894) ενώ η μαθηματική της διατύπωση αναπτύχθηκε από τον Rudolf Clausius (1822-1888) ο οποίος

κατάφερε να ξεπεράσει την αντίθεση που πρώτα επισήμανε ο Thomson ανάμεσα στο πείραμα του Joule και στη θεωρία του Carnot για διατήρηση της θερμότητας και εισήγαγε μια νέα συνάρτηση ικανή να συμπεριλάβει και τη ζώσα δύναμη και τη θερμότητα. Αυτή τη νέα συνάρτηση τη συμβόλισε με U και ταυτοποιήθηκε από τους Thomson και Rankine ως η ενέργεια και βαθμιαία αναγνωρίστηκε από τους επιστήμονες ως μια νέα φυσική ποσότητα. Παρόλο λοιπόν που ο Joule δε μίλησε για «ενέργεια» το πείραμά του θεωρείται ότι είχε καθοριστική συνεισφορά αφού ήταν το απαραίτητο ενδιάμεσο βήμα προς αυτήν την κατεύθυνση. Η έννοια της ενέργειας θεωρείται μεγάλης σημασίας αφού η συμβολή της ήταν καθοριστική για την ενοποίηση των διαφόρων φαινομενικά εντελώς διαφορετικών κλάδων της φυσικής.

3.3.2 Διδακτική αξία του πειράματος τροχού του Joule

Το πείραμα τροχού του Joule είναι μια χαρακτηριστική περίπτωση του πώς η χρήση της ΙΦΕ μπορεί να συνεισφέρει στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών. Παρακάτω παρουσιάζονται μερικά απ' τα χαρακτηριστικά του και οι στόχοι οι οποίοι θα μπορούσαν να επιτευχθούν με τη χρήση του :

- Είναι εξαιρετικά απλό τόσο στην κατανόηση όσο και στην πραγματοποίησή του ακόμα και μόνο με τα μέσα που διαθέτει ένα σχολικό εργαστήριο. Αυτό είναι εξαιρετικά σημαντικό αφού επιτρέπει την ενεργό εμπλοκή των μαθητών σε όλη τη διαδικασία.
- Μέσω των ιστορικών στοιχείων που αφορούν το πείραμα γίνεται δυνατή η κατανόηση απ' τους μαθητές πλήθους παραμέτρων που αφορούν την πρόοδο της επιστήμης όπως η σημασία της αφοσίωσης στο στόχο, η ικανότητα στο σχεδιασμό και υλοποίησης μιας πειραματικής διαδικασίας, ο καθοριστικός ρόλος της ακρίβειας των μετρήσεων, η αλληλεξάρτηση θεωρίας και πειραματικών δεδομένων, οι λανθασμένες ερμηνείες που πολύ συχνά υπάρχουν, η συνεχής αμφισβήτηση των διαφόρων θεωριών από τους άλλους επιστήμονες, η αργή, σταδιακή και επίπονη πρόοδος, η μη γραμμικότητα της εξέλιξης των θεωριών και η αλληλεξάρτηση των εργασιών των επιστημόνων. Δηλαδή, υπάρχει όλο το φάσμα και οι προϋποθέσεις ώστε να επιτευχθεί η κατανόηση της NOS.
- Μέσω της χρήσης αυτού του πειράματος, δίνεται η δυνατότητα να γίνει άμεσα κατανοητή η καθόλου προφανής σχέση ανάμεσα σε δύο φαινομενικά άσχετα φαινόμενα (κίνηση και θέρμανση) και έτσι προετοιμάζεται το έδαφος για πιθανή σύνδεση και άλλων φαινομενικά άσχετων κλάδων της φυσικής. Αυτό το γεγονός έχει μεγάλη σημασία για τη διδασκαλία της φυσικής αφού αυτά τα φαινόμενα (η κίνηση μέσω δύναμης και η θερμότητα) συνήθως διδάσκονται ξεχωριστά και με

μεγάλη χρονική απόσταση μεταξύ τους αφού εντάσσονται στα αναλυτικά προγράμματα διαφορετικών τάξεων, με τα ονόματα «Μηχανική» και «Θερμοδυναμική» αντίστοιχα. Το πείραμα του τροχού του Joule δίνει τη δυνατότητα να γεφυρωθούν αυτοί οι δύο κλάδοι και να αποφευχθεί οι μαθητές να αποκτήσουν μια τμηματική οπτική για τη φυσική.

- Το πείραμα αυτό προσφέρει τη δυνατότητα για πολλές διαφορετικές προσεγγίσεις ανάλογα με τους εκάστοτε διδακτικούς στόχους και συνθήκες. Μπορεί για παράδειγμα στην εκτέλεση της πειραματικής διαδικασίας να δοθεί έμφαση στην ποιοτική περιγραφή χωρίς ακριβείς μετρήσεις για να φανεί μόνο η άνοδος της θερμοκρασίας του νερού ή στην πιο αυστηρή εκτέλεση για την εξαγωγή ποσοτικών αποτελεσμάτων αν υπάρχουν οι κατάλληλες συνθήκες. Επίσης, διαφοροποίηση μπορεί να γίνει και στην ερμηνεία του πειράματος. Για παράδειγμα, μπορεί να γίνει στόχευση και καθοδήγηση προς την αρχική ερμηνεία του Joule χωρίς την έννοια της ενέργειας ώστε να αναδειχθεί η πραγματική αλληλουχία των γεγονότων ή να γίνει απ' ευθείας ανάδειξη της σύγχρονης επιστημονικής γνώσης δηλαδή της αρχής διατήρησης της ενέργειας ή ιδανικά διαδοχικά και τα δύο.

3.4 Η ΙΦΕ στα σχολεία Μέσης Εκπαίδευσης της Γαλλίας-Εφεύρεση της ηλεκτρικής στήλης από τον A. Volta

Στο εκπαιδευτικό σύστημα της Γαλλίας ορισμένα στοιχεία της ΙΦΕ κυρίως στη φυσική και τη χημεία, έχουν εισαχθεί ήδη από το 1993 στις μεγαλύτερες βαθμίδες της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης. Σήμερα, αυτό έχει προχωρήσει σε όλες τις βαθμίδες αλλά μόνο για τις ηλικίες 11-15 έχουν προταθεί απ' το αναλυτικό πρόγραμμα της χώρας συγκεκριμένες παιδαγωγικές δραστηριότητες οι οποίες σχετίζονται με τέτοια θέματα όπως οι εργασίες των Volta, Ampere και Ohm, η ιστορία της ανακάλυψης του CO₂ και η έννοια του ατόμου. Μάλιστα, έχει δημιουργηθεί και παρέχεται στους εκπαιδευτικούς ένα συνοδευτικό αρχείο το οποίο περιέχει αναλυτικά παραδείγματα, οδηγίες και συμβουλές για την εφαρμογή τους στην τάξη. Ο D. Fauque (2008) αναλύει σε μια δημοσίευσή του μια απ' αυτές τις δράσεις η οποία στηρίζεται στην εφεύρεση της ηλεκτρικής μπαταρίας (ή ηλεκτρικής στήλης) από τον A. Volta το 1800. Η δράση αυτή κάνει χρήση μιας επιστολής του Volta προς την Royal Society σχετικά με το εν λόγω πείραμα (ένα απόσπασμα δίδεται και στους μαθητές) και σε μια εκδοχή του πειράματος η οποία είτε πραγματοποιείται κατά τη διάρκεια της διδασκαλίας είτε προβάλλεται βιντεοσκοπημένη.

3.4.1 Η ΙΦΕ στα αναλυτικά προγράμματα της Γαλλίας

Η εισαγωγή της ΙΦΕ στη Γαλλία ξεκινά απ' τη βαθμίδα των 12-13 ετών με ορισμένες ιστορικές αναφορές που αφορούν θέματα όπως τα συστήματα μονάδων ή την ανακάλυψη του CO₂. Για τη βαθμίδα 13-14 η χρήση της ΙΦΕ προτείνεται σε θέματα όπως η ταχύτητα του φωτός και του ήχου. Στη βαθμίδα 14-15 υπάρχουν παιδαγωγικές δραστηριότητες βασισμένες στην ιστορία του ηλεκτρονίου, στην εφεύρεση της ηλεκτρικής στήλης και στην ιστορία της φωτογώγησης των πόλεων. Πολλές αναφορές επίσης στην ιστορία της επιστήμης υπάρχουν στο τέλος των διαφόρων ενοτήτων του αναλυτικού προγράμματος και είναι στη διακριτική ευχέρεια των διδασκόντων το αν θα χρησιμοποιήσουν αυτό το υλικό ή κάποιο άλλο δικής τους επιλογής.

Συνεπώς, το αναλυτικό πρόγραμμα της φυσικής και της χημείας στη μέση εκπαίδευση της Γαλλίας παρέχει αρκετές ευκαιρίες για την εισαγωγή της ΙΦΕ ώστε αυτή να μπορεί να συμπεριληφθεί στη ροή του μαθήματος. Φυσικά, όταν ο εκπαιδευτικός μπαίνει στην τάξη του δεν αναφέρει στους μαθητές του : «...Και τώρα θα συζητήσουμε για την ιστορία της επιστήμης...» αλλά την εντάσσει στη διδασκαλία του ανάλογα με τις γνώσεις και την ευχέρειά του, όταν παρουσιαστεί (από μόνη της) η κατάλληλη ευκαιρία.

3.4.2 Η παιδαγωγική ακολουθία που βασίζεται στη στήλη του Volta

Το αναλυτικό πρόγραμμα της Γαλλίας για την εκπαιδευτική βαθμίδα 12-13 προβλέπει αποκλειστικά, πειράματα για τη διδασκαλία των ΦΕ και ο σε αυτά ο Volta αναφέρεται απλώς ως ο εφευρέτης της μπαταρίας. Στη βαθμίδα 13-14 το πείραμα του Volta μπορεί όχι μόνο να διδαχθεί αλλά και να πραγματοποιηθεί αφού οι μαθητές γνωρίζουν να χρησιμοποιούν το βολτόμετρο. Στη βαθμίδα 14-15 γίνεται η σύνδεση της έννοιας της χημικής ενέργειας με την ηλεκτροχημική μπαταρία. Οι μαθητές άρα διδάσκονται ότι οι χημικές ενώσεις που περιέχονται στη μπαταρία έχουν αποθηκευμένη χημική ενέργεια μέρος της οποίας μετατρέπεται σε άλλα είδη ενέργειας όταν είναι σε λειτουργία. Οι μαθητές μαθαίνουν επίσης ότι η χημική ενέργεια η οποία απαιτείται για τη λειτουργία της μπαταρίας προέρχεται από μια χημική αντίδραση η κατανάλωση των αντιδρώντων της οποίας προκαλεί τελικά την εξάντλησή της. Εδώ προτείνεται μια πειραματική δραστηριότητα σε δύο στάδια. Στο πρώτο, πραγματοποιείται η αντίδραση με απ' ευθείας επαφή ιόντων Cu(II) (σε διάλυμα CuSO₄) και σκόνης μεταλλικού Zn και στο δεύτερο

τοποθετώντας μια λωρίδα ψευδαργύρου και μια λωρίδα χαλκού σε διάλυμα θειικού χαλκού.

Στη βαθμίδα 14-15 προτείνεται μια ιστορική προσέγγιση. Γι' αυτό το σκοπό παρέχεται στους εκπαιδευτικούς και στους μαθητές ένα (διαφορετικό) βοηθητικό αρχείο. Στο αρχείο των εκπαιδευτικών περιέχεται η ιστορία της εφεύρεσης της ηλεκτρικής στήλης μαζί με την επιστημονική τεκμηρίωση της. Επίσης, περιέχονται και οι βιβλιογραφικές πηγές οι οποίες χρησιμοποιήθηκαν για τη δημιουργία του ώστε να τις χρησιμοποιήσουν οι εκπαιδευτικοί οι οποίοι επιθυμούν, για περαιτέρω μελέτη. Εκτός απ' την αυθεντική επιστολή του Volta προς τη Royal Society υπάρχουν και άλλες δύο πηγές οι οποίες επιτρέπουν την ιστορική προσέγγιση του θέματος και αυτές είναι η βιογραφία του Volta του Pancaldi (2005) και μια πρόσφατη έκδοση του «Leçons de l'école normale de l'an III» η οποία περιλαμβάνει μαθήματα τα οποία δόθηκαν κατά τη διάρκεια της Γαλλικής Επανάστασης για την εκπαίδευση μελλοντικών εκπαιδευτικών δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης (Guyon, 2006). Το τελευταίο αυτό βιβλίο δίνει πληροφορίες για το τι η επιστημονική κοινότητα θεωρούσε τότε σημαντικό σε σχέση με την πρόοδο του ηλεκτρισμού πριν την ανακάλυψη της ηλεκτρικής στήλης. Τέλος, χρησιμοποιούνται και άλλες πηγές όπως ένα paper του W.Nicholson (1797), στο οποίο ο συγγραφέας του αναρωτιέται το κατά πόσο θα ήταν δυνατόν να κατασκευαστεί μια μηχανή η οποία θα μπορούσε να δημιουργήσει ηλεκτρικές εκκενώσεις όπως αυτές του ψαριού torpedo. Μάλιστα, ήταν αυτή ακριβώς η πρόκληση στην οποία ανταποκρίθηκε ο Volta επιτυχώς το 1800 με την ανακάλυψή του σε μια διαιρεμένη από τους συνεχείς μακροχρόνιους πολέμους Ευρώπη.

Το αρχείο που απευθύνεται στους μαθητές περιέχει αποσπάσματα από την επιστολή του Volta η οποία απευθυνόταν στον Sir Joseph Banks πρόεδρο της Royal Society με ημερομηνία 20 Μαρτίου 1800 και εστάλη από το Κόμο της Ιταλίας. Αυτή η επιστολή, γραμμένη στα γαλλικά, δίνει όλες τις απαιτούμενες πληροφορίες για την κατασκευή μιας μηχανής η οποία κάνει ό,τι και το ηλεκτρικό όργανο του ψαριού torpedo το οποίο ο Volta πολύ χαρακτηριστικά χαρακτήρισε ως «το τεχνητό ηλεκτρικό όργανο». Προτείνεται με έμφαση, το κείμενο αυτό να συνδεθεί με ένα πείραμα κατασκευής μιας στήλης σαν του Volta και στο τέλος συμπεριλαμβάνονται ερωτήσεις κατανόησης.

Αυτές οι παιδαγωγικές παρεμβάσεις δημιουργήθηκαν την άνοιξη του 2006 και παρουσιάστηκαν σε σεμινάριο επιμόρφωσης εκπαιδευτικών το Μάιο του 2006. Εκεί αναγνώστηκαν, σχολιάστηκαν και στη συνέχεια βελτιώθηκαν από μια ομάδα ειδικών οι οποίοι είχαν επιφορτιστεί με αυτή την αποστολή.

3.4.3 Η χρήση του πειράματος του Volta για την υποστήριξη μιας διδακτικής ιστορικής ακολουθίας

Η ηλεκτρική γεννήτρια διδάσκεται στη Γαλλία επίσης και στις βαθμίδες 16-17 και 17-18. Στη βαθμίδα 16-17 βρίσκεται στο αναλυτικό πρόγραμμα της φυσικής και στη βαθμίδα 17-18 βρίσκεται στο αναλυτικό πρόγραμμα της χημείας σαν παράδειγμα συστήματος το οποίο δε βρίσκεται σε ισορροπία. Την άνοιξη του 2007 το πείραμα του Volta βιντεοσκοπήθηκε διότι θεωρήθηκε ότι είναι σχετικά δύσκολο να πραγματοποιείται από τους διδάσκοντες οι οποίοι ενδεχομένως να μην έχουν τις απαιτούμενες γνώσεις, υλικά ή χρόνο γι' αυτό. Το βίντεο αυτό παρουσιάζει το πείραμα χωρισμένο σε διδακτικές ακολουθίες. Δεν περιέχει ερμηνεία του πειράματος ώστε οι εκπαιδευτικοί να μπορούν να το χρησιμοποιήσουν σε οποιαδήποτε βαθμίδα εκπαίδευσης δίνοντας αυτοί την κατάλληλη ερμηνεία. Μερικές ακολουθίες έχουν μεγάλη χρονική διάρκεια αλλά αυτό έχει το πλεονέκτημα ότι οι διδάσκοντες έχουν το χρόνο να εξηγούν τις αναγκαίες λεπτομέρειες και οι μαθητές να μπορούν να κάνουν ερωτήσεις. Οι καθηγητές μπορούν να παρουσιάσουν είτε όλες είτε μέρος των ακολουθιών του βίντεο το οποίο θεωρείται ότι είναι απλά μια βοήθεια η οποία πρέπει να συνοδευτεί με τα αναγκαία επεξηγηματικά σχόλια. Επίσης, υπάρχει ένα μέρος στην ανάπτυξη της ερευνητικής διαδικασίας κατά το οποίο η ελευθερία της έκφρασης αφήνεται στην πρωτοβουλία του καθηγητή ανάλογα με το επίπεδο των εκάστοτε μαθητών του και τους στόχους του αναλυτικού προγράμματος.

Οι διάφορες ακολουθίες είναι ανεξάρτητες η μια από την άλλη. Η ακολουθία 1 παρουσιάζει την κατασκευή της στήλης του Volta με παλαιά υλικά τα οποία είναι πολύ συνηθισμένα σε ένα σχολικό εργαστήριο. Η στήλη που κατασκευάζεται με αυτό τον τρόπο, παρουσιάζεται μεν στους μαθητές αλλά πολύ σπάνια λειτουργεί. Αποτελείται από μια σειρά από ζευγάρια τα οποία αποτελούνται από ένα δίσκο χαλκού και ένα δίσκο ψευδαργύρου σε επαφή. Δύο ζεύγη χωρίζονται από ένα κομμάτι ύφασμα. Το πρώτο και το τελευταίο ζεύγος είναι συνδεδεμένα με μέταλλα για να συνδεθούν με αυτά τα καλώδια

του κυκλώματος που θα δημιουργηθεί. Έτσι, η ακολουθία της κατασκευής της στήλης είναι $\text{Cu}/\text{Zn}/\text{ύφασμα}/\text{Cu}/\text{Zn}/\text{ύφασμα}/\dots/\text{Cu}/\text{Zn}$.

