

Δ. Κολιόπουλος | Κ. Μέλη
Ξ. Αραπάκη | Ν. Σισσαμπέρη
Π. Γεωργοπούλου | Ε. Παππά

Ειδικά Θέματα

Διδακτικής και
Μουσειολογίας
Φυσικών Επιστημών



ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ ΚΟΛΙΟΠΟΥΛΟΣ
Καθηγητής Διδακτικής και Μουσειολογίας
Φυσικών Επιστημών Παν/μίου Πατρών

ΚΑΛΛΙΟΠΗ ΜΕΛΗ
Φυσικός, Μεταδιδακτορική
ερευνήτρια Παν/μίου Πατρών

ΞΕΝΙΑ ΑΡΑΠΑΚΗ
Εικαστικός, τ. Αναπληρώτρια
Καθηγήτρια Παν/μίου Πατρών

ΝΙΚΗ ΣΙΣΣΑΜΠΕΡΗ
Εκπαιδευτικός πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης,
Διδάκτορας Παν/μίου Πατρών

ΠΟΠΗ ΓΕΩΡΓΟΠΟΥΛΟΥ
Μουσειολόγος,
Διδάκτορας Παν/μίου Πατρών

ΕΛΠΙΝΙΚΗ ΠΑΠΠΑ
Βιολόγος,
Υποψ. Διδάκτορας Παν/μίου Πατρών

Ειδικά θέματα Διδακτικής και Μουσειολογίας Φυσικών Επιστημών



Ειδικά θέματα Διδακτικής και Μουσειολογίας Φυσικών Επιστημών

Συγγραφή

Δημήτριος Κολιόπουλος

Καλλιόπη Μέλη

Ξένια Αραπάκη

Νίκη Σισσαμπέρη

Πόπη Γεωργοπούλου

Ελπινίκη Παππά

Συντελεστές έκδοσης

Γλωσσική Επιμέλεια: Άννα Μπίσμπα

Γραφιστική Επιμέλεια: Σπύρος Παπαβασιλείου

Η μακέτα του εξωφύλλου βασίζεται σε έργο της ζωγράφου Ξένιας Αραπάκη.



Το παρόν έργο αδειοδοτείται υπό τους όρους της άδειας Creative Commons Αναφορά Δημιουργού - Μη Εμπορική Χρήση - Παρόμοια Διανομή 4.0. Για να δείτε ένα αντίγραφο της άδειας αυτής επισκεφτείτε τον ιστότοπο <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.el>

Αν τυχόν κάποιο τμήμα του έργου διατίθεται με διαφορετικό καθεστώς αδειοδότησης, αυτό αναφέρεται ρητά και ειδικώς στην οικεία θέση.

ΚΑΛΛΙΠΟΣ

Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο
Ηρώων Πολυτεχνείου 9, 15780 Ζωγράφου

www.kallipos.gr

ISBN: 978-618-5667-21-4

Βιβλιογραφική Αναφορά: Κολιόπουλος, Δ., Μέλη, Κ., Αραπάκη, Ξ., Σισσαμπέρι, Ν., Γεωργοπούλου, Π., & Παππά, Ε. (2022). *Ειδικά θέματα Διδακτικής και Μουσειολογίας Φυσικών Επιστημών* [Μεταπτυχιακό εγχειρίδιο]. Κάλλιπος, Ανοικτές Ακαδημαϊκές Εκδόσεις. <http://dx.doi.org/10.57713/kallipos-55>

Πίνακας Περιεχομένων

Πίνακας συντομεύσεων-ακρωνυμίων.....	9
ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	10

ΜΕΡΟΣ Α: Η ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑ ΤΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΚΑΙ Η ΣΚΕΨΗ ΤΩΝ ΜΑΘΗΤΩΝ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

Το έργο του Francis Halbwachs και η εξήγηση στη Φυσική και στη σκέψη των παιδιών.....	14
1.1 Εισαγωγή.....	14
1.2 Οι απόψεις του Halbwachs για τη φύση της εξήγησης στη Φυσική.....	15
1.2.1 Οι μορφές εξήγησης στην Ιστορία της Φυσικής.....	15
1.2.2 Η σχέση των μορφών εξήγησης με τη σκέψη των παιδιών.....	17
1.3 Οι επιπτώσεις των απόψεων του Halbwachs στην ανάλυση των νοητικών παραστάσεων των μαθητών και την ανάγνωση των σχετικών ερευνών.....	19
1.4 Οι επιπτώσεις των απόψεων του Halbwachs στην ανάλυση και τον σχεδιασμό προγραμμάτων σπουδών Φυσικής.....	21
1.5 Επίλογος.....	24
Βιβλιογραφικές αναφορές.....	25
Δραστηριότητες.....	27

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

Η διδασκαλία και μάθηση των φυσικών επιστημών στην προσχολική εκπαίδευση.....	28
2.1 Εισαγωγή.....	28
2.2 Το κοινωνικό επιχείρημα: Η κοινωνική αναγκαιότητα.....	29
2.3 Το επιστημολογικό επιχείρημα: Η επιστημολογική εγκυρότητα.....	30
2.4 Το γνωσιακό επιχείρημα: Η κοινωνικο-γνωστική δυνατότητα.....	32
2.5 Το παιδαγωγικό επιχείρημα: Η διδακτική εφικτότητα.....	35
2.6 Η ενεργοποίηση του γραμμικού αιτιακού συλλογισμού στη σκέψη των παιδιών προσχολικής ηλικίας: Η περίπτωση της διδασκαλίας της έννοιας της ενέργειας στην α' δημοτικού.....	37
2.6.1 Η κοινωνική αναγκαιότητα.....	37
2.6.2 Η επιστημολογική εγκυρότητα.....	38
2.6.3 Η κοινωνικο-γνωστική δυνατότητα.....	38
2.6.4 Η διδακτική εφικτότητα.....	39
Βιβλιογραφικές αναφορές.....	40
Δραστηριότητες.....	44

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

Η γραμμική αιτιότητα και η υπέρβασή της για τη διατήρηση της ενέργειας.....	45
3.1 Εισαγωγή.....	45
3.2 Η γραμμική αιτιότητα ως στοιχείο της επιστημολογικής ανάλυσης, της ανάλυσης νοητικών παραστάσεων και της ανάλυσης παιδαγωγικού πλαισίου για τον Πρώτο Θερμοδυναμικό Νόμο.....	46
3.2.1 Η γραμμική αιτιότητα και η υπέρβασή της στα ενεργειακά μοντέλα θερμικών μηχανών.....	46

3.2.2 Ο γραμμικός αιτιακός συλλογισμός ως θεμέλιο για τις νοητικές παραστάσεις του Πρώτου Θερμοδυναμικού Νόμου	47
3.2.3 Το μοντέλο ενεργειακής αλυσίδας στην εποικοδομητική αντίληψη του Πρώτου Θερμοδυναμικού Νόμου	48
3.3 Διδακτική ακολουθία για την υπέρβαση της γραμμικής αιτιότητας στις ενεργειακές αναπαραστάσεις των θερμοδυναμικών μεταβολών.....	49
3.3.1 Διδακτικοί στόχοι της ακολουθίας: αξιοποίηση και υπέρβαση του γραμμικού αιτιακού συλλογισμού των μαθητών για τον Πρώτο Θερμοδυναμικό Νόμο.....	49
3.3.2 Σχεδιασμός, εφαρμογή και αξιολόγηση της ακολουθίας: από τα φαινόμενα των θερμοδυναμικών μεταβολών στις μαθηματικές εκφράσεις του Πρώτου Θερμοδυναμικού Νόμου.....	49
3.3.3 Αποτελέσματα της ακολουθίας: από τις γραμμικές στις μη γραμμικές αναπαραστάσεις του Πρώτου Θερμοδυναμικού Νόμου	54
3.4 Επίλογος.....	55
Βιβλιογραφικές αναφορές.....	56
Δραστηριότητες	58

ΜΕΡΟΣ Β:

Η ΠΟΛΙΤΙΣΜΙΚΗ ΔΙΑΣΤΑΣΗ ΤΗΣ ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΗΣ ΓΝΩΣΗΣ ΣΤΗ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

Εισαγωγή στοιχείων Ιστορίας και Φιλοσοφίας της Επιστήμης στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών.....	60
4.1 ΙΦΦΕ και διδασκαλία των φυσικών επιστημών: Μια ιστορική αναδρομή.....	60
4.2 Γιατί ΙΦΦΕ στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών;.....	63
4.2.1 Για μια ουμανιστική προσέγγιση της διδασκαλίας των φυσικών επιστημών.....	63
4.2.2 ΙΦΦΕ και φύση της επιστήμης στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών	64
4.2.3 ΙΦΦΕ και γνωστική πρόοδος.....	66
4.3 Πώς εμπλέκεται η ΙΦΦΕ στη διδασκαλία φυσικών επιστημών;.....	67
4.3.1 Η ΙΦΦΕ ως οργανωτική αρχή του προγράμματος σπουδών	67
4.3.2 Η ΙΦΦΕ και η τοπική προσέγγιση του προγράμματος σπουδών.....	68
4.3.3 Η ΙΦΦΕ ως εργαλείο εκπαίδευσης και επιμόρφωσης εκπαιδευτικών	69
4.3.4 Ηλεκτρονικές πηγές εκπαιδευτικού υλικού	71
4.4 Η ΙΦΦΕ στο Μουσείο Επιστήμης και Τεχνολογίας.....	71
4.5 Ένα παράδειγμα διδακτικής παρέμβασης: Η περίπτωση της διδασκαλίας του απλού εκκρεμούς.....	73
4.6 Επίλογος.....	76
Βιβλιογραφικές αναφορές.....	77
Δραστηριότητες	82

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

Η διαθεματικότητα στην εκπαίδευση των φυσικών επιστημών: Μια ιστορική αναδρομή.....	83
5.1. Οι διαφορετικές μορφές διαθεματικότητας.....	83
5.2 Η διαθεματικότητα εντός των φυσικών επιστημών: Τα «ενοποιημένα» προγράμματα.....	87
5.3 Επιστήμη και τεχνολογία στην εκπαίδευση.....	93
5.3.1 Η προσέγγιση φυσικών επιστημών και τεχνολογίας στην τυπική εκπαίδευση	93
5.3.2 Η προσέγγιση φυσικών επιστημών και τεχνολογίας στη μη τυπική εκπαίδευση.....	96

5.4 Επίλογος.....	97
Βιβλιογραφικές αναφορές.....	98
Δραστηριότητες	101
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6	
Φυσικές επιστήμες και εικαστικές τέχνες στην εκπαίδευση.....	102
6.1 Στιγμές διαλόγου ανάμεσα στις φυσικές επιστήμες και τις εικαστικές τέχνες.....	102
6.2 Ιστορικο-φιλοσοφικές διαστάσεις της σχέσης εικαστικών τεχνών και φυσικών επιστημών στην εκπαίδευση	103
6.3 Διδακτικές διαστάσεις της σχέσης φυσικών επιστημών και εικαστικών τεχνών στην εκπαίδευση	107
6.4 Ένα πρόγραμμα επιμόρφωσης εκπαιδευτικών για την έννοια «χρώμα»	110
6.4.1 Το επίπεδο ανάλυσης	111
6.4.2 Το επίπεδο σχεδιασμού	113
6.5 Επίλογος.....	115
Βιβλιογραφικές αναφορές.....	116
Δραστηριότητες	118
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7	
Η σχέση Τεχνολογίας και φυσικών επιστημών στη διδασκαλία: Μια μελέτη περίπτωσης.....	119
7.1 Εισαγωγή.....	119
7.2 Το θεωρητικό πλαίσιο	120
7.3 Η διδακτική ακολουθία: Γνωστικοί στόχοι, δομή και περιεχόμενο.....	122
7.4 Η εμπειρική έρευνα: Το μεθοδολογικό πλαίσιο	125
7.5 Η εμπειρική έρευνα: Αποτελέσματα	127
7.5.1 Φαινομενολογική διάσταση της γνώσης.....	127
7.5.2 Τεχνολογική διάσταση της γνώσης.....	127
7.5.3 Επιστημονική διάσταση της γνώσης.....	128
7.5.4 Περιβαλλοντική διάσταση της γνώσης.....	130
7.6 Η εμπειρική έρευνα: Συζήτηση-Συμπεράσματα	130
Βιβλιογραφικές αναφορές.....	134
Δραστηριότητες	137

ΜΕΡΟΣ Γ: ΜΗ ΤΥΠΙΚΕΣ ΜΟΡΦΕΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ ΣΤΙΣ ΦΥΣΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8	
Η διάδοση και διδασκαλία των φυσικών επιστημών ως αφήγηση	139
8.1 Εισαγωγή.....	139
8.2 Θεωρητικές αναζητήσεις: Ένα puzzle προς επίλυση.....	141
8.3 Μια μελέτη περίπτωσης: οι απόψεις μαθητών Γυμνασίου για τη χρήση μικρών ιστορικών κειμένων.....	145
8.3.1 Η διδακτική παρέμβαση.....	146
8.3.2 Οι σύντομες ιστορίες.....	147
8.3.3 Η έρευνα	148

8.4 Επίλογος.....	153
Βιβλιογραφικές αναφορές.....	155
Δραστηριότητες.....	158
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9	
Εκπαιδευτικά προγράμματα που περιλαμβάνουν επισκέψεις στο Μουσείο Επιστήμης και Τεχνολογίας: Ένα πλαίσιο έρευνας.....	159
9.1 Ο διδακτικός μετασχηματισμός στις τυπικές, άτυπες και μη τυπικές μορφές εκπαίδευσης.....	159
9.2 Ένα πλαίσιο για τον σχεδιασμό και την αξιολόγηση εκπαιδευτικών επισκέψεων στο μουσείο.....	161
9.3 Εφαρμογές του πλαισίου σχεδιασμού στην προσχολική και πρωτοβάθμια εκπαίδευση.....	164
9.3.1 Το ερευνητικό έργο «Κ. Καραθεοδωρή».....	164
9.3.2 Το πρόγραμμα «Διακρίνοντας τα ορυκτά από τις πέτρες».....	168
9.4 Επίλογος.....	172
Βιβλιογραφικές αναφορές.....	173
Δραστηριότητες.....	175
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10	
Η διαθεματικότητα στο μουσείο: Φυσικές επιστήμες out of context.....	176
10.1 Διαμόρφωση μιας διαλογικής προσέγγισης στα μουσειακά περιβάλλοντα.....	176
10.2 Διάδοση στοιχείων φυσικών επιστημών out of their context.....	177
10.3 Φυσικές επιστήμες και Αρχαιολογία: διαθεματική ώσμωση στο μουσειακό περιβάλλον.....	182
10.4 Η έννοια της Εκπαιδευτικής Νησίδας Φυσικών Επιστημών σε αρχαιολογικό μουσείο.....	185
10.5 Επίλογος.....	189
Βιβλιογραφικές αναφορές.....	190
Δραστηριότητες.....	194
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 11	
Το φεστιβάλ επιστήμης και η διδασκαλία φυσικών επιστημών.....	195
11.1 Ιστορική εξέλιξη του φεστιβάλ επιστήμης.....	195
11.2 Περιγραφή και κατηγοριοποίηση των φεστιβάλ επιστήμης.....	197
11.2.1 Φεστιβάλ επιστήμης για το ευρύ κοινό.....	197
11.2.2 Οι μαθητικές εκθέσεις επιστήμης: Μια ειδική κατηγορία φεστιβάλ επιστήμης.....	201
11.3 Ερευνητικές δραστηριότητες σχετικές με τα φεστιβάλ επιστήμης.....	202
11.3.1 Βιβλιογραφική ανασκόπηση σε σχέση με τα φεστιβάλ επιστήμης για το ευρύ κοινό.....	202
11.3.2 Βιβλιογραφική ανασκόπηση σε σχέση με τα μαθητικά φεστιβάλ (μαθητικές εκθέσεις επιστήμης).....	206
11.4 Επίλογος.....	207
Βιβλιογραφικές αναφορές.....	208
Δραστηριότητες.....	210

Πίνακας συντομεύσεων-ακρωνυμίων

A/Γ	Ανεμογεννήτρια
AΗΣ	Ατμοηλεκτρικός Σταθμός
ΔΦΕ	Διδακτική Φυσικών Επιστημών
EIE	Εθνικό Ίδρυμα Ερευνών
ΕΤ	Εικαστικές Τέχνες
ΕΝΦΕ	Εκπαιδευτική Νησίδα Φυσικών Επιστημών
ΙΦΕ	Ιστορία Φυσικών Επιστημών
ΙΦΦΕ	Ιστορία και Φιλοσοφία Φυσικών Επιστημών
MET	Μουσείο Επιστήμης και Τεχνολογίας
ΠΘΝ	Πρώτος Θερμοδυναμικός Νόμος
ΣΠΗΕ	Συστήματα Παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας
ΤΕΕΑΠΗ	Τμήμα Επιστημών της Εκπαίδευσης και Αγωγής στην Προσχολική Ηλικία
ΥΗΣ	Υδροηλεκτρικός Σταθμός
Φ/Β	Φωτοβολταϊκό στοιχείο
ΦΕ	Φυσικές Επιστήμες
ΦτΕ	Φύση της Επιστήμης
ASF	Athens Science Festival
EUSCEA	European Science Communication Events Association
EUSEA	European Science Events Association
HPP	Harvard Project Physics
SFA	Science Festival Alliance
STEM	Science, Technology, Engineering, Mathematics

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στο παρόν σύγγραμμα, το οποίο απευθύνεται κατά κύριο λόγο σε φοιτήτριες/φοιτητές μεταπτυχιακών προγραμμάτων σπουδών, παρουσιάζονται ειδικές μορφές έρευνας Διδακτικής και Μουσειολογίας των φυσικών επιστημών. Οι περισσότερες από αυτές έχουν πραγματοποιηθεί στη διάρκεια των τελευταίων τουλάχιστον είκοσι ετών από εμένα, σε συνεργασία με εξαιρετες/εξαιρετους συναδέλφους με τις/τους οποίες/οποίους είχα την τιμή να συνεργαστώ ή συνεχίζω να συνεργάζομαι ακόμη στην τελευταία αυτή περίοδο της ακαδημαϊκής μου ζωής. Στη συγγραφή του πονήματος συμμετέχουν (με αλφαβητική σειρά) η Ξένια Αραπάκη, τ. αναπληρώτρια καθηγήτρια της Διδακτικής των Εικαστικών Τεχνών του Πανεπιστημίου Πατρών, η Πόπη Γεωργοπούλου, μουσειολόγος και διδάκτορας στις Επιστήμες της Εκπαίδευσης του Πανεπιστημίου Πατρών, η Καλλιόπη Μέλη, φυσικός και μεταδιδακτορική ερευνήτρια του Πανεπιστημίου Πατρών, η Ελληνίκη Παππά, βιολόγος με μεταπτυχιακές σπουδές στη Νευροβιολογία και διδακτορική φοιτήτρια στις Επιστήμες της Εκπαίδευσης του Πανεπιστημίου Πατρών, και η Νίκη Σισσαμπέρη, εκπαιδευτικός στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση και διδάκτορας στις Επιστήμες της Εκπαίδευσης του Πανεπιστημίου Πατρών, τις οποίες ευχαριστώ θερμά για την αποδοχή της πρόσκλησης να συμμετάσχουν στη συγγραφή του. Χωρίς τις συναδέλφους αυτές η αξιοποίηση μεγάλου μέρους του ερευνητικού υλικού που παρουσιάζεται στο σύγγραμμα δεν θα είχε επιτευχθεί, ενώ η υλοποίηση του σχεδιασμού του θα ήταν αδύνατη.

Τα *Ειδικά θέματα Διδακτικής και Μουσειολογίας Φυσικών Επιστημών* έχουν ως θεωρητική ομπρέλα το περιεχόμενο δύο άλλων συγγραμμάτων μου τα οποία εμφανίζονται στο παρόν σύγγραμμα ως προαπαιτούμενη γνώση. Το πρώτο από αυτά είναι το *Θέματα Διδακτικής των φυσικών επιστημών: Η συγκρότηση της σχολικής γνώσης* και το δεύτερο είναι *Η διδακτική προσέγγιση του μουσείου φυσικών επιστημών*. Στο πρώτο αναλύεται η έννοια του διδακτικού μετασχηματισμού της γνώσης αναφοράς σε σχολική γνώση που αποτελεί και τον θεωρητικό πυρήνα των ερευνητικών προσπαθειών μου όλα αυτά τα χρόνια. Πιο συγκεκριμένα, περιγράφονται και αναλύονται τα χαρακτηριστικά των αλληλεπιδράσεων των τριών μορφών γνώσης που εμπλέκονται στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών: της επιστημονικής γνώσης αναφοράς, της αντίστοιχης σχολικής γνώσης και της βιωματικής γνώσης, η οποία χαρακτηρίζει κυρίως τους μαθητές (άλλα όχι μόνο). Επιπλέον, διατυπώνονται ερευνητικά ερωτήματα και αναδεικνύονται τα ερευνητικά ρεύματα εντός των οποίων γίνεται η επεξεργασία των αντίστοιχων ερωτημάτων: (α) το «επιστημολογικό ρεύμα», όπου διερευνώνται κυρίως η ιστορία, η φύση, τα χαρακτηριστικά και ο τρόπος παραγωγής της σχολικής γνώσης, (β) το «ψυχολογικό ρεύμα», όπου διερευνάται κυρίως η μαθησιακή διάσταση της διδασκαλίας των φυσικών επιστημών, και (γ) το «παιδαγωγικό ρεύμα», όπου το ενδιαφέρον της έρευνας στρέφεται προς την ίδια τη διαδικασία της διδασκαλίας και τις συνθήκες κάτω από τις οποίες μετασχηματίζονται οι δύο εκ των τριών μορφών γνώσης σε σχολική επιστημονική γνώση. Το ερευνητικό υλικό που παρουσιάζεται στο παρόν σύγγραμμα προέρχεται ακριβώς από τα τρία αυτά ερευνητικά ρεύματα της εκδοχής της Διδακτικής των φυσικών επιστημών, την οποία οι συγγραφείς αυτού του βιβλίου έχουμε υιοθετήσει, και διατρέχει τα διάφορα κεφάλαιά του. Το δεύτερο σύγγραμμα περιλαμβάνει στοιχεία σχετικά με την έννοια της επιστημονικής καλλιέργειας και της διάδοσής της μέσω των μουσείων επιστήμης και τεχνολογίας, μια κατηγοριοποίηση των μουσείων αυτών προσαρμοσμένη στα ελληνικά δεδομένα, μεθοδολογικά εργαλεία σχεδιασμού και αξιολόγησης εκπαιδευτικού υλικού σχετικού με μουσεία επιστήμης και τεχνολογίας, καθώς και μελέτες περίπτωσης προσέγγισής του από το τυπικό εκπαιδευτικό σύστημα (πανεπιστήμιο, σχολείο). Το θεωρητικό σχήμα του πρώτου συγγράμματος διευρύνθηκε στο δεύτερο σύγγραμμα με τρόπο ώστε το πλαίσιο έρευνας να προσαρμοστεί σε περιβάλλοντα μη τυπικής εκπαίδευσης όπως είναι τα μουσεία. Όμως ο σκληρός πυρήνας του θεωρητικού οικοδομήματος που αναδεικνύεται στα δύο αυτά συγγράμματα, παραμένει ο ίδιος και για τις τρεις ενότητες από τις οποίες αποτελείται το παρόν σύγγραμμα.

Η *πρώτη ενότητα* («Η διδασκαλία των φυσικών επιστημών και η σκέψη των μαθητών») περιλαμβάνει κεφάλαια τα οποία διερευνούν το επιστημολογικό υπόβαθρο, την ψυχολογική διάσταση και τις επιπτώσεις στη διδασκαλία της αιτιακής σκέψης των μαθητών και ιδιαίτερα της εκδοχής του γραμμικού αιτιακού συλλογισμού, ενός είδους συλλογισμού ο οποίος αποτελεί βασική μορφή απόδοσης νοήματος στον φυσικό κόσμο από τις πιο μικρές ηλικίες. Στο *κεφάλαιο 1* («Το έργο του Francis Halbwachs και η εξήγηση στη Φυσική και στη σκέψη των παιδιών») περιγράφονται οι επιστημολογικές απόψεις του Halbwachs, εκ των πρωτοπόρων ερευνητών της γαλλικής σχολής της Διδακτικής των φυσικών επιστημών, και ειδικότερα οι απόψεις του για την αιτιακή εξήγηση στη φυσική. Συγχρόνως, στο κεφάλαιο αυτό σχολιάζονται υπό το πρίσμα των απόψεών του οι έρευνες για τις νοητικές παραστάσεις που χρησιμοποιούν οι μαθητές για να περιγράψουν και να εξηγήσουν φυσικά φαινόμενα και συζητούνται οι επιπτώσεις τους στον σχεδιασμό της διδασκαλίας της φυσικής στις διάφορες εκπαιδευτικές βαθμίδες. Στο *κεφάλαιο*

2 («Η διδασκαλία και μάθηση των φυσικών επιστημών στην προσχολική εκπαίδευση»), με αφορμή το ζήτημα του γραμμικού αιτιακού συλλογισμού, ο οποίος φαίνεται να ενεργοποιείται κατά κόρον σε παιδιά προσχολικής ηλικίας όταν αυτά προσπαθούν να εξηγήσουν τον φυσικό κόσμο, παρουσιάζονται επιχειρήματα και σχετικές έρευνες οι οποίες τεκμηριώνουν την αντίληψη ότι είναι δυνατή η οικοδόμηση εννοιολογικών, μεθοδολογικών και πολιτισμικών στοιχείων της επιστημονικής γνώσης στα παιδιά αυτής της ηλικίας σε τυπικά περιβάλλοντα εκπαίδευσης. Τα εν λόγω επιχειρήματα συγκεκριμενοποιούνται μέσω μιας μελέτης περίπτωσης η οποία αφορά τη διδασκαλία της ιδιαίτερα αφηρημένης αλλά κοινωνικά ενδιαφέρουσας έννοιας της ενέργειας. Τέλος, το κεφάλαιο 3 («Η γραμμική αιτιότητα και η υπέρβασή της για τη διατήρηση της ενέργειας») αποτελεί το ίδιο μια μελέτη περίπτωσης όπου σε ένα πλαίσιο διδασκαλίας της έννοιας της διατήρησης της ενέργειας σε μαθητές του ελληνικού Λυκείου διερευνάται η γνωστική πρόοδος των μαθητών μέσω της εισαγωγής ενός ποιοτικού εξηγητικού μοντέλου της ενέργειας, του μοντέλου της ενεργειακής αλυσίδας. Από την ανάλυση των ιδεών και επιδόσεων των μαθητών αναδεικνύεται το μοντέλο ενεργειακής αλυσίδας ως κύριο στοιχείο για την αξιοποίηση (αρχικά) και την υπέρβαση (τελικά) του γραμμικού αιτιακού συλλογισμού των μαθητών, η οποία είναι αναγκαία για την οικοδόμηση επαρκών ποιοτικών, ημι-ποσοτικών και ποσοτικών/μαθηματικών αναπαραστάσεων της έννοιας.

Η *δεύτερη ενότητα* («Η πολιτισμική διάσταση της επιστημονικής γνώσης στη διδασκαλία») πραγματεύεται τον πολιτισμικό χαρακτήρα του περιεχομένου της επιστημονικής γνώσης ο οποίος εμφανίζεται μέσα από τις σχέσεις που συγκροτούνται ανάμεσα σε αυτό το περιεχόμενο και την ιστορία, τη φιλοσοφία, την τεχνολογία, την τέχνη, τη θρησκεία και γενικότερα την κοινωνία. Στην ενότητα αυτή παρουσιάζονται έρευνες επί των οποίων τεκμηριώνονται οι απόψεις που προβάλλουν την αναβάθμιση της διδασκαλίας της πολιτισμικής συνιστώσας της επιστημονικής γνώσης σε όλα τα επίπεδα της τυπικής κυρίως εκπαίδευσης, δεδομένου ότι στα μη τυπικά εκπαιδευτικά περιβάλλοντα το πολιτισμικό στοιχείο εμφανίζεται αναβαθμισμένο. Στο κεφάλαιο 4 («Εισαγωγή στοιχείων Ιστορίας και Φιλοσοφίας της επιστήμης στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών») παρουσιάζονται διάφορες επισκοπήσεις της τελευταίας τριακονταετίας σχετικές με το ζήτημα της εισαγωγής στοιχείων ιστορίας και φιλοσοφίας των φυσικών επιστημών στη διδασκαλία τους ως προεξάρχουσας μορφής της πολιτισμικής διάστασης της επιστημονικής γνώσης στην έρευνα και τη διδασκαλία. Εδώ, επιχειρείται να δοθούν απαντήσεις σχετικές με την αναγκαιότητα και τις στοχεύσεις μιας εκπαίδευσης στις φυσικές επιστήμες συνδεδεμένης με την ιστορική τους ανάπτυξη και το φιλοσοφικό τους υπόβαθρο. Το κεφάλαιο αυτό είναι αφιερωμένο στη μνήμη των συναδέλφων και φίλων μου εκπαιδευτικών Νίκου Δαπόντε και Ανδρέα Κασέτα που, πρώτοι στην Ελλάδα, καινοτόμησαν εισάγοντας με συστηματικό τρόπο ιστορικό και φιλοσοφικό υλικό στη διδασκαλία της φυσικής. Στο κεφάλαιο 5 («Η διαθεματικότητα στην εκπαίδευση των φυσικών επιστημών: Μια ιστορική αναδρομή») γίνεται προσπάθεια να αποσαφηνιστούν οι διάφορες σημασίες της έννοιας της διαθεματικότητας, να επισημανθούν οι επιστημολογικές και διδακτικές διαστάσεις της και να αναδειχτεί η σχέση της με την πολιτισμική συνιστώσα της επιστημονικής γνώσης μέσα από μια ιστορική αναδρομή στις ρίζες της. Στα κεφάλαια 6 και 7 («Φυσικές επιστήμες και εικαστικές τέχνες στην εκπαίδευση» και «Η σχέση Τεχνολογίας και φυσικών επιστημών στη διδασκαλία: Μια μελέτη περίπτωσης», αντίστοιχα) περιλαμβάνονται έρευνες οι οποίες συγκεκριμενοποιούν τη διαθεματική προσέγγιση στη διάδοση και διδασκαλία της επιστήμης γνώσης. Στο κεφάλαιο 6 διερευνώνται οι διάφορες μορφές που μπορεί να λάβει η σχέση εικαστικών τεχνών και φυσικών επιστημών στην κοινωνία, στην ιστορία, στην παιδαγωγική έρευνα και στην εκπαίδευση. Περιγράφονται επίσης ερευνητικές εργασίες και πρακτικές που δίνουν έμφαση στον σχεδιασμό και την υλοποίηση προγραμμάτων διδασκαλίας/επιμόρφωσης, ενώ παρουσιάζεται και μια μελέτη περίπτωσης σχεδιασμού ενός προγράμματος διδασκαλίας/επιμόρφωσης ενός κατεξοχήν διαθεματικού πεδίου στο οποίο συναντώνται οι φυσικές επιστήμες με τις εικαστικές τέχνες, του πεδίου των εννοιών «φως» και «χρώμα». Τέλος, στο κεφάλαιο 7, πραγματευόμαστε την έννοια της διαθεματικότητας και τη σχέση της με την πολιτισμική διάσταση της επιστημονικής γνώσης στη διδασκαλία μέσα από μια μελέτη περίπτωσης που αφορά την παρουσίαση έρευνας σχετικής με τον σχεδιασμό, την εφαρμογή και την αξιολόγηση μιας ακολουθίας διδακτικών εννοιών για την έννοια της ενέργειας στο επίπεδο της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης. Η έννοια αυτή διαθέτει διαθεματικά χαρακτηριστικά που αναδεικνύουν τον λειτουργικό χαρακτήρα της συγκεκριμένης σχολικής επιστημονικής γνώσης, καθώς και τη συμβολή της στην οικοδόμηση εκ μέρους των μαθητών τόσο της εννοιολογικής όσο και της πολιτισμικής διάστασης της γνώσης αυτής.

Στην *τρίτη ενότητα* («Μη τυπικές μορφές εκπαίδευσης στις φυσικές επιστήμες») δίνεται έμφαση στην έρευνα η οποία διεξάγεται στο πλαίσιο των μη τυπικών μορφών εκπαίδευσης στις φυσικές επιστήμες. Εδώ η ίδια η έρευνα παρουσιάζει διακλαδικά και διεπιστημονικά χαρακτηριστικά, αφού διεξάγεται σε έναν χώρο ο οποίος συνιστά την τομή των συνόλων που συγκροτούν τα θεωρητικά υπόβαθρα, οι μεθοδολογικές προσεγγίσεις και οι κοινωνικές πρακτικές τριών τουλάχιστον πεδίων: της Διδακτικής των φυσικών επιστημών, της Επιστημονικής Μουσειολογίας

ας και της Επιστημονικής Επικοινωνίας. Το τελευταίο πεδίο σχετίζεται άμεσα με τη δημόσια κατανόηση της επιστήμης και με την επιστημονική καλλιέργεια του ευρέος κοινού, συμπεριλαμβανομένου και του σχολικού κοινού. Στο κεφάλαιο 8 («Η διάδοση και διδασκαλία των φυσικών επιστημών ως αφήγηση») συζητούμε τις θεωρητικές αφηγηρίες της διάδοσης και διδασκαλίας των φυσικών επιστημών ως αφήγησης και τη μεταφορά στοιχείων της εκλαϊκευτικής αφηγηματικής προσέγγισης της επιστήμης όπως εμφανίζεται σε μη τυπικά εκπαιδευτικά περιβάλλοντα στην περιφέρεια της τυπικής εκπαίδευσης. Πιο συγκεκριμένα, θίγονται τα πλεονεκτήματα και οι κίνδυνοι της σύνδεσης των αφηγηματικών μορφών διάδοσης και διδασκαλίας της επιστημονικής γνώσης με το λογικο-μαθηματικό πλαίσιο της εξήγησης της φυσικής πραγματικότητας και με την οικοδόμηση εννοιών και μεθόδων των φυσικών επιστημών από τους μαθητές. Στο κεφάλαιο 9 («Εκπαιδευτικά προγράμματα που περιλαμβάνουν επισκέψεις στο Μουσείο Επιστήμης και Τεχνολογίας: Ένα πλαίσιο έρευνας») παρουσιάζονται η δομή, τα χαρακτηριστικά και η λειτουργικότητα ενός πλαισίου έρευνας σχετικής με τον σχεδιασμό και την υλοποίηση εκπαιδευτικών προγραμμάτων τα οποία περιλαμβάνουν επισκέψεις στο Μουσείο Επιστήμης και Τεχνολογίας και τα οποία απευθύνονται κυρίως σε μαθητές προσχολικής και πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης, καθώς και η εφαρμογή αυτού του πλαισίου από μέλη ομάδας του Εργαστηρίου Διδακτικής των Θετικών Επιστημών του Τμήματος Επιστημών της Εκπαίδευσης και Αγωγής στην Προσχολική Ηλικία (ΤΕΕΑΠΗ) του Πανεπιστημίου Πατρών. Στο κεφάλαιο 10 («Η διαθεματικότητα στο μουσείο: Φυσικές επιστήμες out of context») αναπτύσσεται μια πρωτότυπη πρόταση εμπλουτισμού των ερμηνευτικών εργαλείων των αρχαιολογικών μουσείων με στοιχεία σύγχρονης επιστημονικής γνώσης διερευνώντας έτσι την τάση διαθεματικών ερμηνευτικών προσεγγίσεων σε μουσειακά περιβάλλοντα. Πιο συγκεκριμένα, εισάγεται η έννοια της εκπαιδευτικής νησίδας φυσικών επιστημών ως μεθόδου διάδοσης στοιχείων φυσικών επιστημών, αξιοποιώντας εκθέματα αρχαιολογικών συλλογών ως αποτέλεσμα ταυτόχρονα του διδακτικού και του διαμεσολαβητικού μετασχηματισμού της φυσικο-επιστημονικής και αρχαιολογικής γνώσης. Τέλος, στο κεφάλαιο 11 (« Το φεστιβάλ επιστήμης και η διάδοση των φυσικών επιστημών») διερευνούμε τον θεσμό του φεστιβάλ επιστήμης ως μια μη τυπική μορφή εκπαίδευσης στις φυσικές επιστήμες. Παρουσιάζονται η ιστορική εξέλιξη και τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του θεσμού αυτού, περιγράφονται διεθνείς και ελληνικές ερευνητικές εργασίες που έχουν ασχοληθεί με τη μελέτη των χαρακτηριστικών του φεστιβάλ επιστήμης ως ενός μη τυπικού περιβάλλοντος μάθησης και δίνεται έμφαση στο τμήμα εκείνο της έρευνας το οποίο πραγματεύεται τον ρόλο των σχεδιαστών δραστηριοτήτων σε φεστιβάλ επιστήμης.

Το παρόν σύγγραμμα, αν και έχει σχεδιαστεί με τρόπο ώστε να διαβάζεται γραμμικά, για να αντιστοιχεί σε μια ακολουθία μαθημάτων ενός μεταπτυχιακού προγράμματος, επιχειρεί με τη βοήθεια πολλαπλών συνδέσεων να αναδείξει και την *ενότητα* του περιεχομένου του. Οι συνδέσεις αυτές λαμβάνουν τη μορφή μεμονωμένων τοπικών συνδέσεων, αλλά και θεματικών οι οποίες διατρέχουν οριζόντια τα διάφορα κεφάλαια. Για παράδειγμα, η έρευνα η οποία αφορά τη διδασκαλία της έννοιας της ενέργειας αποτελεί μια από τις θεματικές που διατρέχουν οριζόντια το παρόν σύγγραμμα (δείτε τα κεφάλαια 3, 4 και 7, ενώ η έννοια της διαθεματικότητας εμφανίζεται με διάφορες μορφές στα κεφάλαια 3, 5, 6, 7, 8 και 10). Επίσης, ο αναγνώστης θα βρει στοιχεία ιστορίας και φιλοσοφίας των φυσικών επιστημών στα κεφάλαια 1, 3, 4 και 8. Τέλος, η ενότητα του περιεχομένου του πονήματος θεωρούμε ότι εξασφαλίζεται περισσότερο στο επίπεδο κάθε ενότητας, αλλά και στο σύνολο των εννοιών, τόσο θεωρητικά μέσω της προστασίας του σκληρού θεωρητικού πυρήνα που εκφράζεται μέσω των εννοιών του διδακτικού και διαμεσολαβητικού μετασχηματισμού της επιστημονικής γνώσης σε γνώση προς διάδοση και διδασκαλία, όσο και μεθοδολογικά μέσω της διατήρησης της μέγιστης δυνατής μεθοδολογικής συνέπειας στις περιγραφόμενες μελέτες περίπτωσης.

Οι *δραστηριότητες* που συνοδεύουν το κάθε κεφάλαιο αποτελούν περισσότερο ομοειδείς θεματικές ομάδες δραστηριοτήτων παρά μεμονωμένες δραστηριότητες, μέσα από τις οποίες οι εκπαιδευόμενοι θα έχουν την ευκαιρία και ελευθερία να επιλέξουν να πραγματευτούν θέματα τα οποία ταιριάζουν στη φύση, τα χαρακτηριστικά και τις ιδιαιτερότητες των μεταπτυχιακών σπουδών τους, καθώς και στα προσωπικά τους ακαδημαϊκά ενδιαφέροντα.

Ευχόμαστε ευχάριστη ανάγνωση του συγγράμματος και εποικοδομητική εκμετάλλευση των ψιγμάτων γνώσης που αυτό προσφέρει.

Δημήτρης Κολιόπουλος
Συντονιστής του συγγράμματος
Πάτρα, 20/12/2021

ΜΕΡΟΣ Α:
Η ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑ ΤΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΚΑΙ Η ΣΚΕΨΗ
ΤΩΝ ΜΑΘΗΤΩΝ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

Το έργο του Francis Halbwachs και η εξήγηση στη Φυσική και στη σκέψη των παιδιών

Δημήτρης Κολιόπουλος

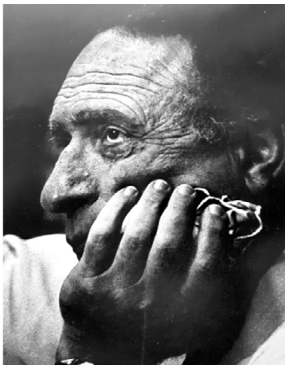
Σύνοψη

Οι επιστημολογικές απόψεις του Halbwachs, ο οποίος υπήρξε συνεργάτης του Piaget, και ειδικότερα οι απόψεις του για την αιτιακή εξήγηση στη Φυσική έχουν ιδιαίτερη σημασία για τον σχεδιασμό και την αξιολόγηση προγραμμάτων σχολικής Φυσικής καθώς και για την αξιολόγηση των μαθητών στο συγκεκριμένο πεδίο. Στο κείμενο αυτό περιγράφονται αυτές οι απόψεις, σχολιάζονται υπό το πρίσμα τους οι έρευνες για τις νοητικές παραστάσεις που χρησιμοποιούν οι μαθητές για να περιγράψουν και να εξηγήσουν φυσικά φαινόμενα, ενώ συζητούνται οι επιπτώσεις τους στον σχεδιασμό της διδασκαλίας της Φυσικής στις διάφορες εκπαιδευτικές βαθμίδες.

Προαπαιτούμενη γνώση

Κολιόπουλος, Δ. (2006). *Θέματα Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών. Η συγκρότηση της σχολικής γνώσης*. Αθήνα: Εκδόσεις Μεταίχμιο.

1.1 Εισαγωγή



Το έργο του Halbwachs υπήρξε πολύμορφο και ενδιαφέρον¹. Ως θεωρητικός φυσικός και μαθητής του DeBrogie, εντάσσεται στην ομάδα του Ινστιτούτου Henri Poincaré στο Παρίσι με κύριο αντικείμενο μελέτης τη σχετικιστική κβαντική μηχανική (Halbwachs, 1960). Παράλληλα, εξαιτίας της αντιπαλότητας που αναπτύσσεται ανάμεσα στις απόψεις της ομάδας των Παρισίων και σ' αυτές της σχολής της Κοπεγχάγης, οδηγείται στην ενασχόληση με ζητήματα Ιστορίας και Φιλοσοφίας της Φυσικής λαμβάνοντας σταθερά αντι-θετικιστικές θέσεις για τη φύση και τα χαρακτηριστικά της επιστημονικής γνώσης. Οι μαρξιστικές του καταβολές βοηθούν σε αυτό (Halbwachs, 1949). Πολύ αργότερα, επικοινωνεί με το Κέντρο Γενετικής Επιστημολογίας της Γενεύης και γίνεται ένας από τους πιο στενούς συνεργάτες του Jean Piaget. Ο ίδιος ο Piaget, προλογίζοντας το σημαντικό έργο του *Η φυσική σκέψη στο παιδί και στον επιστήμονα*, τον θεωρεί πολύτιμο συνεργάτη στις έρευνες που διεξάγονται εκεί και

παρατηρεί ότι «όχι μόνο δεν τον απωθεί ο στοιχειώδης και προσεγγιστικός χαρακτήρας των ψυχογενετικών μελετών, πράγμα αξιοσημείωτο για έναν επαγγελματία φυσικό, αλλά συνοδεύει τους ερευνητές μας στα σχολεία για να παρατηρήσει ο ίδιος τα παιδιά και να υποβάλλει με την ευκαιρία νέα ερωτήματα» (Halbwachs, 1974, σελ. 8).

Και ο Piaget συνεχίζει, για να αποδώσει με την επόμενη φράση την κατακλείδα του έργου του Halbwachs, μέσω του οποίου καταξιώνεται ως πρωτοπόρος στη μελέτη της φύσης και των χαρακτηριστικών της συγκρότησης της σχολικής γνώσης των φυσικών επιστημών:

«Φυσικός ο οποίος έγινε επιστημολόγος, επιστημολόγος που έγινε ψυχολόγος, δεν σταμάτησε εκεί και, παιδαγωγός στην ψυχή, γρήγορα κατασκεύασε ένα σχέδιο δυνατών ερευνών στο πεδίο της διδακτικής και κατάφερε, τον τελευταίο καιρό, να συγκροτήσει, στο πανεπιστήμιο της Provence, ένα κέντρο μεθοδολογίας της διδασκαλίας των φυσικών επιστημών, αφιερώνοντας έτσι τον εαυτό του σε ένα από τα πιο χρήσιμα σήμερα έργα και κατορθώνοντας να επικεντρώσει το ενδιαφέρον των εκπαιδευτικών ή των μελλοντικών εκπαιδευτικών σε ένα σύμπλεγμα αλληλεξαρτώμενων παιδαγωγικών, ψυχολογικών και επιστημολογικών προβλημάτων» (Halbwachs, 1974, σελ. 8).

¹ Θερμές ευχαριστίες στην κα Jerzy Anne Torunczyk, κόρη του Francis Halbwachs, η οποία μου επέτρεψε να αποκτήσω πρόσβαση στο πλούσιο προσωπικό του αρχείου.