Σήμερα γνωρίζουμε ότι η σωστή ακολουθία θα έπρεπε να είναι $\text{Cu}/\text{ύφασμα}/\text{Zn}$ όπου ο Zn παίζει το ρόλο του αρνητικού πόλου (-) ενώ ο Cu του θετικού (+). Έτσι, σήμερα η στήλη κατασκευάζεται με ανεξάρτητους δίσκους από χαλκό και ψευδάργυρο άρα η κατασκευή της είναι ελαφρώς διαφορετική από αυτήν του Volta. Κρίνεται σκόπιμο η κατασκευή να γίνει με την τοποθέτηση ενός δίσκου χαλκού, στη συνέχεια ενός δίσκου με ύφασμα και μετά ενός δίσκου ψευδαργύρου κοκ Έτσι, εκτός του ότι η κατασκευή θα γίνει κατανοητή, η στήλη θα είναι λειτουργική χωρίς προβλήματα. Φυσικά η παρουσίαση του πειράματος ενώπιον των μαθητών απαιτεί τη χρήση οργάνων δηλαδή βολτομέτρου και αμπερομέτρου τα οποία δε διέθετε ο Volta ο οποίος χρησιμοποιούσε τη γλώσσα, τα χέρια του και μια λεκάνη με νερό διότι το πείραμα θα πρέπει να γίνει διασφαλίζοντας απόλυτα την ασφάλεια των μαθητών και επίσης να είναι πειστικό και απόλυτα κατανοητό το αποτέλεσμά του.

Στο πρώτο μέρος της δεύτερης ακολουθίας του βίντεο (ακολουθία 2.1) γίνεται μέτρηση της διαφοράς δυναμικού της στήλης η οποία αποτελείται από 45 ζεύγη Cu/Zn αλλά το αποτέλεσμα είναι μηδενικό. Τότε η στήλη βυθίζεται σε διάλυμα χλωριούχου αμμωνίου συγκέντρωσης 1M για ένα λεπτό περίπου και στη συνέχεια εξάγεται και σκουπίζεται (ακολουθία 2.2). Μετά ξαναγίνεται η μέτρηση (ακολουθία 2.3) και προκύπτει μη μηδενική τιμή τάσης. Μετά απ' αυτό, η μέτρηση γίνεται αφού αντιστραφούν τα καλώδια των άκρων και προκύπτει αρνητική τιμή (ακολουθία 2.4). Στην ακολουθία 2.5 πιστοποιείται το ότι οι τάσεις σε κάθε ζεύγος είναι προσθετικές ενώ η μέτρηση μετά από αντιστροφή περίπου δέκα ζευγών επιβεβαιώνει ότι στην τάση παίζει ρόλο ο προσανατολισμός τους (ακολουθία 2.6).

Η ακολουθία 3 παρουσιάζει ένα κλειστό κύκλωμα με πηγή τη στήλη που κατασκευάστηκε, έναν αντιστάτη και ένα αμπερόμετρο. Η στήλη λειτουργεί αλλά γρήγορα η τάση μειώνεται κατά πολύ. Τότε, με ανοικτό το κύκλωμα ένα χτύπημα στη στήλη επαναφέρει την τάση στα αρχικά της επίπεδα. Έτσι μπορεί να αναφερθεί ότι επαληθεύτηκε ο ισχυρισμός του Volta πως όπως το ψάρι torpedo έτσι και η μηχανή του ανακτά ξανά την αρχική ισχύ της.

Η ακολουθία 4 απευθύνεται μόνο στους εκπαιδευτικούς. Σε αυτήν, παρουσιάζεται μια μπαταρία η οποία κατασκευάζεται από σύγχρονο επιστημονικό εξοπλισμό και αυτή η διαδικασία θα μπορούσε να ζητηθεί να αναπαραχθεί από τους μαθητές αφού προηγηθεί έρευνα για το έργο και τη ζωή του A. Volta. Μια τέτοια έρευνα πριν το πείραμα θα επέτρεπε στον καθηγητή να διερευνήσει την προγενέστερη γνώση των μαθητών για τον ηλεκτρισμό. Μετά το τέλος του πειράματος, ο καθηγητής μπορεί να προχωρήσει με τη μελέτη αποσπάσματος από την επιστολή του Volta η οποία αναφέρθηκε προηγουμένως, ώστε να αποφορτίσει λίγο την πίεση που θα νιώθουν οι μαθητές από το προηγούμενο μάθημα με χιουμοριστικά στιγμιότυπα σχετικά με τα μέσα που χρησιμοποίησε αυτός (γλώσσα, χέρια κτλ) αλλά θα ήταν και ευκαιρία να δοθούν συμβουλές για τους κανόνες ασφαλείας που θα πρέπει να τηρούνται κατά τη διάρκεια της προετοιμασίας και εκτέλεσης των πειραμάτων.

3.4.4 Διαθεματικότητα και ΙΦΕ

Οι αναμορφωτές του αναλυτικού προγράμματος εκπαίδευσης της Γαλλίας βασίζουν πολλά στα εκπαιδευτικά αντικείμενα τα οποία είναι κατάλληλα στη σύγκλιση και συνεργασία πολλών ειδικοτήτων εκπαιδευτικών στόχος που παρουσιάζει αναλογίες με το ανάλογο αναλυτικό πρόγραμμα της Βρετανίας το GCSE. Τα θέματα προσέγγισης θα μπορούσαν να ταιριάζουν με σύγχρονα κοινωνικά θέματα και θέματα ετερογένειας μεταξύ των μαθητών τα οποία δεν αφήνουν κανένα ασυγκίνητο. Η δυσκολία για την υλοποίηση τέτοιων projects έγκειται στην οργάνωση της παιδαγωγικής ομάδας που θα τα φέρει εις πέρας. Είναι απαραίτητο οι εκπαιδευτικοί να μάθουν να εργάζονται μαζί, εισφέροντας ο καθένας τη δική του γνώση και εμπειρία συμβάλλοντας στην πληρέστερη μόρφωση των μαθητών τους. Η διαθεματική εργασία είναι γνωστό ότι απαιτεί περιορισμούς σε αυτούς που την εφαρμόζουν όπως απώλεια της προσωπικής αυτονομίας, εγκατάλειψη κάθε είδους δογματισμού, ανάπτυξη της δυνατότητας συνεργασίας με συναδέλφους, αποδοχή της πιθανότητας αμφισβήτησης των προσωπικών ιδεών και πρακτικών κοκ. Με βάση αυτά, η ΙΦΕ καλείται να παίξει το ρόλο της απαιτούμενης «γέφυρας» διότι απλά δεν ανήκει σε κανένα απ' τα επιστημονικά πεδία αλλά και η ίδια είναι διαθεματική. Είναι ένα πεδίο το οποίο πρέπει να εξερευνηθεί απ' όλους σαν ομάδα. Γενικά, κάθε επιστημονική ανακάλυψη έχει διασυνδέσεις με διάφορες ειδικότητες και η συνεισφορά της κάθε μιας θα φέρει καλύτερη κατανόηση της επιστημονικής γνώσης σαν σύνολο από τους μαθητές. Στο

πείραμα του Volta το οποίο αναλύθηκε σε αυτό το υποκεφάλαιο συγκεκριμένα, υπάρχουν συνδέσεις με την προγενέστερη εργασία του Galvani και τις σχετικές έρευνες στην ανατομία αλλά και τις μελέτες από τη βιολογία για το ηλεκτρικό όργανο του ψαριού torpedo. Συνεπώς, η συνεργασία της διδασκαλίας του πειράματος μεταξύ των καθηγητών φυσικής και βιολογίας θα μπορούσε να αποδώσει καλύτερα αποτελέσματα.

3.4.5 Προβληματισμοί

Η ΙΦΕ έχει πια αρκετή παρουσία στα αναλυτικά προγράμματα της Γαλλίας και οι νέες αλλαγές που γίνονται αναμένεται να την ενισχύσουν ακόμα περισσότερο. Για παράδειγμα, στον τομέα «Επιστήμη και Τεχνολογία στους τομείς Υγείας και Κοινωνίας» αναμένεται να υπάρξει μεγάλος αριθμός ιστορικών αναφορών λόγω των σχετικών εισηγήσεων που έχουν γίνει. Αυτή όμως η πολιτισμική και διαθεματική διάσταση-προέκταση του αντικειμένου τους συχνά προβληματίζει τους καθηγητές ΦΕ για το κατά πόσο θα μπορέσουν να ανταποκριθούν επαρκώς. Συνεπώς, θεωρείται απαραίτητη η ενίσχυσή τους με το κατάλληλο συμβουλευτικό υλικό. Υπάρχουν δύο τρόποι για την εισαγωγή της ιστορικής διάστασης στη διδασκαλία των ΦΕ. Είτε περιφερειακά με μικρές «ενέσεις» είτε κεντρικά με πλήρεις διδακτικές ακολουθίες βασισμένες στην ΙΦΕ όπως το παράδειγμα της στήλης του Volta που μελετήθηκε προηγουμένως. Αν είναι «ενέσεις», αυτές θα πρέπει να εντάσσονται στη διδασκαλία από τον διδάσκοντα την κατάλληλη στιγμή όταν αναφέρεται στο μάθημα κάτι σχετικό με κάποιο θέμα με το οποίο έχουν σχέση αλλά το κρίσιμο σημείο είναι ότι παρόλο που μπορεί και πρέπει να φαίνονται σαν τυχαίες αναφορές θα πρέπει να είναι πολύ καλά προετοιμασμένες. Οι αρχικές πηγές για αυτές θα μπορούσαν να είναι εγκυκλοπαίδειες, επίσημο υλικό του Υπουργείου Παιδείας αλλά και το διαδίκτυο με τις αναγκαίες φυσικά προφυλάξεις. Σύμφωνα με τον Fauque (2008), αυτοσχέδια ανέκδοτα ή προσωπικές απόψεις θα πρέπει όσο το δυνατόν να αποφεύγονται. Οι καθηγητές θα πρέπει να τονίζουν ότι ο άνθρωπος που έκανε μια μεγάλη ανακάλυψη ήταν κάποιος που προσέγγισε και ανέλυσε το άγνωστο με τον καλύτερο τρόπο και έδωσε πρωτότυπες και δημιουργικές απαντήσεις. Θα πρέπει να τονίζεται επίσης ότι η περιέργεια προκαλεί ερωτήσεις και με βάση τις παρατηρήσεις και την αυστηρότητα της εργασίας δίδονται τελικά οι απαντήσεις.

Είναι γεγονός ότι η προετοιμασία ενός μαθήματος βασισμένου στην ΙΦΕ απαιτεί περισσότερο χρόνο απ' τα συμβατικά μαθήματα. Ο καθηγητής θα πρέπει να διαλέξει το

υλικό (κείμενο, φωτογραφίες κοκ) και να μελετήσει το επιστημονικό, κοινωνικό, πολιτικό και πολιτισμικό υπόβαθρο της εποχής που αναφέρεται. Αν έχει διαλέξει κάποιο κείμενο τότε θα πρέπει να έχει προετοιμάσει την ερμηνεία του λεξιλογίου που εμφανίζεται σε αυτό. Αν έχει διαλέξει φωτογραφίες ή εικόνες θα πρέπει να έχει γνώση για ό,τι εμφανίζεται σε αυτές ώστε να είναι προετοιμασμένος για τις ερωτήσεις των μαθητών του ακόμα κι αν δε σκοπεύει να σταθεί σε όλα τα σημεία. Τελικά, θα πρέπει να έχουν προετοιμαστεί όλα τα διαδοχικά βήματα του μαθήματος και οι απαντήσεις στις πιθανές ερωτήσεις που θα γίνουν. Συνεπώς, λόγω του μεγάλου χρόνου προετοιμασίας, δεν είναι δυνατόν να πραγματοποιηθούν πολλές διδακτικές ακολουθίες με ΙΦΕ σε μια ακαδημαϊκή χρονιά και οι άρα οι φιλοδοξίες είναι περιορισμένες ως προς αυτό.

3.5 Ιστορία της επιστήμης σε δύο πρόσφατες εκδόσεις σχολικών βιβλίων στην Κίνα

Η υποενότητα αυτή βασίζεται στην έρευνα των Lin Lin et al (2024), κατά την οποία διερευνήθηκε η εισαγωγή της ιστορίας της επιστήμης σε δύο πρόσφατες εκδόσεις βιβλίων μέσης εκπαίδευσης στην Κίνα. Η έρευνα αυτή παρουσιάζει ενδιαφέρον εκτός των άλλων διότι είναι γνωστό ότι η διδασκαλία σε σχολικό επίπεδο των φυσικών επιστημών (και όχι μόνο) κατά μεγάλο μέρος βασίζεται στα σχολικά βιβλία (Leite, 1986) και άρα η πιθανή χρήση και ο βαθμός επίτευξης των στόχων απ' την αξιοποίησή της, θα εξαρτάται κατά πολύ από το πώς και κατά πόσο η ιστορία της επιστήμης έχει εισαχθεί στα σχολικά εγχειρίδια. Είναι χαρακτηριστικό ότι σε σχετική έρευνα σε 42 χώρες διαπιστώθηκε ότι εκπαιδευτικοί σε όλο τον κόσμο χρησιμοποιούν κυρίως τα σχολικά εγχειρίδια σαν οδηγό για να διδάξουν το αντικείμενό τους και μάλιστα οι καθηγητές φυσικής βασίζονται σε αυτά περίπου το 50% της εβδομαδιαίας διδασκαλίας τους (Harmon et al., 1997). Αυτό είναι λογικό, αφού εκτός των άλλων, τουλάχιστον στην Ελλάδα στο σχολικό εγχειρίδιο έχει στηριχθεί το αναλυτικό πρόγραμμα το οποίο λίγο πολύ είναι υποχρεωμένοι να ακολουθήσουν οι εκπαιδευτικοί. Λόγω της σημασίας του παραπάνω θέματος, στην επόμενη υποενότητα παρατίθενται τα στοιχεία από σχετικές έρευνες για τον τρόπο εισαγωγής της ΙΦΕ στα σχολικά και επιστημονικά εγχειρίδια που αναφέρονται στη μελέτη των Lin Lin et al (2024).

3.5.1 Η ΙΦΕ στα σχολικά βιβλία

Ο Irwin (1996) μελέτησε την εισαγωγή της ΙΦΕ σε τέσσερις ομάδες βιβλίων στη Μεγάλη Βρετανία και τα αποτελέσματα της έρευνας έδειξαν ότι η ΙΦΕ εισάγεται απλά ως ένα «καρύκευμα» προκειμένου να γίνει λίγο πιο ενδιαφέρον το βαρετό αναλυτικό πρόγραμμα των φυσικών επιστημών και τίποτα περισσότερο.

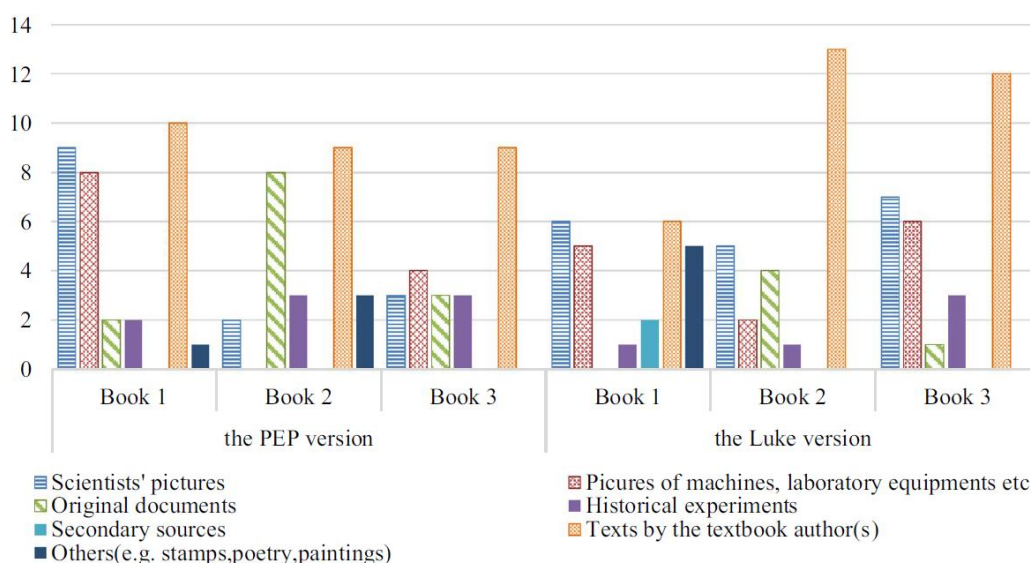
Ο Wang (1999) ερεύνησε το θέμα σε τέσσερα πρόσφατα για τότε, σχολικά βιβλία των ΗΠΑ από την άποψη του επιστημονικού αλφαριθμητισμού και οριοθέτησε ένα πλαίσιο για ποσοτική ανάλυση του θέματος πάνω σε τρεις άξονες : κατανόηση της επιστημονικής γνώσης, κατανόηση των επιστημονικών μεθόδων και σχέση μεταξύ επιστήμης, τεχνολογίας και κοινωνίας. Χρησιμοποιώντας αυτό το πλαίσιο τροποποιημένο απ' τον ίδιο, ο Niaz (2000) μελέτησε 22 πανεπιστημιακά βιβλία χημείας στις ΗΠΑ. Η έρευνα έδειξε ότι ενώ τα περισσότερα περιέγραφαν τα σχετικά πειράματα με ικανοποιητικές λεπτομέρειες, γενικά δεν έφταναν στο επιθυμητό κατ' εκείνον, επίπεδο ούτε στην ιστορία ούτε στη φιλοσοφία της επιστήμης. Με περαιτέρω έρευνα, ο Niaz κατέληξε στο ότι οι ελλείψεις αυτές δεν οφείλονταν στους περιορισμούς στην έκταση των βιβλίων όπως θα μπορούσε να υποθέσει κανείς αλλά στην ανεπαρκή γνώση των εκδοτών για την σημασία της εισαγωγής της ΙΦΕ.

Η αρχή της έρευνας για τον τρόπο εισαγωγής της ΙΦΕ στα σχολικά εγχειρίδια θεωρείται ότι έγινε το 1986 όταν ο Leite ανέλυσε σχετικά με το θέμα τα βιβλία της Πορτογαλίας. Η έρευνά του έδειξε ότι υπήρχαν αρκετά προβλήματα όπως η μικρή ή μεγάλη παραποίηση ιστορικών γεγονότων, η μη ανάδειξη του μεγέθους των δυσκολιών για την παραγωγή της επιστημονικής γνώσης και η όχι απαιτούμενη ακρίβεια στις σχετικές λεπτομέρειες ιστορικών γεγονότων σχετικά με τις επιστημονικές ανακαλύψεις (Leite, 1986). Μάλιστα, ο Leite ανέπτυξε ένα εργαλείο με το οποίο μπορεί να γίνει ανάλυση και αξιολόγηση του περιεχομένου ενός συγγράμματος σχετικά με την ΙΦΕ το οποίο εξετάζει μεταξύ άλλων στοιχεία όπως η πολυπολιτισμικότητα, η περιβαλλοντική συνιστώσα, ο εποικοδομητισμός και άλλα στοιχεία εκτός του αναλυτικού προγράμματος. Αυτά τα εργαλεία του Leite έχουν χρησιμοποιηθεί ευρέως και αυτά χρησιμοποιήθηκαν και στην έρευνα στην οποία βασίζεται αυτή η υποενοότητα. Ο Hunkoog (2015), μελέτησε τα βιβλία μέσης εκπαίδευσης της Ν. Κορέας και διαπίστωσε ότι τα αποτελέσματα που αναφέρονται σε ορισμένα πειράματα δεν έχουν πολύ σχέση με τα πραγματικά και μερικά βήματά τους έχουν

παραληφθεί ώστε να προκύψουν τα «επιθυμητά» συμπεράσματα. Γενικά δηλαδή η ΙΦΕ παρουσιάζεται απλοποιημένη και εξιδανικευμένη. Όσον αφορά τον τομέα της φύσης της επιστήμης (NOS), ο Ding (2017) εφαρμόζοντας ποιοτικά κριτήρια κατέληξε ότι δεν υπάρχει επαρκής εμβάθυνση ούτε σε αυτόν τον τομέα.

3.5.2 Η ΙΦΕ στις εκδόσεις PEP & Luke στην Κίνα

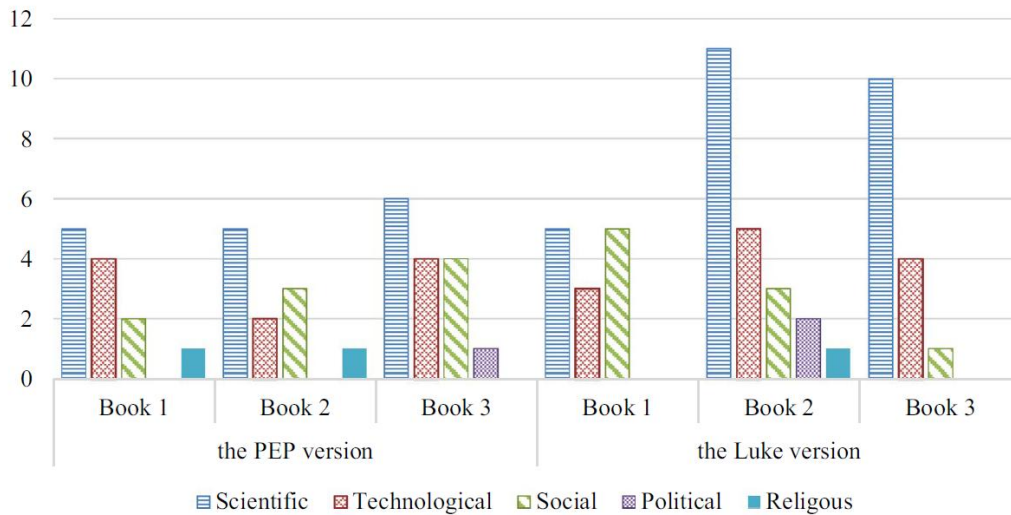
Οι εκδόσεις που μελετήθηκαν στη έρευνα αναφέρονται ως PEP (People Education Press) και Luke (Shandong Science and Technology Search) όπου η 1^η έκδοση και για τις δύο έγινε τον Ιούλιο 2019. Στα βιβλία και των δύο εκδόσεων, κοινό χαρακτηριστικό είναι το ότι το όποιο υλικό από την ΙΦΕ υπάρχει, κυρίως αποτελείται από κείμενα τα οποία γράφτηκαν απ' τους ίδιους τους συγγραφείς των βιβλίων πλαισιωμένα από φωτογραφίες (ή πορτρέτα αν είναι παλιάς εποχής) των επιστημόνων και των οργάνων που χρησιμοποιούσαν στις έρευνές τους. Οι δραστηριότητες οι οποίες τα βιβλία προτείνουν να διδαχθούν στην τάξη ή να γίνουν απ' τους μαθητές σχετικά με την ΙΦΕ είναι μέτριας δυσκολίας και στις δύο εκδόσεις ενώ μόνο ένα βιβλίο απ' την έκδοση PEP έχει στη βιβλιογραφία του κάποιο σύγγραμμα σχετικό με την ΙΦΕ δηλαδή σχετική προτεινόμενη βιβλιογραφία ουσιαστικά απουσιάζει. Αναλυτικά το υλικό που χρησιμοποιήθηκε για την παρουσίαση των ιστορικών πληροφοριών στις δύο σειρές των υπό εξέταση βιβλίων φαίνεται στην *Εικόνα 2*.



Εικόνα 2 : Υλικά για την παρουσίαση της ιστορικής πληροφορίας στις εκδόσεις PEP&Luke

Στα βιβλία υπάρχουν αρκετές βιογραφίες επιστημόνων στις οποίες αναφέρονται τόσο οι ζωές τους όσο και τα χαρακτηριστικά της προσωπικότητάς τους. Στιγμιότυπα ή και ανέκδοτα απ' τις ζωές τους επίσης αναφέρονται περιστασιακά στα διάφορα σχετικά κείμενα και κυρίως σε αυτά που προορίζονται για εκτός αναλυτικού προγράμματος ανάγνωση για τα παιδιά που ενδιαφέρονται για κάτι περισσότερο. Όσον αφορά την περιγραφή των χαρακτηριστικών και στις δύο εκδόσεις, οι επιστήμονες τείνουν να περιγράφονται ως χαρισματικά μέλη της κοινωνίας με ιδιαίτερα υψηλού επιπέδου ικανότητες οι οποίοι προσπαθούν να ανταποκριθούν στις υψηλές προς αυτούς προσδοκίες της χώρας τους. Σε όποιο σημείο γίνεται αναφορά για κάποια σημαντική επιστημονική ανακάλυψη αυτό γίνεται χωρίς γενικά να είναι κατανοητή η μη γραμμική πρόοδος και η πραγματική εξέλιξη που οδήγησαν σε αυτήν. Σε σχέση με την προσωπικότητα των επιστημόνων, τα βιβλία των δύο εκδόσεων τείνουν να αποδώσουν την επιστημονική πρόοδο γενικά και τις επιστημονικές ανακαλύψεις ειδικά, σε μεμονωμένους επιστήμονες παρά σε συνεργασία είτε των μελών κάποιας επιστημονικής ομάδας είτε ολόκληρης της επιστημονικής κοινότητας. Παρόλο που είναι γνωστό ότι η σύγχρονη τουλάχιστον επιστήμη απαιτεί πολύ υψηλά επίπεδα συνεργασίας, οι μαθητές δε θα το κατανοήσουν αυτό διαβάζοντας αυτά τα βιβλία. Όσο για την περιγραφή των επιστημόνων, αυτή έχει λίγα στοιχεία από όλη τη ζωή τους και περιορίζεται στην παρουσία μιας φωτογραφίας και την περιγραφή μιας ανακάλυψης αναφέροντας σύντομα το όνομα, την ημερομηνία γέννησης και θανάτου τους. Έτσι, τελικά οι επιστήμονες παρουσιάζονται ως διάνυες και πνευματικά ανώτερα μέλη της κοινωνίας. Αυτό το γεγονός όπως έχουν δείξει σχετικές αναλύσεις, εύκολα μπορεί να αποξενώσει και να απογοητεύσει τους μαθητές μη δείχνοντάς τους ότι δεν ήταν όλοι οι επιστήμονες διάνυες και επίσης ότι είχαν περιπετειώδεις ζωές γεμάτες δυσκολίες και απογοητεύσεις όπως όλοι οι άνθρωποι (Solbes & Traves, 1996). Έτσι είναι πιθανόν οι μαθητές να πιστέψουν λανθασμένα ότι μόνο οι διάνυες μπορούν να γίνουν επιστήμονες. Οι λίγες αναφορές στη συνεργασία μεταξύ επιστημόνων αδυνατίζουν τη δυνατότητα της ιστορίας της επιστήμης να αναπτύξει το πνεύμα συνεργασίας των μαθητών αλλά και τη συνείδηση μιας κοινότητας η οποία προσπαθεί για ένα καλύτερο κοινό μέλλον με την ανθρωπότητα. Ο τρόπος που η ΙΦΕ εισάγεται σε αυτά τα βιβλία φαίνεται να χάνει την ευκαιρία να βοηθήσει τους μαθητές να καταλάβουν πώς οι επιστήμονες δουλεύουν, αγωνίζονται και συνδυάζουν τις παρατηρήσεις, τα δεδομένα, τη λογική και τη φαντασία τους.

Οι τομείς με τους οποίους η ΙΦΕ που περιέχεται στα βιβλία σχετίζεται είναι ο επιστημονικός, ο τεχνολογικός, ο κοινωνικός, ο πολιτικός και ο θρησκευτικός. Στην *Εικόνα 3* φαίνεται η συχνότητα εμφάνισης του κάθε τομέα στα διάφορα βιβλία των δύο εκδόσεων.

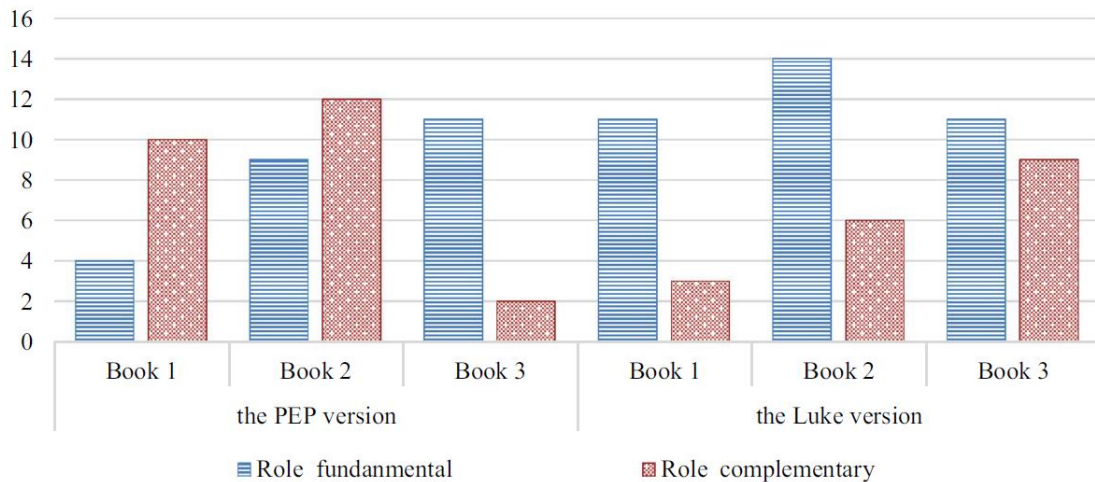


Εικόνα 3 : Τομείς με τους οποίους η ΙΦΕ σχετίζεται στα διάφορα βιβλία της μελέτης

Ο επιστημονικός τομέας κυριαρχεί και είναι αναμενόμενο αφού η ιστορία των επιστημονικών ανακαλύψεων και η δημιουργία και εξέλιξη της επιστημονικής γνώσης λογικά εστιάζεται σε αυτόν. Από εκεί και πέρα υπάρχει περίπου το μισό υλικό που εστιάζεται στον τεχνολογικό τομέα επίσης λογικό αφού οι τεχνολογική πρόοδος συνδέεται άρρηκτα με την επιστημονική. Μετά ακολουθεί η κοινωνική συνιστώσα η οποία αν και πολύ σημαντική δεν υπάρχει με μεγάλη συχνότητα στα περισσότερα βιβλία. Τέλος, υπάρχουν ο πολιτικός και ο θρησκευτικός τομέας οι οποίοι είναι οι λιγότεροι σε συχνότητα εμφάνισης και αυτό ίσως να έχει σχέση με την παράδοση που υπάρχει στην Κίνα να μην αναφέρονται και πολλά σε σχέση με αυτούς τους δύο τομείς στα σχολικά βιβλία της χώρας.

Στην *Εικόνα 4* φαίνεται μια πολύ ουσιώδης παράμετρος που είναι ο βαθμός που η ΙΦΕ στα διάφορα βιβλία έχει υποχρεωτικό ή συμπληρωματικό χαρακτήρα. Κι αυτό γιατί κατ' αρχάς δείχνει το κατά πόσο η εισαγωγή της ΙΦΕ έγινε με στόχο την ουσιαστική συμβολή της στην εκπαιδευτική διαδικασία ή απλώς αποτελεί συμπλήρωμα των άλλων κλασικών μεθόδων. Επίσης, διότι όπως είναι λογικό η συντριπτική πλειοψηφία των μαθητών μελετά

μόνο εκείνα τα σημεία απ' τα σχολικά βιβλία τα οποία πιστεύουν ότι θα αποτελέσουν εξεταστέα ύλη (Wei, 2019).



Εικόνα 4 : Συχνότητα υποχρεωτικής-μη υποχρεωτικής εισαγωγής ΙΦΕ

Από την *Εικόνα 4* φαίνεται ότι στην έκδοση PEP ο υποχρεωτικός χαρακτήρας είναι περιορισμένος σε αντίθεση με την έκδοση Luke που κυριαρχεί.

3.6 Ανασκόπηση μελετών οι οποίες διερευνούν εμπειρίες από την εφαρμογή της ΙΦΕ στις σχολικές τάξεις

Σε αυτό το υποκεφάλαιο θα παρουσιαστούν τα κύρια σημεία της ανασκόπησης των Teixeira et al (2012), μελετών οι οποίες διερευνούν διδακτικές εμπειρίες από την εφαρμογή σε σχολικές τάξεις, της χρήσης της ΙΦΕ και ειδικότερα της φυσικής.

3.6.1 Εισαγωγή

Το χρονικό της ΙΦΕ στη διδασκαλία των ΦΕ έχει μακρά παράδοση. Η αρχή της θα μπορούσε να προσδιοριστεί στα τέλη του 19^{ου} αιώνα όταν το είχε προτείνει ο Ernst Mach. Κατά το δεύτερο μισό του 20^{ου} αιώνα με την υποστήριξη του J. Conant και του project *Harvard Case Studies in Experimental Science* στο οποίο πρωτοστάτησε, δημιουργήθηκε μια ακαδημαϊκή παράδοση από προτάσεις και δημιουργία σχετικού υλικού με το θέμα, η οποία διαρκεί μέχρι σήμερα. Η πιο επιδραστική απ' αυτές, ήταν το *Harvard Project Physics Course* το οποίο έχει σχετικά πρόσφατα επικαιροποιηθεί (Cassidy et al, 2002). Από εκεί και πέρα, αυτή η εκπαιδευτική πρόταση (χρήση ΙΦΕ) μέχρι τα τέλη της

δεκαετίας του 1980 είχε αποκτήσει έναν όλο και αυξανόμενο αριθμό υποστηρικτών (Mathews, 1994) χωρίς αυτό να σημαίνει πώς είχε καθολική αποδοχή μεταξύ των ερευνητών και διδασκόντων του μαθήματος της φυσικής. Μάλιστα, είναι γνωστή η αντίθεση ως προς αυτή την προοπτική μεθόδου διδασκαλίας, διάσημων ιστορικών εκπαίδευσης όπως ο T.Kuhn και ο M.Klein (Mathews, 1994). Σε αυτό το αμφιλεγόμενο πεδίο σε σχέση με το θέμα, είναι προφανής η ανάγκη της αξιολόγησης της ως τώρα εφαρμογής της ΙΦΕ στις σχολικές τάξεις και αυτό το κενό φιλοδοξούσε να καλύψει η ανασκόπηση που μελετάται σε αυτό το υποκεφάλαιο.

Το ερώτημα το οποίο κλήθηκε να απαντήσει αυτή η ανασκόπηση ήταν : «Ποια αξιόπιστη πληροφορία μπορεί να εξαχθεί από τις ερευνητικές μελέτες οι οποίες περιγράφουν τα αποτελέσματα της διδακτικής εφαρμογής της ΙΦΕ στις σχολικές αίθουσες;». Οι συγγραφείς σαρώνοντας διάφορες βάσεις δεδομένων, κατέληξαν αρχικά σε 152 περίπου μελέτες και στη συνέχεια μετά από αυστηρές διαδικασίες επιλογής επέλεξαν 11, οι οποίες θεωρήθηκαν κατάλληλες για το επίπεδο και το αντικείμενο της μελέτης και μελετήθηκαν σε βάθος. Οι μελέτες οι οποίες εξετάστηκαν, ήταν άρθρα δημοσιευμένα στα αγγλικά σε επιστημονικά περιοδικά μεγάλου κύρους, κεφάλαια βιβλίων και εργασίες οι οποίες παρουσιάστηκαν σε συνέδρια και είχαν δημοσιευθεί από το 1940 έως το 2008. Ο περιορισμένος αριθμός μελετών οι οποίες τελικά επιλέχθηκαν, μας δίνει και μια γενική εικόνα για την κατάσταση της έρευνας στο συγκεκριμένο πεδίο. Αυτό γιατί περίπου το 53% από τις αρχικές 152 μελέτες αποκλείστηκαν διότι δεν σχετίζονταν με τη φυσική που ήταν το αντικείμενο της ανασκόπησης ενώ το 39% επειδή δεν σχετιζόταν με έρευνα η οποία αφορούσε την αποτελεσματική εφαρμογή της ΙΦΕ στις σχολικές αίθουσες αλλά είχαν θεωρητική προσέγγιση του θέματος. Αυτά μας δείχνουν τη σχετική έλλειψη δημοσιευμένων ερευνών οι οποίες σχετίζονται με την εφαρμογή της διδασκαλίας της ΙΦΕ στην πράξη αφού οι περισσότερες αφορούν τη θεωρητική προσέγγιση του θέματος. Οι 11 μελέτες οι οποίες επιλέχθηκαν, φαίνονται στο *Παράρτημα* .