Στον Halbwachs είναι δυνατόν να αποδώσουμε τα πρώτα βήματα της συγκρότησης ενός θεωρητικού πλαισίου για τη μελέτη της σχολικής εκδοχής της επιστημονικής γνώσης μέσω της εισαγωγής της διάκρισης της «Φυσικής του παιδιού» και της «Φυσικής του εκπαιδευτικού» από τη «Φυσική του φυσικού» (Halbwachs, 1975). Αυτή ακριβώς την όψη του ώριμου έργου του Halbwachs μας ενδιαφέρει να αναπτύξουμε στο παρόν κείμενο. Θα προσπαθήσουμε να αναδείξουμε την αξία που έχουν οι απόψεις του σχετικά με ορισμένα επιστημολογικά χαρακτηριστικά της επιστημονικής γνώσης στον σχολιασμό των σύγχρονων ερευνών της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών (ΔΦΕ), καθώς και στην ανάλυση και τον σχεδιασμό προγραμμάτων σπουδών Φυσικής στην πρωτοβάθμια και δευτεροβάθμια εκπαίδευση. Πιο συγκεκριμένα, μας ενδιαφέρει να περιγράψουμε τα βασικά σημεία των απόψεών του για τη φύση και τα χαρακτηριστικά της «εξήγησης» στη Φυσική (και ιδιαίτερα στο πεδίο της Μηχανικής) και, αφού σχολιάσουμε υπό το πρίσμα τους τις έρευνες για τις νοητικές παραστάσεις που έχουν οι μαθητές για τα φυσικά φαινόμενα και τις έννοιες Φυσικής, να προτείνουμε πλαίσια δυνατών ανασυγκροτήσεων των προγραμμάτων σπουδών που προκύπτουν από τη σύνδεση των απόψεων του Halbwachs με τα πορίσματα αυτών των ερευνών.

1.2 Οι απόψεις του Halbwachs για τη φύση της εξήγησης στη Φυσική

1.2.1 Οι μορφές εξήγησης στην Ιστορία της Φυσικής

Οι αντιθετικιστικές θέσεις του Halbwachs τον οδηγούν να συσχετίσει την έννοια της *εξήγησης* στις φυσικές επιστήμες με την απόδοση *νοήματος* στην επιστημονική γνώση. Χρησιμοποιεί γι' αυτό μια δομιστική, γενετική προσέγγιση η οποία εστιάζεται στην ιστορική ανάλυση της έννοιας της εξήγησης στον τομέα των φυσικών επιστημών και ιδιαίτερα στον τομέα της Φυσικής. Η ανάλυση αυτή οδηγεί σε μια κατηγοριοποίηση των μορφών εξήγησης που χρησιμοποιήθηκαν σε διάφορες ιστορικές περιόδους. Η περί ης ο λόγος κατηγοριοποίηση καταδεικνύει ότι η μορφή και η δομή της έννοιας της εξήγησης διαφέρουν από τη μία ιστορική περίοδο στην άλλη και γι' αυτό ο τύπος εξήγησης σε μια ιστορική περίοδο εμφανίζεται στην επόμενη περίοδο είτε ως απλή ταυτολογία είτε ως μη κατανοήσιμος. Ο Halbwachs διακρίνει τρεις μεγάλες κατηγορίες εξηγήσεων: (α) την *ομογενή* εξήγηση, (β) την *ετερογενή* ή *αιτιακή* εξήγηση και (γ) τη *βαθυγενή* εξήγηση.

Παραθέτουμε ένα εκτεταμένο απόσπασμα από το βασικό κείμενο του Halbwachs *Η ιστορία της εξήγησης στη Φυσική* (Halbwachs, 1973) το οποίο αποδίδει με τη μορφή εξαιρετικών παραδειγμάτων τα χαρακτηριστικά των συγκεκριμένων κατηγοριών:

«Ας ξεκινήσουμε με ένα παράδειγμα το οποίο αναφέρεται στην πίεση των αερίων. Ας θεωρήσουμε, καταρχάς, το πείραμα του Torricelli σχετικά με την ανύψωση του υδραργύρου μέσα στον “βαρομετρικό σωλήνα” και με την εξήγηση που προτάθηκε πρώτα από τον ίδιο τον Torricelli και κατόπιν από τον Pascal. Η εμφάνιση ενός κενού χώρου μέσα στον σωλήνα οδήγησε τον Torricelli να υπερβεί το αριστοτελικό παράδειγμα της “απέχθειας του κενού από τη φύση”. Έτσι, αν αποδεχθούμε ότι μέσα στον βαρομετρικό σωλήνα δεν υπάρχει *τίποτε*, τότε η υψηλότερη επιφάνεια του υδραργύρου δεν είναι δυνατόν να υφίσταται καμία δράση. Αντιθέτως, το άλλο επίπεδο βρίσκεται σε επαφή με τον “ελεύθερο αέρα” και έτσι θα πρέπει να αποδώσουμε την ανύψωση του υδραργύρου στη *δράση του αέρα*. Η φύση αυτής της δράσης συγκεκριμενοποιήθηκε από τον Pascal μέσω μιας συσκευής όπου το εσωτερικό δοχείο είναι κλεισμένο, εγκλωβίζοντας ορισμένο όγκο αέρα. Μπορούμε, συνεπώς, να συμπιέσουμε ή να αραιώσουμε αυτόν τον “εγκλωβισμένο” αέρα και να δείξουμε ότι είναι πράγματι ο αέρας που, μέσω της “ελαστικής” πίεσης, καθορίζει το ύψος του υδραργύρου μέσα στον σωλήνα. Η εξήγηση της ανύψωσης του υδραργύρου με τη δράση του αέρα διατυπώνεται με τρόπο ώστε το αποτέλεσμα που σχετίζεται με ένα σώμα (παθητικός παράγοντας - *patient*) να αποδίδεται σε μια αιτία που σχετίζεται με ένα άλλο σώμα (ενεργός παράγοντας - *agent*). Θα ονομάσουμε αυτό τον τύπο της εξήγησης *ετερογενή* εξήγηση. Ας θεωρήσουμε τώρα την εξήγηση που δόθηκε από τον Pascal μέσω της ίδιας της πίεσης του “ελεύθερου αέρα” η οποία εξασκείται στην εσωτερική επιφάνεια του υδραργύρου. Επαναλαμβάνοντας και γενικεύοντας την απόδειξη που δόθηκε από τον Stevin τον 16^ο αιώνα για την πίεση στα υγρά, αποδεικνύει ότι σε δύο διαφορετικά υψόμετρα οφείλουμε να παρατηρήσουμε δύο διαφορετικές τιμές πίεσης και ότι η διαφορά αυτή οφείλεται στη *βαρύτητα του αέρα* (κάτι που επιβεβαιώθηκε με το λεγόμενο πείραμα του Puy-de-Dome). Στην απόδειξη χρησιμοποιείται ένας φανταστικός κατακόρυφος κύλινδρος που είναι φτιαγμένος από υλικό ίδιου ειδικού βάρους με αυτό του αέρα και ο οποίος βρίσκεται σε ισορροπία κάτω από την επίδραση αφενός του βά-

ρους του και αφετέρου των πιεστικών δυνάμεων που εξασκούνται από τον αέρα. Καταλήγει σε μια σχέση ανάμεσα στην κατακόρυφη μεταβολή της πίεσης και του ειδικού βάρους του αέρα, δηλαδή μιας σχέσης μεταξύ δύο ιδιοτήτων του ίδιου μέσου σε ένα μάλιστα σημείο του. Δεν μπορούμε πλέον εδώ να διακρίνουμε έναν ενεργό και έναν παθητικό παράγοντα, ένα αίτιο και ένα αποτέλεσμα [...]. Θα μιλήσουμε για *ομογενή* εξήγηση. Τέλος, για να λάβουμε υπόψη όλες τις πλευρές και ιδιαίτερα την ποσοτική πλευρά του φαινομένου, θα πρέπει να δείξουμε πως αντιστρόφως η πίεση του αέρα καθορίζει το ειδικό του βάρος μέσω του νόμου της συμπίεστικότητας (Boyle-Mariotte). Ο συγκεκριμένος νόμος, όταν διατυπώθηκε, δεν είχε εξηγητικό χαρακτήρα, αφού υπήρξε αποτέλεσμα της εμπειρίας. Όμως η σύγχρονη μοριακή θεωρία (Boltzmann) επιτρέπει με τη σειρά της να δοθεί εξήγηση στον νόμο: τα κινούμενα προς όλες τις κατευθύνσεις μόρια εξασκούν στα τοιχώματα ενός δοχείου, σ' ένα έμβολο κ.λπ., μια πίεση η οποία απορρέει από το *σύνολο των συγκρούσεών τους*. Όσο περισσότερο στριμωγμένα είναι τα μόρια τόσο περισσότερες είναι οι συγκρούσεις, τόσο η πίεση είναι μεγαλύτερη και αυτός είναι ο "λόγος ύπαρξης" του νόμου Boyle-Mariotte. Η εξήγηση εδώ αναφέρεται στη μοριακή δομή η οποία αποδίδεται στο σύστημα όταν προβαίνουμε στην εις βάθος ανάλυσή του. Θα μιλήσουμε, λοιπόν, για *βαθυγενή* εξήγηση» (Halbwachs, 1973, σελ. 75-77).

Γενικεύοντας τα χαρακτηριστικά του κάθε τύπου εξήγησης, ο Halbwachs συνδέει την έννοια της εξήγησης με την έννοια της αναπαράστασης των φυσικών συστημάτων μέσω θεωρητικών μοντέλων. Η αναπαράσταση των φυσικών συστημάτων (συνόλων καλά καθορισμένων αντικειμένων ή οντοτήτων που απομονώνουμε με τη σκέψη και τα διακρίνουμε από τον υπόλοιπο φυσικό κόσμο) δεν αποτελεί απλή περιγραφή τους ούτε προέρχεται απλά από τα δεδομένα της εμπειρίας, αλλά οικοδομείται κατά τη διάρκεια μετασηματισμών που υφίστανται τόσο τα φυσικά συστήματα (μέσω του πειραματισμού) όσο και τα θεωρητικά μοντέλα που τα αναπαριστούν (μέσω λογικο-μαθηματικών συλλογισμών), σε διάφορα επίπεδα τα οποία προσεγγίζουν μερικώς την πραγματικότητα, αλλά ποτέ δεν αποτελούν πιστά αντίγραφα της. Στα πλαίσια αυτά, η εξήγηση κατά τον Halbwachs αποκτά νόημα όταν υπάρχει αλλαγή στο επίπεδο οικοδόμησης ενός θεωρητικού μοντέλου κατά την οποία εγκαθιδρύεται μια νέα σχέση ανάμεσα στη δομή ενός θεωρητικού μοντέλου και τη δομή του φυσικού συστήματος που αναπαριστά όπως αυτή αποκαλύπτεται στο εμπειρικό επίπεδο (Halbwachs, 1973, 1974).

Με βάση τα προηγούμενα, η αιτιακή (ετερογενής) εξήγηση συνίσταται στο να εισάγει τη δράση του εξωτερικού κόσμου στο φυσικό σύστημα που έχουμε καθορίσει. Στην περίπτωση αυτή είναι δυνατόν να καθοριστεί ένας παθητικός παράγοντας, που είναι το υπό μελέτη φυσικό σύστημα, και ένας ενεργητικός παράγοντας που είναι ο εξωτερικός κόσμος. Οι αλλαγές που συμβαίνουν στον ενεργητικό παράγοντα ερμηνεύονται ως αιτίες των αλλαγών που συμβαίνουν στον παθητικό παράγοντα (αποτέλεσμα). Η πλέον στοιχειώδης μορφή σχέσης αιτίου - αποτελέσματος είναι η λεγόμενη *απλή αιτιακή εξήγηση*, όπου η μεταβολή ενός χαρακτηριστικού του εξωτερικού κόσμου προκαλεί τη μεταβολή ενός αντίστοιχου χαρακτηριστικού του συστήματος. Η απλή αιτιακή εξήγηση συνήθως συνοδεύεται από τον καθορισμό των *συνθηκών* οι οποίες είναι δυνατόν να επιτρέπουν τη δράση της αιτίας. Για παράδειγμα, στην αιτιακή εξήγηση της σύνθεσης του νερού, το σύστημα του μείγματος οξυγόνου και υδρογόνου είναι η αιτία παραγωγής του νερού. Η αιτία αυτή είναι αναγκαίος αλλά όχι επαρκής παράγοντας για να δημιουργηθεί ένα αποτέλεσμα και γι' αυτό λαμβάνουμε υπόψη μας τις ενδεχόμενες συνθήκες παραγωγής του που μπορεί να είναι η τοπική θέρμανση ή κάποιος άλλος καταλύτης. Στην περίπτωση που το αποτέλεσμα μιας αιτίας είναι δυνατόν να δημιουργήσει με τη σειρά του ένα άλλο αποτέλεσμα μιλούμε για *γραμμική αιτιότητα* κατά την οποία συγκροτείται *αιτιακή αλυσίδα* απλών αιτιακών εξηγήσεων. Η κίνηση ενός σιδηρομαγνητικού υλικού κοντά σε έναν ηλεκτρομαγνήτη ο οποίος μαγνητίζεται όταν τεθεί σε λειτουργία ένα ηλεκτρικό κύκλωμα, είναι δυνατόν να περιγραφεί με μια σειρά σχέσεων απλής αιτιότητας. Η απλή αιτιακή εξήγηση είναι συνήθως ατελής, διότι πολλές φορές είναι δυνατόν η ίδια μεταβολή-αιτία να προκαλεί διαφορετικές μεταβολές-αποτελέσματα ή ακόμη το ίδιο αποτέλεσμα να προέρχεται από διαφορετικές αιτίες. Στις περιπτώσεις αυτές είτε αναζητούμε περισσότερες αιτίες είτε χρειάζεται να υπερβούμε την απλή αιτιότητα προσεγγίζοντας άλλες μορφές εξήγησης.

Ένας πιο εξελιγμένος τύπος αιτιακής εξήγησης είναι η λεγόμενη *κυκλική αιτιότητα*. Αυτή προκύπτει, για παράδειγμα, όταν παρατηρούνται φαινόμενα τα οποία αντιστοιχούν στην αντίστροφη αιτιακή σχέση μιας απλής αιτιακής σχέσης. Η αντίστροφη αιτιακή σχέση είναι δυνατόν να συμβαίνει ταυτόχρονα (ρυθμιστική αιτιότητα) ή να διαδέχεται στον χρόνο την προηγούμενη αιτιακή σχέση (περιοδική αιτιότητα). Από τα πολύ ενδιαφέροντα παραδείγματα κυκλικής αιτιότητας που παραθέτει ο Halbwachs στο κείμενό του *Γραμμική και κυκλική αιτιότητα* (Halbwachs, 1971) επιλέγουμε αυτό που αναφέρεται στην εξήγηση της κίνησης ενός απλού εκκρεμούς.

Στην περίπτωση αυτή φαίνεται ότι η δύναμη που ασκείται στο σφαιρίδιο του εκκρεμούς μπορεί να μεταβάλλει την κίνησή του ($du/dt = F/m$) αλλά, ισοδύναμα, είναι δυνατόν να ισχυριστούμε ότι η κίνηση του σφαιριδίου μπορεί να μεταβάλλει τη συνισταμένη δύναμη ($F = -kx$). Οι λογικές δυσκολίες που χαρακτηρίζουν την κυκλική αιτιότητα (στο συγκεκριμένο παράδειγμα, π.χ. πώς είναι δυνατόν να προσδιοριστεί η μεταβολή της απόστασης μέσω μιας δύναμης η οποία οφείλει να προσδιοριστεί από την απόσταση;) αίρονται, όταν υπάρξει αλλαγή στο επίπεδο του θεωρητικού μοντέλου και, συνεπώς, του τύπου της εξήγησης. Στη συγκεκριμένη περίπτωση, η λογική αντίφαση αίρεται στα πλαίσια του περισσότερο αφηρημένου μοντέλου της αναλυτικής δυναμικής (μέσω της λύσης της διαφορικής εξίσωσης $d^2x/dt^2 = -kx/m$). Η κυκλική αιτιακή εξήγηση, η οποία ιστορικά καθορίζει μεγάλες περιοχές της κλασικής φυσικής όπως η νευτώνικη Μηχανική και η κλασική θεωρία του Ηλεκτρομαγνητισμού, αποτελεί κατά τον Halbwachs ένα αναγκαίο ενδιάμεσο στάδιο που οδηγεί από την απλή αιτιακή εξήγηση, η οποία είναι μια ετερογενής εξήγηση, στην ομογενή ή τυπική εξήγηση (Halbwachs, 1971).

Στην ομογενή εξήγηση οι μεταβολές του φυσικού συστήματος εξηγούνται χωρίς να γίνεται αναφορά σε εξωτερικές αιτίες. Η έννοια της εξήγησης σ' αυτήν την περίπτωση χαρακτηρίζει την εξέλιξη της κατάστασης του μελετώμενου συστήματος και περιορίζεται στην ανάδειξη μιας σχέσης ανάμεσα στις διάφορες μεταβλητές του ίδιου του συστήματος. Οι σχέσεις αυτές λαμβάνουν ένα εξηγητικό νόημα, επειδή αναδεικνύουν ορισμένα χαρακτηριστικά του συστήματος όπως η απλότητα της περιγραφής του, η συμμετρία της δομής του ή η ύπαρξη ενός αμετάβλητου χαρακτηριστικού του κατά τη διάρκεια διάφορων μετασχηματισμών που υφίσταται το σύστημα. Τυπικές περιπτώσεις ομογενούς εξήγησης αποτελούν η σχέση που περιγράφει την κίνηση ενός σώματος κατά την ελεύθερη πτώση ή γενικότερα οποιαδήποτε σχέση της κινηματικής και οι εξισώσεις κίνησης Lagrange και Hamilton στην Αναλυτική Δυναμική. Ο θεμελιώδης νόμος της Μηχανικής, όταν εκφραστεί στη μορφή των εξισώσεων Lagrange ή Hamilton, χάνει την αιτιακή του μορφή και εμφανίζεται ως έκφραση ενός «ομογενούς» νόμου (Halbwachs, 1971). Στον τύπο της ομογενούς εξήγησης μπορούμε να τοποθετήσουμε και την περιγραφή της λειτουργίας ενός ηλεκτρικού κυκλώματος μέσω των νόμων διατήρησης του ηλεκτρικού φορτίου και της ηλεκτρικής ενέργειας.

Τέλος, ο τρίτος τύπος εξήγησης, η *βαθυγενής* εξήγηση, συνίσταται στην αναφορά σε ένα βαθύτερο επίπεδο ανάλυσης όπου η περιγραφή των μεταβολών του συστήματος καθίσταται περισσότερο εκλεπτυσμένη και γίνεται με τη χρήση νέων, ποιοτικά διαφορετικών, μεταβλητών. Η εξηγητική αξία των σχέσεων που περιγράφονται με τις νέες αυτές μεταβλητές συνίσταται στο ότι οι περιγραφόμενες σχέσεις σε αυτό το επίπεδο λαμβάνουν υπόψη τους τι συμβαίνει στο αμέσως προηγούμενο επίπεδο αναπαράστασης της πραγματικότητας, ενώ παράλληλα επιτυγχάνεται με αυτήν την αναπαράσταση να ενσωματωθούν στο ίδιο θεωρητικό πλαίσιο νέα φαινόμενα όπως, για παράδειγμα, στην περίπτωση της μοριακής θεωρίας της ύλης, η οποία επιτρέπει όχι μόνο να εξηγηθούν οι νόμοι των αερίων αλλά παράλληλα και οι νόμοι της κίνησης Brown, της διάχυσης του φωτός μέσα σε ομογενή ρευστά κ.λπ. (Halbwachs, 1971).

1.2.2 Η σχέση των μορφών εξήγησης με τη σκέψη των παιδιών

Όπως ήδη αναφέρθηκε προηγουμένως, ο Halbwachs συνεργάστηκε στενά με το Κέντρο Γενετικής Επιστημολογίας της Γενεύης και με τον ίδιο τον Piaget. Στο πλαίσιο αυτής της συνεργασίας, προχώρησε στη συσχέτιση των διάφορων τύπων εξήγησης στις φυσικές επιστήμες με τα διάφορα εξηγητικά σχήματα που αναπτύσσουν τα παιδιά κατά τη διάρκεια των τεσσάρων σταδίων ανάπτυξης της παιδικής νοημοσύνης, όπως αυτά καθορίστηκαν από τον Piaget, και γενικότερα με την ψυχολογική διάσταση της γνώσης (Halbwachs, 1974, 1981). Ο Halbwachs συνδέει την έννοια της *εξήγησης* στο επιστημολογικό επίπεδο με την έννοια της *κατανόησης* στο ψυχολογικό επίπεδο και ισχυρίζεται ότι η κατανόηση του φυσικού κόσμου από τα παιδιά, μέσω της δράσης των υποκειμένων στα αντικείμενα και του μετασχηματισμού αυτών των δράσεων σε λογικο-μαθηματικά σχήματα, συμβαίνει κυρίως μέσω της αιτιακής (ετερογενούς) εξήγησης. Η αιτιακή εξήγηση αποτελεί τον *προνομιακό* τρόπο αναπαράστασης της φυσικής πραγματικότητας στα παιδιά (Halbwachs, 1971). Με βάση τις έρευνες που έχουν διεξαχθεί στο Κέντρο Γενετικής Επιστημολογίας, ισχυρίζεται ότι η κυκλική αιτιακή εξήγηση, η οποία μπορεί να παίξει τον ρόλο μιας ενδιάμεσης γνώσης ανάμεσα σ' ένα αιτιακό εξηγητικό σχήμα και σ' ένα μεγαλύτερης εξηγητικής αξίας ομογενές σχήμα, δεν εμφανίζεται παρά μετά την ηλικία των 13 ετών (Halbwachs, 1971). Παραδέχεται, επίσης, ότι σε πολύ λιγότερες περιπτώσεις μπορεί κανείς να συναντήσει και ομογενή εξηγητικά σχήματα όπως όλα αυτά που σχετίζονται με την απόκτηση της έννοιας της διατήρησης (π.χ. η οικοδόμηση της διατήρησης του σχήματος σε ένα κομμάτι πλαστελίνης που συμβαίνει όχι μέσω μιας άμεσης παρατήρησης αλλά μέσω μιας *a priori* ιδέας η οποία γεννιέται ξαφνικά) ή ακόμη και βαθυγενή εξηγητικά σχήματα (π.χ. η

οικοδόμηση της αντίληψης ότι η ζάχαρη που διαλύεται σε μια ποσότητα νερού χωρίζεται σε όλο και μικρότερα κομμάτια που καταλήγουν να γίνουν αόρατα). Υποστηρίζει, επίσης, ότι ορισμένες ιδέες των παιδιών οι οποίες φαίνεται να ταιριάζουν στο ομογενές εξηγητικό σχήμα, όπως για παράδειγμα η χρήση της έννοιας της δύναμης (ή φόρας) όταν επιχειρούν να περιγράψουν τις μεταβολές κίνησης δύο σφαιρών που συγκρούονται, ανήκουν μάλλον στο αιτιακό εξηγητικό σχήμα. Στο συγκεκριμένο παράδειγμα τα παιδιά αντιλαμβάνονται τη «δύναμη-φόρα» όχι ως κατάσταση του συστήματος, αλλά ως αιτία της κίνησης ενός από τα σώματα (Halbwachs, 1974). Στο επιστημολογικό επίπεδο, η έννοια αυτή είναι δυνατόν να αντιστοιχηθεί με τις έννοιες της ορμής και της κινητικής ενέργειας οι οποίες εντάσσονται σε έναν τύπο ομογενούς εξήγησης του φαινομένου. Η εξηγητική λειτουργία του σχετικού θεωρητικού μοντέλου προκύπτει από την ανάδειξη του χαρακτηριστικού της διατήρησης αυτών των οντοτήτων κατά τη διάρκεια των μετασχηματισμών που υφίσταται το φυσικό σύστημα. Όμως, από παιδιά μικρότερης ηλικίας κατανοούνται συνήθως στα πλαίσια μιας αιτιακής εξήγησης.

Αποδεχόμενος ο Halbwachs τον παραλληλισμό ανάμεσα στο να εξηγείς στο επιστημολογικό επίπεδο και στο να κατανοείς στο ψυχολογικό επίπεδο, δηλαδή, να αποδίδεις *σημασίες* (significations) και *λογικές αιτίες* (*raisons d'être*) στις μεταβολές που υφίστανται τα φυσικά συστήματα, όχι μόνο προσπαθεί να ερμηνεύσει τα παιδικά εξηγητικά σχήματα, αλλά καταλήγει και σε ιδιαίτερος ενδιαφέροντα συμπεράσματα για τις σημασίες που είναι δυνατόν να αποδοθούν στις έννοιες με τις οποίες κατασκευάζονται τα διάφορα θεωρητικά μοντέλα της Φυσικής, στο επίπεδο της ιστορικής τους ανάπτυξης. Έτσι, για τον θεμελιώδη νόμο της Μηχανικής ισχυρίζεται ότι η σχέση αυτή

«δεν αποτελεί μόνο μια μαθηματική σχέση ανάμεσα σε δύο διανύσματα, αλλά εμπεριέχει κυρίως μια *αιτιακή* σημασία σύμφωνα με την οποία η δύναμη είναι η αιτία και η επιτάχυνση (δηλαδή η κίνηση) είναι το αποτέλεσμα. [...] Είναι ξεκάθαρο ότι αν και μόνη η μαθηματική έκφραση επιτρέπει τη λύση του θεωρητικού προβλήματος της κίνησης, αντιθέτως, στο ψυχολογικό επίπεδο, η αιτιακή σημασία καθίσταται αναγκαία για την κατανόησή της» (Halbwachs, 1981, σελ. 210).

Παρόλο, επίσης, που είναι δυνατός ο καθορισμός της δύναμης μέσω της κίνησης (όπως συνέβη με τον προσδιορισμό από τον Νεύτωνα της δύναμης που εξασκεί ο ήλιος στους πλανήτες εκκινώντας από τις εξισώσεις κίνησης των πλανητών του Κέπλερ), ο αντίστροφος προσδιορισμός εμφανίζει πάντοτε ένα διαφορετικό γνωστικό status. «Με ευκολία θα πούμε ότι ο νόμος της δύναμης [$F = m\gamma$] είναι η *λογική αιτία* του νόμου της κίνησης [$\gamma = F/m$] και όχι το αντίθετο» (Halbwachs, 1981, σελ. 212).

Τέλος, το παράδειγμα που σχετίζεται με την περιγραφή της λειτουργίας ενός ηλεκτρικού κυκλώματος είναι ακόμη πιο κατατοπιστικό:

«Ας παρατηρήσουμε τον μη αιτιακό χαρακτήρα αυτού του συστήματος προτάσεων [αναφέρεται στις σχέσεις που περιγράφουν την αρχή διατήρησης του ηλεκτρικού φορτίου και της ηλεκτρικής ενέργειας στο κύκλωμα]. Αν θα θέλαμε όμως να αναδείξουμε μια αιτιότητα (και έτσι να προσδώσουμε στη θεωρία μια αιτιακού τύπου σημασία) θα έπρεπε να ξεκινήσουμε από τις γεννήτριες και την παρεχόμενη από αυτές ισχύ στο κύκλωμα. Αυτή η ισχύς, που θα παίζει τον ρόλο μιας “αιτιακής ροής” (“influx causal”), θα διανεμηθεί στη συνέχεια με καθορισμένο τρόπο στα διάφορα μέρη που απαρτίζουν το κύκλωμα. Αλλά, εκτός από ορισμένες πολύ απλές περιπτώσεις, δεν θα μπορούσαμε να λύσουμε το πρόβλημα με αυτόν τον τρόπο και κατά συνέπεια δεν είναι η *αιτία* (*cause*) (η παροχή [ισχύος] από τις γεννήτριες) που είναι δυνατόν να μας παράσχει τη *λογική αιτία* (*raison*) της συγκεκριμένης λειτουργίας του συστήματος και ιδιαίτερα της κατανομής της έντασης του ρεύματος στα διάφορα σημεία του κυκλώματος» (Halbwachs, 1981, σελ. 215).

Στα επόμενα κεφάλαια πρόκειται να ισχυριστούμε ότι οι απόψεις του Halbwachs για την εξήγηση στη Φυσική, τόσο στο επιστημολογικό όσο και στο ψυχολογικό επίπεδο, είναι δυνατόν να αποτελέσουν αναλυτικά και συνθετικά μεθοδολογικά εργαλεία σε ένα άλλο πλαίσιο, αυτό της σύγχρονης εκδοχής της ΔΦΕ που ασχολείται με την εποικοδομητική προσέγγιση της μάθησης και της διδασκαλίας τους. Πιο συγκεκριμένα, θα ισχυριστούμε ότι οι απόψεις Halbwachs είναι δυνατόν αφενός να *εξηγήσουν* ορισμένες πλευρές των σύγχρονων ερευνών για τις νοητικές παραστάσεις που έχουν οι μαθητές για τα φυσικά φαινόμενα και τις έννοιες Φυσικής και αφετέρου να συμβάλλουν στον *σχεδιασμό* και την *αξιολόγηση* προγραμμάτων διδασκαλίας που υπερβαίνουν την παραδοσιακή αντίληψη συγκρότησης του προγράμματος σπουδών Φυσικής (Κολιόπουλος, 2006).

1.3 Οι επιπτώσεις των απόψεων του Halbwachs στην ανάλυση των νοητικών παραστάσεων των μαθητών και την ανάγνωση των σχετικών ερευνών

Στα πλαίσια της εποικοδομητικής αντίληψης για τη μάθηση και τη διδασκαλία στις φυσικές επιστήμες, έχει αναπτυχθεί εδώ και τέσσερις τουλάχιστον δεκαετίες ένα ερευνητικό ρεύμα που έχει ως αντικείμενο τη διερεύνηση των πρακτικο-βιωματικών νοητικών παραστάσεων που έχουν οι μαθητές όταν επιχειρούν να περιγράψουν αντικείμενα, γεγονότα και καταστάσεις που συναντά κανείς στον φυσικό κόσμο (Κουλαϊδής, 2001; Κολιόπουλος, 2006; Ραβάνης, 2016). Οι νοητικές παραστάσεις των μαθητών και η εξέλιξή τους αποτελούν γνωσιολογικά συστήματα ταξινόμησης των απόψεων που εκφράζουν οι μαθητές τα οποία έχουν παραχθεί μέσα από συγκεκριμένες στρατηγικές και τεχνικές έρευνας. Η έρευνα αυτή υπερβαίνει πλέον το επίπεδο της απλής συσσώρευσης εμπειρικών δεδομένων και θεωρείται αρκετά ώριμη, ώστε να επιχειρούνται έγκυρες γενικεύσεις με στόχο την αποτελεσματική χρήση τους στην ανάπτυξη κατάλληλων διδακτικών στρατηγικών στις διάφορες εκπαιδευτικές βαθμίδες. Οι απόψεις του Halbwachs είναι δυνατόν να μας βοηθήσουν αφενός στην *ανάγνωση* των πορισμάτων των σύγχρονων ερευνών, δηλαδή, στην προσπάθεια να αποδώσουμε *νόημα* στα αποτελέσματα αυτών των ερευνών, και αφετέρου στη διατύπωση *υποθέσεων* σχετικών με τη διερεύνηση των νοητικών παραστάσεων των μαθητών σε διάφορους τομείς που έχουν ήδη μελετηθεί ή υπάρχει ενδιαφέρον να μελετηθούν στο μέλλον. Στο κείμενο αυτό θα σχολιάσουμε, υπό το πρίσμα των απόψεων Halbwachs, τα αποτελέσματα ερευνών που προέρχονται από διάφορα πεδία της Φυσικής και κυρίως από το πεδίο της Μηχανικής το οποίο, για λόγους ιστορικούς, επιστημονικούς και κοινωνικούς, αποτελεί θεμελιώδες γνωστικό αντικείμενο στα σύγχρονα προγράμματα σπουδών Φυσικής.

Οι πρώτες έρευνες σχετικά με τη φύση και τα χαρακτηριστικά των νοητικών παραστάσεων των μαθητών διεξήχθησαν στον τομέα της Μηχανικής. Οι έρευνες αυτές αποκάλυψαν μια σειρά από εναλλακτικές νοητικές παραστάσεις που χρησιμοποιούν συχνά, επαναλαμβανόμενα και διαχρονικά οι μαθητές, όταν καλούνται να περιγράψουν φαινόμενα μηχανικής, όπως η κίνηση των σωμάτων κάτω από διαφορετικές συνθήκες, και να επιλύσουν σχετικά προβλήματα τα οποία απαιτούν τη χρήση του εννοιολογικού πλαισίου της νευτωνικής δυναμικής. Ορισμένες από τις σημαντικότερες νοητικές παραστάσεις είναι η παρουσία μιας δύναμης, όταν υπάρχει κίνηση, κατά τη διεύθυνση αυτής της κίνησης (Viennot, 1979) και η ανυπαρξία δύναμης, όταν δεν υπάρχει κίνηση (Minstrel, 1982). Και στις δύο περιπτώσεις εμφανίζεται μια αιτιακή σχέση δύναμης-κίνησης (με σύγχρονους όρους η Viennot την αναπαριστά με τις διανυσματικές σχέσεις $\vec{F} = a \vec{v}$ και $F = 0$ αν $v = 0$), όπου όμως το νόημα της έννοιας της δύναμης διαφέρει εντελώς από αυτό της νευτωνικής δύναμης αλληλεπίδρασης. Η δύναμη αυτή (“*capital de force*”) έχει περισσότερο χαρακτηριστικά της αριστοτελικής δύναμης και εμφανίζεται ως αίτιο της κίνησης ειδικά όταν η κίνηση αποτελεί αρχική συνθήκη. Είναι δε στενά συνδεδεμένη με τη *συνολική κίνηση* του αντικειμένου, δεν εμφανίζεται, δηλαδή, ως συνάρτηση σημείου (Viennot, 1979).

Από την άλλη μεριά, φαίνεται ότι υπάρχουν κατάλληλες φυσικές καταστάσεις, όπως αυτή της σύγκρουσης δύο σφαιρών (Grimellini-Tomasini et al., 1993), όπου η αντίληψη των μαθητών για τη δύναμη που «έχει» η μία σφαίρα μπορεί να συσχετιστεί με την έννοια του έργου η οποία προκαλεί μια μεταβολή στην κίνηση της άλλης σφαίρας ή την έννοια της ώθησης η οποία μεταφέρεται σ’ ένα άλλο σώμα. Και στις δύο περιπτώσεις δεν πρόκειται για την ομογενή εξήγηση η οποία αναφέρεται στη διατήρηση των μεγεθών της ενέργειας και της ορμής αντίστοιχα (την οποία δεν φαίνεται να χειρίζονται ικανοποιητικά οι μαθητές), αφού στο εξηγητικό σχήμα εμπλέκεται μια εξωτερική αιτία στο μελετώμενο φυσικό σύστημα. Η προηγούμενη καθώς και άλλες περιπτώσεις σχετικών ερευνών (Mc Dermott, 1984; Halloun & Hestenes, 1985; Mc Closkey & Kargon, 1988) δείχνουν ότι στο πεδίο της Μηχανικής, οι πρακτικο-βιωματικές νοητικές παραστάσεις των μαθητών που συνδέονται με τα μηχανικά φαινόμενα και ιδιαίτερα με το φαινόμενο της κίνησης παρουσιάζουν ποιοτική διαφορά από τα εξηγητικά μοντέλα της φυσικής και της παραδοσιακής σχολικής εκδοχής της. Επίσης, ένας άλλος ερευνητής της ΔΦΕ, ο Besson (2004, 2010), συνέκρινε αιτιακά εξηγητικά σχήματα μαθητών Λυκείου με τους αντίστοιχους τύπους εξήγησης σε καταστάσεις Μηχανικής στερεών και ρευστών και διαπίστωσε ότι τα εξηγητικά σχήματα των μαθητών είναι πράγματι κατά βάση αιτιακά αλλά είτε συγχέουν την πραγματική αιτία με τις συνθήκες που επιτρέπουν τη δράση της αιτίας είτε αναγνωρίζουν ως αιτία μια άλλη οντότητα με παραπλήσια χαρακτηριστικά από αυτά της πραγματικής αιτίας (συγχέουν, για παράδειγμα την οντότητα «δύναμη» με την οντότητα «πίεση»).

Οι αιτιακές εξηγήσεις που δίνουν οι μαθητές διάφορων εκπαιδευτικών βαθμίδων έχουν επισημανθεί και για άλλα πεδία εκτός από αυτό της Μηχανικής. Ο Anderson (1986), σε μια πολύ γνωστή μελέτη του, παραθέτει εμπειρικά δεδομένα σύμφωνα με τα οποία μαθητές για να εξηγήσουν φυσικές καταστάσεις που σχετίζονται με διάφορα πεδία της Φυσικής (θερμότητα, ηλεκτρισμός, οπτική, μηχανική κ.λπ.) χρησιμοποιούν έναν συλλο-

γισμό, κοινός πυρήνας του οποίου είναι ο αιτιακός χαρακτήρας του («experiential gestalt of causation»). Στο εξηγητικό αυτό πρότυπο διακρίνεται ένας ενεργός παράγοντας (αίτιο) ο οποίος, έμμεσα ή άμεσα, επιδρά σε ένα αντικείμενο και δημιουργούνται σε αυτό αντιληπτές αλλαγές (αποτέλεσμα). Μάλιστα, όσο *μεγαλύτερη* είναι η δράση του ενεργού παράγοντα στο αντικείμενο, τόσο μεγαλύτερες μπορεί να είναι οι παρατηρούμενες αλλαγές. Για παράδειγμα, οι μαθητές θεωρούν ότι όσο μεγαλύτερη ποσότητα θερμότητας προσδίδουμε σε μια ποσότητα νερού, τόσο θα αυξάνεται και η θερμοκρασία του. Η χρήση αυτού του συλλογισμού μπορεί να δώσει σωστές αλλά και λανθασμένες προβλέψεις (πολλοί μαθητές, συνήθως μικρών ηλικιακών κατηγοριών, προβλέπουν ότι η θερμοκρασία του νερού θα συνεχίσει να αυξάνεται και μετά τους 100 °C). Οι μαθητές, επίσης, θεωρούν ότι συνδέοντας σε ένα απλό ηλεκτρικό κύκλωμα περισσότερες μπαταρίες, αυτό θα έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της φωτεινότητας του λαμπτήρα, κάτι όμως που είναι αληθές στην περίπτωση της παράλληλης σύνδεσης των μπαταριών.

Η Tiberghien (2004) σε μια ενδιαφέρουσα επισκόπηση των εργασιών που σχετίζονται με τη μελέτη των νοητικών παραστάσεων των μαθητών υπό το πρίσμα της αιτιότητας, επιβεβαιώνει την ιδιαιτερότητα της αιτιακής σκέψης των μαθητών η οποία λαμβάνει μεν τη μορφή του γραμμικού αιτιακού συλλογισμού, αλλά φαίνεται να εξαρτάται από τον τύπο της *φυσικής κατάστασης* στην οποία εφαρμόζεται. Αναφέρει, για παράδειγμα, ότι ο τύπος της αιτιότητας που χρησιμοποιούν οι μαθητές μικρότερης ηλικίας διαφέρει στις καταστάσεις θέρμανσης ενός σώματος και στις καταστάσεις μόνωσης. Στην πρώτη περίπτωση οι μαθητές αναφέρονται συνήθως στον όρο «θερμότητα» ως διαμεσολαβητή ανάμεσα στον ενεργό παράγοντα (το σώμα που θερμαίνει ή ψύχει) και το αντικείμενο της θέρμανσης/ψύξης. Στην περίπτωση, όμως, μιας κατάστασης μόνωσης (π.χ. διατήρησης ενός ροφήματος ζεστού μέσα σε ένα δοχείο), ο ενεργός παράγοντας είναι το υλικό από το οποίο είναι κατασκευασμένο ένα δοχείο (ή η ιδιότητά του να συγκρατεί τη «ζέστη» ή το «κρύο») το οποίο επιδρά στο αντικείμενο που θα πρέπει να παραμείνει μονωμένο («το βαμβάκι κρατά ζεστά τα ζεστά σώματα», «το αλουμίνιο κρατά κρύα τα κρύα σώματα»). Αυτός ο τύπος της αιτιότητας, σε αντίθεση με τον τύπο της αιτιότητας που χρησιμοποιείται στην κατάσταση της θέρμανσης, δεν επιτρέπει τη χρήση ενός διαμεσολαβητή και έτσι δεν εμφανίζεται ο όρος «θερμότητα».

Η έννοια της αιτιακής εξήγησης, σύμφωνα με τον Halbwachs, απαιτεί μια ιδιαίτερη συζήτηση σχετική με τη σημασία του χρόνου ως κριτηρίου συγκρότησης μιας σχέσης αιτιότητας. Σύμφωνα με τον ίδιο, στην αιτιακή εξήγηση, ανάλογα με το αν τα διάφορα φυσικά συστήματα διαχωρίζονται ή όχι στον χώρο, μπορεί δύο γεγονότα της μελετώμενης αιτιακής αλυσίδας να θεωρηθεί ότι λαμβάνουν χώρα ταυτόχρονα ή ότι το ένα προηγείται του άλλου. Η Viennot (1993) έχει ασχοληθεί ιδιαίτερα με τον τρόπο με τον οποίο μαθητές και, κυρίως, φοιτητές αντιλαμβάνονται τις σχέσεις διάφορων φυσικών μεγεθών από την άποψη του χρόνου. Τα δεδομένα που παρουσιάζει η συγκεκριμένη ερευνητρια δείχνουν ότι η απλή αιτιακή εξήγηση συνοδεύεται τις περισσότερες φορές από την έννοια της *χρονικής διαδοχής*. Έτσι, στην περίπτωση των μαθητών ή φοιτητών που ισχυρίζονται ότι μια μπάλα συνεχίζει να ανεβαίνει μετά την εκτόξευσή της, επειδή «έχει» μια δύναμη που την σπρώχνει προς τα πάνω, η αιτία του φαινομένου βρίσκεται σε προηγούμενη χρονική στιγμή (η δύναμη που εξασκεί αυτός που εκτοξεύει την μπάλα και την οποία «απέκτησε», στη συνέχεια, η μπάλα). Από τα προηγούμενα φαίνεται, λοιπόν, ότι η έννοια της χρονικής διαδοχής που συνοδεύει ένα απλό γραμμικό εξηγητικό σχήμα αποτελεί χαρακτηριστικό εμπόδιο στην ανάπτυξη ενός (α-χρονικού) εξηγητικού σχήματος που θα προσεγγίζει είτε την κυκλική αιτιακή είτε την ομογενή κατά Halbwachs εξήγηση, δηλαδή τύπους εξήγησης που χαρακτηρίζουν εν πολλοίς τη *δυναμική* προσέγγιση των μηχανικών φαινομένων. Συγχρόνως, η Viennot και οι συνεργάτες της ισχυρίζονται ότι η χρήση της χρονικής διαδοχής μπορεί να επηρεάσει αρνητικά την ανάγνωση κειμένων φυσικής ή τις απαντήσεις μαθητών και φοιτητών όταν προσπαθούν να επιλύσουν προβλήματα σχετιζόμενα με μετασχηματισμούς φυσικών συστημάτων με πολλές μεταβλητές. Στο πεδίο της θερμοδυναμικής, για παράδειγμα, έχει παρατηρηθεί ότι φοιτητές δίνουν εξηγήσεις της μορφής $\Phi_1 \rightarrow \Phi_2 \rightarrow \Phi_3 \rightarrow \dots \Phi_n$ όπου κάθε φαινόμενο Φ χαρακτηρίζεται από μία μόνο μεταβλητή. Έτσι, πρωτοετείς φοιτητές προσπαθώντας να εξηγήσουν την ισοβαρή θέρμανση ενός τέλει αερίου χρησιμοποιούν τη γραμμική αιτιακή εξήγηση: Q (θερμότητα) $\rightarrow T$ (θερμοκρασία) $\nearrow \rightarrow p$ (πίεση) $\nearrow \rightarrow V$ (όγκος) \nearrow όπου η αύξηση της πίεσης έρχεται σε αντίθεση με την ισοβαρή διαδικασία. Για τους φοιτητές, όμως, η αντίφαση αυτή δεν υφίσταται, διότι αντιλαμβάνονται τη διαδικασία σε μια χρονική διαδοχή η οποία, πολλές φορές, εκφράζεται ρητά. Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα διατύπωσης αυτής της αντίληψης είναι το εξής: «Σε έναν πρώτο χρόνο ($Q \rightarrow T \nearrow \rightarrow p \nearrow$), το έμβολο μπλοκάρει, ενώ σε έναν δεύτερο χρόνο το έμβολο αφήνεται ελεύθερο, ο όγκος του αερίου αυξάνεται και η πίεση επανέρχεται στην αρχική της τιμή, ίση με την εξωτερική πίεση» (Rosier & Viennot, 1991; Viennot, 1993). Ο συλλογισμός αυτός, ο οποίος αγνοεί την ταυτόχρονη αλλαγή που υφίστανται οι διάφορες μεταβλητές που χαρακτηρίζουν ένα θερμοδυναμικό σύστημα,

συνιστά ασφαλώς σοβαρό εμπόδιο στη μελέτη αυτού του συστήματος ως μεταβολής στατικών θερμοδυναμικών καταστάσεων όπως συμβαίνει με την κοινά αποδεκτή επιστημονική γνώση η οποία διδάσκεται στη δευτεροβάθμια και τριτοβάθμια εκπαίδευση.