Η ανάλυση των δεδομένων της μελέτης έδειξε μεταξύ άλλων ότι οι διδακτικές προσεγγίσεις με βάση την ΙΦΕ που χρησιμοποιήθηκαν, είχαν σαν αποτέλεσμα τη βελτίωση της στάσης των μαθητών απέναντι στην επιστήμη χωρίς πάντως κάποια αξιοσημείωτη διαφορά σε σχέση με συμβατικές μεθόδους διδασκαλίας.

3.6.2 Παρουσίαση των μελετών

Παρακάτω, (Πίνακας 2) παρουσιάζονται επιγραμματικά τα βασικά στοιχεία των 11 υπό εξέταση μελετών της έρευνας.

Μελέτη	Χώρα	Γνωστικός Τομέας	Εκπαιδευτική Βαθμίδα	Διάρκεια Εφαρμογής
A	Γερμανία	Ηλεκτρισμός	Δευτεροβάθμια	Μια ενότητα
B	Βραζιλία	Οπτική	Δευτεροβάθμια	Απροσδιόριστη
C	Ισραήλ	Οπτική	Δευτεροβάθμια	Ένας χρόνος
D	Ισπανία	Διάφορα	Δευτεροβάθμια	Τρία χρόνια
E	ΗΠΑ	Δύναμη-Κίνηση	Δευτεροβάθμια	4 μήνες
F	ΗΠΑ	Οπτική-Πίεση	Δευτεροβάθμια	Ένας μήνας
G	Αργεντινή	Ηλεκτρισμός	Μεταπτυχιακό	Απροσδιόριστη
H	Νιγηρία	Κοσμολογία	Τριτοβάθμια	Απροσδιόριστη
I	Γαλλία	Οπτική	Δευτεροβάθμια	Απροσδιόριστη
J	Αγγλία	Κίνηση Brown	BA	Ένας χρόνος
K	Ελλάδα	Οπτική	Πρωτοβάθμια-Δευτεροβάθμια	Απροσδιόριστη

Πίνακας 2 : Συνοπτική παρουσίαση μελετών της έρευνας Teixeira et al (2012)

Όπως φαίνεται από τον Πίνακα 2 , οι μελέτες περιλαμβάνουν ποικιλία εκπαιδευτικών βαθμίδων αλλά η πλειοψηφία τους αφορά τη δευτεροβάθμια εκπαίδευση κάτι που ίσως δείχνει και την ανάγκη για περισσότερες μελέτες που αφορούν το πανεπιστημιακό επίπεδο και απευθύνονται σε ώριμους ανθρώπους περισσότερο ικανούς να κατανοούν ιστορικά και επιστημολογικά ζητήματα. Ακολουθεί σύντομη παρουσίαση της κάθε μελέτης :

Η μελέτη Α, περιγράφει τη διδακτική παρέμβαση η οποία έγινε σε μια τάξη 15 μαθητών δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης σχολείου της Γερμανίας στην ενότητα του στατικού ηλεκτρισμού. Στην αίθουσα του μαθήματος είχαν αναπαρασταθεί διάφορα ιστορικά

πειράματα στατικού ηλεκτρισμού δίνοντας τη δυνατότητα στους μαθητές να έχουν τις δικές τους εμπειρίες αλληλεπιδρώντας με αυτά. Η όλη διαδικασία υποστηρίζονταν με την ανάγνωση ιστορικών κειμένων τα οποία εξηγούσαν την ανάπτυξη του τομέα αυτού όσο και τη δομή των ίδιων των πειραμάτων και περιείχαν όψεις οι οποίες έθεσαν τις βάσεις για αλλαγή της πειραματικής λογικής στα τέλη του 18^{ου} αιώνα. Να σημειωθεί ότι η διδακτική αυτή παρέμβαση ήταν ποιοτική χωρίς δηλαδή τη συλλογή ή επεξεργασία των δεδομένων τα οποία θα μπορούσαν να προκύψουν από τα όργανα των πειραμάτων τα οποία αναπαράστηκαν. Επειδή η ηλεκτροστατική είναι στην υποχρεωτική διδακτέα ύλη της χώρας που έγινε η παρέμβαση, κατά την άποψη του συντάκτη της μελέτης θα μπορούσε να θεωρηθεί ως μια διδακτική παρέμβαση βασισμένη στην ΙΦΕ με βάση το Mathews (1994).

Η μελέτη Β, περιγράφει μια διδακτική παρέμβαση που πραγματοποιήθηκε με μια ομάδα 40 μαθητών δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης σχετικά με την ιστορική εξέλιξη του κλάδου της οπτικής και επικεντρώθηκε κυρίως σε γεγονότα τα οποία είχαν να κάνουν με τη χρήση του τηλεσκοπίου από τον Γαλιλαίο. Αρχικά έγινε ανάγνωση και ανάλυση ιστορικών κειμένων και στη συνέχεια έγιναν ομαδικές δραστηριότητες το αντικείμενο των οποίων ήταν ερωτήματα τα οποία πρότεινε και καθοδηγούσε ο διδάσκων. Ο σκοπός των δραστηριοτήτων αυτών ήταν η βαθύτερη κατανόηση θεμελιωδών χαρακτηριστικών της επιστήμης καθώς επίσης και η καλλιέργεια της ικανότητας ανάπτυξης επιχειρημάτων και εκτίμησης δεδομένων και αντιλήψεων σχετικά με επιστημονικά ζητήματα. Οι συγγραφείς της μελέτης πήραν σαν δεδομένο ότι η ΙΦΕ αποτελεί ένα αναπόσπαστο κομμάτι της επιστημονικής γνώσης και άρα θα πρέπει να συμπεριλαμβάνεται στην επιστημονική διδασκαλία και κατά συνέπεια σχεδίασαν την παρέμβασή τους με το σκεπτικό του Mathews (1994) ότι για τη σωστή κατανόησή της επιστήμης, όπως είναι απαραίτητα όλα τα στοιχεία που την αποτελούν έτσι απαιτείται απαραίτητως και η γνώση της ίδιας της ιστορίας της.

Η μελέτη C, η οποία δημοσιεύθηκε σε δύο άρθρα, ερευνά τα αποτελέσματα ενός προγράμματος διάρκειας ενός χρόνου στο πεδίο της οπτικής και συγκεκριμένα στη φύση του φωτός και στο σχηματισμό ειδώλων, στο οποίο έγινε εκτεταμένη χρήση υλικού σχετικού με την ΙΦΕ με σκοπό τη βελτίωση της αντίληψης των μαθητών στην NOS και την τεχνολογία καθώς και τη βαθύτερη κατανόηση του αντικειμένου της οπτικής. Η

εισαγωγή της ΙΦΕ κινήθηκε παράλληλα με τις προϋπάρχουσες αντιλήψεις των μαθητών σε σχέση με το θέμα παρόλο που δεν προτάθηκε κάποια συγκεκριμένη εκπαιδευτική μέθοδο για την εφαρμογή της μεθόδου της έρευνας. Η έρευνα ήταν ποιοτική και ποσοτική και εφαρμόστηκε σε συνολικά 234 μαθητές εκ των οποίων οι 141 ήταν η ομάδα εφαρμογής και οι υπόλοιποι 93 ήταν ομάδα ελέγχου. Χρησιμοποιήθηκαν ερωτηματολόγια σχετικά με τις μαθητικές απόψεις για την επιστήμη στα οποία υπήρχαν ερωτήσεις ανοιχτού τύπου και πολλαπλής επιλογής χωρίς να υπάρχει κάποιο επεξηγηματικό καθοδηγητικό κείμενο. Αυτά τα ερωτηματολόγια επιλέχθηκαν από άλλες προηγούμενες μελέτες σχετικές με το θέμα. Επίσης, χρησιμοποιήθηκε και ένα εννοιολογικά προσανατολισμένο τεστ για την αξιολόγηση των γνώσεων που αποκτήθηκαν το οποίο δόθηκε ταυτόχρονα σε όλες τις ομάδες στο φυσικό χώρο διδασκαλίας και υποβλήθηκε σε ποιοτική και ποσοτική ανάλυση. Τέλος, έγιναν συνεντεύξεις σε ορισμένους μαθητές και καθηγητές από την ομάδα εφαρμογής. Οι ερευνητές ετοίμασαν το υλικό της έρευνας και έκαναν τη συλλογή και ανάλυση δεδομένων ενώ εθελοντές καθηγητές χωρίς εμπειρία από ΙΦΕ εκτέλεσαν το πειραματικό μέρος.

Η μελέτη D, στηρίχθηκε σε διδακτική παρέμβαση που έγινε σε συνολικά 927 μαθητές εκ των οποίων οι 233 ήταν η ομάδα της έρευνας και οι 694 η ομάδα ελέγχου. Ο βασικός στόχος αυτής της μελέτης ήταν να δείξει ότι η εισαγωγή της ιστορίας και της κοινωνιολογίας της επιστήμης στη σχολική διδασκαλία της φυσικής και της χημείας με κατάλληλο τρόπο όπως βιογραφίες, αυθεντικές δημοσιεύσεις, βίντεο που δείχνουν τη δημιουργία και την εξέλιξη θεμελιωδών επιστημονικών ανακαλύψεων κτλ μπορούν να συνεισφέρουν σε μια καλύτερη κατανόηση της επιστημονικής αντίληψης αλλά και της εκτίμησης της ίδιας της επιστήμης από τους μαθητές. Σύμφωνα με τους συγγραφείς, η ιστορική προσέγγιση μπορεί να συμβάλλει στο να ξεπεραστεί μια καθαρά εμπειριστική εικόνα της επιστήμης και να προωθήσει μια νοητική αλλαγή χαράζοντας παράλληλους δρόμους ανάμεσα στις ιστορικές ιδέες και στις μαθητικές προγενέστερες απόψεις για την NOS και την επιστημονική δραστηριότητα, την αντίληψη για τις κοινωνικές προεκτάσεις, το ρόλο των γυναικών στην επιστήμη κτλ. Οι συγγραφείς εισήγαγαν την ΙΦΕ στην εφαρμογή αυτής της έρευνας με έναν ολοκληρωμένο τρόπο υιοθετώντας μια στρατηγική διδασκαλίας όπως πρότειναν οι Gil et al (1991). Παρόλα αυτά, δεν μοιράστηκαν λεπτομέρειες για το πώς αυτή η στρατηγική εφαρμόστηκε στην τάξη αλλά μόνο γενικά

στοιχεία. Συγκεκριμένα, αναφέρουν ότι ήταν ποσοτική έρευνα στην οποία έγινε χρήση τριών διαφορετικών ερωτηματολογίων μετά την εφαρμογή της παρέμβασης, το ένα σχετιζόταν με την ανάπτυξη της επιστήμης και τη συνεισφορά των επιστημόνων το δεύτερο με κοινωνικές διαστάσεις της ιστορίας και το τρίτο με προσεγγίσεις γύρω από την επιστήμη. Τα τεστ αυτά περιείχαν ερωτήσεις ανοιχτού τύπου χωρίς κάποιο κείμενο και ποιοτικές παρατηρήσεις. Το υλικό προετοιμάστηκε από τους ερευνητές καθώς και η συλλογή και ανάλυση των αποτελεσμάτων ενώ η εφαρμογή στην τάξη έγινε από τους ερευνητές και από άλλους καθηγητές.

Η μελέτη Ε, έχει γενικό στόχο την εννοιολογική κατανόηση της NOS και την αύξηση της εκτίμησης της επιστήμης από τους μαθητές. Η παρέμβαση στην οποία στηρίχθηκε η έρευνα εφαρμόστηκε σε 91 συνολικά μαθητές οι οποίοι χωρίστηκαν με τυχαίο τρόπο σε 4 ομάδες. Στις τρεις απ' αυτές εφαρμόστηκε από μια διαφορετική παρέμβαση ενώ η τέταρτη ήταν ομάδα ελέγχου. Οι ερευνητές δηλαδή εφάρμοσαν σε κάθε ομάδα διαφορετική διδακτική προσέγγιση. Στην πρώτη ομάδα, η προσέγγιση έγινε με βάση το σκεπτικό ότι οι προϋπάρχουσες ιδέες των μαθητών μπορούν να παραλληλιστούν με την εξέλιξη των επιστημονικών ιδεών και βασίστηκε μεταξύ άλλων στις εργασίες των Wandersee (1985) και Seroglou et al (1998). Στη δεύτερη ομάδα, η προσέγγιση στηρίχθηκε σε συζητήσεις σχετικά με το πώς παράγεται η επιστημονική γνώση με σκοπό την καλύτερη κατανόηση της NOS και στηρίχθηκε κυρίως στις εργασίες των Abd-El-Khalick & Lederman (2000 a,b). Στην τρίτη ομάδα, χρησιμοποιήθηκαν μικρές προσωπικές ιστορίες από τις ζωές επιστημόνων με τρόπο που δε συνδέονταν με επιστημονικά ζητήματα και NOS και η παρέμβαση βασίστηκε στα Egan's story form (1985, 1989). Στην τέταρτη ομάδα (ομάδα ελέγχου) χρησιμοποιήθηκε η παραδοσιακή μέθοδος διδασκαλίας. Η έρευνα ήταν ποσοτική και τα εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν ήταν τεστ πριν και μετά την εφαρμογή, διερεύνηση προσωπικών χαρακτηριστικών όπως δείκτης νοημοσύνης και προηγούμενες σπουδές, ερωτηματολόγια σχετικά με τη NOS τα οποία είχαν χρησιμοποιηθεί σε προηγούμενες έρευνες και συνεντεύξεις με έξι τυχαία επιλεγμένους μαθητές από κάθε ομάδα.

Η μελέτη F, στηρίχθηκε σε παρέμβαση που έγινε σε σύνολο 580 μαθητών και είχε σαν στόχο να εξετάσει την αποτελεσματικότητα της μεθόδου HOSC (History of Science Cases) στην κατανόηση από τους μαθητές της NOS και των ζητημάτων των φυσικών

επιστημών. Η μελέτη εφαρμόστηκε σε διαφορετικές ομάδες μαθητών δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης στα μαθήματα της φυσικής, της χημείας και της βιολογίας αν και η παρούσα μελέτη περιορίζεται στην ανάλυση μόνο των τμημάτων της φυσικής. Κατά τη διάρκεια των τεσσάρων εβδομάδων που εφαρμόστηκε η παρέμβαση, οι ομάδες της φυσικής ασχολήθηκαν με τους τομείς της οπτικής (γραμμές Fraunhofer και ταχύτητα του φωτός) και της υδροστατικής (ατμοσφαιρική πίεση). Η στρατηγική διδασκαλίας περιλάμβανε ανάγνωση για επιστημονικά ζητήματα σαν μέρος της εργασίας των μαθητών για το σπίτι και συζήτηση στη συνέχεια στην τάξη χρησιμοποιώντας ιστορικά κείμενα μαζί με πρωτότυπα επιστημονικά άρθρα, πειράματα και ασκήσεις οι οποίες σχετίζονταν με αυτά τα επιστημονικά ζητήματα. Η έρευνα ήταν ποσοτική και τα ερευνητικά εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν ήταν pre- και post- τεστ κατανόησης NOS για τους μαθητές (TOUS test) και ένα σχετικό πριν pri-test για τους καθηγητές προκειμένου να διερευνήσουν τη μαθητική εκπαιδευτική έφεση (Otis Mental Ability Test) και ένα post-test στο συγκεκριμένο ζήτημα (Cooperative Physics Test). Οι σύνθεση των ομάδων ορίστηκε με τυχαίο τρόπο και η παρέμβαση σχεδιάστηκε και εφαρμόστηκε από τους ερευνητές.

Η μελέτη G, προέκυψε από διδακτική παρέμβαση σε σύνολο 66 φοιτητών χωρισμένους σε δύο ομάδες των 33 ατόμων. Η μια ομάδα ήταν αυτή που εφαρμόστηκε η παρέμβαση ενώ η άλλη ήταν ομάδα ελέγχου. Η μελέτη αυτή, ανέλυσε τα αποτελέσματα εφαρμογής ιστορικά ενημερωμένου εκπαιδευτικού υλικού στην οντολογική κατανόηση από πανεπιστημιακούς φοιτητές του ζητήματος των δυναμικών πεδιακών γραμμών σε σχέση με την πιθανή νοητική αλλαγή. Ανάγνωση και συζητήσεις στην τάξη ιστορικών κειμένων σχετικών με τις έρευνες του M. Faraday στον ηλεκτρομαγνητισμό χρησιμοποιήθηκαν για να γίνει σύγκριση της οντολογικής υπόστασης των πεδιακών γραμμών όπως αυτές χαρακτηρίστηκαν απ' αυτόν, με σύγχρονες απόψεις για το θέμα. Επίσης, πραγματοποιήθηκαν εργαστηριακές ασκήσεις με πειράματα παρόμοια με αυτά του Faraday και υπήρχαν και μαθήματα στα οποία έγιναν ασκήσεις σχετικά με το θέμα. Η έρευνα ήταν ποσοτική χρησιμοποιώντας pre- και post- tests με ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής για να προκαλέσουν τις οντολογικές απόψεις των φοιτητών σχετικά με τις πεδιακές γραμμές και τις δυνάμεις, με την πιθανότητα της επιλογής περισσότερων από μιας απαντήσεων, δηλώσεις των μαθητών στις οποίες αιτιολογούσαν τις επιλογές τους και

συνεντεύξεις. Ο ερευνητής ήταν εκείνος που σχεδίασε τη δραστηριότητα και την εφάρμοσε (συνέλεξε και ανέλυσε τα δεδομένα).

Η μελέτη Η, είναι μια πολύ ιδιαίτερη μελέτη και είχε σκοπό να προσδιορίσει τη φύση των παραδοσιακών θεωρήσεων των μαθητών της Νιγηρίας με διαφορετικά επίπεδα μόρφωσης (συμπεριλαμβανομένου και της αγραμματοσύνης), να επιβεβαιώσει το κατά πόσο τα δημογραφικά χαρακτηριστικά επηρεάζουν αυτές τις θεωρήσεις και να αναλύσουν την επίδραση μιας εκπαιδευτικής πανεπιστημιακής παρέμβασης που περιέχει ΙΦΕ σε αυτές. Εφόσον η εκπαιδευτική στρατηγική με ΙΦΕ συμπεριλάμβανε μόνο πανεπιστημιακούς φοιτητές η παρούσα ανάλυση περιέχει μόνο αποτελέσματα που είναι σχετικά με αυτούς. Η εισαγωγή της ΙΦΕ έγινε μέσω ανάγνωσης και συζητήσεων μιας ποικιλίας ιστορικών κειμένων συμπεριλαμβανομένων και κάποιων που έχουν σχέση με την ελληνική, τη μεσαιωνική και την αφρικανική κοσμολογία. Η ιδέα ήταν να διεγείρουν τις ορθολογικές διαδικασίες σκέψης των μαθητών και έτσι να αυξήσουν την πιθανότητα αυτοί να διαλέξουν μια επιστημονική εξήγηση αντί μια που έχει τις ρίζες της στην αφρικανική κοσμολογική παράδοση. Η παρέμβαση εφαρμόστηκε σε σύνολο 243 φοιτητές εκ των οποίων οι 105 ήταν η ομάδα εφαρμογής και οι 138 η ομάδα ελέγχου. Η έρευνα ήταν ποσοτική και χρησιμοποιήθηκαν pre- και post- tests, ερωτηματολόγια (TCT, Traditional Cosmological Test) για να προσδιοριστούν οι κοσμολογικές ιδέες οι οποίες βασίζονται σε φανταστικές ιστορίες και ακολούθως κείμενα στα οποία οι φοιτητές αναφέρουν τη γνώμη τους με μια κλίμακα Lickert τριών σημείων όπως επίσης και μια λίστα από παραδοσιακές κοσμολογικές αντιλήψεις κοινές στην νότια Νιγηρία με κλίμακα από 0 έως 10 σύμφωνα με τον τρόπο που τέτοιες απόψεις επηρεάζουν τις αντιλήψεις τους σχετικά με τα φυσικά φαινόμενα.

Η έρευνα Ι, ερεύνησε τα αποτελέσματα μιας γραπτής διδακτικής παρέμβασης εφαρμοσμένης σε θεατρική μορφή, μια συζήτηση εμπνευσμένη από την ιστορία της κατανόησης του μηχανισμού της όρασης με στόχους την απόκτηση γνώσης του πώς λειτουργεί η όραση, τη βελτίωση της ικανότητας επιχειρηματολογίας μέσα από δραστηριότητες συνομιλίας και το να γίνουν οι μαθητές περισσότερο συνειδητοποιημένοι σχετικά με τις δικές τους νοητικές διαδικασίες. Η έρευνα χρησιμοποίησε μια μέθοδο διδασκαλίας της φυσικής στην οποία έγινε χρήση της ΙΦΕ. Αυτή η μέθοδος βασίστηκε στο μοντέλο των Monk & Osborn του 1997 για το πώς εισάγεται η ΙΦΕ στην εκπαίδευση

των φυσικών επιστημών το οποίο χαράζει παράλληλες πορείες της ιστορικής ανάπτυξης των επιστημονικών ιδεών με τις εναλλακτικές πορείες για την απόκτηση από τους μαθητές της γνώσης για το μηχανισμό της όρασης. Η ερευνητική παρέμβαση εφαρμόστηκε σε 12 μαθητές και ήταν ποιοτική στη μορφή ενός εκπαιδευτικού πειράματος χρησιμοποιώντας συνεντεύξεις οι οποίες είχαν κέντρο ένα θεατρικό το οποίο είχε δημιουργηθεί από τους ερευνητές σχετικά με τον τρόπο που λειτουργεί η όραση. Οι ερευνητές σχεδίασαν και εφάρμοσαν τη δραστηριότητα και πραγματοποίησαν και την έρευνα συλλέγοντας και αναλύοντας τα δεδομένα. Το χαρακτηριστικό αυτής της έρευνας ήταν ότι το θεατρικό χρησιμοποιήθηκε ως μέσο εισαγωγής της ΙΦΕ στη διδασκαλία με σκοπό την κατανόηση ενός συγκεκριμένου ζητήματος της επιστήμης αλλά και καλύτερης κατανόησης της NOS. Οι μαθητές ενθαρρύνθηκαν να αναγνωρίσουν τις δικές τους προγενέστερες απόψεις για το θέμα και στη συνέχεια να τις προσπεράσουν με την ισχύ των επιχειρημάτων τα οποία περιέχονταν στο θεατρικό το οποίο ήταν το όχημα και χρησιμοποιούσε την ΙΦΕ.

Η έρευνα J, στόχευε να αξιολογήσει την επίδραση ενός μαθήματος βασισμένου στην ΙΦΕ στη διδασκαλία της κίνησης Brown και την ίδια στιγμή να αυξήσει την κατανόηση της NOS σε μια ομάδα 23 φοιτητών. Η έρευνα χρησιμοποίησε ένα ιστορικό κείμενο το οποίο γράφτηκε από τον ίδιο τον ερευνητή, ένα βιβλίο του Jean Perrin του 1916 και άλλο ένα σύγχρονο διδακτικό κείμενο ώστε να γίνει επανεκτίμηση των δεδομένων γύρω από την κίνηση Brown. Στην έρευνα χρησιμοποιήθηκε μια ολοκληρωμένη στρατηγική διδασκαλίας η οποία περιλάμβανε ανάγνωση και συζήτηση των κειμένων, παραγωγή ενός άλλου κειμένου από τους ίδιους τους φοιτητές και επίσης μια άσκηση η οποία επανεκτιμούσε τα δεδομένα του Perrin. Η έρευνα ήταν ποιοτική και χρησιμοποίησε ένα τελικό ερωτηματολόγιο. Το γραπτό των μαθητών το οποίο ονομαζόταν «Οι επιστολές στον Brown» ήταν επιστολές που έγραφαν οι φοιτητές, υποτίθεται προς τον Brown, στις οποίες προσπαθούσαν να τον πείσουν να προσαρμόσει τη θεωρία του στις σύγχρονες ερμηνείες. Η χρήση του βιβλίου του Perrin μαζί με ένα σύγχρονο διδακτικό βιβλίο εκτός από την επανεκτίμηση των δεδομένων περιλάμβανε σαν εργασία και τον επανυπολογισμό του αριθμού του Avogadro. Ο ερευνητής σχεδίασε τη δραστηριότητα, την εφάρμοσε, συνέλεξε και ανέλυσε τα δεδομένα.

Η έρευνα Κ, διερεύνησε τα αποτελέσματα μιας διδακτικής παρέμβασης βασισμένης στην ΙΦΕ. Εφαρμόστηκε μια εκπαιδευτική παρέμβαση σε δύο στάδια. Το πρώτο στόχευε να αποσταθεροποιήσει τις εναλλακτικές αναπαραστάσεις των μαθητών σε σχέση με το σχηματισμό των ειδώλων και το δεύτερο μέσω της αναπαράστασης του ιστορικού πειράματος του Kepler, στόχευε στο μετασχηματισμό των απόψεων των μαθητών σε σχέση με τη διάδοση του φωτός και το σχηματισμό ειδώλων. Η έρευνα ήταν ποιοτικο-ποσοτική και σε αυτήν έγινε χρήση ηχογραφημένων συνεντεύξεων πριν και μετά την παρέμβαση με ανοιχτές ερωτήσεις προσαρμοσμένες στο εμπειρικό περιεχόμενο συγκεκριμένων πειραματικών καταστάσεων που αφορούσαν το σχηματισμό των ειδώλων, σχεδιασμούς σχηματικών αναπαραστάσεων της πειραματικής διαδικασίας και ειδικά πρωτόκολλα κωδικοποίησης σχετικών μη λεκτικών αποκρίσεων. Σε κάθε μέρος της παρέμβασης ζητείτο από τους μαθητές να προβλέπουν, να πειραματιστούν και να έρθουν αντιμέτωποι με τα αποτελέσματα των προβλέψεών τους και στη συνέχεια να διορθώσουν ή να επικυρώσουν τις ιδέες τους. Ο ερευνητής και εδώ, σχεδίασε τη δραστηριότητα, την εφάρμοσε, συνέλεξε και ανέλυσε τα δεδομένα.

3.6.3 Γενικός σχολιασμός και σύγκριση των μελετών

Όπως φάνηκε από τα προηγούμενα, σε αυτές τις μελέτες υπάρχει μια ποικιλία διδακτικών στόχων σε σχέση με τη χρήση της ΙΦΕ στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών.

Συγκεκριμένα :

- Σε επτά μελέτες, η ΙΦΕ χρησιμοποιήθηκε ως μέσο για την απόκτηση εννοιολογικής γνώσης (στην πλειοψηφία των μελετών υποστηρίζεται η ιδέα της ομοιότητας ανάμεσα στις εναλλακτικές αντιλήψεις των μαθητών και στις ιστορικά πλαίσιοιμένες έννοιες).
- Σε πέντε μελέτες, η ΙΦΕ χρησιμοποιήθηκε ώστε να επιτύχει καλύτερη κατανόηση πλευρών της NOS (σύμφωνα με τους ερευνητές : καλύτερη κατανόηση της επιστήμης, των διαδικασιών της, των ίδιων των επιστημόνων ώστε να καταπνίξουν αφελής απόψεις σχετικά με αυτά και έτσι να επιτύχουν καλύτερη κατανόηση του ρόλου της επιστήμης στις σύγχρονες κοινωνίες).
- Σε τέσσερις μελέτες, η ΙΦΕ χρησιμοποιήθηκε να βελτιώσει τη στάση των μαθητών απέναντι στην επιστήμη (με τη λογική ότι γνωρίζοντας στοιχεία της ΙΦΕ και της ζωής των επιστημόνων πιθανόν οι μαθητές να αποκτήσουν κίνητρο και να αποκτήσουν ενδιαφέρον για τη μελέτη της επιστήμης και ειδικότερα της φυσικής).

- Σε δύο μελέτες, έγιναν δραστηριότητες ώστε να καλλιεργηθούν ικανότητες επιχειρηματολογίας (όπως πρόκληση συζητήσεων σχετικά με ιστορικά ζητήματα της επιστήμης οι οποίες βοηθούν σε καλύτερη ανάπτυξη των επιχειρημάτων τους).
- Σε μια μελέτη, η ΙΦΕ χρησιμοποιήθηκε για να επιτευχθεί μεταγνώση (εκπαίδευση στο να μαθαίνουν οι μαθητές τον τρόπο να μαθαίνουν). Αυτό έγινε, εμπλέκοντας τους μαθητές σε ιστορικού χαρακτήρα συζητήσεις οι οποίες βελτιώνουν την ικανότητα να μαθαίνουν σχετικά με τις δικές τους νοητικές διαδικασίες.

Χρησιμοποιώντας την κατηγοριοποίηση που πρότεινε ο Mathews (1994), σχετικά με το πώς η ΙΦΕ συμπεριλαμβάνεται στη διδασκαλία των ΦΕ η πλειοψηφία των μελετών (Α, Β, C, D, G, H, I, J) μπορούν να κατηγοριοποιηθούν ως ότι έχουν μια «ενσωματωμένη» στρατηγική στην οποία το επιστημονικό περιεχόμενο διδάσκεται με τέτοιο τρόπο που το περιεχόμενο και η ιστορική ανάπτυξη επικαλύπτονται. Στη μελέτη F, μπορεί να θεωρηθεί ότι χρησιμοποιήθηκε μια «επισυναπτόμενη» στρατηγική στην οποία η ΙΦΕ προστέθηκε στη διδασκαλία με χρήση μιας παραδοσιακής παρά ιστορικά επηρεασμένης προσέγγισης. Η μελέτη E εισήγαγε δύο τύπους προσέγγισης σε διδακτικές προτάσεις και η μελέτη K χρησιμοποίησε την ΙΦΕ με μια ολοκληρωμένη στρατηγικής διδασκαλίας παρόλο που έγινε και πειραματική διαδικασία μέσα στην τάξη.

Τα διδακτικά υλικά που χρησιμοποιήθηκαν στην εισαγωγή της ΙΦΕ στη διδασκαλία ήταν κείμενα σε μορφή ιστορικών διηγήσεων (σε 10 μελέτες), βιογραφίες επιστημόνων (1 μελέτη), ασκήσεις με εννοιολογικά ιστορικό προσανατολισμό (3 μελέτες), βίντεο σχετικά με την εξέλιξη επιστημονικών ζητημάτων (1 μελέτη) και μικρές ιστορίες σχετικά με ζωές επιστημόνων (1 μελέτη). Μερικές από τις μελέτες χρησιμοποίησαν περισσότερους από έναν τύπο των προαναφερθέντων διδακτικών υλικών.

Η εκπαιδευτική στρατηγική που χρησιμοποιήθηκε στην τάξη δεν προσδιορίστηκε στις τρεις από τις μελέτες. Στις περισσότερες από τις μελέτες (70%), προκλήθηκαν θεωρητικές συζητήσεις με ιστορικό περιεχόμενο. Ένας σημαντικός αριθμός μελετών (60%), εισήγαγαν την ΙΦΕ μέσω πειραμάτων στην τάξη ανακατασκευάζοντας πειράματα από την ιστορία των υπό εξέταση θεμάτων. Επίσης, δύο μελέτες εφάρμοσαν στρατηγικές οι οποίες εστιάζονταν στη λύση εννοιολογικά ιστορικών επιστημονικών προβλημάτων. Φυσικά αφού αυτές οι στρατηγικές δεν είναι αλληλοαποκλειόμενες, σε μερικές μελέτες υπήρξε επικάλυψη αυτών.

Μεταξύ των ερευνών, υπήρχαν τέσσερεις ποιοτικές, πέντε ποσοτικές και δύο ποιοτικο-ποσοτικές. Το εργαλείο που χρησιμοποιήθηκε στην πλειοψηφία των ερευνών ήταν ερωτηματολόγια τα οποία περιείχαν ερωτήσεις ανοικτού τύπου ή πολλαπλής επιλογής (σε επτά από τις μελέτες) όπως και συνεντεύξεις (πέντε μελέτες). Στις τρεις απ' αυτές τις επτά μελέτες που χρησιμοποίησαν ερωτηματολόγιο σχετικό με τη NOS, αυτό επιλέχθηκε από προηγούμενες δημοσιευμένες μελέτες.

Η ανάπτυξη των διδακτικών διαδικασιών και η συλλογή και ανάλυση των αποτελεσμάτων έγιναν σε όλες τις μελέτες από τους ίδιους τους ερευνητές-δημιουργούς τους. Μάλιστα, σε πέντε περιπτώσεις οι ερευνητές ήταν υπεύθυνοι και για την εφαρμογή της παρέμβασης στην τάξη. Παρόλο που αυτή η πρακτική δεν είναι ασυνήθιστη στο χώρο της έρευνας της εκπαίδευσης των ΦΕ, θα μπορούσε να πει κάποιος ότι πιθανόν να υπάρχει μια προκατάληψη σε σχέση με την ερμηνεία των αποτελεσμάτων με την έννοια ότι οι ερευνητές θα είχαν την τάση να παρουσιάσουν ότι οι σχεδιασμένες απ' αυτούς παρεμβάσεις ήταν αποτελεσματικές.

3.6.4 Αποτελέσματα των μελετών

Από τις έντεκα μελέτες που αναλύθηκαν από τους Teixeira et al (2012) οι εννέα (B, C, D, E, F, G, H, I, K) αξιολογήθηκαν απ' αυτούς ως πολύ ικανοποιητικές (κατηγορία H) ενώ οι δύο (A, J) ως μέτριες (κατηγορία M). Στον Πίνακα 3 ανακεφαλαιώνονται οι εννέα μελέτες της κατηγορίας H ως προς τα κυριότερα αποτελέσματα της εφαρμογής των παρεμβάσεών τους. Η ένδειξη √ σημαίνει ότι υπήρξαν θετικά αποτελέσματα ενώ η ένδειξη x ότι δεν υπήρξαν.

Μελέτη	Κατανόηση διδακτικού αντικειμένου	NOS	Βελτίωση ικανότητας επιχειρηματολογίας	Μεταγνώση	Στάση απέναντι στην επιστήμη
B		√	√		x
C	√	√			√
D		√			√

E	x	√			x
F	x	√			
G	√				
H	√				
I	√		√	√	
K	√				

Πίνακας 3 : Αποτελέσματα παρεμβάσεων μελετών Teixeira et al (2012)

Επτά από τις εννέα μελέτες (C, E, F, G, H, H, K), είχαν το διδακτικό στόχο να αξιολογήσουν την επίδραση της χρήσης της εισαγωγής της ΙΦΕ στην κατανόηση ενός επιστημονικού ζητήματος. Σε σχέση με αυτό, οι μελέτες E και F ανέφεραν ότι δεν υπήρξε καμία διαφορά ανάμεσα στις ομάδες έρευνας και ελέγχου. Αντίθετα, οι άλλες μελέτες ανέφεραν θετικά συμπεράσματα σε σχέση με αυτό το ζήτημα. Μπορούμε να πούμε λοιπόν ότι η πλειοψηφία των μελετών ανέφερε ελπιδοφόρα αποτελέσματα σε αυτό το θέμα.

Οι μελέτες B, C, D, E, F προσπάθησαν να διερευνήσουν τα αποτελέσματα μιας διδακτικής εφαρμογής της ΙΦΕ στην κατανόηση από τους μαθητές που συμμετείχαν στις έρευνες της NOS. Σε αυτό το θέμα όλες οι μελέτες χωρίς καμία εξαίρεση, παρουσίασαν σαφή ενθαρρυντικά αποτελέσματα. Αυτό δείχνει ότι στη διδασκαλία της φυσικής η χρήση της ΙΦΕ μπορεί να προάγει μια περισσότερο ώριμη οπτική των μαθητών σε σχέση με την κατανόηση τους στην NOS. Έτσι, στα αναλυτικά προγράμματα της φυσικής τα οποία θέλουν να συμπεριλάβουν στους διδακτικούς στόχους τους καλύτερη κατανόηση από τους μαθητές της NOS, θα μπορούσαν να βρουν ένα αποτελεσματικό σύμμαχο στην ΙΦΕ.