Από όσα έχουν προηγηθεί καθίσταται, κατά τη γνώμη μας, σαφές ότι οι θέσεις του Halbwachs για τους διαφορετικούς τύπους εξήγησης στη Φυσική είναι δυνατόν να μας προσδιορίσουν σε μεγάλο βαθμό το μέγεθος της ποιοτικής διαφοράς ανάμεσα στη σκέψη των μαθητών και φοιτητών και την προτεινόμενη επιστημονική γνώση στις διάφορες βαθμίδες της εκπαίδευσης. Η διάκριση, δηλαδή, μεταξύ ομογενούς, αιτιακής και βαθυγενούς (μικροσκοπικής) εξήγησης είναι δυνατόν να προσδώσει ένα γενικότερο νόημα στις δυσκολίες που αντιμετωπίζουν οι μαθητές και οι φοιτητές στην προσπάθειά τους να περιγράψουν και να ερμηνεύσουν τον φυσικό κόσμο, όπως αυτές εντοπίζονται στις διάφορες έρευνες. Συγχρόνως, η διάκριση αυτή είναι δυνατόν να αποτελέσει γνώση αναφοράς και πηγή έμπνευσης για τον σχεδιασμό νέων ερευνών σχετικών αφενός με τον προσδιορισμό ή την επιβεβαίωση νοητικών παραστάσεων σε νέα γνωστικά αντικείμενα ή νέες ηλικιακές ομάδες, και αφετέρου με τον σχεδιασμό διδακτικών παρεμβάσεων που θα έχουν ως στόχο την υπέρβαση εννοιολογικών και μεθοδολογικών εμποδίων στην προσπάθεια περιορισμού και γεφύρωσης (όπου είναι επιστημολογικά δυνατό και διδακτικά εφικτό) των διαφορών ανάμεσα στη σκέψη των μαθητών και την προτεινόμενη επιστημονική γνώση.

1.4 Οι επιπτώσεις των απόψεων του Halbwachs στην ανάλυση και τον σχεδιασμό προγραμμάτων σπουδών Φυσικής

Οι θέσεις του Halbwachs φαίνεται ότι μπορούν να εξηγήσουν όχι μόνο τα πορίσματα των διάφορων ερευνών για τις νοητικές παραστάσεις των μαθητών στη Μηχανική και σε άλλους κλάδους της Φυσικής, αλλά και διάφορες διδακτικές στρατηγικές που έχουν αναπτυχθεί κατά καιρούς, καθώς και να συμβάλουν στη διατύπωση γενικών υποθέσεων σχετικών με τον σχεδιασμό του περιεχομένου του προγράμματος σπουδών της Φυσικής και των αντίστοιχων διδακτικών παρεμβάσεων. Στο παρόν κείμενο θα επικεντρωθούμε στην παρουσίαση μιας σειράς εναλλακτικών διδακτικών προτάσεων για τη διδασκαλία της Μηχανικής στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση οι οποίες είναι δυνατόν να αξιολογηθούν υπό το πρίσμα των απόψεων του Halbwachs².

Ορισμένες προσεγγίσεις (Dumas-Carré, 1987; Hestenes, 1992; Lemeignan & Weil-Barais, 1994, 1997; Küçüközer, 2006) προτείνουν την εισαγωγή ενδιάμεσων, ποιοτικών θεωρητικών μοντέλων αλληλεπιδράσεων ανάμεσα σε διάφορα αντικείμενα, τα οποία μπορεί να οδηγήσουν, στη συνέχεια, στη φορμαλιστική περιγραφή των φυσικών συστημάτων με τη βοήθεια της διανυσματικής οντότητας της δύναμης. Η επιλογή αυτή οδηγεί τους μαθητές να οικοδομήσουν μια αναπαράσταση της πραγματικότητας στο πειραματικό, νοητικό και συμβολικό επίπεδο μέσω υποθέσεων για την *αμοιβαιότητα* των επιδράσεων που έχουν τα διάφορα αντικείμενα σε άλλα. Το επιδιωκόμενο εξηγητικό σχήμα φαίνεται να σχετίζεται με το εξηγητικό σχήμα της κυκλικής αιτιότητας το οποίο ο Halbwachs θεωρεί κατάλληλο για το *πέρασμα* από τη γραμμική αιτιότητα σε περισσότερο εξελιγμένες μορφές εξήγησης, οι οποίες απαιτούνται στο πεδίο της Μηχανικής. Όπως όμως λέει και ο ίδιος, για να οικοδομήσει ο νους το εξελιγμένο αυτό εξηγητικό σχήμα χρειάζεται καταρχάς μια μακρά άσκηση στο επίπεδο της απλής αιτιότητας (Halbwachs, 1971). Παράλληλα, επισημαίνει τις ιστορικές δυσκολίες για το πέρασμα από έναν τύπο εξήγησης σε έναν άλλον τύπο εξήγησης, ενώ προσδιορίζει τη φύση των επιστημολογικών τομών ανάμεσα σε διάφορα είδη εξήγησης (π.χ. η αλλαγή του αιτιακού εξηγητικού σχήματος της σύγκρουσης δύο σφαιρών σε ομογενές εξηγητικό σχήμα μεταβολής της κινητικής κατάστασής τους), που ενδεχομένως να έχουν ως αποτέλεσμα η μεταβολή ενός εξηγητικού σχήματος να μην μπορεί να επιτευχθεί με σωρευτικό, γραμμικό τρόπο.

Άλλοι ερευνητές (DiSessa, 1980; Hermann & Schmid, 1984) προτείνουν την εισαγωγή της έννοιας της *ορμής* ως εναλλακτικής προοπτικής στη διδασκαλία της μηχανικής στο εισαγωγικό επίπεδο της τριτοβάθμιας εκπαίδευσης. Ο DiSessa εισάγει την έννοια της δύναμης ως τον ρυθμό με τον οποίο μεταβάλλεται (ρέει) η ορμή από ένα αντικείμενο σε ένα άλλο συνοδεύοντας το αντίστοιχο θεωρητικό μοντέλο με μια γραφική παράσταση όπου ορίζονται σαφώς τα διαφορετικά συστήματα που αλληλεπιδρούν, ισχυριζόμενος ότι το μοντέλο αυτό βρι-

² Η βιβλιογραφία για τη διδασκαλία και μάθηση εννοιών και μεθόδων στον τομέα της Μηχανικής είναι πολύ πλούσια. Στο παρόν κείμενο δεν ενδιαφερόμαστε τόσο για μια συστηματική επισκόπηση της βιβλιογραφίας αυτής, αλλά για την ανάδειξη εκείνων των επιστημολογικών και διδακτικών επιλογών που είναι συμβατές με το πλαίσιο της φύσης της εξήγησης του Halbwachs.

σκεται πιο κοντά στις βιωματικές, νοητικές παραστάσεις των μαθητών ή φοιτητών και ότι είναι δυνατόν να νοηματοδοτήσουν μέσω αυτού καλύτερα ορισμένες φυσικές καταστάσεις παρά με τον φορμαλισμό του δεύτερου νόμου της Νευτώνικης Μηχανικής. Οι Hermann & Bruno Schmid χρησιμοποιούν την ίδια έννοια για να εξηγήσουν καταστάσεις μηχανικής ισορροπίας. Χρησιμοποιώντας τις απόψεις Halbwachs ως εργαλείο ανάλυσης των δύο προηγούμενων, αιρετικών θα έλεγε κάποιος, προσεγγίσεων, αντιλαμβανόμαστε ότι η αντικατάσταση του φορμαλισμού του δεύτερου νόμου της Μηχανικής με τον φορμαλισμό της μεταβολής (ροής) της ορμής συνάδει με την ανάγκη να εκμεταλλευτούμε το εξηγητικό σχήμα της απλής εξήγησης στην περίπτωση που το σχήμα αυτό μπορεί να υποβοηθήσει τις αυθόρμητες νοητικές παραστάσεις των μαθητών και φοιτητών (μια «δύναμη» που μεταφέρεται από ένα αντικείμενο σε ένα άλλο) να εξελιχθούν σε (αιτιακά) εξηγητικά σχήματα συμβατά με τη σύγχρονη επιστημονική γνώση.

Το πεδίο της Μηχανικής είναι ένα από τα πεδία όπου έχει υπάρξει μακρά εμπειριστατωμένη διερεύνηση των νοητικών παραστάσεων των μαθητών και φοιτητών. Το βασικό διαχρονικό συμπέρασμα των ερευνών αυτών είναι ότι η δομή και τα χαρακτηριστικά των εξηγητικών σχημάτων που χρησιμοποιούνται, ακόμα και μετά τη διδασκαλία, δεν αντιστοιχούν στη δομή και τα χαρακτηριστικά των εξηγήσεων που δίνονται μέσα από τα παραδοσιακά προγράμματα διδασκαλίας της Μηχανικής. Περιέργως, λίγες φαίνεται να είναι οι εργασίες στον τομέα της ΔΦΕ που να διερευνούν τις δυνατότητες σχεδιασμού περιεχομένων και διδακτικών δραστηριοτήτων στη Μηχανική οι οποίες αφενός να λαμβάνουν υπόψη τους το βασικό αυτό συμπέρασμα και αφετέρου να προσφέρουν περιεχόμενα και διδακτικές δραστηριότητες οι οποίες να οδηγούν τους μαθητές και φοιτητές στην υπέρβαση των απλοϊκών νοητικών τους αναπαραστάσεων. Οι απόψεις του Halbwachs για τους διαφορετικούς τύπους εξήγησης, για τη φύση και τα χαρακτηριστικά καθενός εξ αυτών, για τα ενδιάμεσα βήματα που οδηγούν σε έναν πιο εξελιγμένο τύπο εξήγησης καθώς και για τη συσχέτιση των διάφορων αυτών τύπων εξήγησης με τα δυνατά εξηγητικά σχήματα που χρησιμοποιούν μαθητές και φοιτητές (επειδή ακριβώς παρήχθησαν μέσα από μια αντι-εμπειριστική, ιστορική και γενετική ανάλυση), εμπειρεύουν, κατά τη γνώμη μας, τα σπέρματα μιας θετικής ανάγνωσης των πορισμάτων της έρευνας για την εξέλιξη των νοητικών παραστάσεων των μαθητών και φοιτητών στη Μηχανική.

Με βάση τα προηγούμενα, είναι δυνατόν να προτείνουμε πλαίσια δυνατών ανασυγκροτήσεων των προγραμμάτων σπουδών της Μηχανικής που προκύπτουν από τη σύνδεση των απόψεων Halbwachs με τα πορίσματα των σχετικών ερευνών για τις νοητικές παραστάσεις των μαθητών και φοιτητών:

(α) Η μετατόπιση των προγραμμάτων σπουδών Μηχανικής σε μεγαλύτερες εκπαιδευτικές βαθμίδες, και μάλιστα όχι τόσο στον γενικό κορμό αλλά σε επίπεδο κατεύθυνσης, καθίσταται σχεδόν αναγκαία εξαιτίας της δραματικά μεγάλης απόστασης των εξηγητικών θεωρητικών μοντέλων από τα βιωματικά εξηγητικά σχήματα των μαθητών και φοιτητών. Ήδη αυτό γίνεται εμπειρικά σε διεθνές επίπεδο όπου τα προγράμματα του Γυμνασίου έχουν αποφορτιστεί από την ύλη της Μηχανικής σε μεγάλο βαθμό. Χαρακτηριστικά παραδείγματα αποτελούν το γαλλικό και βρετανικό πρόγραμμα σπουδών. Αντίθετα, το ελληνικό πρόγραμμα σπουδών, μετά από μια μικρή περίοδο εξορθολογισμού του (π.χ. Καραπαναγιώτης, 1998), επανήλθε στην πλέον παραδοσιακή του μορφή όπου η εισαγωγή των μαθητών του Γυμνασίου στη Φυσική επαφίεται στα πλέον αφηρημένα μοντέλα της Μηχανικής τα οποία απαιτούν φορμαλιστικές ομογενείς εξηγήσεις (Αντωνίου κ.ά., 2015).

(β) Απαιτούνται μεγάλης κλίμακας τροποποιήσεις στα περιεχόμενα και στις διδακτικές δραστηριότητες των υφιστάμενων προγραμμάτων Μηχανικής, τόσο στις χαμηλότερες όσο και στις υψηλότερες εκπαιδευτικές βαθμίδες. Οι τροποποιήσεις αυτές αφορούν την εισαγωγή φυσικών προς μελέτη συστημάτων τα οποία να απαιτούν, καταρχήν, την ενεργοποίηση του κατεξοχήν βιωματικού εξηγητικού σχήματος που αντιστοιχεί στην απλή (γραμμική) αιτιακή εξήγηση και τη, βήμα προς βήμα, τροποποίηση του σχήματος αυτού προς περισσότερο εξελιγμένες μορφές εξήγησης³. Η ενεργοποίηση του απλού αιτιακού εξηγητικού σχήματος σε μηχανικά φαινόμενα, είναι δυνατόν να οδηγήσει στην οικοδόμηση μοντέλων ακόμη και στην προσχολική ηλικία, όπως στην

3 Οι απόψεις Halbwachs είναι δυνατόν να οδηγούν σε διδακτικές υποθέσεις σχετικές με την εννοιολογική συνιστώσα της σχολικής επιστημονικής γνώσης, οι οποίες, όμως, αν και αναγκαίες, δεν είναι επαρκείς για μια συνολική εικόνα της προτεινόμενης εναλλακτικής μορφής περιεχομένου και διδακτικών δραστηριοτήτων. Παράλληλα, θα πρέπει να διατυπωθούν υποθέσεις σχετικές με τη μεθοδολογική συνιστώσα (για παράδειγμα, υποθέσεις σχετικές με τον ρόλο των ερωτημάτων που τίθενται στους μαθητές ή την εισαγωγή της υποθετικο-παραγωγικής εικόνας της επιστήμης) και την πολιτισμική συνιστώσα (για παράδειγμα, σύνδεση της σχολικής επιστημονικής γνώσης με ζητήματα της καθημερινότητας ή με την Ιστορία της επιστήμης) της επιστημονικής γνώσης. Το Β' μέρος του παρόντος συγγράμματος είναι αφιερωμένο σε ζητήματα διάδοσης κυρίως της πολιτισμικής συνιστώσας της επιστημονικής γνώσης.

περίπτωση της οικοδόμησης από τα νήπια ενός *πρόδρομου μοντέλου* για την τριβή (Ravanis, Koliopoulos & Boilevin, 2007). Η εισαγωγή, επίσης, τόσο στην πρωτοβάθμια όσο και στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση ποιοτικών ενδιάμεσων μοντέλων, όπως αυτό της *αλληλεπίδρασης* που περιγράψαμε πιο πάνω, μπορεί να οδηγήσει σε μετεξέλιξη του απλού αιτιακού εξηγητικού σχήματος. Τέλος, μπορεί να επιτευχθεί, ιδιαίτερα στις μικρότερες εκπαιδευτικές βαθμίδες, η αντικατάσταση ενός μέρους του γνωστικού αντικειμένου της Μηχανικής, στο οποίο κυρίαρχη εξήγηση είναι η νευτωνική δυναμική εξήγηση, με κατάλληλο περιεχόμενο, στο οποίο ο τύπος εξήγησης βρίσκεται κοντύτερα στις βιωματικές νοητικές παραστάσεις των μαθητών. Χαρακτηριστικό παράδειγμα μιας τέτοιας πρότασης είναι η μετατόπιση της μελέτης του απλού εκκρεμούς μέσω της δυναμικής ανάλυσης της κίνησής του προς μια μελέτη που ευνοεί τη χρήση απλούστερων αιτιακών σχημάτων, όπως η μελέτη των παραγόντων που επηρεάζουν την περίοδό του (Δόσης, 2014). Εμπεριστατωμένη ανάλυση της πρότασης υπάρχει στο Κεφάλαιο 4 του συγγράμματος.

(γ) Η ιδέα της υποβάθμισης του σημαντικού ρόλου που παίζει η Μηχανική στο ελληνικό πρόγραμμα σπουδών είναι δυνατόν να συμπληρωθεί από την ιδέα της αντίστοιχης αναβάθμισης του ρόλου της *μακροσκοπικής Θερμοδυναμικής* στη βάση της πραγμάτευσης της αρχής διατήρησης της ενέργειας και κυρίως του Πρώτου Θερμοδυναμικού Νόμου. Η ιδέα αυτή είναι προς το παρόν μειοψηφική, αλλά παρόλ' αυτά διαθέτει ιστορικές ρίζες και, κατά τη γνώμη μας, στέρεο επιστημολογικό υπόβαθρο. Στο επιστημολογικό επίπεδο, ο φυσικός και φιλόσοφος Ernst Mach, ο οποίος έζησε στο δεύτερο μισό του 19ου αιώνα και στις αρχές του 20ού αιώνα, είναι γνωστός, μεταξύ άλλων, και για τη θέση που λαμβάνει, σύμφωνα με την οποία το πεδίο της Μηχανικής, αν και έχει το ιστορικό προβάδισμα στην ανάπτυξη της επιστημονικής γνώσης της Φυσικής, δεν συνιστά το θεμέλιο της συγκρότησης αυτής της γνώσης. Αντίθετα, στο έργο του *Η επιστήμη της Μηχανικής: Μια κριτική και ιστορική αποτίμηση της συγκρότησής της*⁴ αναγνωρίζει ως θεμελιακή γνώση την αρχή διατήρησης της ενέργειας ως την έκφραση μιας αμετάβλητης, ποσοτικής συσχέτισης μεταξύ μηχανικών και άλλου τύπου φαινομένων (Mach, 1919; Drago, 1994). Οι Prigogine και Stengers, επίσης, αναγνωρίζοντας στα πεδία της Μηχανικής και Θερμοδυναμικής μια περίπτωση «ασυμμετρίας» μιλούν για δύο διαφορετικούς κόσμους (Prigogine & Stengers, 1979). Επισημαίνουν ιστορικές, φιλοσοφικές και εννοιολογικές διαφορές για να καταδείξουν ακριβώς την παρακμή της Μηχανικής και την ανάδειξη της Θερμοδυναμικής (και μάλιστα της μορφής που παίρνει αυτή σε συστήματα μακριά από την ισορροπία) σε κυρίαρχο ερμηνευτικό πλαίσιο των φυσικών φαινομένων σε ανθρωπομετρική κλίμακα (Κολιόπουλος, 1997). Από την άλλη μεριά, στο επίπεδο της διδασκαλίας, ο Drago (1994) υιοθετώντας τις θέσεις του Mach προτείνει ένα πρόγραμμα διδασκαλίας το οποίο να δίνει έμφαση και πρωταγωνιστικό ρόλο στη Θερμοδυναμική όχι μόνο για επιστημολογικούς αλλά και για κοινωνικούς λόγους («Οι έννοιες του έργου και της ενέργειας είναι δυνατόν να θεωρηθούν “κοινωνικές” έννοιες σε αντίθεση με την ανθρωπομορφική και μεμονωμένη έννοια της δύναμης», σελ. 195). Παράλληλα, προτείνει η Μηχανική να διδάσκεται με έναν ισοδύναμο ως προς το μαθηματικό σκέλος τρόπο με τη Θερμοδυναμική αντικαθιστώντας τον αφηρημένο δεύτερο νόμο της νευτωνικής μηχανικής με τη γενικευμένη αρχή των δυνατών έργων. Στον ελληνικό χώρο έχουν εκφραστεί ανάλογες ιδέες για την αναβάθμιση της διδασκαλίας της ενέργειας (Ρέντζος, 1985) και έχουν προταθεί κατάλληλες διδακτικές παρεμβάσεις, ώστε οι μαθητές της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης να είναι σε θέση να προσεγγίζουν τα *μηχανικά φαινόμενα* όχι μέσω του αφηρημένου και μαθηματικοποιημένου τομέα της Μηχανικής, ο οποίος απαιτεί κυρίως ομογενείς εξηγήσεις ή, στην καλύτερη περίπτωση, την εισαγωγή εξηγητικών σχημάτων που βασίζονται στην κυκλική αιτιότητα, αλλά μέσω ενός διδακτικού μετασχηματισμού στοιχείων της μακροσκοπικής Θερμοδυναμικής εκμεταλλευόμενοι, αρχικά, το οικείο σε αυτούς εξηγητικό σχήμα της γραμμικής αιτιότητας (Κολιόπουλος, 2000; Κυριαννάκη, 2014).

4 Η αποδοχή εκ μέρους μας αυτών των απόψεων του Mach δεν σημαίνει ότι υιοθετούμε, στο σύγγραμμα αυτό, και την εργαλειοκρατική του άποψη καθώς και τον εμπειρικο-θετικιστικό προσανατολισμό του. Παρόλ' αυτά, ένα μεγάλο μέρος των απόψεών του για τη διδασκαλία της επιστήμης, όπως η εισαγωγή ιστορικών και φιλοσοφικών στοιχείων στη διδασκαλία της ή η αντι-δογματική εισαγωγή της επιστημονικής γνώσης, που φαίνεται να έχουν επηρεάσει και σύγχρονες απόψεις στη Διδακτική και διδασκαλία των φυσικών επιστημών (Matthews, 1990), είναι απολύτως συμβατό με τις ιδέες που αναπτύσσονται στο παρόν και τα επόμενα κεφάλαια (δείτε, π.χ. τα Κεφάλαια 3 και 4).

1.5 Επίλογος

Συμβαίνει πολλές φορές τα δεδομένα που αφορούν τις έρευνες για τις νοητικές παραστάσεις των μαθητών να παράγονται χωρίς να έχουν διατυπωθεί συγκεκριμένες γνωστικές ή διδακτικές υποθέσεις, με αποτέλεσμα μια ομάδα ερευνητών να καταλήγει στο, λανθασμένο κατά τη γνώμη μας, συμπέρασμα πως το ρεύμα της διερεύνησης των νοητικών παραστάσεων των μαθητών έχει εξαντλήσει τις δυνατότητές του. Αντιθέτως, θεωρούμε ότι είναι επιτακτική ανάγκη η συνέχιση της σχετικής έρευνας, αρκεί να συνοδεύεται από σαφείς και περιεκτικές υποθέσεις για περιεχόμενα και διδακτικές δραστηριότητες που θα οδηγούν σε σαφή γνωστική πρόοδο, ιδιαίτερα στον τομέα της μηχανικής. Οι απόψεις του Halbwachs είναι δυνατόν να λειτουργήσουν καταλυτικά προς αυτή την κατεύθυνση.

Βιβλιογραφικές αναφορές

- Αντωνίου, Ν., Δημητριάδης, Π., Καμπούρης, Κ., Παπαμιχάλης, Κ., & Παπασιμίπα, Α. (2015). *Φυσική Β' γυμνασίου*. Αθήνα: ΙΤΥΕ Διόφαντος.
- Anderson, B. (1986). The experiential gestalt of causation: A common core to pupils' preconceptions in science. *European Journal of Science Education*, 8(2), 155-171.
- Besson, U. (2004). Some features of causal reasoning: common sense and physics teaching. *Research in Science & Technological Education*, 22(1), 113-125.
- Besson, U. (2010). Calculating and understanding: Formal models and causal explanations in science, common reasoning and Physics teaching. *Science & Education*, 19(3), 225-257.
- Δόσης, Σ. (2014). *Σχεδίαση και αξιολόγηση ακολουθίας διδακτικών εννοιών στα πλαίσια της καινοτομικής και εποικοδομητικής αντίληψης για το αναλυτικό πρόγραμμα φυσικών επιστημών: Η περίπτωση της διδασκαλίας του εκκρεμούς στο Γυμνάσιο*. Διδακτορική διατριβή. ΤΕΕΑΠΗ Παν/μίου Πατρών.
- DiSessa, A.A. (1980). Momentum flow as an alternative perspective in elementary mechanics. *American Journal of Physics*, 48(5), 365-369.
- Drago, A. (1994). Mach's thesis: Thermodynamics as the basic theory of physics teaching. *Science & Education*, 3(2), 189-198.
- Dumas-Carré, A. (1987). *La résolution de problème en physique, au lycée: le procédural: apprentissage et évaluation*. Thèse de Doctorat. Université Paris VII.
- Grimellini-Tomasini, N., Pecori-Balandi, B., Pacca, J.L.A., & Villani, A. (1993). Understanding conservation laws in Mechanics: Students' conceptual change in learning about collisions. *Science Education*, 77(2), 169-189.
- Halbwachs, F. (1949). *Matérialisme dialectique et sciences physico-chimiques*. Paris: Éditions Sociales.
- Halbwachs, F. (1960). *Théorie relativiste des fluides à spin*. Paris: Gauthier-Villars.
- Halbwachs, F. (1971). Causalités linéaire et circulaire en physique. In M. Bunge, F. Halbwachs, T. Kuhn, J. Piaget & L. Rosenfeld (Eds.), *Les théories de la causalité*. Paris: Presses Universitaires de France, 39-111.
- Halbwachs, F. (1973). L'histoire de l'explication en physique. In Piaget et al., (Eds.), *L'explication dans les sciences*. Paris: Flammarion, 72-102.
- Halbwachs, F. (1974). *La pensée physique chez l'enfant et le savant*. Genève: Delachaux et Niestlé.
- Halbwachs, F. (1975). La physique du maître entre la physique du physicien et la physique de l'enfant. *Revue Française de Pédagogie*, 33, 19-29.
- Halbwachs, F. (1981). Significations et raisons dans la pensée scientifique. *Archives de Psychologie*, 49, 199-229.
- Halloun, I.A., & Hestenes, D. (1985). Common sense concepts about motion. *American Journal of Physics*, 53(11), 1056-1065.
- Hermann, F., & Bruno Schmid, G. (1984). Statics in the momentum current picture. *American Journal of Physics*, 52(2), 146-152.
- Hestenes, D. (1992). Modelling games in the Newtonian world. *American Journal of Physics*, 60(8), 732-748.
- Καραπαναγιώτης, Β., Παπασταματίου, Ν., Φέρτης, Α., & Χαλέτσος, Χ. (1998). *Φυσική Β' γυμνασίου*. Αθήνα: ΟΕΔΒ.
- Κολιόπουλος, Δ. (1997). *Επιστημολογικές και διδακτικές διαστάσεις των διαδικασιών συγκρότησης αναλυτικού προγράμματος: Η περίπτωση του διδακτικού μετασχηματισμού και της μάθησης της έννοιας της ενέργειας*. Διδακτορική διατριβή. ΤΕΕΑΠΗ Παν/μίου Πατρών.
- Κολιόπουλος, Δ. (2006). *Θέματα Διδακτικής των φυσικών επιστημών. Η συγκρότηση της σχολικής γνώσης*. Αθήνα: Μεταίχμιο.
- Κουλαϊδής, Β. (Επιμ.) (2001). *Διδακτική των Φυσικών Επιστημών*. Αθήνα: Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο.
- Κυριαννάκη, Δ. (2014). *Η διδασκαλία της έννοιας «ενέργεια» στην α' λυκείου. Μια καινοτομική προσέγγιση*. Μεταπτυχιακή εργασία. Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο.
- Küçüközer, A. (2006). Evolution of the students' conceptual understanding in the case of a teaching sequence in mechanics: Concept of interaction. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 2(1), 30-40.

- Lemeignan, G., & Weil-Barais, A. (1994). A developmental approach to cognitive change in mechanics. *International Journal of Science Education*, 16(1), 99-120.
- Lemeignan, G., & Weil-Barais, A. (1997). *Η οικοδόμηση των εννοιών στη φυσική. Η διδασκαλία της μηχανικής*. Αθήνα: Τυπωθήτω.
- Mach, E. (1919). *The science of Mechanics. A critical and historical account of its development*. Chicago: The Open Court.
- Matthews, M. (1990). Ernst Mach and contemporary science education reforms. *International Journal of Science Education*, 12(3), 317-325.
- McCloskey, M., & Kargon, R. (1988). The meaning and use of historical models in the study of intuitive physics. In S. Strauss (Ed.), *Ontogeny, phylogeny and historical development*. New York: Ablex Publishing Corp., 49-67.
- McDermott, L.C. (1984). Research in conceptual understanding in Mechanics. *Physics Today*, 37, 24-32.
- Minstrell, J. (1982). Explaining the 'at rest' condition of an object. *The Physics Teacher*, 20, 10-14.
- Ραβάνης, Κ. (2016). *Εισαγωγή στη Διδακτική και στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών*. Αθήνα: Εκδόσεις Νέων Τεχνολογιών.
- Ρέντζος, Ι.Δ. (1979). Η ενέργεια στο πρόγραμμα. *Φυσικός Κόσμος (Απόψεις)*, 101, 21-26.
- Ravanis, K., Koliopoulos, D., & Boilevin, J.-M. (2007). Construction of a precursor model for the concept of rolling friction in the thought of preschool age children: A socio-cognitive teaching intervention, *Research in Science Education*, 38(4), 421-434.
- Rosier, S., & Viennot, L. (1991). Students' reasoning in thermodynamics. *International Journal of Science Education*, 13(20), 159-170.
- Viennot, L. (1979). *Le raisonnement spontané en dynamique élémentaire*. Paris: Hermann.
- Viennot, L. (1993). Temps et causalité dans les raisonnements des étudiants en physique, *Didaskalia*, 1, 13-27.

Δραστηριότητες

1. Επιλέξτε ένα απόσπασμα ή μια ενότητα σχολικού εγχειρίδιου και προσπαθήστε να εντάξετε το εννοιολογικό περιεχόμενο του αποσπάσματος ή της ενότητας σε μία από τις τρεις μορφές εξήγησης που προτείνει ο Halbwachs.
2. Να κάνετε μια βιβλιογραφική έρευνα για να εντοπίσετε βιβλία, άρθρα ή/και πρακτικά συνεδρίων στα οποία αναφέρεται η έννοια της αιτιακής εξήγησης που χρησιμοποιούν οι μαθητές σε διάφορες εκπαιδευτικές βαθμίδες. Γράψτε μια αναφορά για τα ευρήματά σας και σχολιάστε τα στη βάση των απόψεων του Halbwachs.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

Η διδασκαλία και μάθηση των φυσικών επιστημών στην προσχολική εκπαίδευση

Δημήτρης Κολιόπουλος

Σύνοψη

Είναι δυνατή η διδασκαλία των φυσικών επιστημών στην προσχολική και πρώτη σχολική εκπαίδευση; Αυτό είναι το ερώτημα στο οποίο απαντά το συγκεκριμένο κεφάλαιο υπό το πρίσμα της έρευνας που διεξάγεται στο πλαίσιο του πεδίου της Διδακτικής των φυσικών επιστημών. Στο κείμενο αυτό προσφέρονται επιχειρήματα που τεκμηριώνουν τη θετική απάντηση στο συγκεκριμένο ερώτημα. Πιο συγκεκριμένα, αναφερόμαστε στην κοινωνική, επιστημολογική, γνωσιακή και παιδαγωγική διάσταση του ερωτήματος, ενώ συγχρόνως, μέσω μιας μελέτης περίπτωσης, η οποία αφορά τη διδασκαλία της ιδιαίτερα αφηρημένης αλλά κοινωνικά ενδιαφέρουσας έννοιας της ενέργειας, συγκεκριμενοποιούμε τα εν λόγω επιχειρήματα.

Προαπαιτούμενη γνώση

Κολιόπουλος, Δ. (2006). *Θέματα Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών. Η συγκρότηση της σχολικής γνώσης*. Αθήνα: Εκδόσεις Μεταίχιμο.

Ραβάνης, Κ. (1999). *Οι Φυσικές Επιστήμες στην προσχολική εκπαίδευση*. Αθήνα: Τυπωθήτω.

2.1 Εισαγωγή

Διεθνείς εκπαιδευτικοί οργανισμοί και εκπαιδευτικά συστήματα, προωθούν πλέον την εισαγωγή των φυσικών επιστημών ως *διακριτής οντότητας* στα αναλυτικά προγράμματα της προσχολικής εκπαίδευσης. Το πλέον πρόσφατο αναλυτικό πρόγραμμα για την προσχολική εκπαίδευση στην Ελλάδα έχει, επίσης, υιοθετήσει αυτή την προσέγγιση. Συγχρόνως όμως, αν και η εκπαιδευτική έρευνα στον τομέα της προσχολικής εκπαίδευσης έχει ήδη συσσωρεύσει σειρά αποτελεσμάτων που «νομιμοποιούν» τη συγκεκριμένη προσέγγιση (Howe, 1993), η έρευνα στον τομέα της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών (ΔΦΕ) είναι υποχρεωμένη να στέκεται κριτικά και να θέτει συγκεκριμένα ερωτήματα σχετικά με τη δυνατότητα και τις συνθήκες εισαγωγής στοιχείων φυσικών επιστημών σε προσχολικό επίπεδο. Ένας μεγάλος όγκος εργασιών οι οποίες έχουν παρουσιαστεί τα τελευταία χρόνια, διεθνώς και στην Ελλάδα, πιστοποιεί τη δυναμική που έχει αναπτυχθεί εντός της κοινότητας των ερευνητών της ΔΦΕ (Coquidé-Cantor & Giordan, 2002; Eshach, 2006; RESMICTE, 2009; Roth, Goulart & Plakitsi, 2013; Fleer & Pramling, 2015; Trundle & Saçkes, 2015; Kampeza, 2020; O'Connor, Fragkiadaki, Fleer & Rai, 2021). Στον ελληνικό χώρο, χαρακτηριστικό παράδειγμα συστηματικής ερευνητικής δραστηριότητας είναι η δραστηριότητα που αναπτύσσεται στα Παιδαγωγικά Τμήματα Προσχολικής Εκπαίδευσης τα αποτελέσματα της οποίας έχουν καταγραφεί σε διεθνείς και ελληνικές δημοσιεύσεις αλλά, κυρίως, στα Πρακτικά έντεκα πανελληνίων συνεδρίων τα οποία έχουν διοργανωθεί έως την ώρα που γράφονται αυτές οι γραμμές και έχουν ως αντικείμενο τη διδασκαλία των φυσικών επιστημών στην προσχολική εκπαίδευση⁵. Το κεφάλαιο αυτό αποτελείται από πέντε ενότητες: Στις τέσσερις πρώτες ενότητες εξετάζουμε αν η διδασκαλία των φυσικών επιστημών στην προσχολική εκπαίδευση είναι κοινωνικά αναγκαία, πότε είναι επιστημολογικά έγκυρη, αν είναι γνωσιακά επιτρεπτή καθώς και πότε καθίσταται διδακτικά εφικτή, τροφοδοτώντας με επιχειρήματα τη θετική απάντηση στο ερώτημα αν είναι δυνατή η διδασκαλία τους σε αυτό το επίπεδο. Στην πέμπτη ενότητα, συγκεκριμενοποιούνται τα εν λόγω επιχειρήματα μέσω της παρουσίασης μιας μελέτης περίπτωσης η οποία αφορά τη διδασκαλία της έννοιας της ενέργειας στο επίπεδο της πρώτης δημοτικού. Πιο συγκεκριμένα, γίνεται αναφορά στο κοινωνικό ενδιαφέρον για τη διδασκαλία της συγκεκριμένης έννοιας, στην εγκυρότητα ενός πρόδρομου εννοιολογικού μοντέλου αποθήκευσης και μεταφοράς ενέργειας που είναι δυνατόν να οικοδομηθεί από παιδιά προσχολικής και πρώτης σχολικής ηλικίας, στον γραμμικό αιτιακό συλλογισμό ως κατάλληλο γνωστικό υπόβαθρο για την

5 Τα Πρακτικά αυτών των συνεδρίων ψηφιοποιούνται και μπορείτε να τα βρείτε [εδώ](#)

οικοδόμηση αυτού του μοντέλου, καθώς και στο ότι κατέστη εφικτή μια τέτοια διδακτική παρέμβαση σε πραγματικές σχολικές συνθήκες.

2.2 Το κοινωνικό επιχείρημα: Η κοινωνική αναγκαιότητα

Η κοινωνική αναγκαιότητα της εισαγωγής των φυσικών επιστημών στην προσχολική εκπαίδευση μπορεί να προκύψει από αυτό που ονομάζουμε συγκρότηση επιστημονικής καλλιέργειας. Η θέση ότι η επιστημονική γνώση αποτελεί *πολιτισμικό αντικείμενο* και, συνεπώς, αφορά το σύνολο του πληθυσμού μιας κοινωνίας που οφείλει να ζει ανθρώπινα σε ένα επιστημονικο-τεχνικό περιβάλλον, αλλά και να χειρίζεται αποτελεσματικά το περιβάλλον αυτό, υιοθετείται όλο και περισσότερο από διάφορα εκπαιδευτικά συστήματα (Κολιόπουλος, 2017). Στα πλαίσια αυτά, οι φυσικές επιστήμες και η τεχνολογία θεωρούνται όλο και περισσότερο βασικά αντικείμενα διδασκαλίας σε τυπικά ή μη τυπικά εκπαιδευτικά περιβάλλοντα⁶. Έτσι, βλέπουμε ότι ακόμη και διαπρεπείς φυσικοί, όπως ο Lederman στις Ηνωμένες Πολιτείες (Fiolhais & Pessoa, 2002) και ο Charpac στη Γαλλία (Larcher & Saltiel, 1998), αμφότεροι κάτοχοι βραβείων Nobel, εμπλέκονται ενεργά στις διαδικασίες εισαγωγής των φυσικών επιστημών στις βαθμίδες της προσχολικής και πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης. Μάλιστα, το δημιούργημα του Charpac "["La main à la pâte"](#)" έχει πλέον μετεξελιχθεί σε έναν διεθνή οργανισμό ο οποίος συμβάλλει ενεργά αφενός στην επαγγελματική ανάπτυξη των εκπαιδευτικών της προσχολικής εκπαίδευσης αλλά και άλλων βαθμίδων της εκπαίδευσης παρέχοντας σχετικό παιδαγωγικό υλικό και αφετέρου στη στήριξη δημόσιων δομών και υπευθύνων της εκπαίδευσης να παράγουν εκπαιδευτικές πολιτικές οι οποίες να προωθούν τη *διερευνητική* διδασκαλία και μάθηση στα πεδία των Φυσικών Επιστημών και της Τεχνολογίας. Συγχρόνως, οι ιδέες και το εκπαιδευτικό περιεχόμενο του οργανισμού έχουν ενσωματωθεί στο επίσημο εθνικό γαλλικό αναλυτικό πρόγραμμα για τις φυσικές επιστήμες στην προσχολική εκπαίδευση.

Η εισαγωγή των φυσικών επιστημών ως διακριτής οντότητας στο αναλυτικό πρόγραμμα της προσχολικής εκπαίδευσης παρατηρείται και σε άλλα εκπαιδευτικά συστήματα (Κολιόπουλος, Γκρίτση & Ζόγκτζα, 2003). Η έννοια της διακριτότητας των φυσικών επιστημών στην προσχολική εκπαίδευση εμφανίζεται με διαφορετικό τρόπο. Στο αγγλικό πρόγραμμα οι φυσικές επιστήμες αποτελούν αυτόνομο τομέα από την ηλικία των 5 ετών, ενώ στο κυπριακό πρόγραμμα οι φυσικές επιστήμες αντιμετωπίζονται ως αυτόνομος τομέας από την ηλικία των 4 ετών (Κωνσταντίνου, Κυριακίδου & Νικολάου, 2002). Πιο πρόσφατα, στις Οδηγίες για τις βαθμίδες K-12 του εκπαιδευτικού συστήματος στις ΗΠΑ ([National Research Council, 2012](#)), προτείνονται τρεις βασικοί άξονες γύρω από τους οποίους είναι δυνατόν να οικοδομηθεί το αναλυτικό πρόγραμμα φυσικών επιστημών ακόμη και από τις πολύ μικρές ηλικίες: (α) επιστημονικές και τεχνολογικές/μηχανολογικές πρακτικές (π.χ. διατύπωση επιστημονικών ερωτημάτων και αναγνώριση τεχνολογικών προβλημάτων, ανάλυση και ερμηνεία δεδομένων), (β) διαθεματικές έννοιες οι οποίες είναι δυνατόν να ενοποιηθούν και να εφαρμοστούν στα διάφορα πεδία φυσικών επιστημών (π.χ. αιτιακή εξήγηση, φυσικά συστήματα) και (γ) θεμελιώδεις έννοιες για κάθε επιστημονικό τομέα - π.χ. ύλη και αλληλεπιδράσεις, ενέργεια, οικοσυστήματα, σχέσεις ανάμεσα στην επιστήμη και την τεχνολογία).

Στο ευρωπαϊκό επίπεδο, την τελευταία εικοσαετία έχουν εμφανιστεί αρκετά προγράμματα για την προώθηση της διδασκαλίας των φυσικών επιστημών στην προσχολική ηλικία. Το πρόγραμμα [Fibonacci](#) και το πρόγραμμα [Creative Little Scientists](#) είναι δύο από αυτά, στα οποία, μάλιστα, ελληνικές εκπαιδευτικές δομές έχουν σημαντική συνεισφορά στο επίπεδο του σχεδιασμού και διάδοσης εκπαιδευτικού υλικού. Στο ελληνικό αναλυτικό πρόγραμμα, για πολλές δεκαετίες, οι φυσικές επιστήμες δεν αποτελούσαν αυτόνομο κλάδο. Στο παιζετικής επιρροής αναλυτικό πρόγραμμα του 1989, οι φυσικές επιστήμες αποκρύπτονται πίσω από τις επιμέρους ενότητες «Γνωριμία των νηπίων με το φυσικό περιβάλλον» («Εμπειρίες του νηπίου από τη βίωση φυσικών και κοινωνικών καταστάσεων και φαινομένων») και «Λογικομαθηματικές συσχετίσεις» («Δραστηριότητες που υποκινούν τη νοητική λειτουργία του νηπίου σε συσχετισμούς των κινητικών πράξεών του πάνω στα αντικείμενα, τις καταστάσεις και τα φαινόμενα...») (Αναλυτικό και Ημερήσιο Πρόγραμμα του Νηπιαγωγείου, 1989). Μια πιο συστηματική ανάλυση του προγράμματος αναδεικνύει μια *εμπειριστική προσέγγιση* των δραστηριοτήτων σύμφωνα με την οποία «οι φυσικές επιστήμες βρίσκονται παντού, το μόνο που χρειάζεται είναι να τις ψάξετε» (MacDonald, 2001). Έτσι, η οποιαδήποτε γνώση που σχετίζεται με αυτές φαίνεται να παράγεται από την

⁶ Στην ενότητα αυτή θα δοθεί έμφαση στην προσχολική εκπαίδευση σε τυπικό εκπαιδευτικό περιβάλλον (σχολείο), αν και, εδώ και πολλά χρόνια, αναπτύσσεται όλο και περισσότερο μια σημαντική και αποτελεσματική συνεργασία μουσειού-σχολείου/πανεπιστημίου στη διάδοση της επιστημονικής καλλιέργειας (Deunff & Guichard, 1996; Filippoupoliti & Koliopoulos, 2012).

αισθητηριακή αντίληψη και τη βιωματική εμπειρία, ενώ η επιστημονική μέθοδος εμφανίζεται ως κατάλογος δεξιοτήτων (παρατήρηση, ταξινόμηση, διατύπωση υποθέσεων κ.λπ.) οι οποίες υποτίθεται ότι είναι δυνατόν να προσεγγιστούν ανεξαρτήτως του θεματικού περιεχομένου.

Στο Διαθεματικό Ενιαίο Πλαίσιο Προγραμμάτων Σπουδών και τα αντίστοιχα αναλυτικά προγράμματα Προσχολικής Αγωγής ([ΔΕΠΠΣ για το Νηπιαγωγείο](#), 2003) οι φυσικές επιστήμες προσεγγίζονται διαθεματικά εντός του πλαισίου της μαθησιακής περιοχής «Μελέτη Περιβάλλοντος», στην οποία περιλαμβάνονται και διάφορα άλλα αντικείμενα εκτός των φυσικών επιστημών, όπως Ιστορία, Γεωγραφία, Θρησκευτικά, Κοινωνική και Πολιτική Αγωγή κ.λπ. Και στην περίπτωση αυτού του αναλυτικού προγράμματος δεν ευνοείται η αυτόνομη ανάπτυξη εννοιών, μεθόδων και πολιτισμικών χαρακτηριστικών των φυσικών επιστημών, αλλά μάλλον μια πολυ-θεματική προσέγγιση⁷ μέσω διαθεματικών ενοτήτων όπως «Το νερό», «Το ψωμί», «Τα σπίτια». Στο πλαίσιο αυτό ευνοούνται οι συνδέσεις μεταξύ φυσικού και κοινωνικού περιβάλλοντος, καθώς και η εξοικείωση των παιδιών με πάσης φύσεως τεχνικές και πρακτικές, ορισμένες από τις οποίες θα μπορούσαν να ανήκουν στις λεγόμενες επιστημονικές διαδικασίες (Δαφέρμου, Κουλουρή & Μπασαγιάννη, 2006, σελ. 215-287). Η εισαγωγή διαθεματικών δραστηριοτήτων με τον τρόπο που υποδεικνύονται τείνουν να ευνοούν μια ολιστική γνώση για τον κόσμο και να ακυρώνουν τη βασική επιστημολογική επιδίωξη των φυσικών επιστημών (αλλά και άλλων επιστημονικών πεδίων) που είναι ο μετασχηματισμός του αδιαφοροποίητου τρόπου με τον οποίο βλέπουν και ερμηνεύουν τα παιδιά τον κόσμο σε ένα σύνολο συγκροτημένων ιδεών που θα αποτελεί μια συγκεκριμένη σκοπιά από την οποία θα βλέπουν και θα ερμηνεύουν τα φαινόμενα.

Στο ισχύον πρόγραμμα ([Πρόγραμμα Σπουδών Νηπιαγωγείου](#), 2014), αντιθέτως, οι Φυσικές Επιστήμες αποτελούν αυτόνομη μαθησιακή περιοχή προσαρμοζόμενη σε διεθνείς πρακτικές οι οποίες ολοένα και περισσότερο αναδεικνύουν το πεδίο των Φυσικών Επιστημών ως την τρίτη θεμελιώδη συνιστώσα της γενικής καλλιέργειας των πολιτών, μετά τη Γλώσσα και τα Μαθηματικά.