Οι μελέτες B, C, D, E (δηλαδή οι ίδιες με την περίπτωση της προηγούμενης παραγράφου με εξαίρεση την F), επίσης διερεύνησαν την επίδραση των παρεμβάσεών τους σε σχέση με τη γενικότερη στάση των μαθητών απέναντι στην επιστήμη. Σε αυτήν την περίπτωση, τα συμπεράσματα των ερευνών δε συγκλίνουν. Οι μελέτες C και D αναφέρουν θετικά δείγματα σχετικά με τη βελτίωση του ενδιαφέροντος των μαθητών στο εγχείρημα της επιστήμης, τους επιστήμονες και τις θεμελιωμένες θεωρίες καθώς και στις διαδικασίες προόδου της επιστήμης. Η μελέτη B όμως κατέληξε στο συμπέρασμα ότι παρά τη διδακτική παρέμβαση η οποία βασίστηκε στην ΙΦΕ οι μαθητές εξακολουθούσαν να

αναμένουν επιβεβαίωση για «απόλυτες αλήθειες» από τον διδάσκοντα και έτσι έδειχναν περιορισμένο ενδιαφέρον για τη διαλεύκανση της υπόθεσης της επιστήμης. Επίσης, στη μελέτη E αναφέρθηκε ότι παρόλο που δραστηριότητες σχετικές με τις ζώες επιστημόνων αύξησαν το ενδιαφέρον των μαθητών, συζητήσεις σχετικά με την επιστημονική μέθοδο χωρίς τη χρήση αυτών, ελάττωναν το ενδιαφέρον σχετικά με την επιστήμη. Αυτό, σύμφωνα με τους δημιουργούς αυτής της έρευνας, δεν είναι δυνατόν να επιβεβαιώσει ότι προσεγγίσεις της διδασκαλίας ΦΕ βασισμένες σε ΙΦΕ οδηγούν σε αύξηση του μαθητικού ενδιαφέροντος και προτείνουν ότι απαιτείται περισσότερο προσεκτική διερεύνηση σε αυτό το θέμα.

Δύο μόνο μελέτες η Β και η Ι, ασχολήθηκαν με τα αποτελέσματα της διδακτικής χρήσης της ΙΦΕ σε σχέση με το επίπεδο της επιχειρηματολογίας. Και οι δύο αυτές μελέτες ανέφεραν ελπιδοφόρα αποτελέσματα παρατηρώντας βελτίωση στην ποιότητα των επιχειρημάτων των μαθητών τόσο στην ικανότητα στις σχετικές συζητήσεις όσο και στη χρήση περισσότερο εύστοχων και εμπειριστατωμένων εξηγήσεων. Αυτό επιβεβαιώνει τα ευρήματα από τη βιβλιογραφία που είναι αφιερωμένη σε αυτό το θέμα ερευνητικά, σύμφωνα με τα οποία η υιοθέτηση στη διδασκαλία των ΦΕ στρατηγικών οι οποίες προάγουν την επιχειρηματολογία είναι θεμελιώδες στοιχείο της διδασκαλίας ΦΕ διότι προσφέρει πολλά πλεονεκτήματα μεταξύ των οποίων το ότι προσφέρει στους μαθητές την ευκαιρία να εμπλακούν με την κουλτούρα της επιστήμης και επιτρέπουν την ανάπτυξη ικανοτήτων μεταγνώσης όπως και την ανάπτυξη διαφορετικών τρόπων σκέψης. Παρόλα αυτά, το γεγονός ότι μόνο δύο μελέτες διερεύνησαν αυτό το θέμα επίσης επιβεβαιώνει ότι αυτή η προσέγγιση σπάνια χρησιμοποιείται στις σχολικές τάξεις στη διδασκαλία των ΦΕ και ειδικά της φυσικής, δείχνοντας την αναγκαιότητα για περισσότερη διερεύνηση ώστε να προσδιοριστεί σε μεγαλύτερο βαθμό το δυναμικό της ΙΦΕ στο κομμάτι της επιχειρηματολογίας.

Όπως φαίνεται από τον Πίνακα 3, μόνο σε μια μελέτη (μελέτη Ι) περιέχονται αποτελέσματα σχετικά με το θέμα της μεταγνώσης. Η μελέτη Ι αναφέρει ότι η εκπαιδευτική ακολουθία βασισμένη στην ΙΦΕ έκανε τους μαθητές περισσότερο συνειδητοποιημένους σε σχέση με τις ίδιες τις δικές τους διαδικασίες σκέψης και αντίληψης καθιστώντας ικανούς μερικούς απ' αυτούς να αναλύσουν εκείνα ακριβώς τα στοιχεία τα οποία προκάλεσαν αλλαγές στις αυθόρμητες προηγούμενες αντιλήψεις τους.

Αυτό δείχνει πρώτον το δυναμικό της διδασκαλίας βασισμένης σε ΙΦΕ σε σχέση με τη μεταγνώση (Seroglou & Koumaras, 2001) και δεύτερον την ανάγκη για περισσότερη ερευνητική προσπάθεια για τη διερεύνηση αυτού του θέματος.

Τέλος, θα πρέπει να τονιστεί το ότι ίσως παραδόξως σε καμία από τις μελέτες της ανασκόπησης δεν έγινε κάποια αναφορά στο Harvard Project Physics (HPS), πιθανόν το πιο χαρακτηριστικό σημείο αναφοράς σε σχέση με διδασκαλία βασισμένη στην ΙΦΕ. Αυτό ίσως να οφείλεται σύμφωνα με τους συγγραφείς (Teixeira et al, 2012) στο ότι την εποχή της δημιουργίας του HPS ο όρος ΙΦΕ δεν ήταν ακόμα καθιερωμένος αλλά υπήρχαν άλλοι όροι όπως ο «connective approach» (Holton, 1964) ή ο «humanistic approach» (Welch, 1973) και έτσι δεν εμφανίστηκαν οι σχετικές μελέτες στα κριτήρια αναζήτησης των ερευνητών της ανασκόπησης.

3.6.5 Συμπεράσματα

Από την ανασκόπηση των 11 ερευνών μπορούν να εξαχθούν ορισμένα γενικά συμπεράσματα :

Η συντριπτική πλειοψηφία των ερευνών που εξετάστηκαν, υποστηρίζουν την ιδέα της ομοιότητας μεταξύ των αυθόρμητων ερμηνειών των μαθητών σε σχέση με τα φυσικά φαινόμενα και την ιστορική ανάπτυξη αυτών των ερμηνειών από την επιστήμη και χρήση αυτής της ομοιότητας με σκοπό την επίτευξη νοητικής αλλαγής παρά τη μεγάλη ποσότητα κριτικής που μπορεί να βρει κανείς στη βιβλιογραφία γι' αυτή την εκπαιδευτική προσέγγιση. Παρά την παρουσία ποικιλίας εκπαιδευτικών στρατηγικών διδασκαλίας οι οποίες βασίζονται στην ΙΦΕ, για συγκριτικά λίγες απ' αυτές υπάρχουν οι αναγκαίες παιδαγωγικές αναφορές οι οποίες θα μπορούσαν να πιστοποιήσουν τη χρήση αυτών και ακόμα λιγότερες που ασχολήθηκαν με την αξιολόγηση των προγενέστερων γνώσεων των μαθητών σε σχέση με την ΙΦΕ.

Οι μελέτες που αναλύθηκαν, παρουσίασαν διάφορους τρόπους για το πώς η ΙΦΕ μπορεί να εφαρμοστεί στη διδασκαλία των ΦΕ σε σχέση με τους διδακτικούς στόχους (κατανόηση επιστημονικών ζητημάτων, NOS, στάσεις, επιχειρηματολογία, μεταγνώση), σε σχέση με τις στρατηγικές διδασκαλίας (ενσωματωμένη με το μάθημα της φυσικής, ενσωματωμένη με μια άλλη στρατηγική διδασκαλίας ή μη ενσωματωμένη), σε σχέση με

το διδακτικό υλικό (ιστορικές αφηγήσεις, βιογραφίες, αναβίωση ιστορικών πειραμάτων, ιστορικά εννοιολογικά προβλήματα και ιστορίες απ' τη ζωή επιστημόνων).

Από τις έντεκα μελέτες που αναλύθηκαν, οι εννέα αξιολογήθηκαν ως υψηλής ποιότητας σύμφωνα με τα κριτήρια που τέθηκαν απ' την παρούσα μελέτη. Τα αποτελέσματα έδειξαν την ύπαρξη θετικών επιδράσεων της διδακτικής χρήσης της ΙΦΕ στη διδασκαλία της φυσικής παρόλο που δεν υπάρχει ομοφωνία πάνω σε αυτό κάτι το οποίο συμβαίνει και στο θέμα της νοητικής αλλαγής. Απαιτούνται επομένως περισσότερες ερευνητικές προσπάθειες προκειμένου να διερευνηθούν αυτές οι παράμετροι ειδικά λόγω των προαναφερθέντων περιορισμών στις ερευνητικές διαδικασίες. Ομοφωνία επίσης δεν υπήρξε και στο αν και σε ποιο βαθμό η ΙΦΕ μπορεί να βελτιώσει τη στάση των μαθητών απέναντι στην επιστήμη το οποίο επίσης μας οδηγεί στο συμπέρασμα ότι και αυτή η παράμετρος χρειάζεται περαιτέρω έρευνα. Από την άλλη πλευρά, αυτού του τύπου η προσέγγιση εμφανίζεται να ευνοεί μια περισσότερο ώριμη οπτική στην κατανόηση από τους μαθητές της NOS και άρα θα πρέπει να λαμβάνεται υπ' όψιν κατά το σχεδιασμό αναλυτικών προγραμμάτων και εκπαιδευτικών στρατηγικών. Ελπιδοφόρα αποτελέσματα επίσης βρέθηκαν σε σχέση με την επίδραση της ΙΦΕ στην επιχειρηματολογία και στη μεταγνώση παρά τον πολύ μικρό ερευνών που εστίασαν σε αυτές τις παραμέτρους.

4. Η συνεισφορά της ΙΦΕ στην ανάδειξη της σχέσης της επιστήμης με κοινωνικό-επιστημονικά ζητήματα (Socio-Scientific Issues - SSI) και με τη "Φύση της Επιστήμης" - Nature of Science (NOS)

Στο κεφάλαιο αυτό θα γίνει μια προσπάθεια παρουσίασης της πιθανής συνεισφοράς της ΙΦΕ σε δύο μεγάλα ζητούμενα της διδασκαλίας των ΦΕ που είναι η σύνδεση της επιστήμης με κοινωνικό-επιστημονικά ζητήματα (SSI) και με τη φύση της επιστήμης (NOS). Αρχικά θα αναλυθεί το τι είναι SSI και ποια η λογική και η πιθανή συνεισφορά τους γενικά και στη συνέχεια θα διατυπωθούν απόψεις για το πώς η ΙΦΕ θα μπορούσε να συμβάλλει σε αυτά.

4.1 Κοινωνικό-επιστημονικά ζητήματα (SSI)

Τα SSI είναι μια πρακτική η οποία εντάσσει στη διδασκαλία ΦΕ, τη συνειδητή χρήση επιστημονικών ζητημάτων τα οποία απαιτούν την ενεργό εμπλοκή των μαθητών σε διαλεκτικές διαδικασίες. Τα θέματα που επιλέγονται είναι συνήθως αμφιλεγόμενα αλλά έχουν και το πρόσθετο χαρακτηριστικό ότι απαιτούν για τη λύση τους (ή γενικά για τη λήψη κάποιας απόφασης) να ληφθούν υπ' όψιν και παράμετροι που άπτονται της ηθικής (Zeidler & Nickols, 2009). Ο σκοπός της διαδικασίας, είναι οι μαθητές να εμπλακούν σε διαδικασίες αιτιολόγησης οι οποίες βασίζονται σε επιστημονικά δεδομένα ώστε να προετοιμαστεί το έδαφος για τη δυνατότητα κατανόησης της επιστημονικής πληροφορίας (Sadler, 2004 ; Zeidler, 2003). Ενώ η διδασκαλία των καθιερωμένων επιστημονικών αρχών απαιτούν (και μπορούν να έχουν) συγκεκριμένες οδηγίες διδασκαλίας, η ανάπτυξη παιδαγωγικών μοντέλων σχετικά με αμφιλεγόμενα επιστημονικά ζητήματα γενικά και SSI ειδικά, θα πρέπει απαραίτητα να συμπεριλαμβάνουν την ενεργό συμμετοχή των μαθητών οι οποίοι πρέπει να κατακτήσουν την ικανότητα ανάπτυξης επιχειρηματολογίας, την ικανότητα διάκρισης της επιστημονικών από μη επιστημονικά θέματα και την αναγνώριση αξιόπιστων στοιχείων και δεδομένων. Η εφαρμογή SSI μεθόδων έχει δύο θεμελιώδεις προϋποθέσεις :

- Πρώτον, η επιλογή των αντίστοιχων επιστημονικών θεμάτων να γίνεται με βάση την αποδοχή του ισχυρισμού ότι τα ενδιαφέροντα των μαθητών τις

περισσότερες φορές δεν είναι συμβατά με τους εκπαιδευτικούς στόχους. Για παράδειγμα, οι μαθητές τείνουν να μη σκέπτονται θέματα που έχουν σχέση με την κατασκευή του κυττάρου, τον περιοδικό πίνακα και τους νόμους της θερμοδυναμικής αλλά μόνο για ζητήματα τα οποία είναι σχετικά με τους ίδιους και τη ζωή τους. Και βέβαια τότε τίθεται το ερώτημα : «Ποια είναι τα ζητήματα με τα οποία οι μαθητές νιώθουν ότι είναι σχετικοί και τους αφορούν;» ή επαναδιατυπώνοντας «Ποια είναι αυτά τα θέματα που έχουν τελικά οι μαθητές στο μυαλό τους και τους αφορούν;». Σύμφωνα με τους Zeidler & Nickols (2009), η απάντηση είναι σχετικά απλή. Σε γενικές γραμμές οι μαθητές σκέπτονται ό,τι περιστρέφεται γύρω απ' αυτούς, οτιδήποτε τους επηρεάζει προσωπικά και το τι σκέπτονται οι άλλοι άνθρωποι γι' αυτό. Δε σημαίνει ότι μόνο αυτά είναι όλος ο κόσμος τους αλλά είναι ένα ικανοποιητικό σημείο που μπορεί να θεωρηθεί ως αφετηρία για να προσελκυστεί η προσοχή τους.

- Δεύτερον, κατά μια έννοια η εννοιολογική επιχειρηματολογία στην εκπαίδευση των ΦΕ είναι μια απόπειρα εκπαίδευσης του μελλοντικού πολίτη. Συνεπώς, είναι θεμελιώδους σημασίας η παρουσίαση του ανθρωπιστικού προσώπου των επιστημονικών αποφάσεων σχετικά με ζητήματα που άπτονται και της ηθικής καθώς και τα επιχειρήματα και τα στοιχεία που χρησιμοποιούνται για την κατάληξη σε αυτές τις αποφάσεις. Το να ξεχωρίζουμε τη διδασκαλία του περιεχομένου της επιστήμης από τις εφαρμογές της και τις εμπλοκές της σε διάφορα ζητήματα είναι ένας τεχνητός και παραπλανητικός διαχωρισμός (Sadler & Zeidler, 2005).

Σήμερα, είναι γενικά αποδεκτό στον τομέα της διδασκαλίας των ΦΕ ότι η διδασκαλία μέσω SSI συνεισφέρει καθοριστικά στην κατανόηση από τους μαθητές της NOS αφού τους κάνει να εξοικειωθούν με την επιστήμη στην πράξη, να αναπτύξουν την ικανότητά τους να αξιολογούν την πληθώρα διαθέσιμων πληροφοριών σε καθημερινή βάση, να παίρνουν αποφάσεις σε θέματα που αφορούν δύσκολα αμφιλεγόμενα κοινωνικοτεχνικά ζητήματα και να είναι ικανοί να λαμβάνουν μέρος σε σχετικές συζητήσεις. Η διδασκαλία των ΦΕ η οποία περιλαμβάνει SSI προσφέρει μοναδικές ευκαιρίες όξυνσης της σκέψης και επιχειρηματολογίας των μαθητών με βάση την ηθική αφού στην πορεία εφαρμογής της διαδικασίας παρουσιάζονται ζητήματα τα οποία θα κλιθεί να αντιμετωπίσει κάποιος στην καθημερινή του ζωή. Εν τω μεταξύ, έχει διαπιστωθεί ότι ο κύριος «αντίπαλος» στην καλλιέργεια τέτοιων δεξιοτήτων είναι οι προϋπάρχουσες απόψεις, οι ψευδοεπιστήμες και η έλλειψη προσωπικών εμπειριών για λήψη αποφάσεων σε ζητήματα που υπάρχει και η ηθική συνιστώσα (Zeidler et al, 2009) συνεπώς η εφαρμογή μεθόδων SSI θα μπορούσε να συνεισφέρει και στη βελτίωση όλων αυτών. Η πρόκληση που αντιμετωπίζουν οι

καθηγητές ΦΕ είναι να επιτρέψουν στους μαθητές να αποδομήσουν το ίδιο τους το σύστημα με τα «πιστεύω» τους, παίρνοντας ευκαιρίες να δημιουργήσουν ένα νέο τέτοιο σύστημα το οποίο θα είναι συμβατό με τις επιστημονικές αντιλήψεις.

4.2 ΙΦΕ και SSI

Με βάση την ανάλυση που έγινε στα προηγούμενα κεφάλαια για την ΙΦΕ και τα SSI, είναι φανερό ότι η χρήση της ΙΦΕ θα μπορούσε να συμβάλλει στους στόχους μιας διδασκαλίας βασισμένης σε SSI διότι :

- Η επιστήμη και οι επιστήμονες έζησαν και έδρασαν σε ένα συγκεκριμένο κοινωνικοπολιτικό πλαίσιο στο οποίο υπήρχαν οι κανόνες της εποχής, οι περιορισμοί και οι προκαταλήψεις. Μέσα στο εκάστοτε περιβάλλον η πορεία δεν ήταν γραμμική και εκτός από την επιστημονική διάσταση σε μια επιστημονική ανακάλυψη, μεγάλο ρόλο έπαιζε και η περιρρέουσα ατμόσφαιρα. Τα παραδείγματα είναι πολλά με πιο χαρακτηριστικό ίσως αυτό του Γαλιλαίου. Συνεπώς, η ΙΦΕ προσφέρει τη δυνατότητα στο να αναδειχθεί με τον πλέον πειστικό τρόπο η άμεση σχέση της επιστήμης με την κοινωνία και τους ηθικούς και πολιτιστικούς κανόνες της κάτι το οποίο είναι απ' τα βασικά ζητούμενα των SSI.
- Η ΙΦΕ μπορεί να προσφέρει πλήθος από παραδείγματα από τα οποία φαίνεται ότι η χρήση μιας επιστημονικής ανακάλυψης άπτεται της ηθικής η οποία πρέπει να συμβαδίζει απαραίτητα με την πρόοδο της τεχνολογίας. Ενδεικτικά θα μπορούσαν να αναφερθούν η χρήση της πυρηνικής βόμβας, η χρήση των πειραματόζωων, η χρηματοδότηση για μεγάλα επιστημονικά πειράματα χωρίς προφανές πρακτικό όφελος και πολλά άλλα τα οποία μπορούν να πυροδοτήσουν τις προσδοκώμενες συζητήσεις με τα χαρακτηριστικά που επιζητά μια διδασκαλία βασισμένη σε SSI. Από τέτοιου είδους παραδείγματα αναδεικνύεται ότι ο πολίτης θα πρέπει να είναι ενημερωμένος και σε θέση να επιχειρηματολογεί και να αποφασίζει σωστά για μείζονα κοινωνικά ζητήματα στηριζόμενος σε επιστημονικά δεδομένα τα οποία θα πρέπει να κατανοεί επαρκώς αλλά και να λαμβάνει υπ' όψιν και την ηθική συνιστώσα τους. Συνεπώς, η χρήση της ΙΦΕ προσεγγίζει τον πυρήνα της διδασκαλίας μέσω SSI οι στόχοι των οποίων πολλές φορές είναι αλληλένδετοι.