Από τα προηγούμενα συνάγεται, λοιπόν, το συμπέρασμα ότι η ρητά εκπεφρασμένη κοινωνική ανάγκη για επιστημονικό εγγραμματισμό όλο και περισσότερων πολιτών διαχέεται συνεχώς και σε νέα πεδία διάδοσης και διδασκαλίας της επιστημονικής γνώσης, ένα εκ των οποίων είναι η προσχολική εκπαίδευση. Ωστόσο, η κοινωνική αναγκαιότητα δεν αποτελεί και επαρκή συνθήκη για μια ουσιαστική και αποτελεσματική διάδοση της επιστημονικής γνώσης στο νηπιαγωγείο, αν δεν συνδεθεί με την εκπαιδευτική έρευνα και ιδιαίτερα με το πεδίο της ΔΦΕ. Γι' αυτό, παράλληλα με την ανάπτυξη της διδασκαλίας των φυσικών επιστημών στην προσχολική εκπαίδευση, αναπτύσσεται και μια κοινότητα ερευνητών η οποία προτείνει θεωρητικά και μεθοδολογικά εργαλεία για την καλύτερη κατανόηση και αξιολόγηση της υφιστάμενης εκπαιδευτικής δράσης ή/και την παραγωγή νέας εκπαιδευτικής γνώσης. Για παράδειγμα, διάφοροι ερευνητές, χρησιμοποιώντας θεωρητικά και εμπειρικά εργαλεία της εκπαιδευτικής έρευνας, επισημαίνουν ότι τόσο η επιστημολογική και παιδαγωγική συγκρότηση των προγραμμάτων διδασκαλίας όσο και η κατανόηση των γνωστικών δυνατοτήτων των παιδιών της προσχολικής ηλικίας είναι θεμελιώδεις παράγοντες που χρειάζεται να ληφθούν σοβαρά υπόψη αφενός στον σχεδιασμό προγραμμάτων και αφετέρου στην επιμόρφωση των εκπαιδευτικών της προσχολικής εκπαίδευσης (Hong, Torquati & Molfese, 2013; Broström, 2015). Οι τελευταίοι, βιώνοντας την ακραία αντίφαση να μην διαθέτουν εξειδικευμένη επιστημονική γνώση, αλλά να καλούνται να τη διαδώσουν και τη διδάξουν με όρους διακριτής οντότητας στο αναλυτικό πρόγραμμα, κινδυνεύουν να αποτελέσουν την αχίλλειο πτέρνα της ολοκλήρωσης του φιλόδοξου σχεδίου της διάδοσης της επιστημονικής καλλιέργειας στον χώρο της προσχολικής εκπαίδευσης.

2.3 Το επιστημολογικό επιχείρημα: Η επιστημολογική εγκυρότητα

Η επιστημολογική αντίληψη για τη λειτουργία και τη διάδοση των φυσικών επιστημών στην προσχολική εκπαίδευση δεν μπορεί να είναι άλλη από τη γενικότερη επιστημολογική αντίληψη που είναι δυνατόν να διαμορφωθεί για την παραγωγή, την εξέλιξη, τη λειτουργία και τις μορφές διάδοσης των φυσικών επιστημών στη σχολική εκπαίδευση. Στο ερευνητικό πλαίσιο της ΔΦΕ, η αντίληψη αυτή οφείλει να διαμορφωθεί και να διατυπωθεί ρητά στην περίπτωση του σχεδιασμού, ανάλυσης και αξιολόγησης αναλυτικών προγραμμάτων και προγραμμάτων διδασκαλίας. Σύμφωνα με τους Tiberghien, Arsac & Meheut (1994), για τον σχεδιασμό ή/και την ανάλυση διδακτικών παρεμβάσεων απαιτείται μεταξύ άλλων η λήψη επιστημολογικών αποφάσεων οι οποίες προέρχο-

7 Για τη διαθεματικότητα στις φυσικές επιστήμες και γενικότερα τις διαφορετικές μορφές που λαμβάνει η διαθεματική διδασκαλία, δείτε το κεφάλαιο 5.

νται από την επιστημολογική ανάλυση της γνώσης και των πρακτικών αναφοράς, δηλαδή της κοινά αποδεκτής γνώσης η οποία πρόκειται να μετασχηματιστεί διδακτικά για να λάβει τη μορφή σχολικής γνώσης. Η ανάλυση αυτή είναι αναγκαία για δύο λόγους: πρώτον, για να «νομιμοποιηθεί» η εγκυρότητα της σχολικής γνώσης και, δεύτερον, για να αποσαφηνιστούν οι διαφορές και η εννοιολογική και μεθοδολογική απόσταση ανάμεσα στη σχολική γνώση και τη γνώση αναφοράς.

Έτσι, για αρκετούς ερευνητές της προσχολικής εκπαίδευσης έχει ιδιαίτερη σημασία να διερευνάται όχι μόνο η παιδαγωγική προσέγγιση των αναλυτικών προγραμμάτων και των προγραμμάτων διδασκαλίας αλλά και η επιστημολογική τους εγκυρότητα, τόσο στο επίπεδο του σχεδιασμού όσο και στο επίπεδο της εφαρμογής από τους εκπαιδευτικούς. Μια ομάδα ερευνητών δίνει έμφαση στη μεθοδολογική συνιστώσα της επιστημονικής γνώσης και τις διαδικασίες των φυσικών επιστημών. Οι Laugier & Dumon (1998), για παράδειγμα, προτείνουν ένα επιστημολογικό πλαίσιο το οποίο βασίζεται στην υποθετικο-παραγωγική εικόνα της επιστήμης αποδίδοντας κεντρικό ρόλο στη διαδικασία ανάδειξης, κατασκευής και πραγμάτευσης προβλημάτων που θα οδηγήσει στη νέα γνώση. Μια αντίστοιχη προσέγγιση υιοθετούν και οι Gelman & Brenneman (2004), ενώ οι Kallery, Psillos & Tselfes (2009) χρησιμοποιούν το επιστημολογικό πλαίσιο του Hacking, το οποίο βασίζεται στις πρακτικές οι οποίες χρησιμοποιούνται στην επιστημονική δραστηριότητα, για να αξιολογήσουν αν οι διδακτικές δραστηριότητες των εκπαιδευτικών είναι συμβατές με την επιστημονική πρακτική έτσι όπως περιγράφεται στο πλαίσιο του Hacking. Την αντιθετικιστική-εποικοδομητική επιστημολογική προσέγγιση, έμμεσα ή άμεσα, επικαλείται και η πολυπληθής ομάδα ερευνητών, η οποία δίνει έμφαση στην εννοιολογική συνιστώσα της επιστημονικής γνώσης. Οι ερευνητές αυτοί ισχυρίζονται ότι τα παιδιά προσχολικής ηλικίας είναι σε θέση να οικοδομούν πρόδρομα εννοιολογικά μοντέλα για μια πληθώρα φαινομένων, καταστάσεων και εννοιών (Ravanis, 2020). Οι παραπάνω θέσεις αναδεικνύουν τον εποικοδομητικό (constructivist) χαρακτήρα της γνώσης των φυσικών επιστημών και της διάδοσής της, και εν πολλοίς, βασίζονται στην επιστημολογική επιλογή της μοντελοποίησης αφενός ως θεμελιώδους λειτουργίας των φυσικών επιστημών και ως διακριτής ενδιάμεσης λειτουργίας ανάμεσα στη διαμόρφωση των επιστημονικών θεωριών και την κατανόηση της εμπειρίας, των φαινομένων και των πειραματικών πεδίων και αφετέρου ως κατάλληλης διδακτικής επιλογής για τη συγκρότηση του εννοιολογικού περιεχομένου των εκπαιδευτικών προγραμμάτων φυσικών επιστημών. Ο εποικοδομητικός χαρακτήρας της επιστημονικής γνώσης και της διάδοσής της έρχεται, τις περισσότερες φορές, σε αντίθεση με την κρατούσα εμπειριστική-θετικιστική προσέγγιση των αναλυτικών προγραμμάτων στην προσχολική εκπαίδευση (Ραβάνης, 1999).

Ειδικότερα, για τη γνώση των φυσικών επιστημών στην οποία εστιάζει το παρόν κεφάλαιο, η δική μας αντίληψη συμπυκνώνεται στις επόμενες θέσεις:

(α) Είναι μια *εννοιολογική και μεθοδολογική κατασκευή* η οποία συγκροτείται σε συγκεκριμένο *κοινωνικό περιβάλλον* και μας επιτρέπει να διαμορφώσουμε μια συγκεκριμένη αντίληψη για τα φυσικά φαινόμενα. Όπως αναφέρει ο Baltas (1990), η εννοιολογική αυτή κατασκευή «μετασχηματίζει τα φυσικά φαινόμενα σε φαινόμενα φυσικών επιστημών». Για παράδειγμα, το φαινόμενο της ελεύθερης πτώσης μετασχηματίζεται σε φαινόμενο ομαλά επιταχυνόμενης κίνησης μόνο όταν μελετάται υπό την οπτική γωνία της εννοιολογικής και μεθοδολογικής σκέψης του Γαλιλαίου και του πλαισίου της Κλασικής Φυσικής. Κατά τη διάρκεια αυτού του μετασχηματισμού, προκύπτουν *εννοιολογικά δίκτυα* τα οποία συγκροτούν τα εννοιολογικά μοντέλα και τις θεωρίες των φυσικών επιστημών (Tiberghien, 1994).

(β) Πρόκειται, κυρίως, για *υποθετική γνώση*, η οποία παράγεται κατά τη μελέτη *προβλημάτων*, και όχι για γνώση η οποία παράγεται από την παρατήρηση και την εμπειρία, οι οποίες συνιστούν εμπόδια στη συγκρότησή της. Συγχρόνως, η γνώση αυτή συγκροτείται, κυρίως, ως υπέρβαση των νοητικών εκείνων παραστάσεων που συνιστούν εννοιολογικά και μεθοδολογικά εμπόδια στην ανάπτυξή της, π.χ. των νοητικών παραστάσεων που σχετίζονται με την πρακτικο-βιωματική γνώση (Bachelard, 1980)⁸. Η θέση αυτή είναι δυνατόν να συσχετιστεί με τη λεγόμενη υποθετικο-παραγωγική εικόνα της επιστήμης όπου ο πειραματισμός ως μεθοδολογική στρατηγική θεωρείται ένα προνομιακό περιβάλλον για την επίλυση προβλημάτων που σχετίζονται με τα φυσικά φαινόμενα (Chalmers, 2010).

⁸ Τα δύο πρώτα κεφάλαια του βιβλίου έχουν μεταφραστεί στα ελληνικά και βρίσκονται στο Γ. Κουζέλη (Επιμ.), *Επιστημολογία*, Νήσος, σελ. 324-384.

(γ) Η διάδοση και η διδασκαλία της γνώσης των φυσικών επιστημών είναι δυνατόν να κατανοηθούν ως *διδακτικός μετασχηματισμός* της γνώσης αναφοράς, όπως αυτή παρουσιάζεται στα δύο προηγούμενα σημεία, σε γνώση προς διάδοση και διδασκαλία εντός θεσμικών πλαισίων που αντιστοιχούν σε χώρους μη τυπικής και τυπικής εκπαίδευσης (Κολιόπουλος, 2006, 2017; Ραβάνης, 2016). Η έννοια του διδακτικού μετασχηματισμού εγγράφεται στην ηπειρωτική και ιδιαίτερα στη γαλλόφωνη παράδοση της έρευνας στη ΔΦΕ (Izquierdo-Aymerich & Aduriz-Bravo, 2003), και στην περίπτωση της τυπικής εκπαίδευσης αναφέρεται στις αλλαγές που υφίσταται η επιστημονική γνώση αναφοράς, όταν μετασχηματίζεται σε σχολική γνώση.

(δ) Η παραπάνω ερευνητική παράδοση συμπεριλαμβάνει ερευνητικά ρεύματα, σύμφωνα με τα οποία οι αντι-θετικιστικές αντιλήψεις για την επιστημονική γνώση που εκφράστηκαν παραπάνω είναι απολύτως συμβατές με την *εποικοδομητική προσέγγιση της διδασκαλίας και μάθησης* (Κολιόπουλος, 2000, 2006), σύμφωνα με την οποία τα παιδιά οικοδομούν την επιστημονική γνώση ως υπέρβαση των προσωπικών τους πρακτικο-βιωματικών παραστάσεων ή άλλων εναλλακτικών παραστάσεων που διαμορφώνουν για τον φυσικό κόσμο, διαμορφώνοντας νοητικές παραστάσεις κατά το δυνατόν συμβατές με τη φύση, τα χαρακτηριστικά και το περιεχόμενο της προτεινόμενης σχολικής γνώσης, υποβοηθούμενα από το κοινωνικό πλαίσιο εντός του οποίου συντελείται η συγκεκριμένη διαδικασία (σχολείο, άλλοι χώροι μη τυπικής εκπαίδευσης, οικογένεια).

Εν κατακλείδι, η διδασκαλία των φυσικών επιστημών στην προσχολική ηλικία είναι δυνατόν να θεωρηθεί επιστημολογικά έγκυρη, όταν το περιεχόμενο της προτεινόμενης σχολικής επιστημονικής γνώσης πληροί τα επιστημολογικά εκείνα χαρακτηριστικά τα οποία ανταποκρίνονται, κατά προτεραιότητα, στις τέσσερις βασικές θέσεις που διατυπώθηκαν εδώ.

2.4 Το γνωσιακό επιχείρημα: Η κοινωνικο-γνωστική δυνατότητα

Το «γνωσιακά επιτρεπτό» της εισαγωγής των φυσικών επιστημών στην προσχολική εκπαίδευση εμφανίζεται να έχει διάφορες διαστάσεις και να προέρχεται από διαφορετικά συνεκτικά θεωρητικά πλαίσια τα οποία θεωρούμε ότι είναι δυνατόν να λειτουργούν συμπληρωματικά στην προσπάθεια τεκμηρίωσης της άποψης ότι οι γνωστικές δυνατότητες παιδιών της προσχολικής ηλικίας⁹ επιτρέπουν την αυτόνομη διδασκαλία των φυσικών επιστημών εντός του θεσμικού πλαισίου της τυπικής εκπαίδευσης ή ακόμη και σε μη τυπικά εκπαιδευτικά περιβάλλοντα (μουσεία).

Μια πρώτη διάσταση του «γνωσιακά επιτρεπτού» σχετίζεται με το ερευνητικό ρεύμα περί *σπονδυλωτής ανάπτυξης της νόησης*, το οποίο αμφισβητεί την πιαζετική θεώρηση σύμφωνα με την οποία γενικές αλλαγές συντελούνται, κατά το μάλλον ή ήττον, ταυτοχρόνως σε διάφορα πεδία γνώσης. Αντίθετα, υποστηρίζεται η νοητική ανάπτυξη στην προοπτική εξειδίκευσης κατά γνωστικό πεδίο, όπως η γλώσσα, τα μαθηματικά, η φυσική κ.λπ. (Karmiloff-Smith, 1998). Τα ευρήματα του ερευνητικού αυτού ρεύματος (π.χ. ότι τα παιδιά διαμορφώνουν «θεωρίες», δηλαδή, κατασκευάζουν νοητικές παραστάσεις της πραγματικότητας τις οποίες υποστηρίζουν ακόμα και αν επρόκειτο να επινοήσουν ή αγνοήσουν παρατηρήσιμα χαρακτηριστικά) νομιμοποιούν ασφαλώς τη μελέτη της κοινωνικο-γνωστικής ανάπτυξης των παιδιών σε θέματα που σχετίζονται άμεσα με το πεδίο των φυσικών επιστημών ενώ, παράλληλα, αποδυναμώνουν τις αντιλήψεις περί ολιστικής μάθησης. Στο παρακάτω μακροσκελές απόσπασμα η Karmiloff-Smith (1998, σελ. 139-140), η οποία αντιλαμβάνεται τα παιδιά μάλλον ως αυθόρμητους θεωρητικούς (που είναι δηλαδή σε θέση να οικοδομούν ένα είδος διαισθητικής θεωρίας) παρά ως απλούς «επαγωγιστές» - συλλέκτες εμπειρικών δεδομένων, αναφέρει:

⁹ Στην ενότητα αυτή θα συμπεριλάβουμε ερευνητικό υλικό σχετικό και με παιδιά πρώτης σχολικής ηλικίας (π.χ. α' ή β' δημοτικού) δεδομένου ότι, αν και αλλάζει δραματικά το εκπαιδευτικό περιβάλλον, είναι δυνατόν να παρατηρηθούν μη σημαντικές διαφορές στην παιδική νοημοσύνη και ιδιαίτερα στη λογικομαθηματικής και εννοιολογικής φύσης σκέψη. Ειρήσθω εν παρόδω, να επισημάνουμε ότι στο παρόν κεφάλαιο δεν μας ενδιαφέρει τόσο το ψυχολογικό υπόβαθρο και εν γένει η ψυχολογική πλευρά της δομής και λειτουργίας της σκέψης αυτής, όσο ο *εργαλειακός* της χαρακτήρας στη σχέση της με τον διδακτικό μετασχηματισμό της επιστημονικής γνώσης σε σχολική γνώση ή γνώση σε μη τυπικά εκπαιδευτικά περιβάλλοντα. Η δομή και τα χαρακτηριστικά της παρούσας ενότητας παραπέμπουν ακριβώς σε αυτή την άποψη. Το τίμημα είναι η ασάφεια που μπορεί να προκύψει στη χρησιμοποιούμενη ορολογία, παρόλο που έχουμε μεριμνήσει τα διαφορετικά ερευνητικά ρεύματα στα οποία αναφερόμαστε να ανήκουν σε κατά το δυνατόν συμβατά μεταξύ τους γνωστοθεωρητικά πλαίσια.

«Παιδιά κλήθηκαν να εξηγήσουν τι συμβαίνει όταν ένας αριθμός πραγμάτων τοποθετούνται το ένα πάνω στο άλλο. Για παράδειγμα, όταν ένα κομμάτι ξύλο τοποθετείται πάνω σε ένα σφουγγάρι, το σφουγγάρι συμπιέζεται ελαφρά. Τι συμβαίνει; Όταν το ίδιο κομμάτι ξύλο τοποθετείται πάνω σε ένα τραπέζι, δεν υπάρχει ορατό αποτέλεσμα. Γιατί; Τι συμβαίνει; Τέτοιου είδους ερωτήματα τέθηκαν σε παιδιά ηλικίας 4-10 ετών για μια σειρά πραγμάτων και επιφανειών από μέταλλο, σπόγγο, φύλλο, πολυαιθυλένιο κ.λπ. Περί την ηλικία των 8 ετών τα παιδιά είχαν αναπτύξει τη θεωρία ότι κάθε σώμα ασκεί δύναμη σε οτιδήποτε βρίσκεται από κάτω του, και ότι όλα τα αίτια πρέπει να έχουν παρατηρήσιμα αποτελέσματα. Εύκολα θα δεχόταν κανείς μια τέτοια θεωρία, όποτε κάτι βαρύ τοποθετείται, ας πούμε, πάνω σε έναν σπόγγο, αφού η συμπίεση του σπόγγου είναι ορατή. Θα ανέμενε ίσως κανείς ότι η τοποθέτηση της μεταλλικής ράβδου πάνω σε στέρεη ξύλινη επιφάνεια, που δεν έχει παρατηρήσιμα αποτελέσματα, θα απειλούσε τη θεωρία του παιδιού για τη δράση και την αντίδραση. Αυτό δεν ισχύει! Για να εξηγήσουν τη δύναμη που ασκεί η ράβδος στην επιφάνεια, τα παιδιά υποστήριζαν πως είχαν δει ότι η επιφάνεια “συμπιέζεται λίγο και ξαναγίνεται γρήγορα επίπεδη”! Για να διατηρήσουν τη θεωρία τους, τα παιδιά έφθαναν να επινοούν “παρατηρήσιμα” δεδομένα. Και τα παιδιά προφανώς δεν είναι μόνα σ’ αυτό!» (Karmiloff-Smith, 1998, σελ. 139-140).

Τα παραπάνω ισχύουν και για παιδιά προσχολικής ηλικίας (Gelman, 1992; Karmiloff-Smith, 1998). Στα πλαίσια του ερευνητικού πεδίου της εννοιολογικής αλλαγής (diSessa, 2014; Κυριακοπούλου & Σκοπελίτη, 2019), η Susan Carey, στο άρθρο της *Η προέλευση και εξέλιξη των καθημερινών εννοιών* (Carey, 1992), αναφέρεται στις αδιαφοροποίητες έννοιες τις οποίες το παιδί της προσχολικής ηλικίας χρησιμοποιεί στα πλαίσια της διαισθητικής θεωρίας που έχει οικοδομήσει για φυσικά φαινόμενα των οποίων η περιγραφή σχετίζεται με τις έννοιες βάρος/πυκνότητα και θερμοκρασία/θερμότητα. Το ερώτημα που τίθεται είναι αν και πώς αυτές οι καθημερινές αδιαφοροποίητες έννοιες είναι δυνατόν να διαφοροποιηθούν, ώστε να ενταχθούν σε ένα εννοιολογικό πλαίσιο αφενός συμβατό προς την προτεινόμενη προσχολική και πρώτη σχολική γνώση και αφετέρου εγγύτερη προς τις γνωστικές ικανότητες των παιδιών. Η διάκριση μεταξύ *επιστημονικών* και *καθημερινών* εννοιών την οποία εισάγει ο Vygotski (1993), αποτελεί ένα κατάλληλο πλαίσιο όχι μόνο για να κατανοηθεί η παιδική σκέψη, αλλά και για να δώσει απαντήσεις στο προηγούμενο ερώτημα. Σύμφωνα με τον Vygotski, αυτό που φαίνεται να διαχωρίζει τις αυθόρμητες ή καθημερινές έννοιες από τις μη αυθόρμητες και ιδιαίτερα τις επιστημονικές έννοιες είναι «η ιδιάζουσα σχέση της επιστημονικής έννοιας προς το αντικείμενο η οποία χαρακτηρίζεται από το ότι μεταδίδεται μέσω μιας άλλης έννοιας και συνεχώς περιέχει ταυτόχρονα με τη σχέση προς το αντικείμενο και τη σχέση με μια άλλη έννοια, δηλαδή τα πρώτα στοιχεία ενός *εννοιολογικού συστήματος*» (σελ. 258)¹⁰. Συνεπώς, οι επιστημονικές έννοιες προϋποθέτουν ένα σύστημα εντός του οποίου είναι δυνατόν να κατανοηθούν («κάθε έννοια πρέπει να κατανοηθεί μαζί με ολόκληρο το σύστημα των σχέσεων της γενίκευσης ... όπως κατανοείται ένα κύτταρο με όλες του τις αποφύσεις, μέσω των οποίων διαπλέκεται με όλο τον ιστό», σελ. 259). Οι έννοιες αυτές «παράγονται και διαμορφώνονται κατά την εκπαίδευση με εντελώς διαφορετικό τρόπο απ’ ό,τι στην προσωπική εμπειρία του παιδιού» (σελ. 229), ενώ η οικειοποίηση ενός συστήματος επιστημονικών εννοιών αφενός «προϋποθέτει ένα ήδη καλά επεξεργασμένο εννοιολογικό πλέγμα, το οποίο έχει αναπτυχθεί με τη βοήθεια της αυθόρμητης παιδικής σκέψης» (σελ. 234) και αφετέρου οδηγεί στη συνειδητοποίηση των εννοιών η οποία συμβαίνει μέσω του μετασχηματισμού ενός εννοιολογικού συστήματος («Οι επιστημονικές έννοιες είναι η πύλη από την οποία εισχωρεί η συνειδητοποίηση στο βασίλειο των παιδικών εννοιών» (σελ. 260).

Το ερώτημα που τίθεται, είναι, συνεπώς, αν είναι δυνατή αυτή ακριβώς η πορεία προς τη διαμόρφωση και εξέλιξη στο πλαίσιο της διδασκαλίας διάφορων εννοιολογικών συστημάτων που αφορούν τις φυσικές επιστήμες σε παιδιά προσχολικής ηλικίας. Η απάντηση του Vygotski είναι θετική, υπό την προϋπόθεση ότι η προσδοκώμενη μάθηση πραγματοποιείται μέσα σε μια ορισμένη περίοδο, καθορισμένη από τη λεγόμενη ζώνη της εγγύτερης ανάπτυξης, αν δηλαδή το παιδί είναι σε θέση να επεξεργαστεί διδακτικές δραστηριότητες που βρίσκονται πλησιέστερα στον βαθμό της γνωστικής του ανάπτυξης. Νεότερες έρευνες οι οποίες διεξάγονται στο πλαίσιο των ιδεών του Vygotski και εστιάζουν στην προσχολική ηλικία προσπαθούν να διερευνήσουν εις βάθος τις σχέσεις καθημερινών και επιστημονικών εννοιών. Η Fleege (2009), για παράδειγμα, διερευνώντας αυτές τις

¹⁰ Σε γενικές γραμμές έχουμε ακολουθήσει την ελληνική μετάφραση, αλλά σε ορισμένα σημεία έχουμε αντικαταστήσει κάποιους όρους με άλλους θεωρώντας ότι η ορολογία που χρησιμοποιείται στην ελληνική μετάφραση είναι λανθασμένη. Οι αλλαγές στη μετάφραση προέρχονται από την ανάγνωση της αμερικανικής έκδοσης *The collected works of L.S. Vygotsky* (Rieber & Carton, 1987).

σχέσεις σε ένα παιγνιώδες περιβάλλον (play-based context), επισημαίνει ότι όταν οι διδακτικές παρεμβάσεις είναι προσανατολισμένες περισσότερο στις έννοιες και λιγότερο στα υλικά, το παιχνίδι των παιδιών εστιάζεται στις εννοιολογικές συνδέσεις. Παράλληλα, οι εμπειρικές μελέτες της Fleer επιβεβαιώνουν τη βυγκοτοσική άποψη ότι η πραγματική διαμόρφωση των νέων εννοιών συμβαίνει όταν αναπτύσσεται μια διαλεκτική σχέση ανάμεσα στις καθημερινές και επιστημονικές έννοιες, κάτι που εξασφαλίζεται από τον σχεδιασμό παιγνιωδών μαθησιακών περιβαλλόντων (playful learning contexts).

Μια τρίτη διάσταση του «γνωσιακά επιτρεπτού» σχετίζεται με την έρευνα που διεξάγεται στα πλαίσια της ΔΦΕ από την οποία προκύπτει ότι είναι δυνατή η εποικοδόμηση *πρόδρομων εννοιολογικών μοντέλων* φυσικών επιστημών από τα παιδιά της προσχολικής ηλικίας (Ραβάνης, 2016; Ravanis, 2020). Στο ακόλουθο απόσπασμα, ο Ραβάνης (2016) περιγράφει με σαφήνεια τον ορισμό και τα βασικά χαρακτηριστικά της έννοιας αυτής:

«Η προσπάθεια συγκρότησης μοντέλων στη σκέψη των παιδιών, απαιτεί πορείες οι οποίες συνήθως είναι επίπονες και μακροχρόνιες, καθώς αυτή δυσχεραίνεται από μια σειρά εμποδίων. Συχνά οι νοητικές διαδρομές τις οποίες πρέπει να διανύσουν τα παιδιά για να μεταβούν από τις ατομικές τους κατασκευές στα επιστημονικά μοντέλα είναι τόσο μεγάλες, ώστε οι πιθανότητες επιτυχούς έκβασης των σχετικών διδακτικών διαδικασιών είναι ελάχιστες. Στις περιπτώσεις αυτές λοιπόν, αναγνωρίζεται η ανάγκη συγκρότησης ενδιάμεσων οντοτήτων οι οποίες παρεμβάλλονται μεταξύ νοητικής παράστασης και μοντέλου στη σκέψη των παιδιών και ενδέχεται να διευκολύνουν τις προσπάθειες νοητικής οικοδόμησης των πραγματικών μοντέλων. Στην προοπτική αυτή προτείνεται η έννοια του πρόδρομου μοντέλου... Τα πρόδρομα μοντέλα είναι γνωστικές οντότητες των οποίων τα στοιχεία και οι σχέσεις μεταξύ των στοιχείων είναι συμβατά με αυτά των επιστημονικών μοντέλων τα οποία χρησιμοποιούμε στις διαδικασίες μάθησης και διδασκαλίας των φυσικών επιστημών. Στο δομικό επίπεδο, εγκαθίστανται στη σκέψη των παιδιών ως ενδιάμεσες οντότητες μεταξύ προσωπικών κατασκευών της πραγματικότητας και επιστημονικής γνώσης και προετοιμάζουν τη σκέψη αποτελώντας τη βάση στήριξης για μια πορεία προς την επεξεργασία πιο σύνθετων μοντέλων... Επομένως, τα πρόδρομα μοντέλα περιλαμβάνουν έναν ορισμένο αριθμό χαρακτηριστικών των μοντέλων αναφοράς και έτσι η εμβέλειά τους είναι αναπόφευκτα πιο περιορισμένη. Ωστόσο, τα πρόδρομα μοντέλα είναι κατασκευές ειδικά επινοημένες για την υποστήριξη της εργασίας των παιδιών και δεν χρησιμοποιούνται αυτοτελώς για να οδηγήσουν σε ρήξεις με τα εμπόδια της σκέψης και τις βιωματικές νοητικές παραστάσεις, αλλά για να τις προετοιμάσουν ή/και να τις διευκολύνουν» (Ραβάνης, 2016, σελ. 177-178).

Τα πρόδρομα μοντέλα εννοιών των φυσικών επιστημών, λοιπόν, δεν αποτελούν απλή οικειοποίηση των σκέψεων των ενηλίκων ή απλή αναπαράσταση της πραγματικότητας, αλλά δηλώνουν ακριβώς την ποιοτική ιδιομορφία της παιδικής σκέψης η οποία όμως αναπτύσσεται κάτω από την επίδραση των ενηλίκων. Η έρευνα που διεξάγεται τουλάχιστον την τελευταία εικοσαετία, τόσο διεθνώς όσο και στον ελληνόφωνο χώρο¹¹, δείχνει ότι τα παιδιά της προσχολικής ηλικίας είναι σε θέση να οικοδομούν πρόδρομα εννοιολογικά μοντέλα σε πολλούς γνωστικούς τομείς, όπως η φύση του φωτός και ο σχηματισμός σκιών (Delsérieys, Jégou, Boilevin & Ravanis, 2017), οι αλλαγές φυσικής κατάστασης του νερού (Kambouri-Danos, Ravanis, Jameau & Boilevin, 2019), η επίδραση της τριβής στην κίνηση των αντικειμένων (Ravanis, Koliopoulos & Hadjigeorgiou, 2004; Ravanis, Koliopoulos & Boilevin, 2007), η έννοια του μαγνήτη (Ραφτόπουλος, Κωνσταντίνου, Κολιόπουλος & Σπανούδης, 2001), η πλεύση/βύθιση των σωμάτων και η έννοια της πυκνότητας (Canedo-Ibarra, Castello-Escandell, Garcia-Wehrle & Morales-Blake, 2010), οι λειτουργίες του ανθρώπινου οργανισμού και η έννοια του «ζωντανού» (Ζόγκτζα & Εργαζάκη, 2001), η κληρονομικότητα (Ergazaki, Valanidou, Kasimati & Kalantzi, 2015), η αποθήκευση και μεταφορά ενέργειας (Koliopoulos, 2014). Οικοδόμηση πρόδρομων νοητικών μοντέλων έχει όμως, εντοπιστεί και σε διδακτικές παρεμβάσεις που πραγματοποιούνται και σε μη τυπικά εκπαιδευτικά περιβάλλοντα (βιομηχανικούς χώρους, μουσεία). Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η οικοδόμηση πρόδρομων μοντέλων σχετικών με την επεξεργασία πρώτων υλών και μετασχηματισμό τους σε προϊόντα κοινωνικής χρήσης (Κολιόπουλος & Δούκα, 2005; Μπαλαμπάνη, 2018). Στις περιπτώσεις αυτές, οι αλυσίδες των προϊόντων

¹¹ Μεγάλο μέρος της έρευνας αυτής διεξάγεται στο Εργαστήριο Διδακτικής των Θετικών Επιστημών του Τμήματος των Επιστημών της Εκπαίδευσης και Αγωγής στην Προσχολική Ηλικία (ΤΕΕΑΠΗ) του Πανεπιστημίου Πατρών (Ραβάνης & Κολιόπουλος, 2017).

μετασηματισμού (π.χ. σταφύλι, μούστος, οίνος στη παραγωγή οίνου ή λιθάνθρακας, φωταέριο στην παραγωγή φωταερίου), των διαδικασιών μετασηματισμού (π.χ. δημιουργία μούστου, αλκοολική ζύμωση στην παραγωγή οίνου ή απόσταξη λιθάνθρακα, καθαρισμός φωταερίου, διανομή φωταερίου στην παραγωγή φωταερίου) και των τεχνολογικών χώρων/αντικειμένων (οινοποιείο, εργοστάσιο παραγωγής φωταερίου) στους/στα οποίους/-α λαμβάνουν χώρα οι διάφορες διαδικασίες επεξεργασίας των πρώτων υλών, οικοδομούνται στη βάση του γραμμικού αιτιακού συλλογισμού. Ο συλλογισμός αυτός φαίνεται να συνιστά μια γενικευμένη νοητική δομή πάνω στην οποία μπορεί να οργανωθεί ένα πρόδρομο μοντέλο για τον μετασηματισμό της ύλης.

Ένα ενδιαφέρον εύρημα ορισμένων εργασιών που εντάσσονται σε αυτό το ερευνητικό ρεύμα είναι η ανάδειξη αυθόρμητων νοητικών παραστάσεων τις οποίες χρησιμοποιούν τα παιδιά όταν καλούνται να εξηγήσουν φυσικά φαινόμενα (χωρίς δηλαδή να έχει προηγηθεί κάποια συστηματική διδακτική παρέμβαση) και οι οποίες φαίνεται να είναι καταρχήν συμβατές με ορισμένα πρόδρομα μοντέλα τα οποία είναι σε θέση να οικοδομήσουν τα παιδιά. Οι παραστάσεις αυτές δεν είναι στατικές αλλά μπορεί να εξελιχθούν κατά τη διάρκεια πειραματικών διαδικασιών (π.χ. συνεντεύξεις) στο πλαίσιο μεθοδολογικών στρατηγικών που συνήθως χρησιμοποιούνται από τους ερευνητές. Για παράδειγμα, σε μια έρευνα στην οποία έλαβαν μέρος είκοσι παιδιά νηπιαγωγείου ηλικίας 4,5 έως 5,5 ετών, διαπιστώθηκε ότι, κατά την τελική περίοδο της πειραματικής διαδικασίας, ορισμένα από αυτά συσχέτισαν την επίπλευση με το υλικό των διάφορων αντικειμένων χρησιμοποιώντας μια διαισθητική έννοια της πυκνότητας (Τάνταρος, Κολιόπουλος, Παπανδρέου & Ραβάνης, 2004). Έτσι, μπορούμε να υποθέσουμε ότι ο προσανατολισμός μιας σχετικής εκπαιδευτικής δραστηριότητας προς τον ρόλο της φύσης ή/και της πυκνότητας του υλικού, είναι αποτελεσματικός ήδη από την προσχολική ηλικία. Ένα άλλο χαρακτηριστικό παράδειγμα αυθόρμητου συλλογισμού, απολύτως συμβατού με ορισμένα πρόδρομα μοντέλα που σχετίζονται με την έννοια της ενέργειας, είναι αυτό που περιγράφεται σε έρευνα των Συμιδαλά, Κουτσούμπα, Χρηστίδου & Κολιόπουλου (2006). Στην εν λόγω έρευνα, στην οποία έλαβαν μέρος 25 νήπια, κατά τη διάρκεια σχετικής συνέντευξης που αφορούσε την κίνηση διάφορων ειδών μοντέλων αυτοκινήτου (με τη βοήθεια μπαταρίας, ελατηρίου κ.λπ.), διαπιστώθηκε ότι τα περισσότερα παιδιά χρησιμοποιούν τη φυσική αιτιότητα και ιδιαίτερα τον γραμμικό αιτιακό συλλογισμό ως βάση για να αναπαραστήσουν το φαινόμενο της κίνησης με όρους αλυσίδας αντικειμένων από την άποψη της λειτουργίας τους (π.χ. «Για να κινηθεί το αυτοκινητάκι θα πρέπει να βάλουμε μπαταρίες»). Οι αυθόρμητες αυτές αντιλήψεις («καθημερινές έννοιες»), όπως θα δούμε στην ενότητα 3, είναι δυνατόν να αποτελέσουν το κατάλληλο υπόβαθρο σχεδιασμού διδακτικών περιβαλλόντων του τύπου που περιγράφει η Fieer (2009) με στόχο τη μετεξέλιξή τους, σε ένα πρόδρομο νοητικό μοντέλο για τις έννοιες της αποθήκευσης και μεταφοράς ενέργειας («δίκτυο επιστημονικών εννοιών»).

Καταληκτικά, λοιπόν, σημειώνουμε ότι η διδασκαλία και μάθηση των φυσικών επιστημών στην προσχολική εκπαίδευση είναι όχι μόνο γνωσιακά επιτρεπτή, αλλά είναι και αναγκαία, εφόσον διαπιστώθηκε, μέσα από τις ερευνητικές προσπάθειες που περιγράψαμε, ότι η αναγνώριση των γνωστικών δυνατοτήτων των παιδιών προσχολικής ηλικίας προέρχεται από τυπικά ή/και μη τυπικά εκπαιδευτικά περιβάλλοντα. Όπως, μάλιστα, ισχυρίζεται ο Vygotski «η εκπαίδευση (instruction) δεν χρειάζεται να παρακολουθεί την [νοητική] εξέλιξη, δεν χρειάζεται να βαδίζει το ίδιο βήμα όπως αυτή. Μπορεί να προηγείται της εξέλιξης και με αυτόν τον τρόπο να την ωθεί προς τα εμπρός και να προκαλεί νέα [νοητικά] μορφώματα» (Vygotski, 1993, σελ. 269).

2.5 Το παιδαγωγικό επιχείρημα: Η διδακτική εφικτότητα

Ο όρος διδακτική εφικτότητα αναφέρεται αφενός στις *διδακτικές στρατηγικές* που επιτρέπουν την οικοδόμηση γνώσεων φυσικών επιστημών και αφετέρου στις *πραγματικές συνθήκες διδασκαλίας* οι οποίες καθιστούν εφικτό τον μετασηματισμό των *in vitro* διδακτικών παρεμβάσεων (ή κατ' άλλους διδασκαλιών που βασίζονται στην έρευνα- research-based teaching) και των αποτελεσμάτων τους σε πραγματικές διδασκαλίες μέσα στην αίθουσα του νηπιαγωγείου. Όσον αφορά τις διδακτικές στρατηγικές, έχουν κατά καιρούς προταθεί διάφορα συστήματα στρατηγικών. Αναφέρουμε τρία τέτοια συστήματα τα οποία μπορεί να λάβουν τη μορφή (α) γενικών παιδαγωγικών στρατηγικών, όπως αυτό της λεγόμενης διερευνητικής διδασκαλίας και μάθησης, (β) ειδικών στρατηγικών, οι οποίες βασίζονται στο θεωρητικό οικοδόμημα της εποικοδομητικής προσέγγισης της διδασκαλίας και μάθησης και (γ) συνεκτικών παιδαγωγικών μοντέλων διδασκαλίας, τα οποία αφορούν αποκλειστικά την προσχολική εκπαίδευση των φυσικών επιστημών.

Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα της πρώτης περίπτωσης αποτελεί η ελληνική συμμετοχή στο ευρωπαϊκό πρόγραμμα *Fibonacci*. Ένας αρκετά μεγάλος αριθμός εκπαιδευτικών της προσχολικής εκπαίδευσης στη Δυτική Ελλάδα έλαβε μέρος σε μια σειρά από σεμινάρια σχεδιασμού και εφαρμογής συγκεκριμένων εκπαιδευτικών

δραστηριοτήτων *διερευνητικής μάθησης*, ενώ συγχρόνως ανανέωσαν την καθημερινή τους πρακτική στην τάξη ενσωματώνοντας σε αυτήν τις συγκεκριμένες δραστηριότητες με την υποστήριξη των μελών του Εργαστηρίου Διδακτικής των Θετικών Επιστημών του Τμήματος Επιστημών της Εκπαίδευσης και Αγωγής στην Προσχολική Ηλικία (ΤΕΕΑΠΗ) του Παν/μίου Πατρών. Ένας αρκετά μεγάλος αριθμός προγραμμάτων διδασκαλίας σχετικών με τα πεδία της Φυσικής και της Βιολογίας προτάθηκε στους εκπαιδευτικούς. Μια μελέτη αξιολόγησης του προγράμματος έδειξε ότι η πλειονότητα των εκπαιδευτικών κατάφερε να ενεργοποιήσει τις περισσότερες από τις πρακτικές διδασκαλίας που απαιτούνται για την οικοδόμηση από τα παιδιά κατάλληλων νοητικών παραστάσεων, αλλά συγχρόνως αντιμετώπισε σημαντικές δυσκολίες στην ενεργοποίηση των διδακτικών πρακτικών που έχουν να κάνουν με τις κρίσιμες φάσεις της υποβοήθησης των παιδιών να συγκρίνουν τα αποτελέσματά τους με τις προβλέψεις τους και να εξάγουν συμπεράσματα (Zogza & Ergazaki, 2013; Ergazaki & Zogza, 2013). Ένα ενδογενές μειονέκτημα αυτής της διδακτικής στρατηγικής είναι το ενδεχόμενο να σχεδιαστεί ή να εκληφθεί από τους εκπαιδευτικούς ως μια στρατηγική ανεξάρτητη περιεχομένου (content free), να μην συνδεθεί δηλαδή με το επιστημολογικό υπόβαθρο του εκάστοτε γνωστικού αντικειμένου διδασκαλίας (Κολιόπουλος, 2006, σελ. 23).

Στη δεύτερη περίπτωση διδακτικής στρατηγικής, αντίθετα προς την πρώτη, λαμβάνεται υπόψη η επιστημολογική αντίληψη οικοδόμησης *μοντέλων φυσικών επιστημών* ως ενδιάμεσων οντοτήτων ανάμεσα στα φυσικά φαινόμενα ενός συγκεκριμένου γνωστικού αντικειμένου διδασκαλίας και της αντίστοιχης θεωρίας που τα εξηγεί (Tiberghien, 1994; Κολιόπουλος, 2006; Ruthven, Laborde, Leach & Tiberghien, 2009)¹². Η οικοδόμηση μοντέλων φυσικών επιστημών είναι δυνατόν να επιτευχθεί με διάφορους τρόπους, όπως η δημιουργία διδακτικών περιβαλλόντων (α) ανάπτυξης αναπαραστάσεων αντικειμένων και γεγονότων, (β) εισαγωγής και πραγμάτευσης αναλογικών μοντέλων, (γ) διαμόρφωσης συνθηκών αποσταθεροποίησης και γνωστικής σύγκρουσης και (δ) εισαγωγής και ανάπτυξης «μοντέλων-σπερμάτων» ή πρόδρομων μοντέλων (Κολιόπουλος, 2006). Η στρατηγική αυτή αποτελεί όχι μόνο εργαλείο χρήσης των νοητικών παραστάσεων που έχουν τα παιδιά για τα διάφορα φυσικά φαινόμενα πριν από τη διδακτική παρέμβαση αλλά και περιβάλλον που προκρίνει την ιδέα της συστηματικής συνεργασίας εκπαιδευτικών και παιδιών. Δυστυχώς, δεν υφίσταται εκτενής έρευνα για το πώς τα πορίσματα τα οποία προκύπτουν από τις εργασίες σχεδιασμού, υλοποίησης και αξιολόγησης προγραμμάτων που βασίζονται στη συγκεκριμένη στρατηγική είναι δυνατόν να μεταφερθούν σε πραγματικές σχολικές συνθήκες. Παρόλο που, εξ όσων γνωρίζουμε, η προσέγγιση αυτή δεν έχει εμφανιστεί ως αυτοτελής στρατηγική σε επίπεδο επίσημου αναλυτικού προγράμματος, θεωρούμε ότι παραμένει πάντοτε ενεργός και εμφανίζεται ως νησίδα καινοτομίας στο επίπεδο τοπικών τροποποιήσεων και μικρών αλλαγών σε υφιστάμενα αναλυτικά προγράμματα. Υπάρχουν, βεβαίως, ενδείξεις ότι είναι δυνατή η επιτυχής *μεταφορά* των προγραμμάτων που έχουν σχεδιαστεί σε συνθήκες *in vitro* ή *in vivo* έρευνας στις *πραγματικές σχολικές συνθήκες*, ενώ, συγχρόνως, φαίνεται ότι για να επιτευχθεί αυτό απαιτείται μια συγκροτημένη επιμορφωτική προσπάθεια (Kanderakis, Dossis & Koliopoulos, 2011; Meli, Lavidas & Koliopoulos, 2021). Στην ενότητα 2.6 αυτού του κεφαλαίου περιγράφονται οι στόχοι και το περιεχόμενο μιας διδακτικής παρέμβασης η οποία βασίζεται σε διδακτικό περιβάλλον ανάπτυξης αναπαραστάσεων αντικειμένων και γεγονότων, απευθύνεται σε παιδιά πρώτης σχολικής ηλικίας σε πραγματικές σχολικές συνθήκες και αφορά την οικοδόμηση εκ μέρους των μαθητών ενός πρόδρομου μοντέλου για την έννοια της ενέργειας.

Ως παράδειγμα της τρίτης περίπτωσης διδακτικής στρατηγικής αναφέρουμε τη στρατηγική που συνδέεται με τη λεγόμενη πολιτισμική-ιστορική θεωρία (cultural-historical theory) (Fleer, 2015). Η στρατηγική αυτή έχει αναπτυχθεί ειδικά για την προσχολική εκπαίδευση και την εκπαίδευση στην πρώτη σχολική ηλικία. Οι ερευνητές που εμπλέκονται στην ανάπτυξη αυτού του παιδαγωγικού μοντέλου τονίζουν ότι η μοναδικότητα των φυσικών επιστημών στην προσχολική και πρώτη σχολική ηλικία οφείλεται όχι μόνο στη γνωστική ιδιαιτερότητα των παιδιών αυτής της ηλικίας αλλά και στο ιδιαίτερο εκπαιδευτικό περιβάλλον το οποίο βασίζεται στο παιχνίδι (ιδιαίτερα στο προσχολικό επίπεδο) και εντός του οποίου μαθαίνει το παιδί φυσικές επιστήμες¹³. Κυρίαρχο ρόλο στη λειτουργία του μοντέλου παίζει η/ο εκπαιδευτικός που δημιουργεί τις δυναμικές συνθήκες μιας *συναισθηματικής και γνωστικής ενότητας* η οποία διαμορφώνεται και αναδιαμορφώνεται συνεχώς κατά τη διάρκεια της διδασκαλίας και μάθησης των φυσικών επιστημών. Στο διαδικτυακό τόπο [Fleer's Conceptual Playworld](#) το εν λόγω μοντέλο αποκτά ευρεία διάδοση στον κόσμο των εκπαιδευτικών της προσχολικής και

12 Μια λεπτομερέστερη περιγραφή αυτής της στρατηγικής δίνεται στα κεφάλαια 3 και 7 του συγγράμματος.

13 Σχετική προς το παιδαγωγικό μοντέλο που βασίζεται στην πολιτισμική-ιστορική θεωρία γίνεται και στον ελληνικό χώρο. Δείτε π.χ. τα Φραγκιαδάκη, 2017 και Fragkiadaki, Fleer & Ravanis, 2019.

πρώτης σχολικής ηλικίας οι οποίες/-οι καλούνται να εμπλακούν και να λάβουν ενεργά μέρος στα προτεινόμενα προγράμματα διδασκαλίας.

Όπως ήδη επισημάνθηκε, η εφαρμογή διδακτικών στρατηγικών, όπως αυτές που παρουσιάσαμε προηγουμένως σε πραγματικές συνθήκες διδασκαλίας, καθώς και η ένταξή τους σε επίσημα αναλυτικά προγράμματα είναι ένα από τα ζητούμενα της εκπαιδευτικής έρευνας. Προς το παρόν, μόνο υποθέσεις μπορούμε να διατυπώσουμε σχετικά με το πώς μπορεί αυτό να επιτευχθεί. Κεντρικό στοιχείο των υποθέσεων αυτών οφείλει να αποτελεί η αρχική κατάρτιση και η επιμόρφωση των εκπαιδευτικών της προσχολικής και πρώτης σχολικής εκπαίδευσης, οι οποίες/-οι καλούνται να προσεγγίσουν διδακτικά ένα αντικείμενο για το οποίο δεν διαθέτουν εξειδικευμένες γνώσεις (Μπαγάκης, Κολιόπουλος & Κουλαϊδής, 1997). Μια έρευνα που πραγματοποιήθηκε σε μετεκπαιδευόμενες νηπιαγωγούς στο Μαράσλειο Διδασκαλείο Αθηνών, έδειξε πως ένα σχετικά μικρό ποσοστό των μετεκπαιδευομένων διατύπωσαν μια πρόθεση αλλαγής αντίληψης προς τη διδασκαλία των φυσικών επιστημών στο νηπιαγωγείο με εμφανείς επιπτώσεις στην αλλαγή των καθημερινών τους πρακτικών (Κολιόπουλος, 2003). Ήταν, όμως, ενθαρρυντικό το ποσοστό εκείνων που διατύπωσαν μια πρόθεση διαμόρφωσης θετικής στάσης προς τη διδασκαλία των φυσικών επιστημών. Σε διάφορες πάντως πιο πρόσφατες διεθνείς και ελληνικές έρευνες, οι οποίες αναφέρονται σε απόψεις και στάσεις των εν ενεργεία εκπαιδευτικών της προσχολικής εκπαίδευσης, σημειώνεται ότι ένας καθοριστικός παράγοντας ο οποίος επηρεάζει τη στάση των εκπαιδευτικών να διδάσκουν συχνά φυσικές επιστήμες στο νηπιαγωγείο είναι ο μεγάλος αριθμός μαθημάτων σχετικών με τις φυσικές επιστήμες ή με τη ΔΦΕ που έχουν παρακολουθήσει κατά τη διάρκεια των σπουδών τους και των επιμορφώσεών τους, καθώς και η συμμετοχή τους σε σχετικά μεταπτυχιακά προγράμματα (Sackes, 2014; Oppermann, Hummel & Anders, 2019; Μπαλαμπάνη, 2021). Το διδακτικά εφικτό, λοιπόν, της εισαγωγής των φυσικών επιστημών στην προσχολική εκπαίδευση ως διακριτής οντότητας φαίνεται να περνά μέσα από τη συστηματική αναδιάρθρωση και ενίσχυση της αρχικής μόρφωσης και της επιμόρφωσης των εκπαιδευτικών αυτής της βαθμίδας.

2.6 Η ενεργοποίηση του γραμμικού αιτιακού συλλογισμού στη σκέψη των παιδιών προσχολικής ηλικίας: Η περίπτωση της διδασκαλίας της έννοιας της ενέργειας στην α' δημοτικού

Η ενότητα αυτή παραπέμπει σε έρευνα η οποία είχε ως στόχο να επιβεβαιώσει την υπόθεση ότι μαθητές της πρώτης σχολικής ηλικίας και συγκεκριμένα της α' δημοτικού του ελληνικού σχολείου είναι δυνατόν να οικοδομήσουν στοιχεία ενός πρόδρομου εννοιολογικού μοντέλου για την έννοια της ενέργειας στο πλαίσιο μιας διδακτικής παρέμβασης σε πραγματικές σχολικές συνθήκες (Κολιόπουλος & Αργυροπούλου, 2010; Koliopoulos & Argyroulou, 2011). Αντίστοιχη έρευνα με τα ίδια ακριβώς χαρακτηριστικά έχει πραγματοποιηθεί και με μικρότερα παιδιά, όχι όμως σε τόσο μεγάλα ακροατήρια (Συμιδαλά, 2010).

2.6.1 Η κοινωνική αναγκαιότητα

Τα τελευταία τριάντα περίπου χρόνια αναπτύχθηκε διεθνώς και στην Ελλάδα ένα ευρύ αναπτυξιακό και ερευνητικό ρεύμα σχετικό με την εισαγωγή στα ΑΠ-ΦΕ διάφορων εκπαιδευτικών βαθμίδων της έννοιας της ενέργειας εξαιτίας της επιστημονικής της σπουδαιότητας αλλά, κυρίως, του κοινωνικού ενδιαφέροντος που προκαλεί (Domenech et al., 2007; Koliopoulos & Constantinou, 2012; Chen et al., 2014; Κολιόπουλος & Μέλη, 2021). Στα τέλη της δεκαετίας του '70 εμφανίζονται τα πρώτα προγράμματα σπουδών ως αντίδραση των εκπαιδευτικών συστημάτων μεγάλων βιομηχανικών χωρών στις πετρελαϊκές κρίσεις και γενικότερα στην ενεργειακή κρίση που εμφανίζεται και τις πλήττει στις αρχές αυτής της δεκαετίας. Τα ζητήματα της κλιματικής αλλαγής και η ανάγκη σύνδεσης της ενέργειας με την αειφόρο ανάπτυξη, όπως τίθεται μετ' επιτάσεως τα τελευταία χρόνια, υποχρεώνουν τόσο διακρατικούς οργανισμούς όσο και εκπαιδευτικά συστήματα των διάφορων χωρών να δραστηριοποιηθούν ακόμη περισσότερο, έτσι ώστε η διδασκαλία της ενέργειας να εισάγεται στην τυπική εκπαίδευση σε όλο και μικρότερες ηλικίες, αλλά και να αφορά όλο και μεγαλύτερες ομάδες πληθυσμού. Έτσι, λοιπόν, ακόμη και στο επίπεδο της προσχολικής και πρώτης σχολικής εκπαίδευσης φαίνεται να υπάρχει επαρκής παραγωγή σχετικών προγραμμάτων διδασκαλίας (Intelligent Energy, 2009). Αυτό, βεβαίως, που δεν έχει διερευνηθεί επαρκώς είναι αν και πώς παιδιά προσχολικής και πρώτης σχολικής ηλικίας προσλαμβάνουν τις ενεργειακές ιδέες που εισάγονται σε αυτά τα προγράμματα και είναι σε θέση να κατασκευάσουν περιγραφικά ενεργειακά μοντέλα, δεδομένων των δυσκολιών που προκύπτουν από την αφηρημένη και ποσοτική φύση της έννοιας της ενέργειας.

2.6.2 Η επιστημολογική εγκυρότητα

Το εννοιολογικό μοντέλο των ενεργειακών αλυσίδων αποτελεί μια μορφή διδακτικού μετασχηματισμού της επιστημονικής γνώσης στη σχολική εκδοχή της, και ιδιαίτερα στο επίπεδο της προσχολικής εκπαίδευσης, η οποία φαίνεται να πληροί όλα εκείνα τα επιστημολογικά χαρακτηριστικά που αναφέρθηκαν στην Ενότητα 3 αυτού του κεφαλαίου, ενώ συγχρόνως διαθέτουμε εμπειρικά δεδομένα σχεδόν για όλες τις βαθμίδες της εκπαίδευσης ότι λειτουργεί με μεγάλο βαθμό αξιοπιστίας και αποτελεσματικότητας (Κολιόπουλος & Μέλη, 2021). Το μοντέλο αυτό αποτελεί μια μορφή διδακτικού μετασχηματισμού της επιστημονικής γνώσης στη σχολική εκδοχή της που βασίζεται σε μια δομή η οποία περιλαμβάνει καταρχάς την αποθήκευση, τη μεταφορά, τη μετατροπή ως βασικές ποιοτικές ιδιότητες της ενέργειας, ενώ μπορεί να εμπλουτιστεί στη συνέχεια με ποσοτικές ιδιότητες, όπως είναι η μέτρηση και η διατήρηση. Πρόκειται για μια επιστημολογικά έγκυρη γνώση, αφού συνδέεται τόσο με την πλούσια παράδοση των ενεργειακών συνθέσεων και της ανάδειξης της αρχής διατήρησης της ενέργειας οι οποίες συντελούνται τον 19ο αιώνα αλλά και με το εννοιολογικό πλαίσιο της μακροσκοπικής Θερμοδυναμικής, όπως αυτό διαμορφώνεται στα πλαίσια της σύγχρονης επιστήμης της Θερμοδυναμικής. Επίσης, η σύνδεση του μοντέλου των ενεργειακών αλυσίδων με την ιστορική παράδοση της γέννησης της έννοιας της ενέργειας επιτρέπει την ανάδειξη ποιοτικών χαρακτηριστικών της έννοιας, καθώς και τη δυνατότητα να μπορεί να εκφραστεί συμβολικά με εικονικές αναπαραστάσεις. Όλα αυτά τα χαρακτηριστικά καθιστούν το μοντέλο αυτό εν δυνάμει κατάλληλο για τη διδασκαλία της έννοιας σε μικρά παιδιά (δείτε για λεπτομέρειες το κεφάλαιο 3). Τέλος, πρόκειται για ένα εννοιολογικό μοντέλο το οποίο μπορεί να συμβάλλει στο να συνδεθούν λειτουργικά η εννοιολογική με την πολιτισμική συνιστώσα της επιστημονικής γνώσης (Koliopoulos & Ravanis, 2000). Ζητήματα όπως η ανάδειξη και χρήση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας οδηγούν κατ' ανάγκη στη χρήση του συγκεκριμένου μοντέλου, αφού αυτό παρουσιάζει τη μέγιστη συμβατότητα με τη μελέτη των σχετικών προβλημάτων.

2.6.3 Η κοινωνικο-γνωστική δυνατότητα

Η εσωτερική δομή του εννοιολογικού μοντέλου των ενεργειακών αλυσίδων είναι συμβατή με τον γραμμικό αιτιακό συλλογισμό. Η φυσική αυτή αιτιακή εξήγηση, όπως είδαμε στο κεφάλαιο 1, αποτελεί τον προνομιακό τρόπο αναπαράστασης της φυσικής πραγματικότητας στους μαθητές, πολύ δε περισσότερο στα παιδιά μικρότερης ηλικίας. Στο επίπεδο της προσχολικής και πρώτης σχολικής εκπαίδευσης, πρόσφατες έρευνες που έχουν διεξαχθεί στο Εργαστήριο Διδακτικής των Θετικών Επιστημών του ΤΕΕΑΠΗ του Παν/μίου Πατρών από μέλη της ομάδας «Ενέργεια στην Εκπαίδευση»¹⁴ δείχνουν ότι τα παιδιά δίνουν πολύ συχνά μια αυθόρμητη φυσική αιτιακή εξήγηση που τους επιτρέπει να περιγράφουν τη μακροσκοπική λειτουργία διάφορων ζευγών αντικειμένων (μπαταρία - αυτοκινητάκι, συμπιεσμένο ελατήριο - αυτοκινητάκι, μπαταρία -λαμπτήρας, μπαταρία - μοτεράκι) η οποία βασίζεται στον γραμμικό αιτιακό συλλογισμό (Συμιδαλά, Κουτσούμπα, Χρηστίδου & Κολιόπουλος, 2006). Πιο συγκεκριμένα, διαπιστώθηκε ότι πολλά παιδιά είναι σε θέση να περιγράψουν τα παραπάνω συστήματα είτε ως αλυσίδα αντικειμένων από την άποψη της λειτουργίας τους (π.χ. «η κίνηση του αυτοκινήτου οφείλεται στην μπαταρία», «η λάμψη του λαμπτήρα οφείλεται στην μπαταρία») είτε ως αλυσίδα αντικειμένων από την άποψη της μεταφοράς μιας δράσης (π.χ. «η μπαταρία δίνει ηλεκτρισμό στο αυτοκινητάκι και αυτό κινείται», «η μπαταρία δίνει ρεύμα στον λαμπτήρα και αυτός ανάβει») (Lemeignan & Weil-Barais, 1994). Αυτό συμβαίνει με τα περισσότερα παιδιά προσχολικής ηλικίας που έχουν λάβει μέρος στις σχετικές έρευνες. Όχι όμως σε όλα. Όπως εξηγεί ο Piaget, τα παιδιά αυτά μπορεί να βρίσκονται σε ένα στάδιο προ-αιτιότητας, κατά το οποίο «επικαλούνται ως αιτία των διάφορων φαινομένων άλλοτε κίνητρα ή προθέσεις (τελεολογική εξήγηση) και άλλοτε ψευδο-λογικές αιτίες οι οποίες συμμετέχουν σε ένα είδος ηθικής αναγκαιότητας που αποδίδεται σε όλα τα πράγματα (“αυτό πρέπει να είναι έτσι”))» (Piaget, 2001, σελ. 284). Αυτό πάντως που έχει παρατηρηθεί σε μια σειρά από έρευνες που ακολουθήσαν, είναι ότι οι αυθόρμητες φυσικές αιτιακές εξηγήσεις των παιδιών προσχολικής και πρώτης σχολικής ηλικίας είναι δυνατόν να μετασχηματιστούν σε γνώσεις οι οποίες λαμβάνουν τον χαρακτήρα ενός πρόδρομου εννοιολογικού μοντέλου για την ενέργεια, στο πλαίσιο μιας διδακτικής παρέμβασης όπου η/ο εκπαιδευτικός θα παίζει καθοριστικό ρόλο στον μετασχηματισμό αυτό. Έτσι γνωρίζουμε ότι κάποια παιδιά είναι δυνατόν να οικοδομήσουν πρόδρομα μοντέλα για τη λειτουργία των φωτοβολταϊκών στοιχείων (Συμιδαλά, 2006; Δεληβοριά-Δημαρέλου, 2012) και μοντέλων ανεμογεννητριών (Τζαμαρία & Κολιόπουλος, 2013; Παναγιώτου, 2016).

14 <http://energyineducation.blogspot.com/> και <http://energyeducationen.blogspot.com/>

2.6.4 Η διδακτική εφικτότητα

Η διδακτική παρέμβαση πραγματοποιήθηκε σε τέσσερα τμήματα της πρώτης δημοτικού (παιδιά ηλικίας 6-7 ετών) ενός ιδιωτικού σχολείου της περιοχής Αθηνών και αποτελείτο από πέντε διδακτικές ωριαίες ενότητες. Έλαβαν μέρος συνολικά 105 μαθητές που δούλεψαν σε 52 ομάδες (51 διμελείς ομάδες και μία τριμελής ομάδα). Η παρέμβαση έγινε από την ερευνήτρια, ενώ οι εκπαιδευτικοί των τεσσάρων τμημάτων παρακολούθησαν και είχαν ενεργό συμμετοχή σε όλες τις ενότητες της παρέμβασης. Η λεπτομερής περιγραφή των στόχων και του περιεχομένου των ενοτήτων υπάρχει στην εργασία *Η διδασκαλία της ενέργειας στην α' δημοτικού* (Κολιόπουλος & Αργυροπούλου, 2010). Το βασικό συμπέρασμα που προέκυψε από τη συγκεκριμένη έρευνα σε σχέση με τη διδακτική εφικτότητα του εγχειρήματος είναι ότι η προτεινόμενη διδακτική παρέμβαση, εκτός από κατάλληλο μεθοδολογικό εργαλείο για την επιβεβαίωση συγκεκριμένων υποθέσεων σχετικών με τη γνωστική πρόοδο των παιδιών που έλαβαν μέρος σε αυτή, αποτέλεσε και παράπλευρο κέρδος για τη θεσμική τυπική εκπαίδευση, αφού υλοποιήθηκε με επιτυχία (ένταξη στο επίσημο πρόγραμμα του σχολείου, επίτευξη γνωστικής προόδου των μαθητών, θετική στάση των εκπαιδευτικών), σε πραγματικές μεγάλης κλίμακας σχολικές συνθήκες. Το συμπέρασμα αυτό επιβεβαιώνεται και στο επίπεδο της προσχολικής εκπαίδευσης, αφού η αντίστοιχη παρέμβαση υιοθετήθηκε από πολλές/-ούς εκπαιδευτικούς στο πλαίσιο του ευρωπαϊκού προγράμματος Fibonacci ή στο πλαίσιο άλλων μη τυπικών μορφών εκπαίδευσης¹⁵. Θεωρούμε, λοιπόν, ότι είναι καιρός οι διδακτικές παρεμβάσεις που βασίζονται στην έρευνα (research-based teaching) να αποκτήσουν μια ευρύτερη θεσμική εκπροσώπηση στο εθνικό αναλυτικό πρόγραμμα.

¹⁵ Δείτε για παράδειγμα το κανάλι YouTube του [Παιδικού Φεστιβάλ ΤΕΕΑΠΗ](#) Παν/μίου Πατρών και τον δικτυακό τόπο της Ομάδας [Ενέργεια στη Εκπαίδευση](#).

Βιβλιογραφικές αναφορές

- Αναλυτικό και Ημερήσιο Πρόγραμμα Νηπιαγωγείου (1989). Αθήνα: ΟΕΔΒ.
- Bachelard, G. (1980). *La formation de l'esprit scientifique*. Paris: J. Vrin.
- Baltas, A. (1990). Once again on the meaning of physical concepts. In Nikolakopoulos P. (Ed.), *Greek studies in the Philosophy and History of Science*. Kluwer Academic Publishers, 293-313.
- Broström, S. (2015). Science in early childhood education. *Journal of Education and Human Development*, 2(1), 107-124.
- Canedo-Ibarra, S.-P., Castello-Escandell, J., Garcia-Wehrle, P., & Morales-Blake, A.-R. (2010). Precursor models construction at preschool education: an approach to improve scientific education in the classroom. *Review of Science, Mathematics and ICT Education*, 4(1), 41-76.
- Carey, S. (1992). The origin and evolution of everyday concepts. In R.N. Giere (Ed.), *Cognitive models in science*. Minnesota: University of Minnesota Press, 89-128.
- Chalmers, A.F. (2010). *Τι είναι αυτό που το λέμε επιστήμη*; Ηράκλειο: Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης.
- Coquidé-Cantor, M., & Giordan, A. (2002). *L'enseignement scientifique et technique à l'école maternelle*. Paris: Delagrave.
- Δαφέρμου, Χ., Κουλούρη, Π., & Μπασαγιάννη, Ε. (2006). *Οδηγός Νηπιαγωγού*. Αθήνα: ΟΕΔΒ.
- Δεληβοριά-Δημαρέλου, Χ. (2012). *Πώς μπορούμε ν' ανάψουμε μια λάμπα*; Πτυχιακή εργασία. ΤΕΕΑΠΗ Παν/μίου Πατρών.
- ΔΕΠΠΣ για το Νηπιαγωγείο (2001). Παιδαγωγικό Ινστιτούτο.
- Delserieys, A., Jégou, C., Boilevin, J.-M., & Ravanis, K. (2017). Precursor model and preschool science learning about shadows formation. *Research in Science & Technological Education*, 36(2), 147-164.
- Deunff, J., & Guichard, J. (1996). Une éducation scientifique pour les enfants de moins de six ans. Quelles possibilités et quels enjeux ? *La Lettre de l'OCIM*, 43, 6-10.
- DiSessa, A. (2014). A history of conceptual change research: Threads and fault lines. In *The Cambridge Handbook of the Learning Sciences*, Second Edition. UC Berkeley. <http://dx.doi.org/10.1017/CBO9781139519526.007>
- Ergazaki, M., & Zogza, V. (2013). How does the model of Inquiry-Based Science Education work in the kindergarten: The case of biology. *Review of Science, Mathematics and ICT Education*, 7(2), 73-97.
- Ergazaki, M., Valanidou, E., Kasimati, M.-Ch., & Kalantzi, M. (2015). Introducing a Precursor Model of Inheritance to Young Children. *International Journal of Science Education*, 37(18), 3118-3142.
- Eshach, H. (2006). *Science literacy in primary schools and pre-schools*. Springer.
- Ζόγκζα, Β., & Εργαζάκη, Μ. (2001). Η έννοια της ζωής στην προσχολική ηλικία. Στο Κ. Ραβάνη (Επιμ.), *Η μύηση των μικρών παιδιών στις φυσικές επιστήμες. Εκπαιδευτικές και διδακτικές διαστάσεις*. Πάτρα: ΤΕΕΑΠΗ Παν/μίου Πατρών, 120-126.
- Filippoupoliti, A., & Koliopoulos, D. (2012). Science museums/centres and early childhood education: Some possible factors that should affect the conceptual dimension of education programmes. Paper presented in *CIMUSET Conference, Tampere / Helsinki, 28-31 August 2012*.
- Fiolhais, C., & Pessoa, C. (2002). Η σύζευξη εκπαίδευσης και επιστήμης. Μια συνέντευξη με τον Leon Lederman. *Φυσικός Κόσμος*, 6, 68-72.
- Fleer, M. (2009). Understanding the dialectical relations between everyday concepts and scientific concepts within play-based programs. *Research in Science Education*, 39(2), 281-306.
- Fleer, M. (2015). A cultural-historical model of early childhood science education. In M. Fleer, & N. Pramling (Eds.), (2015). *A cultural-historical study of children learning science*. Springer, 199-213.
- Fragkiadaki, G., Fleer, M., & Ravanis, K. (2019). A Cultural-Historical Study of the Development of Children's Scientific Thinking about Clouds in Everyday Life. *Research in Science Education*, 49(6), 1523-1545.
- Gelman, R. (1992). Η σκέψη στην προσχολική ηλικία. Στο Σ. Βοσνιάδου (Επιμ.), *Κείμενα εξελικτικής ψυχολογίας. Η σκέψη*. Αθήνα: Gutenberg, 37-53.
- Hong, Soo-Young, Torquati, J.C., & Molfese, V.J. (2013). Theory guided professional development in early childhood science education. Faculty Publications from Nebraska Center for Research on Children, Youth, Families, and Schools, 29. <https://digitalcommons.unl.edu/cyfsfacpub/29>

- Howe, A. (1993). Science in Early Childhood Education. In B. Spodek (Ed.), *Handbook of Research on the Education of Young Children*. New York: McMillan Publishing Co., 225-235.
- Intelligent Energy (2009). Energy Education. Changing their habits in our lifetime. Project report, no 8. EACI.
- Izquierdo-Aymerich, M., & Adúriz-Bravo, A. (2003). Epistemological foundations of school science. *Science & Education*, 12(1), 27–43.
- Κολιόπουλος, Δ. (2003). Η (επι)μόρφωση των εκπαιδευτικών της προσχολικής εκπαίδευσης στις φυσικές επιστήμες: Η περίπτωση του Διδασκαλείου Νηπιαγωγών Αθηνών και η διατύπωση του προβλήματος. Στο Μ. Τσιτουρίδου (Επιμ.), *Οι φυσικές επιστήμες και οι νέες τεχνολογίες στην εκπαίδευση παιδιών προσχολικής ηλικίας*. Θεσσαλονίκη: Τζιόλα, 33-44.
- Κολιόπουλος, Δ. (2006). *Θέματα Διδακτικής Φυσικών Επιστημών. Η συγκρότηση της σχολικής γνώσης*. Αθήνα: Μεταίχμιο.
- Κολιόπουλος, Δ. (2017). *Η διδακτική προσέγγιση του μουσείου φυσικών επιστημών*. Αθήνα: Μεταίχμιο.
- Κολιόπουλος, Δ., Γκρίτση, Φ., & Ζόγκζα, Β. (2003). Μια συγκριτική ανάλυση αναλυτικών προγραμμάτων φυσικών επιστημών για την προσχολική και πρώτη σχολική ηλικία: η περίπτωση του θεματικού και εννοιολογικού περιεχομένου. Στο Μ. Τσιτουρίδου (Επιμ.), *Οι Φυσικές Επιστήμες και οι νέες τεχνολογίες στην εκπαίδευση παιδιών προσχολικής ηλικίας*. Θεσσαλονίκη: Εκδόσεις Τζιόλα, 63–68.
- Κολιόπουλος, Δ., & Δούκα, Φ. (2005). Από το σταφύλι στο κρασί. Ένα ολοκληρωμένο εκπαιδευτικό πρόγραμμα για τις φυσικές επιστήμες και την τεχνολογία. Στο Π. Κόκκοτα & Κ. Πλακίτση (Επιμ.), *Μουσειοπαιδαγωγική και εκπαίδευση στις Φυσικές επιστήμες*. Αθήνα: Εκδόσεις Πατάκη, 179-191.
- Κολιόπουλος, Δ., & Αργυροπούλου, Μ. (2010). Η διδασκαλία της ενέργειας στην α' δημοτικού. *Διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών. Έρευνα και Πράξη*, 34-35, 19-39.
- Κωνσταντίνου, Κ., Κυριακίδου, Ε., & Νικολάου, Χ. (2002). *Φυσικές επιστήμες στο νηπιαγωγείο: Βοήθημα για τη νηπιαγωγό*. Λευκωσία: Εκδόσεις ΥΠΠ Κύπρου.
- Kallery, M., Psillos, D., & Tselfes, V. (2009). Typical didactical activities in the Greek early years science classroom: Do they promote science learning?, *International Journal of Science Education*, 31(9), 1187-1204.
- Kambouri-Danos, M., Ravanis, K., Jameau, A., & Boilevin, J.-M. (2019). Precursor Models and Early Years Science Learning: A case study related to the water state changes. *Early Childhood Education Journal*, 47(4), 475–488.
- Kampeza, M. (2020). Valuing young children and promoting participation in early STEM education: Introduction. *Review of Science, Mathematics & ICT Education*, 14(2), 3-7.
- Kanderakis, Dossis, S., & Koliopoulos, D. (2011). Teachers' conceptions about the implementation of a HPS sequence concerning the movement of a simple pendulum, In F. Seroglou, V. Koulountzos & A. Siatras (Eds.), *Proceedings of the 11th International IHPST Conference*. Thessaloniki: Epikentro, 394-396.
- Karmiloff-Smith, A. (1998). *Πέρα από τη σπονδυλωτή διάνοια. Η Γνωσιοεπιστήμη στην προοπτική της αναπτυξιακής ψυχολογίας*. Αθήνα: Εκδόσεις Οδυσσεύς.
- Koliopoulos, D. (2014). Is it possible to teach energy in preschool education? In F. Tasar (Ed.), *Proceedings of the WCPE Conference*. Ankara: Gazi Üniversitesi, 457-461.
- Koliopoulos, D., & Argyropoulou, M. (2011). Constructing qualitative energy concepts in a formal educational context with 6–7-year-old students. *Review of Science, Mathematics and ICT Education*, 5(1), 63-80.
- Larcher, C., & Saltiel, E. (1998). Le projet «La main à la pâte» : Relancer l'enseignement des sciences à l'école primaire. *Bulletin de l'Union des Physiciens*, 806, 1215-1222.
- Laugier, A., & Dumon, A. (1998). Enseigner les sciences physiques avec des jeunes élèves. Quelle épistémologie pour quelle démarche ? *Bulletin de l'Union des Physiciens*, 92(806), 1257-1278.
- Lemeignan, G. & Weil-Barais, A. (1997). *Η οικοδόμηση των εννοιών στη Φυσική. Η διδασκαλία της Μηχανικής*. Αθήνα: Τυπωθήτω.
- Μπαγάκης, Γ., Κολιόπουλος, Δ., & Κουλαϊδής, Β. (1997). Σκιαγράφηση ενός πλαισίου επιμόρφωσης των εκπαιδευτικών φυσικών επιστημών της υποχρεωτικής εκπαίδευσης στην Ελλάδα. *Εκπαιδευτική Κοινότητα*, 7, 26-32.
- Μπαλαμπάνη, Ε. (2018). *Η εκπαιδευτική αξιοποίηση του Μουσείου Φυσικών Επιστημών στην προσχολική αγωγή. Εφαρμογή προγράμματος στο Βιομηχανικό Μουσείο Φωταερίου*. Πτυχιακή εργασία. ΤΕΕΑΠΗ Παν/μίου Πατρών.

- Μπαλαμπάνη, Ε. (2021). *Πεποιθήσεις επάρκειας εν ενεργεία και μελλουσών/-ων Νηπιαγωγών για τη διδασκαλία των φυσικών επιστημών*. Μεταπτυχιακή εργασία. ΤΕΕΑΠΗ Παν/μίου Πατρών.
- MacDonald, S. (2001). *Ανακαλύπτοντας το φυσικό κόσμο. Δραστηριότητες για την προσχολική εκπαίδευση*. Αθήνα: Εκδόσεις Πατάκη.
- Meli, K., Lavidas, K., & Koliopoulos, D. (2021). Physics teachers' training webinars for teaching and learning introductory thermodynamics in upper secondary school. Paper presented in *ESERA 2021 Conference, University of Minho, 30/8-3/9, Braga, Portugal*.
- National Research Council (2012). *A framework for K-12 science education. Practices, crosscutting concepts and core ideas*. The National Academies Press.
- O'Connor, G., Fragkiadaki, G., Fleer, M., & Rai, P. (2021). Early childhood science education from 0 to 6: A literature review. *Education Sciences, 11*(4), 178-201.
- Oppermann, E., Hummel, T., & Anders, Y. (2019). Preschool teachers' science practices: associations with teachers' qualifications and their self-efficacy beliefs in science. *Early Child Development and Care, 191*(5), 800-814.
- Παναγιώτου, Ε. (2016). *Σχεδιασμός και αξιολόγηση ενός εκπαιδευτικού προγράμματος σχετικού με τις ανεμογεννήτριες στην προσχολική ηλικία*. Μεταπτυχιακή εργασία. ΤΕΕΑΠΗ Παν/μίου Πατρών.
- Πρόγραμμα Σπουδών Νηπιαγωγείου (2014). Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής.
- Piaget, J. (2001). *Η γλώσσα και η σκέψη του παιδιού. Μελέτες για τη λογική του παιδιού*. Αθήνα: Εκδόσεις Καστανιώτη.
- Ραβάνης, Κ. (1999). *Οι φυσικές επιστήμες στην Προσχολική Εκπαίδευση*. Αθήνα: Τυπωθήτω.
- Ραβάνης, Κ. (2016). *Εισαγωγή στη Διδακτική και στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών*. Αθήνα: Εκδόσεις Νέων Τεχνολογιών.
- Ραβάνης, Κ., & Κολιόπουλος, Δ. (2017). Ο κόσμος της Φυσικής σε ένα Τμήμα Προσχολικής Εκπαίδευσης: Μια πορεία. Στο Α. Καραλής, Β. Κόμης & Λ. Σωτηρόπουλος (Επιμ.), *Σύγχρονες ερευνητικές τάσεις στην προσχολική και πρώτη σχολική ηλικία*. Αθήνα: Εκδόσεις Νέων Τεχνολογιών, 245-254.
- Ραφτόπουλος, Α., Κωνσταντίνου, Κ., Κολιόπουλος, Δ., & Σπανούδης, Γ. (2001). Γνωστική ετοιμότητα και εκπαιδευτική παρέμβαση: Ένα μοντέλο επιτυχούς εκμάθησης των μαγνητών. Στο Κ. Ραβάνη (Επιμ.), *Η μύηση των μικρών παιδιών στις φυσικές επιστήμες. Εκπαιδευτικές και διδακτικές διαστάσεις*. Πάτρα: ΤΕΕΑΠΗ Παν/μίου Πατρών, 204-211.
- Ravanis, K. (2020). Precursor models of the physical sciences in early childhood education students' thinking. *Science Education Research and Praxis, 76*, 24-31.
- Ravanis, K., Koliopoulos, D., & Hadjigeorgiou, Y. (2004). What factors does friction depend on? A socio-cognitive teaching intervention with young children. *International Journal of Science Education, 26*(8), 997-1007.
- Ravanis, K., Koliopoulos, D., & Boilevin, J.-M. (2007). Construction of a precursor model for the concept of rolling friction in the thought of preschool age children: A socio-cognitive teaching intervention. *Research in Science Education, 38*(4), 421-434.
- RESMICTE [Review of Science, Mathematics and ICT Education] (2009). *Special Issue: Science Education research and theory in early years, 3*(1).
- Rieber, R.W., & Carton, A.S. (1987). *The collected works of L.S. Vygotsky (Vol 1: Problems of General Psychology)*. New York & London: Plenum Press.
- Roth, W-M., Goulart, M.I., & Plakitsi, K. (Eds.) (2013). *Science education during early childhood*. Springer.
- Συμιδαλά, Ε., Κουτσούμπα, Μ., Χρηστίδου, Β., & Κολιόπουλος, Δ. (2006). Προ-ενεργειακοί συλλογισμοί παιδιών προσχολικής ηλικίας. *Διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών. Έρευνα και Πράξη, 18*, 18-25.
- Συμιδαλά, Ε. (2010). *Οικοδομώντας προ-ενεργειακούς συλλογισμούς στην προσχολική εκπαίδευση: Η περίπτωση του φωτοβολταϊκού στοιχείου*. Μεταπτυχιακή εργασία. ΤΕΕΑΠΗ Παν/μίου Πατρών.
- Τάνταρος, Σ., Κολιόπουλος, Δ., Παπανδρέου, Μ., & Ραβάνης, Κ. (2004). Επίπλευση και βύθιση των σωμάτων. Πρόδρομα μοντέλα και συμβολικές παραστάσεις. *Διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών. Έρευνα και Πράξη, 7*, 31-36.
- Τζαμαρία, Π., & Κολιόπουλος, Δ. (2013). Η διδασκαλία της έννοιας της ενέργειας στην προσχολική ηλικία: Μια προ-ενεργειακή προσέγγιση της λειτουργίας της ανεμογεννήτριας. Στο Α. Δημητρίου (Επιμ.), *Έννοιες για τη φύση και το περιβάλλον στην προσχολική εκπαίδευση*. Θεσσαλονίκη: Εκδ. Επίκε-

ντρο,183-190.

- Tiberghien, A. (1994). Modeling as a basis for analyzing teaching-learning situations. *Learning and Instruction, 4*, 79-87.
- Tiberghien, A., Arsac, G., & Meheut, M. (1994). Analyse de projets d'enseignement issus de recherches en Didactique. In G. Arsac, Y. Chevallard, J-L. Martinand & A. Tiberghien (Eds.), *La transposition didactique à l'épreuve*. La Pensée Sauvage Éditions, 105-133.
- Trundle, K. C., & Saçkes, M. (2015). *Research in early childhood science education*. Springer.
- Vygotski, L. (1993). *Σκέψη και Γλώσσα*. Αθήνα: Εκδόσεις Γνώση.
- Φραγκιαδάκη, Γ. (2017). *Η προσέγγιση εννοιών και φαινομένων των φυσικών επιστημών στο πλαίσιο της πολιτισμικής-ιστορικής θεωρίας: Τα σύννεφα στη σκέψη παιδιών προσχολικής ηλικίας*. Διδακτορική διατριβή. ΤΕΕΑΠΗ Παν/μίου Πατρών.
- Zogza, V., & Ergazaki, M. (2013). Inquiry-Based Science Education: Theory and praxis. *Review of Science, Mathematics and ICT Education, 7*(2), 3-8.

Δραστηριότητες

1. Επιλέξτε έναν τομέα φυσικών επιστημών του ενδιαφέροντός σας από το πλέον πρόσφατο αναλυτικό πρόγραμμα προσχολικής ή πρώτης σχολικής εκπαίδευσης. Στη συνέχεια αναζητήστε ελληνική και διεθνή βιβλιογραφία για να τεκμηριώσετε τα τέσσερα επιχειρήματα τα οποία αναλύονται στο παρόν κεφάλαιο για τον συγκεκριμένο τομέα που επιλέξατε.
2. Αναζητήστε στη βιβλιογραφία και καταγράψτε επιχειρήματα (σε υπερεθνικό, εθνικό ή/και τοπικό επίπεδο) υπέρ της κοινωνικής αναγκαιότητας της διδασκαλίας των φυσικών επιστημών στην προσχολική εκπαίδευση.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

Η γραμμική αιτιότητα και η υπέρβασή της για τη διατήρηση της ενέργειας

Καλλιόπη Μέλη και Δημήτρης Κολιόπουλος

Σύνοψη

Η διδασκαλία και η μάθηση της διατήρησης της ενέργειας και της έκφρασής της μέσω του Πρώτου Θερμοδυναμικού Νόμου είναι αντικείμενο έρευνας σε διεθνές επίπεδο τόσο για τη δευτεροβάθμια όσο και για την τριτοβάθμια εκπαίδευση. Προκειμένου να σχεδιαστεί, να εφαρμοστεί και να αξιολογηθεί μια κατάλληλη διδακτική ακολουθία για τη γεφύρωση των φαινομένων με τις μαθηματικές εκφράσεις που τα περιγράφουν, περιγράφεται η ανάλυση που προηγείται (επιστημολογική, νοητικών παραστάσεων και στοιχείων παιδαγωγικού πλαισίου). Από την ανάλυση αυτή αναδεικνύεται το μοντέλο ενεργειακής αλυσίδας ως κύριο στοιχείο για την αξιοποίηση (αρχικά) και την υπέρβαση (τελικά) του γραμμικού αιτιακού συλλογισμού των μαθητών, η οποία είναι αναγκαία για την οικοδόμηση επαρκών ποιοτικών, ημι-ποσοτικών και ποσοτικών αναπαραστάσεων. Στη συνέχεια, παρατίθενται επιλεγμένα στοιχεία για τη διδακτική ακολουθία (διδακτικοί στόχοι, σχεδιασμός, εφαρμογή και αξιολόγηση) που ολοκληρώνονται με τα αποτελέσματα των μαθητών ως προς τον βαθμό επάρκειας των ενεργειακών αλυσίδων και των μαθηματικών εκφράσεων του Πρώτου Θερμοδυναμικού Νόμου που παρουσίασαν.

Προαπαιτούμενη γνώση

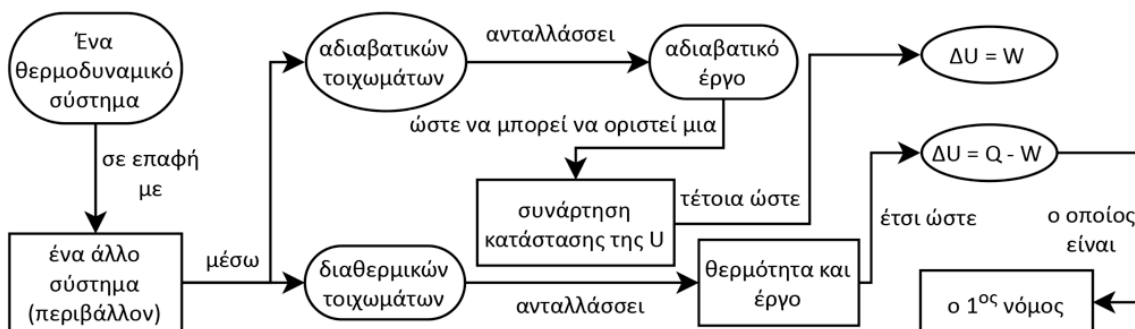
Κολιόπουλος, Δ. (2006). *Θέματα Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών. Η συγκρότηση της σχολικής γνώσης*. Αθήνα: Εκδόσεις Μεταίχμιο.

Κολιόπουλος, Δ., & Μέλη, Κ. (2022). *Η διδασκαλία της ενέργειας. Επιστημολογικές και διδακτικές διαστάσεις*. Θεσσαλονίκη: University Studio Press.

3.1 Εισαγωγή

Τις τελευταίες δύο δεκαετίες αναπτύσσεται ταχύτητα ένα ερευνητικό ρεύμα που καταπιάνεται με τη διδασκαλία και τη μάθηση της διατήρησης της ενέργειας στο πλαίσιο της εισαγωγικής θερμοδυναμικής. Η έρευνα αυτή αφορά, μεταξύ άλλων, τα αναγνωρισμένα ζητήματα που συναντούν οι μαθητές στην κατασκευή των αναπαραστάσεων ικανών να ερμηνεύσουν ενεργειακά τα φαινόμενα σε ποιοτικό και ποσοτικό επίπεδο. Ειδικότερα, η νοηματοδότηση των μαθηματικών τύπων έτσι ώστε να αντιστοιχούν στα φαινόμενα και στα πειράματα που περιγράφουν, αλλά και η αντίστροφη πορεία, είναι ζητούμενο τόσο για τη δευτεροβάθμια όσο και για την τριτοβάθμια εκπαίδευση, όπου η θερμοδυναμική εμφανίζεται σε ένα μεγάλο πλήθος προγραμμάτων σπουδών σε τμήματα Φυσικής, Χημείας και Μηχανολογίας (Christiansen & Rump, 2008). Τα εναλλακτικά επεξηγηματικά πλαίσια που προτάσσουν οι μαθητές για τις ενεργειακές έννοιες, ιδιότητες και αρχές και παρεμποδίζουν την προσέγγιση των επιστημονικά αποδεκτών πλαισίων έχουν συχνά τις ρίζες τους στον γραμμικό αιτιακό συλλογισμό και στην πρόκληση που εμπεριέχει η υπέρβασή του.

Στο πλαίσιο της θερμοδυναμικής, η διατήρηση της ενέργειας εκφράζεται ποιοτικά και ποσοτικά από τον Πρώτο Θερμοδυναμικό Νόμο (ΠΘΝ). Η επιστημονική γνώση αναφοράς δίνει διάφορες εκδοχές για την προσέγγιση του νόμου αυτού. Η προσέγγιση που ενδιαφέρει την εισαγωγική θερμοδυναμική στη βαθμίδα του Λυκείου εμπλέκει τα μακροσκοπικά χαρακτηριστικά της θεωρίας (κλασική θερμοδυναμική), οι μαθηματικές εκφράσεις των οποίων είναι διαχειρίσιμες από τους μαθητές αυτών των ηλικιών. Ένα εγχειρίδιο που με σαφήνεια εκφράζει αυτήν την προσέγγιση είναι αυτό του Zemansky (1968). Οι Tarsitani & Vicentini (1996) παρουσιάζουν έναν εννοιολογικό χάρτη για την εισαγωγή του ΠΘΝ. Μια προσαρμογή του χάρτη τους παρουσιάζεται στο *Σχήμα 3.1*. Οι γραμμικές και μη γραμμικές σχέσεις που συνάπτονται μεταξύ των εννοιών με κατεύθυνση την ολοκληρωμένη παρουσίαση του νόμου είναι ενδεικτικές για τη συνθετότητα των συλλογισμών που απαιτούνται και από τη μεριά των μαθητών για την κατασκευή των κατάλληλων αναπαραστάσεων κατά την ενεργειακή εξήγηση θερμοδυναμικών μεταβολών που λαμβάνουν χώρα σε ένα σύστημα.



Σχήμα 3.1: Φαινομενολογική-μακροσκοπική προσέγγιση του ΠΘΝ από τον Zemansky (1968). Προσαρμογή από Tarsitani & Vicentini (1996, σ. 55).