5. ΙΦΕ και πρόγραμμα Next Generation Science Standards (NGSS)

Δεν υπάρχει αμφιβολία ότι η επιστήμη και άρα η διδασκαλία των ΦΕ, είναι κεντρικής σημασίας για τη ζωή μας. Σήμερα περισσότερο παρά ποτέ, ο κόσμος μας είναι τόσο περίπλοκος που η επιστημονική γνώση είναι κρίσιμη παράμετρος προκειμένου κάποιος να μπορέσει να κατανοήσει και να διαχειριστεί όλα αυτά που συμβαίνουν γύρω του. Για να κατανοήσει κανείς τα γεγονότα που συμβαίνουν, να διαλέξει και να χρησιμοποιήσει κάποια νέα συσκευή που του προσφέρει η τεχνολογία ή για να καταλήξει σε κάποια κρίσιμη απόφαση για την υγεία του ή κάποιου στενού του προσώπου, είναι φανερό ότι ο επιστημονικός αλφαριθμητισμός είναι το κλειδί. Το επίπεδο της επιστήμης επίσης, είναι ένας παράγοντας στον πυρήνα της ικανότητας μιας χώρας προκειμένου να καινοτομεί, να οδηγεί και να δημιουργεί τα επαγγέλματα του μέλλοντος. Όλοι οι μαθητές ανεξάρτητα από το αν πρόκειται να γίνουν τεχνικοί σε ένα νοσοκομείο, εργάτες σε μια βιομηχανική μονάδα παρασκευής συσκευών υψηλής τεχνολογίας ή διδακτορικοί ερευνητές θα πρέπει να έχουν μια στέρεα βάση από την K-12 βαθμίδα της εκπαίδευσης των ΦΕ της σχολικής τους ζωής. Όλα αυτά, αναφέρονται στην εισαγωγή της επίσημης παρουσίασης μιας φιλόδοξης προσπάθειας αναβάθμισης της εκπαίδευσης των ΦΕ στις ΗΠΑ τα Next Generation Science Standards (NGSS) (NGSS for states by states, 2013).

Τα Next Generation Science Standards (NGSS) αποτελούν μια μεγάλη εκπαιδευτική προσπάθεια στις ΗΠΑ η οποία στοχεύει στην αναβάθμιση της διδασκαλίας των ΦΕ ώστε αυτή να μπορέσει να ανταποκριθεί στις σύνθετες απαιτήσεις και προσδοκίες της εποχής μας. Σε αυτό το κεφάλαιο όπως και στο προηγούμενο για τα SSI, θα γίνει αρχικά μια παρουσίαση των NGSS και στη συνέχεια θα γίνει προσπάθεια να διερευνηθεί το κατά πόσο η ΙΦΕ θα μπορούσε να συνεισφέρει στην επίτευξη των στόχων τους.

5.1 Next Generation Science Standards (NGSS)

Τα NGSS είναι αποτέλεσμα κοινοπραξίας 26 πολιτειών των ΗΠΑ και αποτελεί το απαύγασμα μιας τριχρόνης πολυεπίπεδης διαδικασίας η οποία οργανώθηκε από το National Research Council (NRC), την National Research Teachers Association, την American Association for the Advancement of Science και την Achieve Inc. με την

υποστήριξη της Carnegie Corporation of New York. Το NRC που αποτελεί τον εκτελεστικό βραχίονα του National Academy of Sciences (NAS) και της National Academy of Engineering (NAE), ξεκίνησε τη διαδικασία δημιουργώντας ένα πλαίσιο το *K-12 Science Education : Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas* τον Ιούλιο του 2011 υπό την επίβλεψη 18 ειδικών οι οποίοι ήταν εθνικά αλλά και διεθνώς αναγνωρισμένοι στους τομείς τους. Το πλαίσιο αυτό περιγράφει ένα νέο όραμα για τη διδασκαλία των ΦΕ με βάση το οποίο με επιστημονική τεκμηρίωση καταγράφονται οι γνώσεις και οι ικανότητες τις οποίες οι μαθητές θα πρέπει να αποκτήσουν από το νηπιαγωγείο μέχρι το τέλος της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσής τους. Θα μπορούσαμε να πούμε ότι αυτό το πλαίσιο αποτελεί την ιδρυτική διακήρυξη των NGSS. Στη συνέχεια, η κοινοπραξία των 26 πολιτειών με μια ομάδα εργασίας αποτελούμενη από 41 συγγραφείς με ειδικές γνώσεις στην επιστήμη και στη διδακτική της επιστήμης, ξεκίνησαν την ανάπτυξη και διατύπωση αυστηρών προδιαγραφών (standards) συνεπών με το προηγούμενο πλαίσιο οι οποίες έκτοτε αποτελούν και διεθνή σημεία αναφοράς. Ως μέρος της διαδικασίας, οι προδιαγραφές αυτές υπέστησαν πλήθος αναθεωρήσεων και βελτιώσεων συμπεριλαμβανομένων δύο δημοσίων προσχεδίων, δίνοντας την ευκαιρία σε κάθε ενδιαφερόμενο ειδικό της εκπαίδευσης να βελτιώσει, να αναθεωρήσει ή να προτείνει ιδέες σχετικά με το περιεχόμενό τους. Είναι χαρακτηριστικό ότι περισσότεροι από 10.000 άνθρωποι πρότειναν βελτιώσεις και έκαναν παρατηρήσεις στα δημόσια προσχέδια. Έτσι τελικά, τα NGSS αναπτύχθηκαν μέσα από τη συνεργασία των επιτελείων των πολιτειών αλλά και άλλων ειδικών από διάφορους κλάδους της κοινωνίας όπως της επιστήμης, της διδακτικής της επιστήμης, της ανώτατης εκπαίδευσης, των επιχειρήσεων, της βιομηχανίας κτλ και δημοσιεύτηκαν τον Απρίλιο του 2013 (NGSS for states by states, 2013).

Κάθε NGSS standard αποτελείται από τρεις άξονες :

- *Θεμελιώδεις Ιδέες από Επιστημονικούς Κλάδους (Disciplinary Core Ideas-DCIs)*. Η συνεχώς αυξανόμενη συσσώρευση επιστημονικής γνώσης, καθιστά αδύνατη τη διδασκαλία όλων των ιδεών που σχετίζονται με ένα συγκεκριμένο επιστημονικό αντικείμενο με εξαντλητικές λεπτομέρειες κατά τη διάρκεια των K-12 σπουδών. Όμως, να μην ξεχνάμε ότι σήμερα ζούμε σε μια εποχή που η πληροφορία είναι πιο εύκολα παρά ποτέ προσβάσιμη ακόμα και με ένα απλό άγγιγμα στο κινητό μας τηλέφωνο. Συνεπώς, ο ρόλος της επιστημονικής εκπαίδευσης δε θα πρέπει να είναι να διδάξει τα πάντα στους μαθητές αλλά μάλλον να τους εφοδιάσει με τη θεμελιώδη γνώση και

μεθοδολογία ώστε να είναι σε θέση αργότερα να αποκτήσουν την επιπλέον επιθυμητή πληροφορία μόνοι τους. Έτσι, τα NGSS και πιο συγκεκριμένα τα DCIs, εστιάζουν σε ένα περιορισμένο αριθμό ιδεών και πρακτικών ώστε με την αυξημένη εμβάθυνση σε αυτές να καταστήσουν τους μαθητές ικανούς να αξιολογούν και να επιλέγουν στο μέλλον αξιόπιστες πηγές επιστημονικών πληροφοριών και να συνεχίσουν τη διαδικασία της μόρφωσής τους και μετά το τέλος της σχολικής τους ζωής ως γνώστες και χρήστες της επιστήμης ή ακόμα και ως δημιουργοί τέτοιας γνώσης.

- *Επιστημονικές και Μηχανολογικές Πρακτικές (Science & Engineering Practices-SEPs)*. Αυτές περιλαμβάνουν α) τις κυριότερες πρακτικές που χρησιμοποιούν οι επιστήμονες όταν εξερευνούν και χτίζουν μοντέλα και θεωρίες και β) μια θεμελιώδη σειρά από τεχνολογικές τεχνικές που χρησιμοποιούν οι μηχανικοί όταν σχεδιάζουν και πραγματοποιούν αυτά που θέλουν. Ο σκοπός των SEPs είναι οι μαθητές να εμπλακούν μόνοι τους σε πρακτικές και όχι απλά να μάθουν σχετικά με αυτές σε θεωρητικό επίπεδο. Έρευνες έχουν δείξει ότι οι μαθητές δεν μπορούν να αντιληφθούν τις επιστημονικές πρακτικές ούτε να εκτιμήσουν πλήρως τη φύση της επιστημονικής γνώσης χωρίς να εφαρμόσουν απ' ευθείας και μόνοι τους αυτές τις πρακτικές.
- *Διαθεματικά Ζητήματα (Crosscutting Concepts-CCs)*. Τα CCs περιλαμβάνουν εφαρμογές που έχουν σχέση με πολλούς τομείς της επιστήμης και έτσι συνδέουν μεταξύ άλλων και τις DCIs.

Η γενικότερη φιλοσοφία των NGSS είναι η εστίαση σε λιγότερα επιστημονικά αντικείμενα (DCIs) απ' ότι στα μέχρι τώρα συνηθισμένα αναλυτικά προγράμματα αλλά με στόχευση στη βαθύτερη κατανόηση η οποία θα προκύψει μέσω των πρακτικών εφαρμογών που θα παρέχονται μέσω των SEPs και CCs. Για την ακρίβεια, η στόχευση είναι η επιστήμη και οι εφαρμογές της να βρεθούν στο ίδιο επίπεδο ενασχόλησης στις σχολικές τάξεις όλων των βαθμίδων τονίζοντας εκτός από τις θεμελιώδεις επιστημονικές αρχές που συνήθως εστιάζουν οι κλασικές μέθοδοι εκπαίδευσης και το σχεδιασμό πρακτικών και τεχνολογικών εφαρμογών. Αυτό γίνεται διότι, έρευνες ερευνητών της εκπαίδευσης έχουν δείξει ότι αυτές οι δύο διαστάσεις στην καλύτερη περίπτωση διδάσκονται ξεχωριστά ενώ συνήθως το πρακτικό μέρος δε διδάσκεται καθόλου και αυτό δεν είναι ούτε χρήσιμο ούτε πρακτικό ειδικά αν αναλογιστεί κανείς ότι στον πραγματικό κόσμο η επιστήμη και η τεχνολογία είναι πάντα συνδυασμός γνώσης και εφαρμογής. Προκειμένου να γίνει εφαρμογή των NGSS, αυτά έχουν γραφτεί με τη μορφή δομών που ονομάστηκαν *Performance Expectations (PEs)* κάθε μια απ' τις οποίες συγκεντρώνει αυτά

που θα πρέπει να έχουν κατανοήσει οι μαθητές σε κάποιο συγκεκριμένο ζήτημα της επιστήμης. Σε κάθε PE, τα SEPs ταιριάζουν με πολλές παραμέτρους των DCIs και CCs. Ένα παράδειγμα PE φαίνεται στην *Εικόνα 5*.

Η δομή των NGSS είναι τέτοια που να παρέχει πληροφορίες στους διδάσκοντες και στους σχεδιαστές αναλυτικών προγραμμάτων και μεθόδων αξιολόγησης πέρα απ' τις παραδοσιακές γραμμές. Θα πρέπει να τονιστεί ότι τα NGSS είναι προδιαγραφές και στόχοι και καταδεικνύουν το τι θα πρέπει ένας μαθητής να γνωρίζει και να μπορεί να κάνει ολοκληρώνοντας μια ενότητα αλλά δεν υπαγορεύουν τον τρόπο και τις μεθόδους που θα πρέπει να χρησιμοποιηθούν για να γίνει αυτό. Τα PEs είναι δομημένα με τρόπο που να δείχνουν όλα αυτά αλλά αφήνει τις μεθόδους στις πολιτείες, στα αναλυτικά προγράμματα και στους διδάσκοντες. Υπάρχει δηλαδή μεγάλη ευελιξία σε αυτό το θέμα και ούτε υπαγορεύουν ούτε περιορίζουν τις επιλογές για τη δημιουργία αναλυτικών προγραμμάτων ή μεθόδων διδασκαλίας.

3-LS4 Biological Evolution: Unity and Diversity		
PERFORMANCE EXPECTATIONS		
Students who demonstrate understanding can:		
<p>3-LS4-1. Analyze and interpret data from fossils to provide evidence of the organisms and environments in which they lived long ago. [Clarification Statement: Examples of data could include type, size, and distributions of fossil organisms. Examples of fossils and environments could include marine fossils found on dry land, tropical plant fossils found in Arctic areas, and fossils of extinct organisms.] [Assessment Boundary: Assessment does not include identification of specific fossils or present plants and animals. Assessment is limited to major fossil types and relative ages.]</p> <p>3-LS4-2. Use evidence to construct an explanation for how the variations in characteristics among individuals of the same species may provide advantages in surviving, finding mates, and reproducing. [Clarification Statement: Examples of cause and effect relationships could be that plants that have larger thorns than other plants may be less likely to be eaten by predators and animals that have better camouflage coloration than other animals may be more likely to survive and therefore more likely to leave offspring.]</p>	<p>3-LS4-3. Construct an argument with evidence that in a particular habitat some organisms can survive well, some survive less well, and some cannot survive at all. [Clarification Statement: Examples of evidence could include the needs and characteristics of the organisms and habitats involved. The organisms and their habitats make up a system in which the parts depend on each other.]</p> <p>3-LS4-4. Make a claim about the merit of a solution to a problem caused when the environment changes and the types of plants and animals that live there may change.* [Clarification Statement: Examples of environmental changes could include changes in land characteristics, water distribution, temperature, food, and other organisms.] [Assessment Boundary: Assessment is limited to a single environmental change. Assessment does not include the greenhouse effect or climate change.]</p> <p><small>*This performance expectation integrates traditional science content with engineering through a practice or disciplinary core idea.</small></p>	
Science and Engineering Practices	Disciplinary Core Ideas	Crosscutting Concepts
<p>Analyzing and Interpreting Data Analyzing data in 3–5 builds on K–2 experiences and progresses to introducing quantitative approaches to collecting data and conducting multiple trials of qualitative observations. When possible and feasible, digital tools should be used.</p> <ul style="list-style-type: none"> Analyze and interpret data to make sense of phenomena using logical reasoning. (3-LS4-1) <p>Constructing Explanations and Designing Solutions Constructing explanations and designing solutions</p>	<p>LS2.C: Ecosystem Dynamics, Functioning, and Resilience</p> <ul style="list-style-type: none"> When the environment changes in ways that affect a place's physical characteristics, temperature, or availability of resources, some organisms survive and reproduce, others move to new locations, yet others move into the transformed environment, and some die. (secondary to 3-LS4-4) <p>LS4.A: Evidence of Common Ancestry and Diversity</p> <ul style="list-style-type: none"> Some kinds of plants and animals that once lived 	<p>Cause and Effect</p> <ul style="list-style-type: none"> Cause and effect relationships are routinely identified and used to explain change. (3-LS4-2), (3-LS4-3) <p>Scale, Proportion, and Quantity</p> <ul style="list-style-type: none"> Observable phenomena exist from very short to very long time periods. (3-LS4-1) <p>Systems and System Models</p> <ul style="list-style-type: none"> A system can be described in terms of its components and their interactions. (3-LS4-4)

Εικόνα 5 : Παράδειγμα PE των NGSS (από NGSS for states by states, 2013)

5.2 ΙΦΕ και NGSS

Παρά το γεγονός ότι η εφαρμογή των NGSS δεν προϋποθέτει υποχρεωτικά τη χρήση της ΙΦΕ, αυτή θα μπορούσε να αποτελέσει ένα πολύτιμο εργαλείο στη διδασκαλία των ΦΕ με βάση αυτό το πλαίσιο. Αυτό θα μπορούσε να υποστηριχθεί με διάφορα επιχειρήματα και να γίνει με διάφορους τρόπους, όπως :

- Τοποθετώντας εννοιολογικά τα διάφορα ζητήματα. Εξερευνώντας την ιστορική πορεία των επιστημονικών ιδεών και θεωριών δίνεται η δυνατότητα της κατανόησης των κρίσιμων επιστημονικών ζητημάτων. Για παράδειγμα, η μελέτη των πειραμάτων και των παρατηρήσεων που οδήγησαν στη διατύπωση των νόμων του Newton θα μπορούσε να συμβάλει στο να εκτιμήσουν οι μαθητές την επιστημονική διαδικασία και τη φύση της ανακάλυψης της επιστημονικής γνώσης η οποία βασίζεται στην τεκμηρίωση.
- Υπογραμμίζεται η φύση της επιστήμης ως ένα κολοσσιαίο ανθρώπινο εγχείρημα. Μελετώντας τη ζωή και το έργο διαπρεπών επιστημόνων από διάφορες εποχές μπορούν οι μαθητές να «εξανθρωπίσουν» την επιστήμη με την έννοια ότι θα κατανοήσουν πως οι επιστημονικές ανακαλύψεις γίνονται από κανονικούς ανθρώπους οι οποίοι έρχονται αντιμέτωποι με τις κοινωνικές προκλήσεις της εποχής και της κοινωνίας στην οποία ζούσαν. Αυτό το γεγονός μπορεί να εμπνεύσει τους μαθητές και να τους βοηθήσει να αποκτήσουν αυτοπεποίθηση και να πιστέψουν ότι μπορούν κι εκείνοι στο μέλλον να συνεισφέρουν στην επιστημονική γνώση και να γίνουν επιστήμονες.
- Αναλύονται οι μεγάλες επιστημονικές μεταβάσεις. Μελετώντας χαρακτηριστικές μεταβάσεις όπως για παράδειγμα στη φυσική τις μεγάλες μεταβάσεις από την κλασική στην κβαντική μηχανική και από το νόμο της βαρύτητας του Newton στη γενική θεωρία της σχετικότητας του Einstein, οι μαθητές μπορούν να κατανοήσουν τη φύση των επιστημονικών επαναστάσεων καθώς και το ρόλο των δεδομένων, των πειραμάτων και της κατασκευής θεωριών στην ανάπτυξη της επιστημονικής γνώσης.
- Ενθαρρύνοντας την κριτική σκέψη. Εξετάζοντας ιστορικές περιπτώσεις στις οποίες οι επιστημονικές απόψεις αμφισβητούνταν, αναθεωρούνταν ή απορρίπτονταν και αντικαθιστούνταν, προάγεται η ικανότητα κριτικής σκέψης και ξεκαθαρίζονται οι δυνατότητες αλλά και τα όρια των επιστημονικών θεωριών και μοντέλων.