3.2 Η γραμμική αιτιότητα ως στοιχείο της επιστημολογικής ανάλυσης, της ανάλυσης νοητικών παραστάσεων και της ανάλυσης παιδαγωγικού πλαισίου για τον Πρώτο Θερμοδυναμικό Νόμο

3.2.1 Η γραμμική αιτιότητα και η υπέρβαση της στα ενεργειακά μοντέλα θερμικών μηχανών

Η επιστημολογική ανάλυση της θερμοδυναμικής αναδεικνύει τα ενεργειακά μοντέλα των θερμικών μηχανών ως μια πολύ διαδεδομένη γραφική αναπαράσταση που εμφανίζεται στα συγγράμματα της γνώσης αναφοράς. Αυτά παραδοσιακά είναι συσχετισμένα με την αναπαράσταση της θερμικής μηχανής, η οποία μπορεί να είναι λειτουργική ή θεωρητική μηχανή (π.χ. ιδανική μηχανή Carnot). Τα μοντέλα αυτά μπορεί να προσφέρουν μια ποιοτική αναπαράσταση για τη διανομή της ενέργειας, αλλά μπορεί και να ενσωματώνουν μια ημι-ποσοτικής και ποσοτικής μορφής πληροφορία για τη διανομή αυτή. Συστηματικά εμφανίζονται στα εγχειρίδια μηχανολογίας, όπου παίρνουν πολυποίκιλες μορφές με λειτουργικό ρόλο τόσο στη θεωρία όσο και στις πρακτικές εφαρμογές, γι' αυτό και ενίοτε ενσωματώνουν κάποια ποσοτικά δεδομένα στις αναπαραστάσεις αυτές. Από την άλλη μεριά, στα εγχειρίδια φυσικής συμπεριλαμβάνονται μεν, αλλά παρουσιάζονται επικουρικά κατά την ανάπτυξη της θεωρίας και σε πιο τυποποιημένες μορφές, που στοχεύουν περισσότερο στις ποιοτικές και ημι-ποσοτικές αναπαραστάσεις.

Η πιο κλασική μορφή του ενεργειακού μοντέλου της θερμικής μηχανής με καθαρά ποιοτικά χαρακτηριστικά είναι αυτή που εμφανίζεται από την πρώτη κιάλας έκδοση στο σύγγραμμα του Zemansky (1937, σ. 119) και εξακολουθεί να επανεμφανίζεται με μικρές διαφοροποιήσεις και στις επόμενες εκδόσεις. Η ενέργεια αναπαρίσταται να ξεκινά από μια αποθήκη ενέργειας υψηλής θερμοκρασίας, όπως μπορεί να είναι ένας καυστήρας, και μεταφέρει θερμότητα στη μηχανή (θερμοδυναμικό σύστημα) που αναπαρίσταται με έναν κύκλο. Στη συνέχεια, η αρχική θερμότητα διαχωρίζεται σε ένα βέλος που αντιπροσωπεύει την ενέργεια που η μηχανή μετέφερε στο περιβάλλον ως έργο, ενώ ένα δεύτερο βέλος εκφράζει την ενέργεια που διέφυγε στη δεξαμενή ενέργειας χαμηλής θερμοκρασίας, η οποία συνήθως είναι ο ατμοσφαιρικός αέρας γύρω από τη μηχανή.

Μία από τις πρώτες ημι-ποσοτικές αναπαραστάσεις θερμικής μηχανής εμφανίζεται στο σύγγραμμα τεχνικής θερμοδυναμικής *Elements of heat-power engineering* (Hirshfeld & Barnard, 1913, σ. 8). Η ημι-ποσοτική ανάγνωση σχετίζεται με τη μεταβολή του πλάτους του βέλους, που αντιπροσωπεύει τη μεταφορά της ενέργειας μεταξύ περιβάλλοντος και μηχανής. Αυτής της μορφής αναπαραστάσεις στηρίζονται στα διαγράμματα του μηχανικού M. Sankey, που χρησιμοποιήθηκαν από τον ίδιο το 1898, προκειμένου να απεικονίσει τη θερμική απόδοση της πραγματικής και ιδανικής ατμομηχανής (Kennedy & Sankey, 1898). Τέτοια διαγράμματα χρησιμοποιούνται τόσο από συγγραφείς εγχειριδίων τόσο της γενικής φυσικής όσο και της μηχανολογίας. Στο σύγγραμμα τεχνικής θερμοδυναμικής των Çengel & Boles (2011) υπάρχει πληθώρα τέτοιων ενεργειακών μοντέλων, που όμως εμπλουτίζονται με επιπρόσθετα γραφικούς συμβολισμούς ή ποσοτικές πληροφορίες. Εκτός από τις γενικές αναπαραστάσεις θερμικής μηχανής, δίνουν και αναπαραστάσεις που αφορούν συγκεκριμένα προβλήματα που περιλαμβάνουν συγκεκριμένα λειτουργικά στοιχεία (κλίβανο, ποτάμι και συγκεκριμένη μηχανή) και απαιτούν υπολογισμούς (Çengel & Boles, 2011, σσ. 284, 327).

Τα παραπάνω ενεργειακά μοντέλα θερμικών μηχανών συνιστούν επιστημολογικά έγκυρες αναπαραστάσεις του ΠΘΝ. Οι ποιοτικές αναπαραστάσεις της ενέργειας των θερμικών μηχανών αναδεικνύουν τις γραμμικές ενεργειακές σχέσεις μεταξύ του θερμοδυναμικού συστήματος και του περιβάλλοντός του, οι οποίες είναι συμβατές με τον γραμμικό αιτιακό συλλογισμό των μαθητών. Ταυτόχρονα, όμως, οι μη γραμμικές ενεργειακές σχέσεις τονίζουν εμφατικά τις σύνθετες «διαδρομές» της ενέργειας εντός και εκτός συστήματος, οι οποίες συνιστούν πρόκληση για τον γραμμικό αιτιακό συλλογισμό των μαθητών. Με την εισαγωγή ημι-ποσοτικών και ποσοτικών στοιχείων στα μοντέλα αυτά, οι γραμμικές και μη γραμμικές σχέσεις μπορούν επιπλέον να οδηγήσουν στη σύνδεση των φαινομενολογικών στοιχείων της θερμικής μηχανής με τη μαθηματική έκφραση του ΠΘΝ και να επιτρέψουν σχετικούς υπολογισμούς. Ο διδακτικός μετασχηματισμός των ενεργειακών μοντέλων των θερμικών μηχανών μπορεί να οδηγήσει στο μοντέλο ενεργειακών αλυσίδων.

3.2.2 Ο γραμμικός αιτιακός συλλογισμός ως θεμέλιο για τις νοητικές παραστάσεις του Πρώτου Θερμοδυναμικού Νόμου

Η ανάλυση των νοητικών παραστάσεων για τον ΠΘΝ αφορά το περιεχόμενο και το είδος των συλλογισμών που αναπτύσσονται κατά την πραγμάτευση προβλημάτων εισαγωγικής θερμοδυναμικής και ειδικότερα στη μελέτη θερμοδυναμικών μεταβολών κλειστών θερμοδυναμικών συστημάτων. Η διατήρηση της ενέργειας εμπεριέχει σύνθετα νοήματα που συνιστούν πρόκληση για νεαρούς μαθητές (Herrmann-Abell & DeBoer, 2014), ενώ ορισμένοι ερευνητές πρεσβεύουν ότι δεν μπορεί να κατακτηθεί μέχρι να ολοκληρωθούν συγκεκριμένα εξελικτικά στάδια (Liu & Collard, 2005; Liu & McKeough, 2005; Neumann, Viering, Boone & Fischer, 2013). Ο διάχυτος γραμμικός αιτιακός συλλογισμός των μαθητών (αλλά και φοιτητών μικρών ετών) οδηγεί σε διάφορες μορφές «απλουστεύσεων» των προβλημάτων θερμοδυναμικής. Έτσι, οι μαθητές οδηγούνται σε ελλιπείς/εσφαλμένες ενεργειακές νοητικές παραστάσεις για τον ΠΘΝ.

Ειδικά για τους μαθητές του συνόλου της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης, οι Herrmann-Abell & DeBoer (2014) διαπιστώνουν ότι μόλις το 37% απαντούν σύμφωνα με τις επιστημονικές ερμηνείες στα αντικείμενα εκείνα του ερωτηματολογίου που αφορούσαν τη διατήρηση της ενέργειας. Ταυτόχρονα, όμως, σημειώνουν ότι το 56% των μαθητών αυτών αναγνώρισαν μια διατύπωση για τη διατήρησης της ενέργειας, καταλήγοντας στο συμπέρασμα ότι το πρόβλημα έγκειται στην εφαρμογή της αρχής αυτής σε πραγματικά φαινόμενα. Οι Hadfield & Wieman (2010) ερεύνησαν τις ερμηνείες της μαθηματικής έκφρασης του ΠΘΝ που έδιναν φοιτητές οι οποίοι είχαν επιτυχώς ολοκληρώσει το μάθημα της Χημικής Θερμοδυναμικής και Κινητικής. Το σύνολο του υλικού που προσφέρθηκε στους μαθητές κατά τη διάρκεια του μαθήματος, αλλά και η αξιολόγησή τους, επικεντρώονταν σε επίλυση μαθηματικοποιημένων προβλημάτων, τα οποία θεωρούνταν από τους ερευνητές πολύ πιο σύνθετα από τις «απλές» ερωτήσεις της έρευνας για την ερμηνεία της μαθηματικής έκφρασης του ΠΘΝ. Προς έκπληξη των ερευνητών, σχεδόν οι μισοί φοιτητές που ανήκαν στο δείγμα της έρευνας, δεν ήταν σε θέση να διαφοροποιήσουν τις μαθηματικές σχέσεις για τον υπολογισμό της θερμότητας, του έργου ή/και της μεταβολής της εσωτερικής ενέργειας από το φυσικό νόημα που λαμβάνουν αυτά τα μεγέθη όταν συμμετέχουν στην έκφραση του ΠΘΝ. Κατά συνέπεια, είχαν σημαντική δυσκολία να εξηγήσουν πώς η έκφραση αυτή εκφράζει την αλληλομετατροπή μεταξύ αυτών των μεγεθών και ταυτόχρονα τη διατήρηση της ενέργειας. Οι Kautz, Heron, Loverude & McDermott (2005) γενικεύουν τη διαπίστωση αυτή σημειώνοντας ότι η σωστή εφαρμογή του μαθηματικού φορμαλισμού του ΠΘΝ δεν συνδυάζεται πάντα με την κατάλληλη ερμηνεία του φυσικού κόσμου.

Μία ευρέως αναγνωρισμένη έρευνα πάνω σε αυτή την «απλούστευση» ειδικά για προβλήματα θερμοδυναμικής έχει πραγματοποιηθεί από τις Rozier & Viennot (1991). Οι ερευνήτριες κατηγοριοποίησαν τον χειρισμό των μεταβλητών από πλευράς των φοιτητών του δείγματός τους ως εξής: (α) παράλειψη ορισμένων μεταβλητών, (β) χρήση «προνομιακών» σχέσεων μεταξύ δύο μεταβλητών και (γ) έλλειψη της συμμετρίας στις συνεπαγωγές. Παραδείγματα τέτοιων απλουστεύσεων παρουσιάζονται τόσο στο πλαίσιο της προαναφερθείσας έρευνας όσο και σε πιο σύγχρονες έρευνες. Τα πιο εύλωτα παραδείγματα αφορούν τη σχέση μεταξύ θερμοκρασίας, πίεσης και όγκου κατά τις θερμοδυναμικές μεταβολές, αλλά αναδύονται και αρκετές περιπτώσεις σχετικές με τα ενεργειακά μεγέθη του ΠΘΝ που αυτές οι απλουστεύσεις βρίσκουν εφαρμογή. Οι Leinonen, Asikainen & Hirvonen (2012) αναφέρουν ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα που εμπίπτει στην πρώτη κατηγορία. Η έρευνά τους σε δευτεροετείς φοιτητές ανέδειξε ότι το 25% αυτών παρέλειψε κάποιες μεταβλητές κατά την πραγμάτευση ενός προβλήματος αδιαβατικής μεταβολής. Επιπρόσθετα παραδείγματα για την κατηγορία αυτή προέρχονται από τις έρευνες των Meltzer (2004) και Van Roon, Van Sprang & Verdonk (1994) για την εξομοίωση της διατήρησης της ενέργειας με τη διατήρηση της θερμότητας και με την ισοδυναμία έργου-θερ-

μότητας αντίστοιχα, παραλείποντας το μέγεθος της εσωτερικής ενέργειας ή/και το έργο. Οι Kautz, Heron, Loverude & McDermott (2005) επιβεβαιώνουν τα συμπεράσματα των Rozier & Viennot (1991) ως προς τη δεύτερη κατηγορία απλουστεύσεων. Συγκεκριμένα αναφέρουν ότι «όταν κάνουν προβλέψεις, πολλοί φοιτητές επικεντρώνονται σε μια αποκλειστική σχέση μεταξύ δύο φυσικών μεγεθών, η οποία όμως ισχύει μόνο αν τα υπόλοιπα μεγέθη παραμένουν σταθερά» (σ. 1057). Για παράδειγμα, μια εγκαθιδρυμένη αναπαράσταση για πολλούς φοιτητές είναι η αποκλειστική σχέση μεταξύ θερμοκρασίας και θερμότητας, δηλαδή πιστεύουν πως η αύξηση της θερμοκρασίας προϋποθέτει απαραίτητως μεταφορά θερμότητας (π.χ. Beall, 1994; Leinonen, Asikainen & Hirvonen, 2013; Leinonen, Raesaenen, Asikainen & Hirvonen, 2009; Meli, Koliopoulos, Lavidas & Papalexίου, 2016; Meltzer, 2004). Σε σχέση με την τρίτη κατηγορία απλουστεύσεων, οι Rozier & Viennot (1991) εξετάζουν τη διατήρηση της συμμετρίας μεταξύ των διάφορων μεταβλητών στην περίπτωση «αντιστροφής» των μεταβολών. Παράδειγμα «παραβίασης» της συμμετρίας στον ΠΘΝ αναδύεται από την έρευνα των Loverude, Kautz & Heron (2002), στην οποία επισημαίνεται πως ορισμένοι φοιτητές του δείγματος δεν αντιλαμβάνονται πως το έργο που προσφέρει το θερμοδυναμικό σύστημα στο περιβάλλον είναι ισόποσο με το έργο που το περιβάλλον λαμβάνει από το σύστημα.

Αποδεικνύεται, λοιπόν, από την έρευνα, η οποία εκπορεύεται μάλιστα κυρίως από φοιτητικούς πληθυσμούς με συγκεκριμένο επιστημονικό προσανατολισμό, ότι ο γραμμικός αιτιακός συλλογισμός ελλοχεύει πίσω από διάφορες ελλειπείς ή εσφαλμένες ερμηνείες των θερμοδυναμικών μεταβολών στο πλαίσιο του ΠΘΝ. Για τους μαθητικούς πληθυσμούς, ωστόσο, η αξιοποίηση του γραμμικού αιτιακού συλλογισμού μπορεί να οδηγήσει ως έναν βαθμό σε ικανοποιητικά συμπεράσματα. Παρόλ' αυτά, η υπέρβαση του συλλογισμού αυτού, όταν οι θερμοδυναμικές μεταβολές την απαιτούν, είναι το «κλειδί» για την πλήρη και σωστή ενεργειακή ερμηνεία στο πλαίσιο του ΠΘΝ. Η ανάλυση των νοητικών παραστάσεων, όπως και η επιστημολογική ανάλυση, δίνει ερείσματα για την, αφενός, κατάλληλη αξιοποίηση και, αφετέρου, την υπέρβαση του γραμμικού αιτιακού συλλογισμού των μαθητών ώστε, μεταξύ άλλων, να πετύχουν την αποτελεσματική γεφύρωση του φαινομενολογικού πεδίου των εφαρμογών της θερμοδυναμικής και του μαθηματικού φορμαλισμού που τις περιγράφει.

3.2.3 Το μοντέλο ενεργειακής αλυσίδας στην εποικοδομητική αντίληψη του Πρώτου Θερμοδυναμικού Νόμου

Η επιστημολογική ανάλυση για τις θερμικές μηχανές και η ανάλυση των νοητικών παραστάσεων για τα εναλλακτικά ενεργειακά πλαίσια υπό το πρίσμα του γραμμικού αιτιακού συλλογισμού των μαθητών, συνηγορούν αμφότερες στην εισαγωγή ενός συναφούς μοντέλου, ικανού να μεσολαβήσει στη διδασκαλία και τη μάθηση του ΠΘΝ με έναν τρόπο επιστημολογικά έγκυρο και παιδαγωγικά συμβατό με τη βαθμίδα του Λυκείου. Για να τεκμηριωθεί πλήρως η επιλογή ενός συγκεκριμένου μοντέλου, απαιτείται η ανάλυση των στοιχείων του παιδαγωγικού πλαισίου εντός του οποίου ένα τέτοιο μοντέλο να μπορούσε να λειτουργήσει αποτελεσματικά. Στον αντίποδα της παραδοσιακής αντίληψης για την εισαγωγή του ΠΘΝ στο αναλυτικό πρόγραμμα σπουδών της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης, εξετάζουμε την εποικοδομητική αντίληψη. Πρόκειται για μια σύγχρονη τάση στη μάθηση και στη διδασκαλία των φυσικών εννοιών, με κύριο χαρακτηριστικό την οργανική ένταξη των νοητικών παραστάσεων των μαθητών στη διδασκαλία. Οι νοητικές παραστάσεις ερευνώνται ως προς το περιεχόμενό τους, το πλαίσιο χρήσης τους και τις στρατηγικές χρήσης τους, έτσι ώστε να παρέχουν πληροφορίες, η σύνθεση των οποίων μπορεί να οδηγήσει στην καταρχήν διατύπωση διδακτικών σκοπών και στόχων και, κατόπιν, στον σχεδιασμό διδακτικού υλικού μικρής ή μεγάλης κλίμακας (Κολιόπουλος, 2006).

Σύμφωνα με τους Lemeignan & Weil-Barais (1997), οι διαφορές ανάμεσα στις νοητικές παραστάσεις των μαθητών και στην επιστημονικά αποδεκτή γνώση είναι σημαντικές, ειδικά όταν οι διδασκόμενες έννοιες είναι σύνθετες, όπως είναι η διατήρηση της ενέργειας υπό το πρίσμα του ΠΘΝ. Σε τέτοιες περιπτώσεις, η οικοδόμηση της σχολικής γνώσης πρέπει να θεωρηθεί ως μια εξελικτική διαδικασία, που απορρέει από σύνθετες γνωστικές αναδιοργανώσεις. Ο σχηματισμός των νέων γνωστικών ικανοτήτων προκύπτει είτε από την εναρμόνιση είτε από τη ρήξη με τις προϋπάρχουσες, καθιστώντας έτσι τον μαθητή «βασικό πρωταγωνιστή» στον σχηματισμό των γνώσεών του. Κατά τη διαπραγμάτευση φαινομένων θερμοδυναμικών μεταβολών με τους μαθητές, από τη μία μεριά είναι αναγκαίο οι τελευταίοι να αντιληφθούν ποιοτικά τα ενεργειακά μεγέθη που συμμετέχουν, ενώ από την άλλη πρέπει να διεισδύσουν και στις αφηρημένες και καθαρά ποσοτικές εκφράσεις τους και θα πρέπει να έχουν την ευχέρεια να κινούνται εξίσου αποτελεσματικά και προς τις δύο κατευθύνσεις, δηλαδή από το ποιοτικό στο ποσοτικό και αντίστροφα (Tiberghien, Vince & Gaidioz, 2009). Την επιδιωκόμενη οικοδόμηση μπορεί να διευκολύνει το ημι-ποσοτικό μοντέλο της ενεργειακής αλυσίδας, το οποίο μεσολαβεί για την επικοινωνία

μεταξύ των τριών διαφορετικών, αλλά εσωτερικά συνδεδεμένων, επιπέδων που καθορίζουν τόσο τη λειτουργικότητα των γνώσεων της φυσικής όσο και τη διδασκαλία της φυσικής. Το τρίπτυχο αυτό αποτελείται από το φαινομενολογικό ή πειραματικό πεδίο, το μοντέλο και τη θεωρία (Tiberghien, Psillos & Koumaras, 1995).

Η ημι-ποσοτική αναπαράσταση μέσω της αλυσίδας διανομής ενέργειας σε ένα θερμοδυναμικό σύστημα βρίσκεται μεταξύ των επιπέδων αντικειμένων-γεγονότων (ποιοτική αναπαράσταση) και ενεργειακών μεγεθών-σχέσεων (ποσοτική αναπαράσταση). Η ενεργειακή αναπαράσταση των θερμοδυναμικών φαινομένων μπορεί να γίνει αποτελεσματικότερα αν αναλυθούν έτσι, ώστε οι μαθητές να μπορούν να τα αναπαραστήσουν στο ημι-ποσοτικό μοντέλο της αλυσίδας διανομής ενέργειας. Η ενέργεια εισάγεται ως ενοποιημένο φυσικό μέγεθος και μέσω των ενεργειακών αλυσίδων αναπαρίσταται τόσο η αποθήκευσή της ή/και η μετατροπή της στο θερμοδυναμικό σύστημα ή/και στο περιβάλλον του όσο και η μεταφορά της μεταξύ συστήματος και περιβάλλοντος (Κολιόπουλος & Μέλη, 2022). Η αναπαράσταση μιας αλυσίδας διανομής ενέργειας επιτρέπει τη διάκριση ανάμεσα (α) στην ιδιότητα της αποθήκευσης ενέργειας στο θερμοδυναμικό σύστημα ή/και στο περιβάλλον του και (β) τη μεταφορά της ενέργειας από το σύστημα στο περιβάλλον ή/και αντίστροφα (Lemeignan & Weil-Barais, 1997, σ. 194). Στην ενεργειακή αλυσίδα αυτού του τύπου, η αποθήκευση ενέργειας αναπαρίσταται να λαμβάνει χώρα σε μια αποθήκη ενέργειας, ενώ μεταξύ αποθηκών υπάρχει μεταφορά ενέργειας. Μια αρχική και μια τελική αποθήκη ενέργειας είναι απαραίτητα χαρακτηριστικά για κάθε ολοκληρωμένη αλυσίδα διανομής ενέργειας (Devi, Tiberghien, Baker & Brna, 1996).

Η ενεργειακή αλυσίδα μιας θερμικής μηχανής μπορεί να λειτουργήσει ως «μοντέλο-σπέρμα» (Tiberghien & Megalakaki, 1995; Κολιόπουλος, 2006) που παρουσιάζεται στους μαθητές, προκειμένου οι τελευταίοι να αντιληφθούν την αναπαραστατική ισχύ του μοντέλου για τη διανομή της ενέργειας στο σύνολο της μηχανής και στο περιβάλλον της. Στη συνέχεια, μοντελοποιείται με τον ίδιο τρόπο ο κινητήρας της μηχανής ως αυτόνομο θερμοδυναμικό σύστημα, προκειμένου να αναπαρασταθεί η διανομή της ενέργειας κατά τη διάρκεια διάφορων θερμοδυναμικών μεταβολών. Μέσω του μοντέλου αυτού, μπορούν να κάνουν συσχετίσεις ανάμεσα στη λειτουργία του κινητήρα και στις ιδιότητες της ενέργειας (αποθήκευση και μεταφορά), να αντιστοιχίσουν τα κατάλληλα φυσικά μεγέθη (μεταβολή της εσωτερικής ενέργειας και έργο-θερμότητα) (Lemeignan & Weil-Barais, 1997) και να κατασκευάσουν τις κατάλληλες μαθηματικές εκφράσεις που περιγράφουν τις θερμοδυναμικές μεταβολές, οικοδομώντας έτσι μια ποσοτική αναπαράσταση των φαινομένων που οδηγεί στην ουσιαστικά νοηματοδοτημένη μαθηματική έκφραση του ΠΘΝ.

3.3 Διδακτική ακολουθία για την υπέρβαση της γραμμικής αιτιότητας στις ενεργειακές αναπαραστάσεις των θερμοδυναμικών μεταβολών

3.3.1 Διδακτικοί στόχοι της ακολουθίας: αξιοποίηση και υπέρβαση του γραμμικού αιτιακού συλλογισμού των μαθητών για τον Πρώτο Θερμοδυναμικό Νόμο

Η σύγκλιση των τριών αναλύσεων που προηγήθηκαν (επιστημολογική, νοητικών παραστάσεων και στοιχείων παιδαγωγικού πλαισίου) τεκμηριώνει τη χρήση του μοντέλου ενεργειακής αλυσίδας για την αξιοποίηση του γραμμικού αιτιακού συλλογισμού των μαθητών (αρχικά) και την υπέρβασή του (τελικά) με κύριο στόχο τη γεφύρωση μεταξύ του φαινομενολογικού πεδίου μιας θερμικής μηχανής και της ενεργειακής θεωρίας που την περιγράφει, με έμφαση στη μαθηματική έκφραση του ΠΘΝ. Πιο συγκεκριμένα, το μοντέλο μπορεί να αξιοποιηθεί ως κεντρικό στοιχείο μιας εποικοδομητικής διδακτικής ακολουθίας που θα επιχειρεί να συσχετίσει τη λειτουργία του κινητήρα μιας μηχανής Newcomen (της πρώτης λειτουργικής ατμομηχανής) και τη μαθηματική έκφραση $W = \Delta U + Q$ του ΠΘΝ στο πλαίσιο της μακροσκοπικής θερμοδυναμικής.

3.3.2 Σχεδιασμός, εφαρμογή και αξιολόγηση της ακολουθίας: από τα φαινόμενα των θερμοδυναμικών μεταβολών στις μαθηματικές εκφράσεις του Πρώτου Θερμοδυναμικού Νόμου

Η εφαρμογή της διδακτικής ακολουθίας έγινε σε ένα τμήμα (19 μαθητές) Ομάδας Θετικών Σπουδών της Β' Λυκείου για 12 διδακτικές ώρες (3 φορές την εβδομάδα για έναν μήνα) στην κανονική ροή των μαθημάτων. Σύμφωνα με τον σχεδιασμό της, αποτελείται από τρεις ευρείες ενότητες. Η πρώτη ενότητα (3 διδακτικές ώρες) εισάγει τη μηχανή Newcomen, παρουσιάζει τον κινητήρα της ως ένα κλειστό θερμοδυναμικό σύστημα και θίγει

για πρώτη φορά την αναπαράσταση μέσω ενεργειακής αλυσίδας. Η δεύτερη ενότητα (6 διδακτικές ώρες) είναι η «καρδιά» της διδακτικής ακολουθίας, καθώς καλεί τους μαθητές να αξιοποιήσουν συστηματικά το μοντέλο ενεργειακής αλυσίδας για να περιγράψουν ποιοτικά και ημι-ποσοτικά τις θερμοδυναμικές μεταβολές που λαμβάνουν (ή ενδέχεται να λαμβάνουν) χώρα στον κινητήρα της μηχανής Newcomen (αδιαβατική, ισόθερμη και ισόχωρη). Τέλος, στην τρίτη ενότητα (3 διδακτικές ώρες) γίνεται η σύνθεση των μεταβολών, προκειμένου να «λειτουργήσει» ο κινητήρας και παρουσιάζονται στοιχεία για την απόδοση πραγματικών (Newcomen) και θεωρητικών μηχανών (Carnot). Αναλυτικά ο σχεδιασμός της διδακτικής ακολουθίας παρουσιάζεται στο Meli & Koliopoulos (2019b).

Παρότι συνολικά η διδακτική ακολουθία συμβάλλει στη γνωστική πρόοδο των μαθητών για τη διατήρηση της ενέργειας μέσω του ΠΘΝ, η δεύτερη ενότητα παρουσιάζει το μεγαλύτερο ενδιαφέρον. Στην ενότητα αυτή, αρχικά ενεργοποιείται ο γραμμικός αιτιακός συλλογισμός των μαθητών και στη συνέχεια αποσταθεροποιείται με στόχο την υπέρβασή του, ενώ παράλληλα οι μαθητές κατακτούν σταδιακά τις ποσοτικές αναπαραστάσεις της διατήρησης της ενέργειας με την κατασκευή των μαθηματικών εκφράσεων του ΠΘΝ. Ο βασικός τρόπος εφαρμογής των μαθημάτων κατά τη διάρκεια της ενότητας αυτής ήταν ο εξής: (α) οι μαθητές παρακολουθούν ένα πείραμα επίδειξης (σε βίντεο), όπου πραγματοποιείται μια θερμοδυναμική μεταβολή, (β) σε φύλλο εργασίας κάνουν γραφική αναπαράσταση της ενεργειακής αλυσίδας που περιγράφει το πείραμα, (γ) συζητούν για τις αλυσίδες τους και, με τη βοήθεια της ειδικά σχεδιασμένης προσομοίωσης IGasES¹⁶ (Meli & Koliopoulos, 2019a), παρακολουθούν την αναπαράσταση της μεταβολής σε επίπεδο φαινομένου και αλυσίδας, με αντιστοίχιση στους συμβολισμούς των ενεργειακών μεγεθών του ΠΘΝ και (δ) σε φύλλο εργασίας σχηματίζουν τη μαθηματική έκφραση του ΠΘΝ που θεωρητικά περιγράφει τη μεταβολή αυτή. Στον Πίνακα 3.1 παρουσιάζονται οι θερμοδυναμικές μεταβολές για τις οποίες οι μαθητές κλήθηκαν να κατασκευάσουν ενεργειακή αλυσίδα ή/και μαθηματική έκφραση στο πλαίσιο της δεύτερης διδακτικής ενότητας.

Θερμοδυναμική μεταβολή	Κατασκευή ενεργειακής αλυσίδας (E)	Κατασκευή μαθηματικής έκφρασης (M)
Αδιαβατική συμπίεση	E1	
Αδιαβατική εκτόνωση	E2	M2
Ισόθερμη εκτόνωση	E3	M3
Ισόθερμη συμπίεση	E4	
Ισοβαρής συμπίεση	E5	M5
Ισοβαρής εκτόνωση	E6	M6

Πίνακας 3.1: Οι ερωτήσεις κατασκευής ενεργειακής αλυσίδας και μαθηματικής έκφρασης.

Τα φύλλα εργασίας για κάθε μαθητή για κάθε διδακτική ώρα της δεύτερης ενότητας της διδακτικής ακολουθίας, που περιέχουν την ενεργειακή αλυσίδα και τη μαθηματική έκφραση του ΠΘΝ, αποτελούν τα δεδομένα για την αξιολόγηση της διδακτικής ακολουθίας ως προς τη σταδιακή και συνολική εξέλιξη των ποιοτικών, ημι-ποσοτικών και ποσοτικών αναπαραστάσεων των μαθητών. Καθώς όλες οι ερωτήσεις απαιτούν ανοιχτή απάντηση ή αιτιολόγηση που αφορά τη διανομή και διατήρηση της ενέργειας στα θερμοδυναμικά συστήματα, διαμορφώνεται ένα ενιαίο πρότυπο κατηγοριών για την αξιολόγηση των απαντήσεων αυτών. Οι κατηγορίες που χρησιμοποιούνται είναι *a priori* επιλεγμένες, λαμβάνοντας υπόψη κυρίως τα πορίσματα της ανάλυσης των νοητικών παραστάσεων αλλά και της επιστημολογικής ανάλυσης. Επιπρόσθετα, το γενικό σχήμα των κατηγοριών αυτών αποδεικνύεται επαρκές και ικανοποιητικό σε προηγούμενες έρευνες της διδακτικής στις οποίες απαιτούνταν η ανάλυση των απαντήσεων των μαθητών (πχ. Δελέγκος, 2012; Δόσης, 2014; Σισσαμπέρη, 2015). Σε πρώτο επίπεδο καταγράφεται η κατηγορία της νοητικής παράστασης που χρησιμοποιούν οι μαθητές σε κάθε απάντη-

¹⁶ <https://thermodynamics4educators.blogspot.com/2020/12/igases.html>

ση, ενώ σε δεύτερο επίπεδο οι κατηγορίες ομαδοποιούνται με βάση την επάρκειά τους ως εξηγητικά πλαίσια και καταγράφεται η βαθμολόγηση που τους αντιστοιχεί. Στους πίνακες που ακολουθούν παρουσιάζονται οι κατηγοριοποιήσεις των αιτιολογήσεων και ο χαρακτηρισμός της επάρκειάς τους μαζί με τον βαθμό (score) που τους αντιστοιχεί (σε παρένθεση) για τις ενεργειακές αλυσίδες (Πίνακας 3.2) και τις μαθηματικές εκφράσεις (Πίνακας 3.4). Στους Πίνακες 3.3 και 3.5 περιέχονται ενδεικτικές απαντήσεις που έδωσαν οι μαθητές για την κάθε κατηγορία ενεργειακών αλυσίδων και μαθηματικών εκφράσεων αντίστοιχα.

Ξεκινώντας από την αξιολόγηση των ενεργειακών αλυσίδων, τα βασικά κριτήρια για την ένταξη μιας απάντησης σε κάποια κατηγορία αρχικά είναι (α) η χρήση στοιχείων του μοντέλου ενεργειακής αλυσίδας (κατηγορίες A1, A2 και B) και (β) η χρήση στοιχείων εκτός του μοντέλου ενεργειακής αλυσίδας (κατηγορίες Π, Δ και Φ). Στη συνέχεια, για τις κατηγορίες A1, A2 και B αξιολογείται η ορθότητα και η πληρότητα των στοιχείων του μοντέλου, ενώ για τις κατηγορίες Π, Δ και Φ αξιολογούνται τα κύρια χαρακτηριστικά του εναλλακτικού επεξηγηματικού πλαισίου. Τέλος, στην κατηγορία K εντάσσονται οι περιπτώσεις που υπάρχει απουσία απάντησης ή δήλωση άγνοιας. Στον Πίνακα 3.2 εμφανίζεται μια συνοπτική παρουσίαση, ενώ παρακάτω η κάθε κατηγορία περιγράφεται αναλυτικά (Δελέγκος, 2012; Δόσης, 2014).

Σύμβολο κατηγορίας	Χαρακτηρισμός απάντησης	Χαρακτηρισμός επάρκειας (βαθμός)
A1	Σωστή και πλήρης παρουσίαση εννοιολογικών στοιχείων του μοντέλου ενεργειακής αλυσίδας.	Επαρκής (4)
A2	Σωστή, αλλά ελλιπής παρουσίαση εννοιολογικών στοιχείων του μοντέλου ενεργειακής αλυσίδας.	Ενδιάμεση (3)
B	Λανθασμένη παρουσίαση εννοιολογικών στοιχείων του μοντέλου ενεργειακής αλυσίδας.	Ανεπαρκής (2)
Π	Διατύπωση που περιλαμβάνει αποκλειστικά προ-ενεργειακά στοιχεία.	Ανεπαρκής (2)
Δ	Διατύπωση που περιλαμβάνει μη-ενεργειακά ή μαθηματικοποιημένα επεξηγηματικά στοιχεία.	Ενδιάμεση (3)
Φ	Διατύπωση που περιλαμβάνει φαινομενολογικά στοιχεία του προβλήματος ή/και ταυτολογικές εξηγήσεις.	Ανεπαρκής (2)
K	Καμία αιτιολόγηση ή δήλωση άγνοιας.	Καμία (1)

Πίνακας 3.2: Κατηγοριοποίηση των απαντήσεων των μαθητών και χαρακτηρισμός της επάρκειάς τους με βαθμολόγηση για την ενεργειακή αλυσίδα.

- *A1*: Νοητική παράσταση που είναι σύμφωνη με τα εννοιολογικά στοιχεία του προτεινόμενου μοντέλου ενεργειακής αλυσίδας. Οι περιγραφές μπορούν να είναι είτε λεκτικές είτε σχηματικές και να συμπληρώνονται από τις κατάλληλες μαθηματικές εκφράσεις. Η κατηγορία αυτή θεωρείται η μόνη που παρουσιάζει επάρκεια απάντησης.
- *A2*: Νοητική παράσταση που περιέχει σωστά αλλά ελλιπή εννοιολογικά στοιχεία του προτεινόμενου μοντέλου ενεργειακής αλυσίδας. Οι περιγραφές μπορούν να είναι είτε λεκτικές είτε σχηματικές και να συμπληρώνονται από τις κατάλληλες μαθηματικές εκφράσεις, όπως και στην προηγούμενη κατηγορία (A1). Στην κατηγορία αυτή εντάσσονται οι αιτιολογήσεις που παραλείπουν ένα ή περισσότερα εννοιολογικά στοιχεία σε μία κατά τα άλλα ορθή αναπαράσταση του μοντέλου της ενεργειακής αλυσίδας και για τους λόγους αυτούς χαρακτηρίζονται ως αιτιολογήσεις ενδιάμεσης επάρκειας.
- *B*: Νοητική παράσταση που βασίζεται στο προτεινόμενο μοντέλο ενεργειακής αλυσίδας, αλλά περιέχει λανθασμένα εννοιολογικά στοιχεία. Στις περιπτώσεις αυτές διαφαίνεται μια προσπάθεια να εξυπηρετηθούν τα εννοιολογικά χαρακτηριστικά του μοντέλου, αλλά η λανθασμένη χρήση τους οδηγεί συνήθως σε πλήρη αλλοίωση της ενεργειακής αναπαράστασης. Για τον λόγο αυτό οι αιτιολογήσεις της κατηγορίας αυτής θεωρούνται ανεπαρκείς.
- *Π*: Νοητική παράσταση που δεν βασίζεται στο προτεινόμενο μοντέλο ενεργειακής αλυσίδας και παρου-

σιάζει προ-ενεργειακά εννοιολογικά στοιχεία. Οι αιτιολογήσεις αυτές χρησιμοποιούν την έννοια της ενέργειας, αλλά αποδίδουν σε αυτήν τα χαρακτηριστικά οποιασδήποτε «δραστηριότητας». Κατά συνέπεια, συνήθως αποτυγχάνουν να δώσουν συνεκτικές ή πλήρεις εξηγήσεις για τα φαινόμενα και γι' αυτό αξιολογούνται ως ανεπαρκείς αναπαραστάσεις.

- *Δ*: Νοητική παράσταση που δεν βασίζεται στο προτεινόμενο μοντέλο ενεργειακής αλυσίδας και παρουσιάζει μη-ενεργειακά εννοιολογικά στοιχεία ή πλήρως μαθηματικοποιημένα εννοιολογικά στοιχεία. Τα μη-ενεργειακά πλαίσια που παρουσιάζονται κρίνονται ως ενδιάμεσης επάρκειας, καθώς συνήθως τα εννοιολογικά τους στοιχεία δεν είναι λανθασμένα, αλλά ταυτόχρονα δεν παρέχουν και ολοκληρωμένες εξηγήσεις. Τα μαθηματικοποιημένα πλαίσια συνήθως συμφωνούν με τις ποσοτικές εκφράσεις της ενεργειακής αντίληψης, παρόλ' αυτά, όταν στέκονται αυτόνομα, δεν εκφράζουν αναγκαία την επαρκή οικοδόμηση του εννοιολογικού ενεργειακού μοντέλου, γι' αυτό και αξιολογούνται επίσης ως αναπαραστάσεις ενδιάμεσης επάρκειας.
- *Φ*: Νοητική παράσταση που δεν βασίζεται στο προτεινόμενο μοντέλο ενεργειακής αλυσίδας και παρουσιάζει φαινομενολογικά στοιχεία ή ταυτολογίες για το υπό εξέταση φαινόμενο. Οι αιτιολογήσεις αυτές αρκούνται στην περιγραφή του επιπέδου των αντικειμένων-γεγονότων, χωρίς να προσφέρουν άλλες εξηγήσεις πέρα από αυτές που μπορούν να εξακριβωθούν από τις αισθήσεις μας (φαινομενολογία) ή περιγράφονται ήδη κατά την παρουσίαση του φαινομένου. Οι ονομαστικές περιγραφές των μεταβολών θεωρούνται φαινομενολογικές, αν δεν συνοδεύονται από ενδιάμεσες ή επαρκείς αιτιολογήσεις, καθώς πιθανά δείχνουν έναν «αυτοματισμό» από τη μεριά των μαθητών. Αυτές οι αιτιολογήσεις είναι ανεπαρκείς.
- *Κ*: Καμία απάντηση ή δήλωση άγνοιας, συνεπώς σε αυτές τις περιπτώσεις δεν εκφράζεται βαθμός επάρκειας.

Παραδείγματα από τις απαντήσεις των μαθητών για την κάθε κατηγορία ενεργειακής αλυσίδας εμφανίζονται στον Πίνακα 3.3.

Σύμβολο κατηγορίας	Απάντηση για την ενεργειακή αλυσίδα Ερώτηση ισοβαρούς συμπίεσης (E5)
A1	<p>μηχανικό περιβάλλον αέριο θερμικό περιβάλλον</p>
A2	<p>θερμικό περιβάλλον αέριο μηχανικό περιβάλλον</p>
B	<p>πάγος</p>

Π	<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;"> <p>έργο</p> <div style="border: 1px solid black; width: 60px; height: 60px; margin: 0 auto;"></div> </div> <div style="text-align: center;"> <p>θερμότητα</p> <div style="border: 1px solid black; width: 60px; height: 60px; margin: 0 auto;"></div> </div> <div style="text-align: center;"> <p>συμπίεση</p> <div style="border: 1px solid black; width: 60px; height: 60px; margin: 0 auto;"></div> </div> </div>
Δ	$W = \Delta U + Q$
Φ	<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;"> <p>σύριγγα</p> <div style="border: 1px solid black; width: 60px; height: 60px; margin: 0 auto;"></div> </div> <div style="text-align: center;"> <p>δοχείο</p> <div style="border: 1px solid black; width: 60px; height: 60px; margin: 0 auto;"></div> </div> <div style="text-align: center;"> <p>περιβάλλον</p> <div style="border: 1px solid black; width: 60px; height: 60px; margin: 0 auto;"></div> </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 5px;"> <div style="text-align: center;">→</div> <div style="text-align: center;">→</div> </div>
Κ	Καμία παρουσίαση

Πίνακας 3.3: Παραδείγματα των απαντήσεων των μαθητών ανά κατηγορία για την ενεργειακή αλυσίδα στην ερώτηση της ισοβαρούς συμπίεσης (E5).

Στη συνέχεια εξετάζονται οι μαθηματικές εκφράσεις του ΠΘΝ που κατασκευάζουν οι μαθητές. Για την αξιολόγηση των απαντήσεων στις ερωτήσεις κατασκευής μαθηματικής έκφρασης χρησιμοποιείται ένα διαφορετικό σχήμα από αυτό των ενεργειακών αλυσίδων, κατάλληλο για τον χαρακτηρισμό του επιπέδου ορθότητας και πληρότητας της μαθηματικής έκφρασης, καθώς και ο αντίστοιχος βαθμός επάρκειας της απάντησης. Στον Πίνακα 3.4 εμφανίζεται μια συνοπτική παρουσίαση, ενώ παρακάτω η κάθε κατηγορία περιγράφεται αναλυτικά.

Σύμβολο κατηγορίας	Χαρακτηρισμός απάντησης	Χαρακτηρισμός επάρκειας (βαθμός)
Σ	Σωστή και πλήρης παρουσίαση της μαθηματικής έκφρασης του ΠΘΝ	Επαρκής (4)
Μ	Εν μέρει σωστή παρουσίαση της μαθηματικής έκφρασης του ΠΘΝ, με λανθασμένη χρήση προσήμων	Ενδιάμεση (3)
Λ	Λανθασμένη παρουσίαση της μαθηματικής έκφρασης του ΠΘΝ	Ανεπαρκής (2)
Κ	Καμία παρουσίαση ή δήλωση άγνοιας	Καμία (1)

Πίνακας 3.4: Κατηγοριοποίηση των απαντήσεων των μαθητών και χαρακτηρισμός της επάρκειάς τους με βαθμολόγηση για τη μαθηματική έκφραση.

- **Σ:** Σωστή και πλήρης παρουσίαση της μαθηματικής έκφρασης του ΠΘΝ. Τα ενεργειακά μεγέθη που συμμετέχουν, καθώς και τα πρόσημά τους, είναι ορθά επιλεγμένα και τοποθετημένα για την περιγραφή της συγκεκριμένης θερμοδυναμικής μεταβολής. Η παρουσίαση αυτή χαρακτηρίζεται από επάρκεια.
- **Μ:** Εν μέρει σωστή παρουσίαση της μαθηματικής έκφρασης του ΠΘΝ. Η έκφραση είναι καθ' όλα σωστή εκτός από ένα ή περισσότερα πρόσημα στα ενεργειακά μεγέθη που συμμετέχουν. Αυτή η κατηγορία αντικατοπτρίζει ποιοτική οικοδόμηση του ΠΘΝ για την αντίστοιχη θερμοδυναμική μεταβολή, η οποία όμως υστερεί στην ενσωμάτωση της σύμβασης των προσήμων. Η επάρκεια της παρουσίασης αυτής κρίνεται ως ενδιάμεση.

- *Λ*: Λανθασμένη παρουσίαση της μαθηματικής έκφρασης του ΠΘΝ ως προς την επιλογή των ενεργειακών μεγεθών που συμμετέχουν ή ως προς τη μεταξύ τους σχέση. Η παρουσίαση αυτή χαρακτηρίζεται από ανεπάρκεια.
- *Κ*: Καμία παρουσίαση μαθηματικής έκφρασης ή δήλωση άγνοιας, συνεπώς σε αυτές τις περιπτώσεις δεν εκφράζεται βαθμός επάρκειας.

Παραδείγματα από τις απαντήσεις των μαθητών για την κάθε κατηγορία μαθηματικής έκφρασης εμφανίζονται στον Πίνακα 3.5.

Σύμβολο κατηγορίας	Απάντηση για τη μαθηματική έκφραση ερώτηση ισοβαρούς συμπίεσης (E5)
Σ	$W = \Delta U - Q$
Μ	$\Delta U + Q = W$
Λ	$U_{\Delta} = \frac{W}{Q}$
Κ	Καμία παρουσίαση

Πίνακας 3.5: Παραδείγματα των απαντήσεων των μαθητών ανά κατηγορία για τη μαθηματική έκφραση στην ερώτηση της ισοβαρούς συμπίεσης (E5).

3.3.3 Αποτελέσματα της ακολουθίας: από τις γραμμικές στις μη γραμμικές αναπαραστάσεις του Πρώτου Θερμοδυναμικού Νόμου

Οι απόπειρες των μαθητών να κατασκευάσουν μια ενεργειακή αλυσίδα για τις τρεις πρώτες θερμοδυναμικές μεταβολές που παρακολούθησαν στο βίντεο επίδειξης, οδήγησαν σε κυρίως ανεπαρκείς εξηγήσεις. Περισσότερο από το 84% απάντησε σε ανεπαρκή βαθμό στις ερωτήσεις E1 (αδιαβατική συμπίεση), E3 (ισόθερμη εκτόνωση), ενώ για την E2 (αδιαβατική εκτόνωση) το αντίστοιχο ποσοστό ήταν 45%. Παρόλ' αυτά, στις ενεργειακές αλυσίδες E2 και E3 κάνουν την εμφάνισή τους τόσο ενδιάμεσες όσο και επαρκείς απαντήσεις, αν και σε χαμηλά ποσοστά, 44% και 16% αντίστοιχα. Μέχρι αυτό το σημείο της διδακτικής ακολουθίας οι αναπαραστάσεις των μαθητών είναι μάλλον ασταθείς ως προς τον βαθμό επάρκειάς τους, επειδή ακόμα είτε δεν είναι πλήρως εξοικειωμένοι με την αναπαράσταση της ενεργειακής αλυσίδας είτε αντιμετωπίζουν σημαντικές δυσκολίες στην υπέρβαση του γραμμικού αιτιακού συλλογισμού τους. Στην ερώτηση E4 (ισόθερμη συμπίεση), οι εξηγήσεις που παραθέτουν εμφανίζουν βελτίωση ως προς την επάρκειά τους· πρόκειται για ένα σημείο καμπής για τις αναπαραστάσεις των μαθητών με την αξιοποίηση του μοντέλου ενεργειακής αλυσίδας. Στην ερώτηση E5 (ισοβαρής συμπίεση), περισσότερο από το 67% έδωσε ενδιάμεσες και επαρκείς απαντήσεις, παρότι αυτή ήταν η πρώτη φορά που οι μαθητές αντιμετώπισαν όλα τα ενεργειακά μεγέθη του ΠΘΝ ταυτόχρονα στην αλυσίδα. Τέλος, ιδιαίτερα αξιοσημείωτο είναι το υψηλό ποσοστό (89%) των ενδιάμεσων και επαρκών εξηγήσεων που παρουσιάστηκαν για την αλυσίδα E6 (ισοβαρής εκτόνωση), στην οποία οι μαθητές καλούνται να υπερβούν τον γραμμικό αιτιακό συλλογισμό τους, προκειμένου να περιγράψουν το φαινόμενο με αυτήν την ενεργειακή αναπαράσταση.

Αντίστοιχα, ο βαθμός επάρκειας των εξηγήσεων των μαθητών με την αναπαράσταση των μαθηματικών εκφράσεων του ΠΘΝ σε γενικές γραμμές παρουσιάζει σταδιακή βελτίωση. Στις ερωτήσεις για τις μαθηματικές εκφράσεις M2 (αδιαβατική εκτόνωση) και M3 (ισόθερμη εκτόνωση), το ποσοστό επαρκών απαντήσεων είναι περίπου 50%. Πρέπει να επισημανθεί ότι οι μαθητές πέτυχαν σε αυτό το σημαντικό ποσοστό να κατασκευάσουν τη μαθηματική έκφραση του ΠΘΝ χωρίς καμία πρότερη ένδειξη, προκειμένου να περιγράψουν τη διανομή και διατήρηση της ενέργειας για δύο διαφορετικές θερμοδυναμικές μεταβολές. Για την ερώτηση M5 (ισοβαρής συμπίεση), το 83% των μαθηματικών εκφράσεων των μαθητών ήταν είτε επαρκείς είτε ενδιάμεσες. Παρότι οι επαρκείς ήταν μόνο 16% (το χαμηλότερο ποσοστό επαρκών απαντήσεων μεταξύ όλων των ερωτήσε-

ων για τη μαθηματική έκφραση), στην προκειμένη περίπτωση ο ενδιάμεσος βαθμός επάρκειας είναι ιδιαίτερα ικανοποιητικός. Στη μαθηματική έκφραση για την ισοβαρή συμπίεση (M5), οι μαθητές καλούνται για πρώτη φορά να χρησιμοποιήσουν όλα τα ενεργειακά μεγέθη του ΠΘΝ και, παρότι σε μεγάλο ποσοστό τα ενσωματώνουν επαρκώς, η σωστή χρήση των προσήμων φαίνεται να συνιστά ιδιαίτερη πρόκληση, ειδικά σε σχέση με τη μείωση της εσωτερικής ενέργειας στο θερμοδυναμικό σύστημα. Τέλος, για τη M6 (ισοβαρής εκτόνωση) δεν εμφανίζεται καμία ανεπαρκής απάντηση. Το σχετικά μεγάλο ποσοστό ενδιάμεσου βαθμού επάρκειας (70%) μπορεί να εξηγηθεί από το «αμφιλεγόμενο» πρόσημο της θερμότητας, η οποία μεταφέρεται τόσο προς το θερμοδυναμικό σύστημα όσο και από αυτό προς το περιβάλλον, και συνιστά την πρώτη απόπειρα να αναπαρασταθεί μαθηματικά μια ενεργειακά μη γραμμική ενεργειακή θερμοδυναμική μεταβολή.

Εκτός από την αξιολόγηση των ενεργειακών αλυσίδων και των μαθηματικών εκφράσεων του ΠΘΝ ως ξεχωριστών αναπαραστάσεων, έχει ενδιαφέρον να δούμε πώς αυτές αλληλεπιδρούν μεταξύ τους στις περιπτώσεις που ζητούνται αμφότερες (βλ. Πίνακα 3.1). Η υπόθεσή μας είναι ότι οι αρχικές ενεργειακές αλυσίδες των μαθητών συνιστούν κατάλληλες ποιοτικές και ημι-ποσοτικές αναπαραστάσεις, ώστε να ακολουθήσουν οι ποσοτικές αναπαραστάσεις για τον ΠΘΝ μέσω των μαθηματικών εκφράσεων. Καθώς, όμως, μεσολαβεί η βελτίωση των μοντέλων των μαθητών μέσω της συζήτησης και παρουσίασης της επαρκούς ενεργειακής αλυσίδας για την κάθε θερμοδυναμική μεταβολή, αναμένουμε οι μαθηματικές εκφράσεις των μαθητών να είναι τουλάχιστον ίσου ή και μεγαλύτερου βαθμού επάρκειας από αυτόν της ενεργειακής τους αλυσίδας. Πράγματι, για τα δύο πρώτα ζευγάρια ερωτήσεων (E2/M2 και E3/M3) η πλειονότητα των μαθητών εκκινεί από ανεπαρκείς ενεργειακές αλυσίδες και καταλήγει κυρίως σε επαρκείς και ενδιάμεσες μαθηματικές εκφράσεις. Ακόμα πιο εμφατικά, στα δύο τελευταία ζευγάρια ερωτήσεων (E5/M5 και E6/M6) η πλειονότητα ξεκινά από ενδιάμεσες και επαρκείς ενεργειακές αλυσίδες και βελτιώνει τα ποσοστά στις μαθηματικές εκφράσεις.

3.4 Επίλογος

Στο παρόν κεφάλαιο εξετάστηκαν τα κυριότερα στοιχεία μιας διδακτικής ακολουθίας για τη διδασκαλία και τη μάθηση του ΠΘΝ, ο οποίος εκφράζει τη διατήρηση της ενέργειας σε ένα θερμοδυναμικό σύστημα και στο περιβάλλον του. Για τον σχεδιασμό, την εφαρμογή και την αξιολόγηση της διδακτικής ακολουθίας προηγήθηκαν στοχευμένη επιστημολογική ανάλυση, ανάλυση των νοητικών παραστάσεων των μαθητών και ανάλυση των στοιχείων του παιδαγωγικού πλαισίου. Η τελευταία ανέδειξε ένα εποικοδομητικό πλαίσιο τριών επιπέδων, τα οποία αντιστοιχούν στη θεωρία, στο μοντέλο και στα φαινόμενα που καλούνται να επεξεργαστούν οι μαθητές. Ιδιαίτερο βάρος δίνεται στο επίπεδο του μοντέλου, που καλείται να γεφυρώσει αποτελεσματικά τα δύο άλλα επίπεδα. Η ανάγκη αυτή αναδείχθηκε από την ανάλυση των νοητικών παραστάσεων, σύμφωνα με την οποία προηγούμενες έρευνες επισημαίνουν την εκτενή χρήση μαθηματικών εκφράσεων της εισαγωγικής θερμοδυναμικής ΠΘΝ, που όμως στερούνται φυσικού νοήματος, αφού οι μαθητές δυσκολεύονται σημαντικά να τις συνδέσουν με τα φαινόμενα, και, στην προκειμένη περίπτωση, με τις θερμοδυναμικές μεταβολές. Κυρίαρχο στοιχείο τόσο για τη δυσκολία αυτή όσο και για την αξιοποίηση εναλλακτικών πλαισίων αναδεικνύεται ο διάχυτος γραμμικός αιτιακός συλλογισμός των μαθητών. Το μοντέλο, λοιπόν, που χρησιμοποιούμε για τη γεφύρωση των επιπέδων θεωρίας-φαινομένων στοχεύει να αξιοποιήσει αρχικά το γραμμικό αιτιακό συλλογισμό των μαθητών με σκοπό τελικά να τους οδηγήσει στην υπέρβασή του. Ένα τέτοιο κατάλληλο μοντέλο είναι αυτό των ενεργειακών αλυσίδων, το οποίο εν πρώτοις αποτελεί διδακτικό μετασχηματισμό των μοντέλων των θερμικών μηχανών, όπως αναδείχθηκε από την επιστημολογική ανάλυση. Η χρήση του μοντέλου στο πλαίσιο μιας εποικοδομητικής διδακτικής ακολουθίας για τη δευτεροβάθμια εκπαίδευση (Λύκειο) επέφερε σημαντικά αποτελέσματα στην οικοδόμηση αλληλένδετων ποιοτικών, ημι-ποσοτικών και ποσοτικών αναπαραστάσεων του ΠΘΝ. Έτσι, αξιοποίηση του μοντέλου των ενεργειακών αλυσίδων αναδείχθηκε ως ένα ισχυρό εργαλείο διδασκαλίας και μάθησης για την υπέρβαση του γραμμικού συλλογισμού των μαθητών για τη μελέτη θερμοδυναμικών συστημάτων και τη διατήρηση της ενέργειας σε αυτά.

Βιβλιογραφικές αναφορές

- Beall, H. (1994). Probing student misconceptions in thermodynamics with in-class writing. *Journal of Chemical Education*, 71, 1056–1057.
- Çengel, Y. A., & Boles, M. A. (2011). *Thermodynamics: An engineering approach* (7th ed.). New York: McGraw Hill.
- Christiansen, F. V., & Rump, C. (2008). Three conceptions of thermodynamics: Technical matrices in science and engineering. *Research in Science Education*, 38(5), 545–564.
- Δελέγκος, Ν. (2012). *Η οικοδόμηση της Έννοιας «Ενέργεια» και της κοινωνικής χρήσης της από μαθητές της Ε΄ Δημοτικού του ελληνικού σχολείου*. Διδακτορική διατριβή. ΤΕΕΑΠΗ Παν/μίου Πατρών.
- Δόσης, Σ. (2014). *Σχεδίαση και αξιολόγηση ακολουθίας διδακτικών ενοτήτων στα πλαίσια της καινοτομικής και εποικοδομητικής αντίληψης για το αναλυτικό πρόγραμμα Φυσικών Επιστημών: η περίπτωση της διδασκαλίας του εκκρεμούς στο Γυμνάσιο*. Διδακτορική διατριβή. ΤΕΕΑΠΗ Παν/μίου Πατρών.
- Devi, R., Tiberghien, A., Baker, M., & Brna, P. (1996). Modelling students' construction of energy models in physics. *Instructional Science*, 24(4), 259–293.
- Hadfield, L. C., & Wieman, C. E. (2010). Student interpretations of equations related to the first law of thermodynamics. *Journal of Chemical Education*, 87(7), 750–755.
- Herrmann-Abell, C. F., & DeBoer, G. E. (2014). Developing and using distractor-driven multiple-choice assessments aligned to ideas about energy forms, transformation, transfer, and conservation. In B. Chen, A. Eisenkraft, D. Fortus, J. Krajcik, K. Neumann, J. Nordine, & A. Scheff (Eds.), *Teaching and learning of energy in K – 12 Education*. New York: Springer, 103–133.
- Hirshfeld, C. F., & Barnard, W. N. (1913). *Elements of heat-power engineering*. New York: John Wiley & Sons.
- Κολιόπουλος, Δ. (2006). *Θέματα διδακτικής φυσικών επιστημών. Η συγκρότηση της σχολικής γνώσης*. Αθήνα: Μεταίχμιο.
- Κολιόπουλος, Δ., & Μέλη, Κ. (2022). *Η διδασκαλία της ενέργειας. Επιστημολογικές και διδακτικές διαστάσεις*. Θεσσαλονίκη: University Studio Press.
- Kautz, C. H., Heron, P.R.L., Loverude, M.E., & McDermott, L.C. (2005). Student understanding of the ideal gas law, Part I: A macroscopic perspective. *American Journal of Physics*, 73(11), 1055–1063.
- Kennedy, A.B.W., & Sankey, H.R. (1898). The thermal efficiency of steam engines. *Minutes of the Proceedings of the Institution of Civil Engineers*, 134(1898), 278–312.
- Leinonen, R., Asikainen, M.A., & Hirvonen, P.E. (2012). University students explaining adiabatic compression of an ideal gas - A new phenomenon in introductory Thermal Physics. *Research in Science Education*, 42(6), 1165–1182.
- Leinonen, R., Asikainen, M.A., & Hirvonen, P.E. (2013). Overcoming students' misconceptions concerning thermal physics with the aid of hints and peer interaction during a lecture course. *Physical Review Special Topics - Physics Education Research*, 9(2), 020112.
- Leinonen, R., Raesaenen, E., Asikainen, M., & Hirvonen, P.E. (2009). Students' pre-knowledge as a guideline in the teaching of introductory thermal physics at university. *European Journal of Physics*, 30(3), 593–604.
- Lemeignan, G., & Weil-Barais, A. (1997). *Η οικοδόμηση των εννοιών στη φυσική*. Αθήνα: Τυπωθήτω.
- Liu, X., & Collard, S. (2005). Using the Rasch model to validate stages of understanding the energy concept. *Journal of Applied Measurement*, 6(2), 224–241.
- Liu, X., & Mc Keough, A. (2005). Developmental growth in students' concept of energy: Analysis of selected items from the TIMSS database. *Journal of Research in Science Teaching*, 42(5), 493-517.
- Loverude, M. E., Kautz, C. H., & Heron, P. R. L. (2002). Student understanding of the first law of thermodynamics: Relating work to the adiabatic compression of an ideal gas. *American Journal of Physics*, 70(2), 137–148.
- Meli, K., & Koliopoulos, D. (2019a). Model-based simulation design for the students' conceptual understanding of introductory thermodynamics. *Journal of Physics: Conference Series*, 1287, 012054.

- Meli, K., & Koliopoulos, D. (2019b). Research-based design of a teaching and learning sequence for the First Law of Thermodynamics. In O. Levrini & G. Tasquier (Eds.), *ESERA 2019 Conference "The beauty and pleasure of understanding: engaging with contemporary challenges through science education"*. University of Bologna, 622–630.
- Meli, K., Koliopoulos, D., Lavidas, K., & Papalexou, G. (2016). Upper secondary school students' understanding of adiabatic compression. *Review of Science, Mathematics and ICT Education*, 10(2), 131–147.
- Meltzer, D. E. (2004). Investigation of students' reasoning regarding heat, work, and the first law of thermodynamics in an introductory calculus-based general physics course. *American Journal of Physics*, 72(11), 1432–1446.
- Neumann, K., Viering, T., Boone, W. J., & Fischer, H. E. (2013). Towards a learning progression of energy. *Journal of Research in Science Teaching*, 50(2), 162–188.
- Rozier, S., & Viennot, L. (1991). Students' reasonings in thermodynamics. *International Journal of Science Education*, 13(2), 159–170.
- Σισσαμπέρη, Ν. (2015). *Επιστημολογικές και διδακτικές διαστάσεις της διδασκαλίας των μεγάλης κλίμακας συστημάτων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση*. Διδακτορική διατριβή. ΤΕΕΑΠΗ Παν/μίου Πατρών.
- Tarsitani, C., & Vicentini, M. (1996). Scientific mental representations of thermodynamics. *Science & Education*, 5(1), 51–68.
- Tiberghien, A., & Megalakaki, O. (1995). Characterization of a modelling activity for a first qualitative approach to the concept of energy. *European Journal of Psychology of Education*, 10(4), 369–383.
- Tiberghien, A., Psillos, D., & Koumaras, P. (1995). Physics instruction from epistemological and didactical bases. *Instructional Science*, 22(1990), 423–444.
- Tiberghien, A., Vince, J., & Gaidioz, P. (2009). Design-based research: Case of a teaching sequence on Mechanics. *International Journal of Science Education*, 31(17), 2275–2314.
- Van Roon, P. H., Van Sprang, H. F., & Verdonk, A. H. (1994). "Work" and "Heat": On a road towards thermodynamics. *International Journal of Science Education*, 16(2), 131–144.
- Zemansky, M. W. (1937). *Heat and Thermodynamics*. New York: McGraw Hill.
- Zemansky, M. W. (1968). *Heat and Thermodynamics: An intermediate text book*. New York: McGraw-Hill.

Δραστηριότητες

1. Κατεβάστε την προσομοίωση [IGasES](#) και παρακολουθήστε τη φαινομενολογική εξέλιξη διάφορων θερμοδυναμικών μεταβολών. Προσπαθήστε να σχεδιάσετε τις κατάλληλες ποιοτικές και ημι-ποσοτικές ενεργειακές αλυσίδες και να σχηματίσετε τη μαθηματική έκφραση του ΠΘΝ που αντιστοιχεί σε αυτές. Δοκιμάστε διάφορες τιμές ενεργειακών μεγεθών για να δείτε και την ποσοτική διάσταση της διατήρησης της ενέργειας.
2. Επιλέξτε ασκήσεις και προβλήματα από το κεφάλαιο «Θερμοδυναμική» του βιβλίου «Φυσική Ομάδας Προσανατολισμού Θετικών Σπουδών» της β' Λυκείου για τις/τα οποίες/-α νομίζετε ότι η προσομοίωση [IGasES](#) μπορεί να χρησιμοποιηθεί. Δείξτε με ποιον τρόπο μπορεί να χρησιμοποιηθεί και διατυπώστε υποθέσεις για το πώς οι μαθητές θα διευκολυνθούν στην επίλυση των ασκήσεων και προβλημάτων.
3. Συζητήστε τα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας υπό το πρίσμα βιβλιογραφικών αναφορών της ενότητας 3.2.

ΜΕΡΟΣ Β:
Η ΠΟΛΙΤΙΣΜΙΚΗ ΔΙΑΣΤΑΣΗ ΤΗΣ ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΗΣ ΓΝΩΣΗΣ
ΣΤΗ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

Εισαγωγή στοιχείων Ιστορίας και Φιλοσοφίας της Επιστήμης στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών

Δημήτρης Κολιόπουλος

Στη μνήμη του Νίκου και του Ανδρέα

Σύνοψη

Το ζήτημα της εισαγωγής στοιχείων Ιστορίας και Φιλοσοφίας Φυσικών Επιστημών (ΙΦΦΕ) στη διδασκαλία τους ανακύπτει τις δεκαετίες '60 και '70, όταν δηλαδή συμβαίνουν μεγάλες επιστημολογικές αλλαγές στα πεδία της ΙΦΦΕ, αναδεικνύονται συνδέσεις ανάμεσα στην οντογενετική και φυλογενετική διάσταση της ανθρώπινης νόησης και συγχρόνως αναζητούνται νέοι τρόποι στη δομή και το περιεχόμενο των εκπαιδευτικών προγραμμάτων φυσικών επιστημών που θα τα καταστήσουν περισσότερο ελκυστικά για μεγάλο αριθμό μαθητών. Στο παρόν κεφάλαιο παρουσιάζονται διάφορες επισκοπήσεις της τελευταίας τριακονταετίας σχετικές με το ζήτημα αυτό και επιχειρείται να δοθούν απαντήσεις σχετικές με την αναγκαιότητα και τις στοχεύσεις μιας εκπαίδευσης στις φυσικές επιστήμες συνδεδεμένης με την ιστορική τους ανάπτυξη και το φιλοσοφικό τους υπόβαθρο. Συγχρόνως, εξετάζονται βασικές αρχές σύνδεσης της ΙΦΦΕ με τη διδασκαλία των φυσικών επιστημών σε περιβάλλοντα τυπικής και μη τυπικής εκπαίδευσης. Τέλος, αναλύεται μια συγκεκριμένη μελέτη περίπτωσης εισαγωγής στοιχείων ΙΦΦΕ στη διδασκαλία η οποία στοχεύει στη γνωστική πρόοδο μαθητών της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης που πραγματεύονται το θέμα της κίνησης του απλού εκκρεμούς.

Προαπαιτούμενη γνώση

Chalmers, A. (1994). *Τι είναι αυτό που το λέμε επιστήμη*; Ηράκλειο: Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης.
Κολιόπουλος, Δ. (2006). *Θέματα Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών. Η συγκρότηση της σχολικής γνώσης*. Αθήνα: Εκδόσεις Μεταίχιμο.

4.1 ΙΦΦΕ και διδασκαλία των φυσικών επιστημών: Μια ιστορική αναδρομή

Στα τέλη της δεκαετίας του '60 και στις αρχές της δεκαετίας του '70 αρχίζει συστηματικά να εμφανίζεται στην αρθρογραφία, κυρίως στις αγγλοσαξονικές χώρες, ένα εκπαιδευτικό ρεύμα σύμφωνα με το οποίο η εισαγωγή στοιχείων της ιστορίας κυρίως των φυσικών επιστημών στη δευτεροβάθμια διδασκαλία παρουσιάζει εκπαιδευτικά πλεονεκτήματα. Σε ένα από τα γνωστά βιβλία αναφοράς της UNESCO, που απευθύνονταν στους εκπαιδευτικούς των φυσικών επιστημών και είχαν ως στόχο να παρουσιάσουν τις μεγάλες καινοτομίες στα προγράμματα σπουδών που είχαν ήδη ξεκινήσει από τη δεκαετία του '50, αναφέρεται ότι η «ιστορική μέθοδος» μπορεί να συνεισφέρει στην οικοδόμηση από τους μαθητές της έννοιας της «δυναμικής ποιότητας» της επιστήμης η οποία σχετίζεται με τις αλλαγές στις επιστημονικές ιδέες, έννοιες και θεωρίες κατά τη συνεχή και επίμονη προσπάθεια του ανθρώπου για καλύτερες εξηγήσεις και πιο αληθινά μοντέλα για την κατανόηση της συμπεριφοράς της φύσης (Lewis, 1972). Παράλληλα, στο ίδιο κείμενο επισημαίνονται οι κίνδυνοι της χρήσης ιστορικο-φιλοσοφικών στοιχείων στα προγράμματα σπουδών, όπως οι στρεβλώσεις που μπορεί να υποστεί ο μετασχηματισμός των στοιχείων αυτών σε εκπαιδευτικό υλικό.

Ο ίδιος συγγραφέας¹⁷ αναφέρει το χαρακτηριστικό παράδειγμα της περίπτωσης της οικοδόμησης της έννοιας της ταχύτητας του φωτός. Ενώ στα σχολικά εγχειρίδια αναφέρεται συνήθως ο Römer ως ο πρώτος επιστήμονας που μέτρησε την ταχύτητα του φωτός (κάτι που ούτως ή άλλως δεν ανταποκρίνεται στην ιστορική πραγματικότητα, αφού ο Huygens είναι αυτός που προσδιορίζει πρώτος μια τιμή της αντίστοιχη αυτής που είναι αποδεκτή σήμερα), διαφεύγει από αυτά η ουσία του θέματος που δεν είναι άλλη από το ότι ο Römer έδειξε

¹⁷ Κατά πάσα πιθανότητα πρόκειται για κείμενο στο οποίο συνεργάστηκαν ο G. Holton και ο S. Brush, καθηγητές στο πανεπιστήμιο Harvard των ΗΠΑ, συν-συγγραφείς του εμβληματικού Harvard Project Physics.

με ποιοτικό τρόπο ότι το φως έχει πεπερασμένη ταχύτητα, ανακάλυψη σαφώς πιο σημαντική από τον ποσοτικό προσδιορισμό της. Οι πρώτες, λοιπόν, αναφορές στη σύνδεση της ΙΦΦΕ με τη διδασκαλία των φυσικών επιστημών φέρουν εν σπέρματι τόσο αντιλήψεις για τα πλεονεκτήματα αυτής της σύνδεσης όσο και αντιλήψεις για τους κινδύνους χρήσης (Brush, 1974; Russell, 1981; Kindi, 2005). Οι αντιλήψεις αυτές συνεχίζουν να χαρακτηρίζουν διαχρονικά το συγκεκριμένο πεδίο, ενώ, ακόμα και σήμερα, το ζήτημα των στρατηγικών επιλογών και των μεθοδολογικών τεχνικών με τις οποίες θα συνδεθούν τα της ΙΦΦΕ με τη Διδακτική και τη διδασκαλία τους παραμένει ένα ανοικτό ερευνητικό και εκπαιδευτικό ερώτημα. Την ίδια εποχή, ένα αντίστοιχο ρεύμα στη Γαλλία προτείνει την «επιστροφή στις πηγές», δηλαδή τη χρήση αυθεντικών κειμένων τα οποία να προέρχονται από την ΙΦΦΕ, τόσο στην τριτοβάθμια όσο και στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση αλλά και στην επιμόρφωση των εκπαιδευτικών (Rosmorduc, 1975). Το ρεύμα αυτό βασίζεται στην πλούσια γαλλόφωνη παράδοση συσχέτισης των φυσικών επιστημών με τον πολιτισμό (η οποία βασίζεται κυρίως στο έργο του Gaston Bachelard, του Paul Langevin, του Louis de Broglie και του Francis Halbwachs), ενώ στη συνέχεια θα συνδεθεί με το ερευνητικό ρεύμα που θα συγκροτήσει τη γαλλόφωνη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών (ΔΦΕ). Η de Hosson (2015) θα χαρακτηρίσει την ΙΦΦΕ ένα εργαστήριο για την έρευνα στη ΔΦΕ και τη διδασκαλία των φυσικών επιστημών.

Οι πρώτες σοβαρές επισκοπήσεις για τους στόχους, το περιεχόμενο και τις επιπτώσεις στη διδασκαλία της εισαγωγής στοιχείων της ΙΦΦΕ στα προγράμματα σπουδών της δευτεροβάθμιας, κυρίως, εκπαίδευσης εμφανίζονται τη δεκαετία του '80 και στις αρχές της δεκαετίας του '90. Μια από τις πληρέστερες επισκοπήσεις είναι αυτή του Duschl (1994), ο οποίος αφενός προβαίνει σε μια ιστορική αναδρομή των αλλαγών που εμφανίζονται στο πεδίο της ΙΦΦΕ τις δεκαετίες '50 και '60 και τις επιπτώσεις που αυτές έχουν στη διαμόρφωση νέων καινοτομικών προγραμμάτων σπουδών κυρίως στις ΗΠΑ και αφετέρου επισκοπεί προγράμματα σπουδών και διδακτικές εφαρμογές της περιόδου 1950-1990 που λαμβάνουν υπόψη τους την ΙΦΦΕ. Κατά τον ερευνητή αυτόν, η ανάδυση της Ιστορίας και Κοινωνιολογίας των φυσικών επιστημών ως αυτόνομων ακαδημαϊκών αντικειμένων και η εμφάνιση εναλλακτικών προς τη θετικιστική προσέγγιση επιστημολογιών¹⁸ παίζουν πρωτεύοντα ρόλο στην εμφάνιση καινοτομικών προγραμμάτων σπουδών και διδακτικών προσεγγίσεων που χρησιμοποιούν υλικό ΙΦΦΕ. Αυτό συμβαίνει επειδή πλέον εισάγεται στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών, είτε με άμεσο είτε με υπονοούμενο τρόπο, η διάκριση ανάμεσα στο πλαίσιο εντός του οποίου γεννιέται και αναπτύσσεται η νέα επιστημονική γνώση (knowledge-development) και στο πλαίσιο κατάληξης της επιστημονικής γνώσης (knowledge-justification) όπου αποκρύπτονται το περιεχόμενο και οι όροι ανάπτυξης αυτής της γνώσης. Επίσης, ο τρόπος με τον οποίο γίνεται ο χειρισμός των δύο αυτών πλαισίων τα οποία χαρακτηρίζουν τη φύση της επιστημονικής γνώσης στα προγράμματα σπουδών και τη διδασκαλία αλλάζει μέσα στον χρόνο. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελούν οι δεκαετίες '70 και '80 όπου, τουλάχιστον στο επίπεδο της έρευνας, δίνεται έμφαση στο πλαίσιο εντός του οποίου γεννιέται και αναπτύσσεται η επιστημονική γνώση συνδεδεμένο άμεσα με το ζήτημα της γνωστικής αλλαγής των αντιλήψεων παιδιών και ενηλίκων για τα φυσικά φαινόμενα. Η ανάδειξη συσχετίσεων ανάμεσα στο πώς αναπτύσσεται η επιστημονική γνώση στην ΙΦΦΕ και στην παιδική σκέψη επηρεάζει μεγάλο αριθμό ερευνητών οι οποίοι προτείνουν αναδομήσεις σε προγράμματα σπουδών και διδακτικές προσεγγίσεις οι οποίες αναδεικνύουν τον δυναμικό χαρακτήρα της επιστημονικής γνώσης, ενώ μπορεί παράλληλα να επιδιώκεται η συμβατότητά τους με τις δυνατότητες για γνωστικές αλλαγές των μαθητών που παρακολουθούν τα προγράμματα αυτά (Arons, 1988; Nersessian, 1989). Πρόκειται για μια περίοδο η οποία δεν χαρακτηρίζεται τόσο για την ανάπτυξη συγκριμένου εκπαιδευτικού υλικού προερχόμενου από την ΙΦΦΕ όσο από προτάσεις για αναδιάρθρωση των παραδοσιακών προγραμμάτων σπουδών προς την κατεύθυνση της ανάδειξης του πλαισίου γέννησης και ανάπτυξης της επιστημονικής γνώσης.

Την ίδια περίοδο εμφανίζεται το κλασικό πλέον σύγγραμμα του Michael Matthews *Η διδασκαλία των φυσικών επιστημών. Ο ρόλος της Ιστορίας και Φιλοσοφίας των φυσικών επιστημών* (Matthews, 2015¹⁹), στο οποίο ο συγγραφέας μεταφέρει τη συζήτηση για τη σχέση ιστορίας, φιλοσοφίας και διδασκαλίας των φυσικών επιστημών από τον σχεδιασμό των προγραμμάτων σπουδών στην ίδια τη φύση της εκπαιδευτικής διαδικασίας μιλώντας για μια ανοικτή εκπαίδευση (liberal education) με κέντρο την ιστορικο-φιλοσοφική διάσταση της επιστημονικής γνώσης και στην αναγκαιότητα επιμόρφωσης των εκπαιδευτικών σε θέματα ΙΦΦΕ ως απαραίτητη προϋπόθεση για να διδάξουν επαρκώς φυσικές επιστήμες. Η συζήτηση αυτή διαρκεί μέχρι τις μέρες

¹⁸ Για το ζήτημα αυτό δείτε την *Εισαγωγή* του Βασίλη Κάλφα στην ελληνική μετάφραση του εμβληματικού βιβλίου του Kuhn *Η δομή των επιστημονικών επαναστάσεων* (Kuhn, 1981) καθώς και το Μπαλτάς, 1991.

¹⁹ Η πρώτη έκδοση του βιβλίου το 1989 έχει μεταφραστεί στα ελληνικά από την Αναπληρώτρια Καθηγήτρια του ΑΠΘ Φανή Σέρογλου (Matthews, 2007).

μας. Ο Matthews υπήρξε ο άνθρωπος που συνέβαλε όσο κάνεις άλλος στον απεγκλωβισμό της ΙΦΦΕ από το στενό ακαδημαϊκό της περιβάλλον και επιστημολογικό της ορίζοντα καθώς και στη σύνδεσή της με τον κόσμο της εκπαίδευσης και το ανερχόμενο ερευνητικό ρεύμα της ΔΦΕ μετασχηματίζοντας έτσι τον ακαδημαϊκό της χαρακτήρα και διευρύνοντας το πεδίο εφαρμογής της (Matthews, 2021). Το 1992 ιδρύει τη διεθνή ομάδα International History, Philosophy and Science Teaching ([IHPST](#)) Group και το περιοδικό [Science & Education](#) το οποίο ακόμη και σήμερα αποτελεί το κυριότερο μέσο διάδοσης της θεωρητικής βάσης, των μεθοδολογικών προσεγγίσεων και της πρακτικής εφαρμογής της ΙΦΦΕ (Χασάπη, 2017). Αργότερα, εξέδωσε το τρίτομο συλλογικό έργο International Handbook of Research in History, Philosophy and Science Teaching, ένα θεμελιώδες για τον χώρο έργο, στη συγγραφή του οποίου συμμετείχαν πάνω από 130 ερευνητές από 30 χώρες και που υπενθυμίζει στους αναγνώστες, σε μια κρίσιμη συγκυρία, ότι υπάρχει μια μακρά και πλούσια παράδοση ιστορικών και φιλοσοφικών συσχετίσεων με τη διδασκαλία των φυσικών επιστημών και των μαθηματικών και ότι μπορούν να αντληθούν διδάγματα από αυτές τις συσχετίσεις για την επίλυση των τρεχόντων θεωρητικών, διδακτικών και παιδαγωγικών ερωτημάτων που αντιμετωπίζουν οι εκπαιδευτικοί ή/και ερευνητές της εκπαίδευσης (Matthews, 2014).

Τη δεκαετία του '80 εμφανίζονται επισκοπήσεις και στον γαλλόφωνο χώρο. Το αφιέρωμα του περιοδικού ASTER (1987) περιλαμβάνει μια σειρά άρθρων που συσχετίζουν τη διδακτική και διδασκαλία των φυσικών επιστημών με τη γαλλόφωνη παράδοση της ΙΦΦΕ και ιδιαίτερα με το έργο του φιλόσοφου Gaston Bachelard και την έννοια του επιστημολογικού εμποδίου²⁰. Οι Hulin (1996) & Fauque (2007), σε δύο ενδιαφέρουσες επισκοπήσεις, δίνουν μια πλήρη εικόνα της εξέλιξης των προσπαθειών εισαγωγής στοιχείων ΙΦΦΕ στο γαλλικό εκπαιδευτικό σύστημα και κυρίως στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση σε συνάρτηση με τις διαφορές μεταρρυθμιστικές προσπάθειες που έγιναν κατά καιρούς.

Μια επίσης ενδιαφέρουσα ευρωπαϊκή επισκόπηση (Höttecke & Silva, 2010) δίνει έμφαση στα κύρια εμπόδια που συναντά η ευρεία διάδοση στοιχείων ΙΦΦΕ στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών. Επισημαίνονται τέσσερις ομάδες εμποδίων: (α) η παραδοσιακή κουλτούρα της διδασκαλίας των μαθημάτων φυσικών επιστημών η οποία στηρίζεται στο πλαίσιο κατάληξης της επιστημονικής γνώσης και η οποία αντιστέκεται επιτυχώς μέχρι τις μέρες μας σε κάθε αλλαγή της προς την κατεύθυνση των καινοτομικών προσεγγίσεων οι οποίες βασίζονται στο πλαίσιο της γέννησης και ανάπτυξης της επιστημονικής γνώσης, (β) οι συνακόλουθες αρνητικές στάσεις των εκπαιδευτικών σε κάθε αλλαγή της παραδοσιακής κουλτούρας διδασκαλίας όχι μόνο διότι θεωρούν την ΙΦΦΕ ως ένα πρόσθετο αντικείμενο διδασκαλίας, αλλά και λόγω των επιστημολογικών τους πεποιθήσεων οι οποίες διαφέρουν ριζικά από αυτές που υποστηρίζουν την εισαγωγή στοιχείων ΙΦΦΕ στη διδασκαλία, (γ) οι οριοθετήσεις που επιβάλλουν στους εκπαιδευτικούς τα επίσημα προγράμματα σπουδών, οι οποίες συνήθως είτε αγνοούν είτε υποβαθμίζουν τον ρόλο της ΙΦΦΕ στη διδασκαλία και (δ) η συνακόλουθη εμφάνιση στρεβλώσεων σχετικά με την ΙΦΦΕ στο περιεχόμενο του εκπαιδευτικού υλικού και, κυρίως, των σχολικών εγχειριδίων που συνοδεύουν τα προγράμματα σπουδών. Άλλες σχετικές έρευνες αναδεικνύουν επίσης τις δυσκολίες αλλά και την αμήχανη στάση με την οποία οι εκπαιδευτικοί αντιμετωπίζουν το ζήτημα (Henke & Höttecke, 2015; Leone & Rinaudo, 2020).

Στον ελληνόφωνο χώρο, η πρώτη επισκόπηση από τους Κολιόπουλο & Ψύλλο (1981) επισημαίνει τρία βασικά πεδία εφαρμογής στην εκπαίδευση της Ιστορίας της Φυσικής. Το πρώτο πεδίο σχετίζεται με τον ουμανιστικό προσανατολισμό της διδασκαλίας της Φυσικής όπου η ιστορία καλείται να συνεισφέρει στη διαμόρφωση μιας γενικής καλλιέργειας του μαθητή στα πλαίσια της οποίας η φυσική δεν θεωρείται τόσο ως εξειδικευμένη γνώση αλλά κυρίως ως εργαλείο κατανόησης του κόσμου που μας περιβάλλει. Το δεύτερο πεδίο σχετίζεται με την κατανόηση από τους μαθητές στοιχείων της μεθοδολογίας της Φυσικής στη βάση, κυρίως, αντιθετικιστικών επιστημολογικών προσεγγίσεων. Το τρίτο πεδίο αφορά κυρίως την έρευνα που διεξάγεται στα πλαίσια της ΔΦΕ για την κατανόηση των νοητικών παραστάσεων που έχουν οι μαθητές για τα φαινόμενα και τις έννοιες της Φυσικής και των στρατηγικών χρήσης τους στη διδασκαλία. Το πεδίο αυτό όπου η ΙΦΦΕ εμφανίζεται ως ερευνητικό και μεθοδολογικό εργαλείο στη ΔΦΕ αποτελεί πλέον και στον ελληνόφωνο χώρο ένα ευρύ ερευνητικό ρεύμα με άμεσες συνέπειες στον σχεδιασμό, αξιολόγηση και διάχυση διδακτικών ακολουθιών που έχουν ως αποτέλεσμα τη διαπιστωμένη γνωστική πρόοδο των μαθητών. Στις διδακτικές αυτές ακολουθίες η ΙΦΦΕ εμφανίζεται είτε με ρητό (εισαγωγή αυθεντικών ή κατασκευασμένων στοιχείων ΙΦΦΕ στη διδασκαλία) είτε με

²⁰ Περισσότερα για την έννοια του επιστημολογικού εμποδίου και τη χρήση της στη ΔΦΕ δείτε στα Bachelard, 1993 και Κολιόπουλος, 2006.

υπονοούμενο (ως πηγή έμπνευσης για τη δημιουργία διδακτικών δραστηριοτήτων και εργαλείων αξιολόγησης της διδασκαλίας) τρόπο (Σέρογλου & Κουμαράς, 2000; Seroglou & Koumaras, 2001; Δέδες, 2005; Δόσης, 2014). Η συγκεκριμένη επισκόπηση αποτελεί και κατευθυντήρια αρχή για τη σύνταξη αυτού του κεφαλαίου.

4.2 Γιατί ΙΦΦΕ στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών;

4.2.1 Για μια ουμανιστική προσέγγιση της διδασκαλίας των φυσικών επιστημών

Ένας από τους πρώτους εκφραστές της άποψης να εισαχθεί η ΙΦΦΕ στο σχολείο είναι ο Paul Langevin, ο μεγάλος Γάλλος θεωρητικός φυσικός ο οποίος συνέβαλλε στη διάδοση και εκλαΐκευση της θεωρίας της σχετικότητας στον γαλλόφωνο χώρο και είναι ο κύριος εκφραστής αυτής της άποψης (Gutierrez & Kounelis, 2010). Σε μια σειρά διαλέξεων που δίνει στις αρχές του 20^{ου} αιώνα εκφράζει την πεποίθηση ότι η διδασκαλία των φυσικών επιστημών οφείλει να συμβάλλει στη «γενική καλλιέργεια» των μαθητών προετοιμάζοντάς τους για τη ζωή και την αρμονική επαφή με τα πράγματα και τους ανθρώπους (Langevin, 1964). Το ουμανιστικό αυτό παιδαγωγικό ιδεώδες οδηγεί στην αντίληψη πως οι φυσικές επιστήμες πρέπει να διδάσκονται όχι ως εξειδικευμένη γνώση κατάλληλη για μελλοντικούς επαγγελματικούς σκοπούς (οι οποίοι εξάλλου, σύμφωνα με τον Langevin, διαιρούν τους ανθρώπους σε αντίθεση με τη γενική καλλιέργεια που τους ενώνει), αλλά ως κοινωνική γνώση που συγκροτήθηκε ιστορικά. Εξ ου και η πρόταση του Langevin για σύνδεση της διδασκαλίας των φυσικών επιστημών με τις ιστορικές πηγές των φυσικών επιστημών μέσω των αυθεντικών κειμένων επιστημών του παρελθόντος.

Οι ιδέες του Langevin παρέμειναν εν υπνώσει τόσο στον γαλλόφωνο όσο και στον ευρύτερο ευρωπαϊκό χώρο. Η ιδέα της σχέσης της διδασκαλίας με τη γενική καλλιέργεια εμφανίζεται μετά από χρόνια και στον αγγλοσαξονικό χώρο. Μια μεγάλη προσωπικότητα της εκπαίδευσης στις φυσικές επιστήμες, ο Αμερικανός Leopold Klopfer, αναφέρεται στην ιδέα της γενικής καλλιέργειας ως μία εκ των τριών διαστάσεων του επιστημονικού αλφαριθμητισμού (scientific literacy), τον οποίο αναδεικνύει ως βασικό εκπαιδευτικό στόχο των μαθημάτων φυσικών επιστημών. Οι άλλες δύο είναι η κατανόηση εννοιών - κλειδιών και αρχών των φυσικών επιστημών καθώς και η κατανόηση του πώς αναπτύχθηκε ιστορικά η επιστημονική γνώση (Klopfer, 1969). Την ίδια εποχή, η ουμανιστική αυτή αντίληψη λαμβάνει στις ΗΠΑ μορφή συγκροτημένων προγραμμάτων διδασκαλίας τα οποία ενσωματώνουν στοιχεία ΙΦΦΕ και τα οποία απευθύνονται είτε σε φοιτητές που δεν ακολουθούν σπουδές φυσικών επιστημών, είτε σε μαθητές δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης. Η πιο γνωστή περίπτωση στην Ευρώπη είναι αυτή του Harvard Project Physics²¹ το οποίο ένας εκ των συγγραφέων του, ο Gerald Holton, το περιγράφει ως «ουμανιστικό και ιστορικά προσανατολισμένο, το οποίο αντιλαμβάνεται τη Φυσική όχι ως παράθεση απαισιων πραγμάτων, αλλά ως μια συνεκτική ιστορία των αποτελεσμάτων και της δουλειάς ανθρώπινων όντων» (Holton, 2003, σελ. 780). Η συσχέτιση της χρήσης στοιχείων ΙΦΦΕ στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών με τον ουμανιστικό προσανατολισμό των προγραμμάτων σπουδών επισημαίνεται και από τον Matthews (2000) ο οποίος εξειδικεύει με εξαντλητικό τρόπο τη σχέση μιας ιστορικά και φιλοσοφικά προσανατολισμένης προσέγγισης ενός αντικειμένου των φυσικών επιστημών (κίνηση του εκκρεμούς) με άλλα γνωστικά αντικείμενα, όπως τα μαθηματικά, τα θρησκευτικά, η μουσική και η λογοτεχνία, και τις επιπτώσεις που μπορεί να έχει αυτή η σχέση στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών (Δείτε και το κεφάλαιο 5).

Στον ελληνόφωνο χώρο η εκπαίδευση ευτύχησε να αποκτήσει τις δεκαετίες '80 και '90 ένα πρόγραμμα διδασκαλίας φυσικών επιστημών με ουμανιστικό και ιστορικό προσανατολισμό, τη *Φυσική του Ενιαίου Πολυκλαδικού Λυκείου* (Δαπόντες, Κασσέτας, Μουρίκης & Σκιαθίτης, 1984)²² το οποίο στη συνέχεια αποσύρθηκε, όπως και το πολυκλαδικό λύκειο, για να δώσει τη θέση της σε βαθιά παραδοσιακές μορφές προγράμματος σπουδών φυσικών επιστημών. Στο προλογικό σημείωμα του εγχειριδίου για τους μαθητές αναφέρεται ότι η φυσική επιστήμη δεν αναπτύσσεται ανεξάρτητα από την υπόλοιπη ανθρώπινη δραστηριότητα και ότι «οι γνώσεις των φυσικών επιστημών συνθέτουν ένα οικοδόμημα το οποίο, με τη σειρά του, είναι χτισμένο πάνω στις

²¹ Η αρχική εκδοχή του προγράμματος διατίθεται σε ψηφιακή μορφή [εδώ](#). Στοιχεία για το πρόγραμμα παρουσιάζονται και στο άρθρο του Κ. Σκορδούλη «Το Harvard Project Physics Course και η Συμβολή της Ιστορίας και της Φιλοσοφίας της Φυσικής στη Διδασκαλία της Φυσικής» ([Σημειώσεις μεταπτυχιακού προγράμματος](#)).