Αν και στο επίσημο εγχειρίδιο παρουσίασης των NGSS, *NGSS for states by states* (2013), όπως αναφέρθηκε δεν υπάρχουν υποδείξεις για τους τρόπους με τους οποίους θα περάσουν τα NGSS στους μαθητές, υπάρχει μια αναφορά στην πιθανή συνδρομή της ΙΦΕ στο κομμάτι του συναισθηματικού παράγοντα (*affective domain*). Με βάση αυτό, η

διαδικασία της μάθησης η οποία δίνει βάση στα ενδιαφέροντα, την εμπειρία και τον ενθουσιασμό των μαθητών είναι πολύ κρίσιμη συνιστώσα της εκπαίδευσης των ΦΕ και μέρος των NGSS. Πράγματι, υπάρχουν αρκετά ερευνητικά ευρήματα τα οποία υποστηρίζουν τη στενή σχέση ανάμεσα στη καλύτερη κατανόηση της επιστήμης και παράγοντες όπως ενδιαφέρον, εμπλοκή, κίνητρο, επιμονή κτλ. Σχετικά σχόλια είναι τα παρακάτω (NGSS for states by states, 2013) :

- « Η έρευνα προτείνει ότι το προσωπικό ενδιαφέρον, η εμπειρία και ο ενθουσιασμός τα οποία είναι κρίσιμα στη μάθηση των ΦΕ από τα παιδιά, μπορούν να συνδεθούν με μελλοντικές ακαδημαϊκές ή επαγγελματικές επιλογές».
- « Συζητήσεις οι οποίες συμπεριλαμβάνουν την ιστορία των επιστημονικών και τεχνολογικών συνεισφορών συγκεκριμένων επιστημόνων και των αντιστοίχων εφαρμογών θα πρέπει να είναι σημαντικές συνιστώσες ενός αναλυτικού προγράμματος. Για πολλούς μαθητές, αυτές οι πλευρές είναι τα μονοπάτια που μαγνητίζουν το ενδιαφέρον τους σε αυτά τα πεδία και χτίζουν την ταυτότητά τους ως ικανοί και ενημερωμένοι γνώστες της επιστήμης και της τεχνολογίας.»
- « Το να μαθαίνει κανείς ΦΕ δεν εξαρτάται μόνο από την εκμάθηση γεγονότων και νόμων αλλά επίσης και από την σταδιακή απόκτηση μιας ταυτότητας ενός ικανού γνώστη της επιστήμης με κίνητρο και ενδιαφέρον να μαθαίνει όλο και περισσότερα γύρω απ' αυτά. Η διδασκαλία των ΦΕ στο σχολείο οδηγεί σε πολίτες με εμπιστοσύνη, ικανότητα και επιθυμία να συνεχίσουν να μαθαίνουν σχετικά με ζητήματα επιστημονικά ή άλλα τα οποία επηρεάζουν τόσο τη ζωή τους όσο και τη ζωή των κοινοτήτων στις οποίες ζουν.»

Συνεπώς, ενώ τα NGSS δεν απαιτούν σαφώς τη χρήση της ΙΦΕ, παρέχουν ένα ξεκάθαρο πλαίσιο το οποίο υποστηρίζει τη χρήση της ώστε να βελτιώσει την κατανόηση από τους μαθητές των θεμελιωδών ιδεών (DCIs), να τους εμπλέξει με τις επιστημονικές και τεχνολογικές πρακτικές (SEPs) και να προάγει τη βαθύτερη κατανόηση της φύσης της επιστήμης (NOS).

6. Συμπεράσματα

Από την μελέτη που έγινε στα προηγούμενα κεφάλαια αυτής της εργασίας μπορούν να εξαχθούν τα παρακάτω συμπεράσματα :

Η εφαρμογή της ΙΦΕ στην εκπαίδευση βρίσκεται ακόμα σε πρώιμο στάδιο. Παρόλο που η χρήση της έχει προταθεί και υποστηριχτεί σε πολλές δημοσιεύσεις οι οποίες υποδεικνύουν και αναλύουν συγκεκριμένα παραδείγματα, η χρήση της δεν έχει περάσει, ακόμα τουλάχιστον, σε μεγάλο βαθμό στις σχολικές τάξεις.

Η έστω και περιορισμένη χρήση που έχει γίνει μέχρι τώρα, έχει ενθαρρυντικά αποτελέσματα και υπάρχουν σοβαρές ενδείξεις και αναφορές ότι όντως η ΙΦΕ θα μπορούσε να συνεισφέρει στη βελτίωση της ποιότητας της διδασκαλίας των ΦΕ και της αύξησης της κατανόησης και του ενδιαφέροντος των μαθητών προς τα σχετικά μαθήματα.

Η χρήση της ΙΦΕ είναι μια πολύ απαιτητική διαδικασία και η εφαρμογή της απαιτεί προετοιμασία από τους διδάσκοντες η οποία είναι πολύ χρονοβόρα ενώ είναι απαραίτητη και μια σχετική εκπαίδευση. Επίσης, ο τρόπος εφαρμογής της στην τάξη είναι εντελώς διαφορετικός από τον κλασικό παραδοσιακό τρόπο διδασκαλίας. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα ακόμα και οι εκπαιδευτικοί που είναι υπέρμαχοι αυτής της μεθόδου να νιώθουν μεγάλη ανασφάλεια για τα αποτελέσματα που θα έχει η εφαρμογή αυτής της μεθόδου.

Υπάρχει μια ξεκάθαρη επιφύλαξη η οποία θα μπορούσε να χαρακτηριστεί ως αρνητική στάση, από μεγάλο ποσοστό των διδασκόντων προς την εφαρμογή της ΙΦΕ στη διδασκαλία τους ειδικά από τους μεγαλύτερους σε ηλικία. Αυτό δικαιολογείται εν μέρει και από αυτά που αναφέρθηκαν στην προηγούμενη παράγραφο για τις αυξημένες απαιτήσεις που υπάρχουν και τη μεγάλη διαφορά στην εφαρμογή σε σχέση με τις κλασικές μεθόδους.

Η σωστή και αποτελεσματική εφαρμογή της χρήσης της ΙΦΕ απαιτεί πλούσιο υποστηρικτικό υλικό καθώς και σχετική εκπαίδευση, στήριξη και καθοδήγηση των εκπαιδευτικών ώστε να κατανοήσουν, να αποδεχθούν και τελικά να καταστούν ικανοί να ανταποκριθούν με επιτυχία σε αυτό το εγχείρημα.

Η ΙΦΕ λόγω της φύσης της μπορεί να συνεισφέρει στη διαθεματικότητα που είναι ένα από τα ζητούμενα στα σύγχρονα αναλυτικά προγράμματα εκπαίδευσης. Επίσης, η ΙΦΕ μπορεί να αποτελέσει πολύτιμο εργαλείο και σε άλλα γενικότερα μεγάλα project και θεωρήσεις που αφορούν την εκπαίδευση στις ΦΕ όπως τα ISS και NGSS.

Η ΙΦΕ θα μπορούσε να συνεισφέρει στη διδασκαλία των ΦΕ αλλά είναι φανερό ότι απαιτείται να γίνουν αρκετές περαιτέρω διεργασίες τόσο στον τομέα της έρευνας όσο κυρίως στον τομέα της εκπαίδευσης των εκπαιδευτικών και της εφαρμογής της στην τάξη.

7. Βιβλιογραφία

- Abd-El-Khalick, F., & Lederman, N. G. (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. G. (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.
- Bächtold M. (2020). *Introducing Joule's Paddle Wheel Experiment in the Teaching of Energy: Why and How?* *Foundations of Science* (2021) 26:791–805.
- Ball, D. L., & Cohen, D. K. (1996). *Reform by the book: What is: or might be: the role of curriculum materials in teacher learning and instructional reform?* *Educational researcher*, 25(9), 6–14.
- Cassidy, D., Holton, G., & James Rutherford, F. (2002). *Understanding physics*. New York: Springer.
- Ding, J. N. (2017). *A comparative study of the historical content of science in high school physics from the perspective of the nature of science*. Master dissertation of Shaanxi Normal University of China.
- Egan, K. (1985). Teaching as story-telling: A non-mechanistic approach to planning teaching. *Journal of Curriculum Studies*, 17(4), 397–406.
- Egan, K. (1989). *Teaching as story telling: An alternative approach to teaching and curriculum in the elementary school*. Chicago: University of Chicago Press.
- Fauque D. (2008), *Introducing the History of Science at the French Middle School*, *Science & Education* (2009) 18:1277–1283
- Gil, D., Carrascosa, J., Furio', C., & Martí'nez, J. (1991). *La Enseñanza de las Ciencias en la Educació'n Secundaria*. Barcelona: ICE-Horsori.
- Goldenbaum, A. (2013). Implementation von Schulinnovationen [Implementing school innovations]. In M.Rürup & I. Bormann (Eds.), *Innovationen im Bildungswesen* (Vol. 21, pp. 149–172). Wiesbaden : Springer Fachmedien.
- Guyon É (ed) (2006) *L'École normale de l'an III, Leçons de physique, de chimie, d'histoire naturelle*: Haüy, Berthollet, Daubenton, Éditions de l'École normale de la rue d'Ulm, Paris, France
- Hacking, I. (1983). *Interpreting and intervening: Introductory topics in philosophy of natural science*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Harmon, M., S., Martin, M. O., Kelly, D. L., Beaton, A. E., & Mullis, I. V. (1997). Performance Assessment: IEA's Third International Mathematics and Science Study (TIMSS). In *International Association for the Evaluation of Educational Achievement* (pp. 36–39). Springer.
- Henke A, Höttecke D. (2014), *Physics Teachers' Challenges in Using History and Philosophy of Science in Teaching*. *Science & Education*.

- Holton, G. (1964). The goals for science teaching. In S. C. Brown, N. Clarke, & J. Tiomno (Eds.), *Why teach physics?*. Massachusetts: M.I.T Press.
- Höttecke, D. (2012), *HIPST—History and Philosophy in Science Teaching: A European Project*. *Science & Education* (2012) 21:1229–1232.
- Hunkoog, J. (2015). *Analysis of electricity and magnetism presented in middle-school textbooks from the perspective of the history of science*. *New Physics: Sae Mulli*, 10(65), 982–993.
- Irwin, A. R. (1996). *A survey of the historical aspects of science in school textbooks*. *School Science Review*, 78, 101–107.
- Leite, L. (1986). *Teaching Science Through History*, Unpublished Master Dissertation, University of London, London.
- Lin Lin, Qianru Song, Jingying Wang, Tao Hu, Xiaomel Ping, Yizhow Ling (2022) *History of Science in Two Recent Versions of High School Physics Textbooks in China*, *Science & Education* (2023) 32:101–121
- Matthews, M. R. (1994). *Science teaching: the role of history and philosophy of science*. New York : Routledge.
- McComas, W. F. (2008). *Seeking historical examples to illustrate key aspects of the nature of science*. *Science & Education*, 17(2–3), 249–263.
- Monk, M., & Osborne, J. (1997). Placing the history and philosophy of science on the curriculum: A model for the development of pedagogy. *Science Education*, 81(4), 405–424.
- Niaz, M. (2000). *A rational reconstruction of the kinetic molecular theory of gases based on history and philosophy of science and its implications for chemistry textbooks*. *Instructional Science*, 28(1), 23–50.
- Nicholson W (1797) *Observations on the electrophore, tending to explain the means to which the torpedo, and other fish, communicate the electric shock*. *J Nat Philos Chem Arts* 1:355
- Pancaldi G (2005) *Volta, science and culture in the age of enlightenment*, 2nd edn. Princeton University Press, Oxford
- Pickering, A. (1995). *The mangle of practice: Time, agency, and science*. Chicago: The University of Chicago Press.
- Sadler, T. D. (2004). *Informal reasoning regarding socioscientific issues: A critical review of research*. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(5), 513–536.
- Sadler, T. D., & Zeidler, D. L. (2005). *The significance of content knowledge for informal reasoning regarding socioscientific issues: Applying genetics knowledge to genetic engineering issues*. *Science Education*, 89(1), 71–93.
- Seroglou, F., & Koumaras, P. (2001). The contribution of the history of physics in physics education: A review. *Science & Education*, 10(1), 153–172.
- Seroglou, F., Koumaras, P., & Tselfes, V. (1998). History of science and instructional design: The case of electromagnetism. *Science & Education*, 7, 261–280.

- Sibum, H. (1995). *Reworking the mechanical value of heat: instruments of precision and gestures of accuracy in early Victorian England*. *Studies in History and Philosophy of Science*, 26(1), 73–106.
- Solbes, J., & Travers, M. (1996). *Use the History of Science in the teaching of Physics and Chemistry*. *Science Education*, 14(1), 103–112.
- Spiliotopoulou-Papantoniou, V., & Agelopoulos, K. (2009). *Enhancement of pre-service teachers' teaching interventions with the aid of historical examples*. *Science & Education*, 18(9), 1153–1175.
- Texeira E.S., Greca I.M., Freire O., *The History and Philosophy of Science in Physics Teaching: A Research Synthesis of Didactic Interventions*. Article in *Science Education*-June 2012
- Wandersee, J. H. (1985). Can The history of science help science educators anticipate students' misconceptions? *Journal of Research in Science Teaching*, 23(17), 581–597.
- Wang, A. (1999). *A Content Analysis of the history of science in the National Science Educational Standards Documents and Four Secondary Science Textbooks*. Paper presented at the Annual Meeting of the American Educational Research Association, Montreal, Canada.
- Wei, X. D. (2019). *Research Progress and Enlightenment of Foreign Scientific Attitude Evaluation*. *Elementary and Secondary Education in Foreign Countries*, 11, 20–28.
- Welch, W. W. (1973). Review of the research and evaluation program of Harvard project physics. *Journal of Research in Science Teaching*, 10(4), 365–378.
- Zeidler D, Nickols B. (2009). *Socioscientific issues: Theory and practice*. *Journal of Elementary Science Education*. March 2009
- Zeidler, D. L. (2003). *The role of moral reasoning on socioscientific issues and discourse in science education*. The Netherlands: Kluwer Academic Press.
- Zeidler, D. L., Sadler, T. D., Applebaum, S., & Callahan, B. E. (2009). *Advancing reflective judgment through socioscientific issues*. *Journal of Research in Science Teaching*, 46(1), 74-101.

8. Παράρτημα

Επιλεγμένες μελέτες ανασκόπησης υποκεφαλαίου 3.6

List of Studies Selected for Analysis :

A : Heering, P. (2000). Getting shocks: Teaching secondary school physics through history. *Science & Education*, 9(4), 363-373.

B : Carvalho, A. M. P., Vannucchi, A. I. (2000). History, philosophy and science teaching: Some answers to ‘how?’ *Science & Education*, 9(5), 427-448.

C : (a) Galili, I., Hazan, A. (2000). The influence of an historically oriented course on students’ content knowledge in optics evaluated by means of facets-schemes analysis. *American Journal of Physics*, 68(S1), S3–S15.

C : (b) Galili, I., Hazan, A. (2001). The effect of a history-based course in optics on students’ views about science. *Science & Education*, 10(1–2), 7–32.

D : Solbes, J., Traver, M. (2003). Against a negative image of science: History of science and the teaching of physics and chemistry. *Science & Education*, 12(7), 703–717.

E : Seker, H., Welch, L. C. (2006). The use of history of mechanics in teaching motion and force units. *Science & Education*, 15(1), 55-89.

F : Klopfer, L. E., Cooley, W. W. (1963). The history of science cases for high schools in the development of student understanding of science and scientists: A report on the HOSC instruction project. *Journal of Research in Science Teaching*, 1(1), 33-47.

G : Pocovi, M. C. (2007). The effects of a history-based instructional material on the students’ understanding of field lines. *Journal of Research in Science Teaching*, 44(1), 107-132.

H : Ogunniyi, M. B. (1987). Conceptions of traditional cosmological ideas among literate and nonliterate nigerians. *Journal of Research in Science Teaching*, 24(2), 107–117.

I : 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), 617–642.

J : Nott, M. (1994). Teaching physics and the nature of science together: A case study. *Physics Education*, 29(3), 170–176.

K : Dedes, C., Ravanis, K. (2009). Teaching image formation by extended light sources: The use of a model derived from the history of science. *Research in Science Education*, 39(1), 57-73.

Υπεύθυνη Δήλωση Συγγραφέα:

Δηλώνω ρητά ότι, σύμφωνα με το άρθρο 8 του Ν.1599/1986, η παρούσα εργασία αποτελεί αποκλειστικά προϊόν προσωπικής μου εργασίας, δεν προσβάλλει κάθε μορφής δικαιώματα διανοητικής ιδιοκτησίας, προσωπικότητας και προσωπικών δεδομένων τρίτων, δεν περιέχει έργα/εισφορές τρίτων για τα οποία απαιτείται άδεια των δημιουργών/δικαιούχων και δεν είναι προϊόν μερικής ή ολικής αντιγραφής, οι πηγές δε που χρησιμοποιήθηκαν περιορίζονται στις βιβλιογραφικές αναφορές και μόνον και πληρούν τους κανόνες της επιστημονικής παράθεσης.