²² Τα εγχειρίδια για τον μαθητή διατίθενται σε ψηφιακή μορφή στον δικτυακό τόπο του Εργαστηρίου Φυσικών Επιστημών του 9^{ου} Δημοτικού Σχολείου Ρεθύμνου (<http://efepereth.wikidot.com/secondary-school-textbooks>).

κυρίαρχες αντιλήψεις κάθε κοινωνίας και κάθε εποχής...» (σελ. 12). Η ουμανιστική προσέγγιση της διδασκαλίας των φυσικών επιστημών, όμως, δεν αποτελεί τον μοναδικό λόγο για τον οποίο ερευνητές και εκπαιδευτικοί προτείνουν και τα εκπαιδευτικά συστήματα αποφασίζουν την εισαγωγή στοιχείων ΙΦΦΕ στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών. Δύο ακόμη σοβαροί λόγοι συμπληρώνουν το αλληλεξαρτώμενο δίκτυο των παραγόντων που οδηγούν σε αυτή την επιλογή.

4.2.2 ΙΦΦΕ και φύση της επιστήμης στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών

Η μεγάλη συζήτηση σχετικά με το επιστημολογικό status των φυσικών επιστημών που κυριάρχησε τις δεκαετίες του '60 και '70, κυρίως με το έργο του Kuhn (Kuhn, 1981; Νεύσις, 1997), μεταφέρθηκε και στην εκπαίδευση των φυσικών επιστημών. Με το έργο του Kuhn «η ιστορικότητα της επιστήμης έγινε η αναγκαία σύσταση της φιλοσοφικής και θεωρητικής ανάλυσής της» (Γαβρόγλου, 1997, σελ. 4), ενώ σύμφωνα με τον Μπαλτά (1997, σελ. 23) «το έργο του Thomas Kuhn συνιστά σημείο μη επιστροφής για τους δίδυμους κλάδους της ιστορίας και φιλοσοφίας της επιστήμης». Ο μετασχηματισμός των ιδεών του Kuhn και των υποστηρικτών του σε γνώση προς διδασκαλία οδηγεί αναπόφευκτα αφενός στον κριτικό σχολιασμό της παραδοσιακής διδασκαλίας των φυσικών επιστημών η οποία συνδέεται με εκφάνσεις των φιλοσοφικών ρευμάτων του εμπειρισμού και του λογικού θετικισμού, και ιδιαίτερα της εμπειρικο-επαγωγικής προσέγγισης της εργαστηριακής διδασκαλίας (Κουλαϊδής, 2001), και αφετέρου σε προτάσεις, σχεδιασμούς και υλοποιήσεις προγραμμάτων σπουδών και διδασκαλίας που ακυρώνουν την παραδοσιακή προσέγγιση ακριβώς επειδή τεκμηριώνονται στη βάση του ιστορικο-φιλοσοφικού υλικού που εμπεριέχουν. Έτσι, για παράδειγμα, ο Hodson (1986, σελ. 392) αναφέρει ότι «οι ιστορικές μελέτες περίπτωσης μπορεί να χρησιμεύσουν στο να καταδείξουν ότι η επιστημονική γνώση είναι κάτι περισσότερο από μη προκατειλημμένες γενικεύσεις προερχόμενες από αντικειμενικές παρατηρήσεις», ενώ σε άλλα άρθρα του γενικεύει τις ιδέες του περί εισαγωγής στη διδασκαλία, και ιδιαίτερα στην πειραματική διδασκαλία, αντι-εμπειριστικών προσεγγίσεων οι οποίες θα αποκαλύψουν στους μαθητές ότι η επιστημονική γνώση δεν κατασκευάζεται επαγωγικά ως αποτέλεσμα της εμπειρίας αλλά πρόκειται για υποθετική κατασκευή δικτύου εννοιών που ερμηνεύει τις παρατηρήσεις χωρίς όμως να προέρχεται από αυτές (Hodson, 1988, 2009). Η «εποικοδομητική» αυτή αντίληψη για την επιστημονική γνώση και τις σχολικές εκδοχές της μπορεί να κατανοηθεί εις βάθος ή να ενισχυθεί περαιτέρω με την εισαγωγή στη διδασκαλία στοιχείων της ΙΦΦΕ τα οποία θα νοηματοδοτήσουν τις διδακτικές δραστηριότητες. Πολλοί ερευνητές προτείνουν την εισαγωγή στη διδασκαλία είτε αυθεντικών κειμένων επιστημόνων είτε μελετών ιστορικών περιπτώσεων είτε ακόμη και με έμμεσο τρόπο (σχεδιασμός δραστηριοτήτων με αφετηρία αντίστοιχες εργαστηριακές τεχνικές των επιστημόνων), όπου περιγράφονται ή προσομοιώνονται οι (συνήθως πολύπλοκες) διαδρομές που ακολουθήθηκαν ιστορικά για την κατασκευή της επιστημονικής γνώσης.

Το γεγονός όμως ότι η ΙΦΦΕ δεν είναι μια αμετάβλητη εγγραφή γεγονότων και ιδεών αλλά δυναμικά επιστημονικά πεδία τα οποία εξελίσσονται, σημαίνει ότι τα στοιχεία που μεταφέρονται στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών είναι φορτισμένα με τις ερμηνείες που προτείνονται κάθε φορά από ιστορικούς και φιλόσοφους των φυσικών επιστημών. Οι διαφορετικές προσεγγίσεις μελέτης της Ιστορίας Φυσικών Επιστημών (Γαβρόγλου, 2004) και οι επιστημολογικές διαμάχες που διεξάγονται στον χώρο της Φιλοσοφίας Φυσικών Επιστημών (Chalmers, 1994; Machamer, Pera & Baltas, 2000), κάνουν ορισμένους ερευνητές να εκφράζουν επιφυλάξεις σχετικά με τη χρήση στοιχείων ΙΦΦΕ στη διδασκαλία φυσικών επιστημών, επειδή η συσχέτιση του πλαισίου «ανακάλυψης» και του πλαισίου «αιτιολόγησης» της επιστημονικής γνώσης μπορεί να οδηγήσει σε σοβαρές στρεβλώσεις των στοιχείων αυτών. Παρά τις αντιρρήσεις αυτές, τα ζητήματα που αφορούν τη φύση και τα χαρακτηριστικά της επιστημονικής γνώσης εξακολουθούν να αποτελούν βασική αιτία για την εισαγωγή στοιχείων ΙΦΦΕ στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών, αφού εντάχθηκαν σε ένα νέο εκπαιδευτικό ρεύμα που στοχεύει στην ανανέωση της διδασκαλίας τους και το οποίο τιτλοφορείται «Φύση της Επιστήμης (ΦτΕ)».

Το νέο αυτό εκπαιδευτικό ρεύμα αποτελεί, σύμφωνα με τον Lederman (2007), μια παιδαγωγική κατασκευή στα πλαίσια των σχεδιασμών εκπαιδευτικών συστημάτων και οργανισμών που προωθούν τον επιστημονικό αλφαριθμητισμό ως κύριο εκπαιδευτικό στόχο. Το ρεύμα αυτό φαίνεται να λειτουργεί ως ενδιάμεση οντότητα ανάμεσα στην ΙΦΦΕ και τη διδασκαλία των φυσικών επιστημών, η οποία αμβλύνει τις διαφορετικές προσεγγίσεις και διαμάχες που υφίστανται στον χώρο της ΙΦΦΕ προωθώντας στη διδασκαλία στοιχεία γύρω από τα οποία φαίνεται να έχει επιτευχθεί μια γενικότερη συμφωνία των μελών που απαρτίζουν αυτήν την κοινότητα (Smith et al., 1997; Lederman, 2007; McComas, 2008; Hodson, 2009). Σύμφωνα, λοιπόν, με τον Lederman (2007), αυτό το πλαίσιο συμφωνίας περιλαμβάνει τις εξής ιδέες που οι μαθητές θα πρέπει να κατανοήσουν ως θεμελιώδη

στοιχεία της ΦτΕ: (α) την κρίσιμη διάκριση μεταξύ παρατήρησης και συμπερασμού, (β) τη διάκριση μεταξύ επιστημονικών νόμων και θεωριών, (γ) το ότι η επιστημονική γνώση, αν και τελικά βασίζεται μερικώς στην παρατήρηση του φυσικού κόσμου, περιλαμβάνει στοιχεία της ανθρώπινης φαντασίας και δημιουργικότητας, (δ) το ότι η επιστημονική γνώση είναι υποκειμενική και θεωρητικά φορτισμένη, (ε) το ότι η επιστήμη είναι μια ανθρώπινη δραστηριότητα που πραγματοποιείται στα πλαίσια ενός ευρύτερου πολιτισμικού περιβάλλοντος και ότι οι επιστήμονες αποτελούν προϊόν αυτού του περιβάλλοντος και (στ) το ότι η επιστημονική γνώση δεν είναι ποτέ βέβαιη ή απόλυτη. Τα τελευταία χρόνια η έρευνα που σχετίζεται με τη χρήση ιστορικο-φιλοσοφικού υλικού με στόχο την ανάδειξη στοιχείων ΦτΕ έχει πολλαπλασιαστεί. Δύο ερευνητικές κατευθύνσεις φαίνεται να παρουσιάζουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον: (α) η κατεύθυνση του σχεδιασμού και αξιολόγησης διδακτικών παρεμβάσεων οι οποίες να οδηγούν στην οικοδόμηση στοιχείων ΦτΕ από μαθητές διάφορων εκπαιδευτικών βαθμίδων (Rudge & Howe, 2008) και (β) η κατεύθυνση του σχεδιασμού και αξιολόγησης επιμορφωτικών μοντέλων για τους εκπαιδευτικούς στο πλαίσιο της επαγγελματικής τους κατάρτισης και ανάπτυξης εμπλουτίζοντας την επιστημολογική κυρίως διάσταση της γνώσης παιδαγωγικού περιεχομένου που χρειάζεται να οικοδομήσουν (Izquierdo, 2008; Aduriz - Bravo & Izquierdo - Aymerich, 2009).

Στον ελληνόφωνο χώρο έχουν αναπτυχθεί ενδιαφέρουσες πρωτοβουλίες προς την κατεύθυνση της διάδοσης εκπαιδευτικών δραστηριοτήτων που σχεδιάζονται και υλοποιούνται στα πλαίσια του εκπαιδευτικού ρεύματος της ΦτΕ (Κουλαϊδής, Αποστόλου & Καμπουράκης, 2008). Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα μιας τέτοιας πρωτοβουλίας αποτελούν εργασίες οι οποίες εμπλέκουν τη ΦτΕ με ιστορικές επιστημονικές διαμάχες. Μια εξ αυτών αναφέρεται στο ιστορικό γεγονός της διαμάχης των επιστημόνων Ehrenhaft & Millikan για το φορτίο του ηλεκτρονίου και την εισαγωγή της διαμάχης αυτής στη διδασκαλία με στόχο την οικοδόμηση εκ μέρους μαθητών του ελληνικού Λυκείου πληροφορημένων αντιλήψεων για ορισμένες πλευρές της ΦτΕ (Παρασκευοπούλου & Κολιόπουλος, 2008; Paraskevoudou & Koliopoulos, 2011). Πιο συγκεκριμένα, σχεδιάστηκε και αξιολογήθηκε μια διδακτική παρέμβαση στη βάση της ιδέας ότι μια σε βάθος συζήτηση σχετική με επιστημονικές διαμάχες μέσα στην τάξη μπορεί να βελτιώσει την κατανόηση των μαθητών για τις εσωτερικές διεργασίες της επιστήμης και συγκεκριμένα την εισαγωγή μιας νέας θεωρίας και τη σχέση της με το πείραμα (Kipnis, 2001). Οι βασικές καθοδηγητικές αρχές της προτεινόμενης διδακτικής παρέμβασης ήταν οι εξής: (α) η ρητή διδασκαλία στοιχείων ΦτΕ ως διαδικασία ενσωματωμένη μέσα στο πλαίσιο του προγράμματος σπουδών φυσικών επιστημών συγκεκριμένης εκπαιδευτικής βαθμίδας (β' Λυκείου), (β) η δημιουργία μικρών ιστοριών (δείτε την ενότητα 4.3.2 του παρόντος κεφαλαίου) μέσω των οποίων παρουσιάζεται η συγκεκριμένη επιστημονική διαμάχη για την κβάντωση του ηλεκτρικού φορτίου, και (γ) η υιοθέτηση μιας εποικοδομητικής προσέγγισης για τη διδασκαλία και μάθηση στις φυσικές επιστήμες. Η διδακτική ακολουθία αποτελείτο από επτά διδακτικές ενότητες. Από αυτές, η πρώτη και η έβδομη χρησιμοποιήθηκαν για την αξιολόγηση της διδακτικής παρέμβασης. Στη δεύτερη διδακτική ενότητα παρουσιάστηκε στους μαθητές το ιστορικό-πολιτιστικό πλαίσιο μέσα στο οποίο αναδείχθηκε το ερώτημα της κβάντωσης ή όχι του ηλεκτρικού φορτίου. Αναφέρθηκαν και συζητήθηκαν, επίσης, οι δύο καθοδηγητικές υποθέσεις της κβάντωσης και της συνέχειας του ηλεκτρικού φορτίου, που διατυπώθηκαν από το Millikan και τον Ehrenhaft, αντίστοιχα. Στην τρίτη διδακτική ενότητα, αφού παρουσιάστηκε στους μαθητές το ιστορικό πείραμα της σταγόνας λαδιού του Millikan, τους δόθηκε φύλλο εργασίας με υποθετικά δεδομένα του πειράματος και κλήθηκαν να απαντήσουν σε ερωτήσεις οι οποίες στόχευαν να τους εμπλέξουν σε μια συζήτηση για τις διαφορετικές ερμηνείες που μπορούν να λάβουν τα ίδια δεδομένα. Στην τέταρτη, πέμπτη και έκτη διδακτική ενότητα εισήχθησαν σύντομες ιστορίες (δείτε την ενότητα 4.3.2 του παρόντος κεφαλαίου) σχετικές με τη διαμάχη Millikan & Ehrenhaft, η καθεμιά από τις οποίες συνοδεύτηκε από ερωτήσεις, ώστε η προσοχή των παιδιών να επικεντρωθεί σε ένα διαφορετικό στοιχείο της ΦτΕ. Με ένα ερωτηματολόγιο που δόθηκε πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση καταγράφηκαν οι αντιλήψεις των μαθητών σε συγκεκριμένα στοιχεία της ΦτΕ («Το εμπειρικό στοιχείο στις φυσικές επιστήμες», «Η διάκριση μεταξύ παρατήρησης και συμπερασμού», «Φαντασία και δημιουργικότητα στις φυσικές επιστήμες» και «Το υποκειμενικό στοιχείο στις φυσικές επιστήμες»). Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι υπήρξε στατιστικά σημαντική βελτίωσή τους ως προς τα στοιχεία της ΦτΕ, που είχαν επιλεγεί να διδαχθούν.

4.2.3 ΙΦΦΕ και γνωστική πρόοδος

Η άμεση σύνδεση της ΙΦΦΕ με τη γνωστική ανάπτυξη των μαθητών και το ρεύμα της εποικοδομητικής προσέγγισης της διδασκαλίας και μάθησης στις φυσικές επιστήμες αποτελεί ένα ολοένα και περισσότερο αναπτυσσόμενο πεδίο έρευνας και εκπαίδευσης. Στις απαρχές του ρεύματος αυτού μπορούμε να διακρίνουμε τη συζήτηση περί οντογένεσης και ιστορικής εξέλιξης της επιστημονικής γνώσης (Strauss, 1988). Η συζήτηση αυτή αφορά την ανάδειξη και μελέτη ομοιοτήτων ανάμεσα στην εξέλιξη της γνώσης στον άνθρωπο και ιδιαίτερα στο παιδί (οντογένεση) και στην ιστορική ανάπτυξη των ιδεών στις φυσικές επιστήμες. Οι Piaget & Garcia (1983) στο περίφημο βιβλίο τους *Ψυχογένεση και Ιστορία των Επιστημών* χρησιμοποιούν πολλά παραδείγματα για να καταδείξουν την ύπαρξη και αλληλουχία σταδίων εξέλιξης της γνώσης καθώς και των μηχανισμών που οδηγούν από το ένα στάδιο στο άλλο και στα δύο πεδία. Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί ο αξιοσημείωτος παραλληλισμός ανάμεσα στην ψυχολογική και ιστορική γέννηση της έννοιας της ορμής.

Στον αγγλοσαξονικό χώρο η Nersessian χρησιμοποιεί τον όρο «γνωστική-ιστορική ανάλυση» για να εκφράσει τη στρατηγική που ακολουθεί μελετώντας τις γνωστικές δραστηριότητες των επιστημόνων που κατέληξαν στην κατασκευή νέων γνωστικών δομών μέσα από διαδικασίες επίλυσης προβλημάτων. Πώς σκέφτονται οι επιστήμονες όταν κατασκευάζουν τη νέα γνώση; Είναι γνωστή η εργασία της στην οποία υποστηρίζει ότι ο Maxwell χρησιμοποίησε ένα αναλογικό μοντέλο σκέψης εκκινώντας από μηχανικά μοντέλα περιγραφής της φύσης για να οδηγηθεί στις περίφημες εξισώσεις του για την περιγραφή του ηλεκτρικού και μαγνητικού πεδίου (Nersessian, 2002). Οι ιστορικές διαδικασίες για την ερευνήτρια αυτή παρέχουν ένα μοντέλο για την ίδια τη μαθησιακή δραστηριότητα. Το ενδιαφέρον της έρευνας στην ΙΦΦΕ και κατ' επέκταση στην εισαγωγή στοιχείων της στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών μετατοπίζεται, έτσι, από το πολιτισμικό ή μεθοδολογικό στο εννοιολογικό επίπεδο. Παράλληλα, ισχυρίζεται ότι η ανάλυση και κατανόηση των δραστηριοτήτων και νοητικών διαδικασιών που χρησιμοποιούν οι επιστήμονες μπορούν να ενισχύσουν τις προσπάθειές μας να βοηθήσουμε τους μαθητές να ανακατασκευάσουν τις αναπαραστάσεις τους για την υπάρχουσα επιστημονική γνώση (Nersessian, 1992).

Στον γαλλόφωνο χώρο η έννοια του «επιστημολογικού εμποδίου» (*obstacle épistémologique*) που εισάγει ο Bachelard (1980; 1993) τόσο στο επίπεδο της φιλοσοφικής σκέψης όσο και στο επίπεδο της εκπαιδευτικής πρακτικής εμπνέει μια ολόκληρη γενιά ερευνητών της ΔΦΕ και εκπαιδευτικών να επιχειρήσει αφενός να διερευνήσει τη φύση και τα χαρακτηριστικά των γνωστικών εμποδίων και, κυρίως, των εννοιολογικών εμποδίων που αντιμετωπίζουν οι μαθητές όταν προσπαθούν να συγκροτήσουν εξηγήσεις για τα φυσικά φαινόμενα και αφετέρου να σχεδιάσει διδακτικά πλαίσια εντός των οποίων να είναι δυνατή η υπέρβαση αυτών των εμποδίων από τους μαθητές. Ένα άλλο παράδειγμα συσχέτισης των ιστορικο-φιλοσοφικών απόψεων με τη γνωστική πρόοδο των μαθητών είναι οι επιστημολογικές απόψεις του Halbwachs, συνεργάτη του Piaget και ιδρυτή της γαλλόφωνης παράδοσης της ΔΦΕ²³. Ο Halbwachs συνδέει την έννοια της εξήγησης στο επιστημολογικό επίπεδο με την έννοια της κατανόησης στο ψυχολογικό επίπεδο και ισχυρίζεται ότι η κατανόηση του φυσικού κόσμου από τα παιδιά, μέσω της δράσης των υποκειμένων στα αντικείμενα και του μετασχηματισμού αυτών των δράσεων σε λογικο-μαθηματικά σχήματα, συμβαίνει, κυρίως, μέσω της «αιτιακής» εξήγησης. Η «αιτιακή» εξήγηση αποτελεί τον προνομιακό τρόπο αναπαράστασης της φυσικής πραγματικότητας στα παιδιά (Halbwachs, 1971). Διάφορες έρευνες δείχνουν ότι ο σχεδιασμός εκπαιδευτικού υλικού που έχει ως βάση τη χρήση αυτού του τύπου εξήγησης από μαθητές, μπορεί να οδηγήσει στη μάθηση ιδιαίτερα αφηρημένων εννοιών, όπως της έννοιας της ενέργειας, από παιδιά πολύ μικρής ηλικίας (δείτε και το κεφάλαιο 2).

Στα πλαίσια αυτά, από τη δεκαετία του '70 ακόμη, εμφανίζονται έρευνες και προγράμματα διδασκαλίας τα οποία χρησιμοποιούν στοιχεία της ΙΦΦΕ με στόχο τη γνωστική πρόοδο των μαθητών σε συγκεκριμένα γνωστικά πεδία των φυσικών επιστημών (Charlemagne, 1978). Έχουν εντοπιστεί έρευνες σχετικές με τα πεδία της Οπτικής (Galili & Hazan, 2000; Μίχας, 2005; Dedes & Ravanis, 2009), του Ηλεκτρομαγνητισμού (Σέρογλου & Κουμαράς, 2000; Viard & Khantine-Langlois, 2001; Pocovi & Finley, 2002), της Μηχανικής (Gauld, 1993; Besson, 2013; Δόσης, 2014; Galili, Bar & Brosh, 2016), της ειδικής θεωρίας της σχετικότητας (Arriassecq & Greca, 2012), της θεωρίας των λιθοσφαιρικών πλακών (Dolphin, 2009), της θεωρίας της εξέλιξης και ιδιαίτερα των εννοιών της βιολογικής προσαρμογής και της φυσικής επιλογής (Kampourakis, 2013; Passmore, Stewart, & Zoellner, 2005) κ.λπ. Σε όλες αυτές τις περιπτώσεις, η ΙΦΦΕ βρίσκεται παρούσα είτε με ρητή αναφορά σε

23 Μια εκτεταμένη περιγραφή των απόψεων του Halbwachs υπάρχει στο κεφάλαιο 1 του βιβλίου.

αυθεντικό υλικό το οποίο εισάγεται στη διδασκαλία με διάφορες μορφές, είτε έμμεσα ως πηγή έμπνευσης και εργαλείο σχεδιασμού ακολουθιών διδασκαλίας.

Σε ορισμένες εργασίες προτείνονται και διδακτικά μοντέλα για την εισαγωγή στοιχείων ΙΦΦΕ στη διδασκαλία. Οι Monk & Osborne (1997), για παράδειγμα, προτείνουν ένα παιδαγωγικό μοντέλο το οποίο στηρίζεται στην εποικοδομητική αντίληψη της διδασκαλίας των φυσικών επιστημών ως διδακτική μεθοδολογία (Κολιόπουλος, 2006). Το κυρίαρχο στοιχείο είναι η αντιπαράθεση ιδεών που προέρχονται από την ΙΦΦΕ, ιδεών των μαθητών και σύγχρονων αντιλήψεων για κάποια θεματική περιοχή των φυσικών επιστημών. Τελικός στόχος είναι η επίλυση των γνωστικών συγκρούσεων που δημιουργούνται από αυτήν την αντιπαράθεση στους συλλογισμούς των μαθητών. Το μοντέλο αυτό είναι γενικό, δεν εξαρτάται δηλαδή από το συγκεκριμένο θέμα ή πεδίο πραγμάτευσης. Μια άλλη αντίληψη εκφράζεται από ερευνητές οι οποίοι θεωρούν ότι η διδακτική προσέγγιση εξαρτάται από το περιεχόμενο ή/και τους ειδικούς στόχους της διδασκαλίας. Οι Bächtold & Munier (2018) προτείνουν για τη διδασκαλία της έννοιας της ενέργειας σε μαθητές Λυκείου μια στρατηγική η οποία περιλαμβάνει τα εξής πέντε σημαντικά στοιχεία: (α) μελέτη και αναπαραγωγή του ιστορικού πειράματος του Joule, με το οποίο αναδεικνύει μια ποσοτική μορφή της μετατροπής της «ζωτικής δύναμης» και «θερμότητα», (β) εισαγωγή του ορισμού του Rankine για την ενέργεια ο οποίος ερμηνεύει τα αποτελέσματα του πειράματος Joule χρησιμοποιώντας τους όρους «μηχανική ενέργεια» και «θερμική ενέργεια», (γ) μελέτη ενός ιστορικού κειμένου του Joule, (δ) χρήση ενός εννοιολογικού χάρτη για την έννοια της ενέργειας και (ε) πολλαπλή εφαρμογή της αρχής διατήρησης της ενέργειας. Σύμφωνα με τους ερευνητές, η συμβολή του ιστορικού υλικού στη γνωστική πρόοδο των μαθητών η οποία συνίσταται σε μια σταδιακή διαφοροποίηση της γενικευμένης έννοιας της ενέργειας σε ειδικότερες έννοιες, είναι σημαντική. Για παράδειγμα, η χρήση του κειμένου του Joule το οποίο αναφέρεται στον όρο «ζωτική δύναμη» και η υπόδειξη των εκπαιδευτικών προς τους μαθητές να τη συγκρίνουν με τον σύγχρονο όρο «δύναμη», έχει ως αποτέλεσμα να τους οδηγήσει στη διαφοροποίηση των όρων «δύναμη» και «ενέργεια» δεδομένου ότι η χρήση μιας αδιαφοροποίητης έννοιας συνιστά μια πολύ συχνή εναλλακτική αντίληψη των μαθητών. Μια αντίστοιχη διδακτική στρατηγική η οποία εξαρτάται από το περιεχόμενο διδασκαλίας (content depended), όπου χρησιμοποιούνται στοιχεία της ΙΦΦΕ χρησιμοποιήθηκε από τους Meli & Koliopoulos (2019) (Δείτε για λεπτομέρειες και το κεφάλαιο 3).

4.3 Πώς εμπλέκεται η ΙΦΦΕ στη διδασκαλία φυσικών επιστημών;

4.3.1 Η ΙΦΦΕ ως οργανωτική αρχή του προγράμματος σπουδών

Η συστηματική εισαγωγή στοιχείων ΙΦΦΕ στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών, ιστορικά, συνδέεται με ολοκληρωμένα προγράμματα σπουδών μεγάλης κλίμακας, δηλαδή, με προγράμματα σπουδών που αφορούν ολόκληρες εκπαιδευτικές βαθμίδες. Στις ΗΠΑ, η προσπάθεια δημιουργίας θετικών στάσεων προς τις φυσικές επιστήμες, η αλλαγή φιλοσοφίας των προγραμμάτων σπουδών φυσικών επιστημών προς την κατεύθυνση της αναβάθμισης της πολιτισμικής συνιστώσας της επιστημονικής γνώσης και η σύνδεση των προγραμμάτων αυτών με τον αντι-θετικιστικό χαρακτήρα των νέων επιστημολογικών τάσεων που εμφανίζονται στο προσκήνιο, οδήγησαν στον σχεδιασμό προγραμμάτων μεγάλης κλίμακας. Πέντε χαρακτηριστικές τέτοιες περιπτώσεις αποτελούν τα προγράμματα Introduction to concepts and theories in physical science (Holton & Brush, 1952)²⁴, το Harvard Case Studies in Experimental Science (Conant & Nash, 1957), το Biological Sciences Curriculum Study (Schwab, 1965) και το Harvard Project Physics (Rutherford, Holton & Watson, 1970). Η πιο γνωστή περίπτωση στην Ευρώπη είναι αυτή του Harvard Project Physics (HPP) που αργότερα μετονομάστηκε σε Project Physics Course²⁵. Μια ενημερωμένη έκδοσή του υφίσταται ακόμη εν χρήσει με τον τίτλο Understanding Physics (Cassidy, Holton & Rutherford, 2002)²⁶. Ένα χαρακτηριστικό στοιχείο των προγραμμάτων αυτών είναι η γενικευμένη χρήση αφηγημάτων σχετικών με την ιστορία των φυσικών επιστημών. Η σημαντική ποσότητα ιστορικού υλικού συνοδεύεται, δηλαδή, από εξαιρετικά ιστορικά αφηγήματα όπως τα κείμενα «Η ανατροπή της θεωρίας του φλογιστού» και «Η άνοδος και η πτώση της θερμιδικής θεωρίας» στο πρόγραμμα Harvard Case

²⁴ Μεταγενέστερη αναθεωρημένη και επαυξημένη έκδοση έχει μεταφραστεί και στην ελληνική γλώσσα (Holton & Brush, 2002).

²⁵ Η πρώτη αυθεντική έκδοση του προγράμματος διατίθεται σε ψηφιακή μορφή [εδώ](#).

²⁶ Τα αντίστοιχα σχολικά εγχειρίδια διατίθενται σε ψηφιακή μορφή στον [δικτυακό τόπο](#) του εκδοτικού οίκου Springer.

Studies in Experimental Science ή το κεφάλαιο της Νευτώνικης Σύνθεσης στο HPP. Διάφορες έρευνες αξιολόγησης του HPP έδειξαν ότι οι μαθητές που παρακολούθησαν αυτό το πρόγραμμα είχαν σημαντική πρόοδο στην έκφραση θετικών στάσεων προς αυτό και τις φυσικές επιστήμες γενικότερα χωρίς, όμως, να σημειωθεί και αντίστοιχη γνωστική πρόοδος σε σχέση με άλλα προγράμματα διδασκαλίας τα οποία δεν χρησιμοποιούσαν ιστορικο-φιλοσοφικό υλικό (Welch, 1973). Αρκετές υποθέσεις μπορεί να διατυπωθούν γι' αυτό. Το ότι δεν δόθηκε έμφαση στις επιστημονικές διαδικασίες και την κατανόηση του εννοιολογικού περιεχομένου είναι μία από αυτές (Russell, 1981). Φαίνεται ότι η ανάδειξη του πλαισίου εντός του οποίου γεννάται και αναπτύσσεται η νέα επιστημονική γνώση εμφανίζεται ως αυτόνομος στόχος χωρίς να διαφαίνεται μια οργανική συσχέτιση των ιστορικών στοιχείων με την εννοιολογική και μεθοδολογική συνιστώσα της επιστημονικής γνώσης. Αυτές οι παράλληλες πορείες του «πλαισίου ανακάλυψης» και του «πλαισίου αιτιολόγησης» παρατηρούνται και στην ελληνική εκδοχή αυτής της αντίληψης η οποία αποκρυσταλλώθηκε στο αντίστοιχο ελληνικό σχολικό εγχειρίδιο (Φυσική Ενιαίου Πολυκλαδικού Λυκείου). Τόσο η μεγάλη κλίμακας προσέγγιση στα προγράμματα σπουδών όσο και η μορφή της μακροσκελούς αφήγησης, συνήθως μέσω αυθεντικών κειμένων επιστημόνων, δεν φαίνεται να αποτελούν, πλέον, προνομιακές μορφές εισαγωγής της ΙΦΦΕ στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών και έχουν παραχωρήσει τη θέση τους σε περισσότερο στοχευμένες «τοπικές» παρεμβάσεις που χαρακτηρίζονται από σαφέστερους εκπαιδευτικούς στόχους όσον αφορά τη σύνδεση των δύο επιστημολογικών πλαισίων, μεγαλύτερη ποικιλία διδακτικών τεχνικών εισαγωγής ιστορικο-φιλοσοφικού υλικού στη διδασκαλία και, κυρίως, λειτουργικότητα σε σχέση με τη δυνατότητα αξιοποίησης των παρεμβάσεων αυτών από τους εκπαιδευτικούς.

4.3.2 Η ΙΦΦΕ και η τοπική προσέγγιση του προγράμματος σπουδών

Η εμπλοκή της ΙΦΦΕ στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών μπορεί να συνδέεται και με διάφορες, «εξωτερικές» ως προς την ίδια την επιστημολογική εξήγηση αυτής της εμπλοκής (δείτε την ενότητα 4.2) αντιλήψεις για την εκπαίδευση στις φυσικές επιστήμες. Πρόκειται για αντιλήψεις που αφορούν τη φύση και τα χαρακτηριστικά του προγράμματος σπουδών (π.χ. συγκρότηση προγραμμάτων συμβατών με τη «συμφραστική» προσέγγιση της διδασκαλίας), τις στρατηγικές διδασκαλίας (π.χ. χρήση της «διερευνητικής» διδασκαλίας), το είδος του διδακτικού μετασχηματισμού που οφείλει να υφίσταται η γνώση αναφοράς όταν μετατρέπεται σε γνώση προς διδασκαλία (π.χ. υιοθέτηση της «εποικοδομητικής» αντίληψης για τη διδασκαλία και μάθηση), καθώς και τις γνωστικές ανάγκες και δυνατότητες που έχουν οι μαθητές στα διάφορα εκπαιδευτικά επίπεδα (οι οποίες απαιτούν, π.χ. την εισαγωγή ποιοτικών ή ποσοτικών επιστημονικών μοντέλων στη διδασκαλία). Η σύνδεση της ΙΦΦΕ με όλες τις παραπάνω παραμέτρους λειτουργίας της εκπαίδευσης των φυσικών επιστημών καθιστά το ζήτημα της εμπλοκής της σε αυτήν ιδιαίτερα πολύπλοκο. Στα επόμενα κεφάλαια, θα πραγματευτούμε δύο περιπτώσεις οι οποίες μπορεί υπό ορισμένες συνθήκες να είναι πλήρως συμβατές και στην πράξη να εμφανίζονται ως μία ενιαία εκδοχή εισαγωγής της ΙΦΦΕ στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών: την εισαγωγή στοιχείων ΙΦΦΕ στα πλαίσια αφενός της συμφραστικής (contextual) διδασκαλίας των φυσικών επιστημών και αφετέρου της εποικοδομητικής αντίληψης για τη διδασκαλία και μάθηση των φυσικών επιστημών (Κολιόπουλος, 2006).

Σύμφωνα με τον Klassen (2006), τα περισσότερα σύγχρονα προγράμματα διδασκαλίας των φυσικών επιστημών χαρακτηρίζονται από μια στεγνή, απο-πλαισιωμένη γνώση η οποία δύσκολα συνδυάζεται με κάποιο πλαίσιο (context) ανάδειξης ή εφαρμογής αυτής της γνώσης που θα της προσέδιδε συγκεκριμένο νόημα προκαλώντας, ενδεχομένως, το ενδιαφέρον των μαθητών. Αντιθέτως, η συμφραστική διδασκαλία, κατασκευάζοντας συγκεκριμένα πλαίσια εντός των οποίων μπορεί κάποιος να πραγματευτεί την επιστημονική γνώση, προωθεί αφενός μια αυθεντικότερη σχέση με την επιστημονική γνώση και αφετέρου ενισχύει την αντίληψη ότι η μάθηση εξαρτάται από το πλαίσιο και το περιεχόμενο της γνώσης (context and content depended). Ο ίδιος ερευνητής διακρίνει πέντε πλαίσια που θεωρεί σημαντικά για τη μάθηση στις φυσικές επιστήμες, μεταξύ των οποίων και το ιστορικό πλαίσιο όπου προτείνεται η υπό προϋποθέσεις στοχευμένη εισαγωγή και κριτική ανάλυση αυθεντικών κειμένων επιστημόνων στη διδασκαλία που συνδυάζεται, πολλές φορές, με τη λεγόμενη «αφηγηματική» (story-line approach) προσέγγιση (Metz et al., 2007). Αυτό σημαίνει ότι γύρω από το αυθεντικό κείμενο ή μετασχηματισμένο ιστορικό υλικό, η διδασκαλία οφείλει να δημιουργήσει διδακτικές καταστάσεις με διάφορους πολιτισμικούς και γνωστικούς στόχους, καθώς και στόχους σχετικούς με τη ΦΤΕ, οι οποίες βασίζονται στην εισαγωγή και επίλυση προβλημάτων τα οποία θα πρέπει να παρουσιάζουν ενδιαφέρον για τους μαθητές (δείτε και το κεφάλαιο 8).

Οι Stinner et al., (2003) προτείνουν αυθεντικό ή μετασχηματισμένο ιστορικό υλικό που καλύπτει όλες τις βαθμίδες της εκπαίδευσης. Για παράδειγμα, για την προσχολική και πρωτοβάθμια εκπαίδευση προτείνονται

ιστορικά επεισόδια όπως «Η ιστορία των ηλιακών ρολογιών» και «Η ιστορία της πυξίδας και η μελέτη του μαγνητισμού από τον Gilbert», τα οποία συζητούνται με στόχο την εννοιολογική πρόοδο των παιδιών στα σχετικά θέματα, ενώ για το Γυμνάσιο προτείνονται μικρά κείμενα εμπνευσμένα από την ιστορία των φυσικών επιστημών (historical vignettes) όπως ένα κείμενο σχετικό με τον Benjamin Thompson (κόμη Rumford) ο οποίος με τα πειράματά του αποσταθεροποίησε την αντίληψη ότι η θερμότητα είναι ένα είδος ρευστού. Η επεξεργασία του κειμένου μπορεί να οδηγήσει στην πραγματοποίηση και τη συζήτηση των πειραμάτων του Thompson υπό το πρίσμα του προβληματισμού που ετέθη στο ιστορικό πλαίσιο. Αντίστοιχες πρακτικές συναντώνται στον ευρωπαϊκό και ελληνικό χώρο (Solomon, 1992; Sonnevile & Fauque, 1997; Fauque, 2007; Paraskevopoulou & Koliopoulos, 2011; Maurines & Beaufils, 2013; Μαρίνος, 2013; Δόσης 2014; Ποτηριάδου, 2015). Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η εργασία των Maurines & Beaufils (2013) οι οποίοι προτείνουν ένα διδακτικό σενάριο που βασίζεται στον συνδυασμό διερευνητικών (inquiry based) διδακτικών καταστάσεων και της εισαγωγής αυθεντικών ή κατασκευασμένων ιστορικών κειμένων τα οποία αντικαθιστούν αντίστοιχες πειραματικές δραστηριότητες ή λειτουργούν συγχρόνως με αυτές, με στόχο την οικοδόμηση εκ μέρους των μαθητών συγκεκριμένων πλευρών της επιστημονικής δραστηριότητας. Η δομή του σεναρίου είναι η εξής: (α) η ανάδειξη ή η κατασκευή ενός προβλήματος προς επίλυση από τους μαθητές με ιστορικό ενδιαφέρον (πώς γνωρίζουμε ότι ...), η προσπάθεια επίλυσης του προβλήματος μέσω της πραγμάτευσης ιστορικού υλικού που παρέχεται στους μαθητές και (γ) η διαδικασία μέσω της συζήτησης εκπαιδευτικού και μαθητών που μπορεί να οδηγήσει από την ειδική περίπτωση στη γενίκευση, δηλαδή στην εγκαθίδρυση της επιθυμητής γνώσης ΦτΕ. Η εργασία συνοδεύεται από συγκεκριμένα παραδείγματα υλοποίησης της συγκεκριμένης πρότασης.

Η εμφάνιση της εποικοδομητικής αντίληψης έδωσε και αυτή ώθηση στις προσπάθειες να συνδεθεί οργανικά η εισαγωγή στοιχείων της ΙΦΦΕ τόσο με την εννοιολογική όσο και με τη μεθοδολογική συνιστώσα της επιστημονικής γνώσης. Στην περίπτωση αυτή εισάγεται στη διδασκαλία διδακτικό υλικό το οποίο προέρχεται από την ανάλυση στοιχείων της ΙΦΦΕ σε κάποιο θεματικό τομέα σε συνδυασμό, πολλές φορές, με τη διερεύνηση των σχετικών με τον θεματικό τομέα νοητικών παραστάσεων των μαθητών. Για τον Martinand (1993), ο εκπαιδευτικός μπορεί να χρησιμοποιήσει χρηστικά για τους μαθητές κείμενα από την ΙΦΦΕ ως ευκαιρίες για ανάγνωση, στοχασμό και δημιουργία συγκρίσεων ή συσχετίσεων με στόχο «να συγκρίνουν οι μαθητές την πρόδοό τους σε σχέση με τα επιστημολογικά εμπόδια τα οποία υπερπηδήθηκαν στο παρελθόν από τους επιστήμονες» (σελ. 96). Οι Σέρογλου & Κουμαράς (2000), στον ελληνικό χώρο, ανέπτυξαν ένα ερευνητικό εργαλείο με το οποίο είναι δυνατόν να σχεδιαστούν διδακτικές δραστηριότητες εμπνευσμένες από την ΙΦΦΕ με στόχο τη γνωστική πρόοδο των μαθητών. Το εργαλείο αυτό εφαρμόστηκε στις περιπτώσεις μηχανικών φαινομένων (με πειραματικές δραστηριότητες εμπνευσμένες από το έργο του Γαλιλαίου) και ηλεκτρομαγνητικών φαινομένων (με πειραματικές δραστηριότητες από το έργο των Gilbert & Faraday), ενώ απεδείχθη ότι μαθητές της υποχρεωτικής εκπαίδευσης που έλαβαν μέρος στις δραστηριότητες σημείωσαν γνωστική πρόοδο. Ο Δέδες (2005), επίσης, χρησιμοποιεί υλικό από την ιστορία της Οπτικής και, κυρίως, το αποφασιστικό πείραμα με το οποίο ο Kepler ερμηνεύει το «οπτικό παράδοξο» της αλλαγής σχήματος του φωτεινού αποτυπώματος στο έδαφος όταν το φως του ήλιου περνάει μέσα από φυλλωσιές δέντρων, για να σχεδιάσει διδακτικό υλικό με στόχο τον μετασχηματισμό των νοητικών παραστάσεων μαθητών Γυμνασίου για την ευθύγραμμη διάδοση του φωτός. Για όσες από τις προηγούμενες περιπτώσεις έχουν διερευνηθεί τα γνωστικά αποτελέσματα της εφαρμογής τους, τα συμπεράσματα φαίνεται να είναι ενθαρρυντικά. Οι τοπικές, λοιπόν, προσεγγίσεις κερδίζουν έδαφος και αποτελούν πλέον, τόσο διεθνώς όσο και στον ελληνόφωνο χώρο, προνομιακό πεδίο προβληματισμού, έρευνας και εφαρμογών της ιστορικο-φιλοσοφικής προσέγγισης της διδασκαλίας των φυσικών επιστημών.

4.3.3 Η ΙΦΦΕ ως εργαλείο εκπαίδευσης και επιμόρφωσης εκπαιδευτικών

Η σχέση ΙΦΦΕ με την εκπαίδευση και επιμόρφωση των εκπαιδευτικών είναι πολλαπλή. Η ανάπτυξη προγραμμάτων εκπαίδευσης και επιμόρφωσης τα οποία απευθύνονται σε εκπαιδευτικούς και στοχεύουν στην εν γένει επιστημονική καλλιέργεια των εκπαιδευτικών αυτών είναι μια πλευρά αυτής της σχέσης. Η ανάπτυξη διδακτικού υλικού σχετικού με την ΙΦΦΕ που απευθύνεται σε εκπαιδευτικούς για να χρησιμοποιηθεί σε συγκεκριμένα προγράμματα σπουδών ή προγράμματα διδασκαλίας καθώς και οι οδηγίες κατασκευής ιστορικο-φιλοσοφικού υλικού κατάλληλου προς χρήση στις διδασκαλίες των φυσικών επιστημών είναι μια άλλη πλευρά. Τα τελευταία χρόνια, επίσης, αναπτύσσεται ένας προβληματισμός και εκπονούνται ερευνητικές εργασίες σχετικά με τη διάδοση προγραμμάτων διδασκαλίας που χρησιμοποιούν την ΙΦΦΕ σε ευρύτερους μαθητικούς πληθυσμούς και σε πραγματικές συνθήκες διδασκαλίας.

Η μύηση των εκπαιδευτικών που διδάσκουν φυσικές επιστήμες σε θέματα ΙΦΦΕ και ΦΤΕ και η ανάπτυξη σχετικού επιμορφωτικού υλικού αποτελεί έναν όλο και περισσότερο εμφανιζόμενο στόχο στην εκπαίδευση και επιμόρφωση των εκπαιδευτικών που διδάσκουν φυσικές επιστήμες. Διάφοροι λόγοι υπαγορεύουν αυτή την επιλογή. Ο βασικότερος ίσως λόγος είναι η στροφή διάφορων προγραμμάτων σπουδών προς τον στόχο του επιστημονικού αλφαριθμητισμού και προς μια διδασκαλία φυσικών επιστημών που θα εξυπηρετεί κυρίως τη μόρφωση για τον μέλλοντα πολίτη και όχι την εξειδικευμένη επαγγελματική μόρφωση. Έτσι, η ΙΦΦΕ θεωρείται ένα επιμορφωτικό εργαλείο που θα εμπλουτίσει την επαγγελματική καλλιέργεια του εκπαιδευτικού προς αυτήν την κατεύθυνση συμβάλλοντας, κυρίως, στην κατανόηση διάφορων στοιχείων της ΦΤΕ («τι είναι αυτό που το λέμε επιστήμη», πώς λειτουργούν οι φυσικές επιστήμες, ποια είναι τα κυρίαρχα επιστημολογικά ρεύματα, ποια είναι η σχέση τους με τον πολιτισμό και οι επιπτώσεις τους στη διδασκαλία) (Hodson, 2008; Clough, 2011²⁷; Izquierdo, 2008; Höttecke, Henke & Reiss, 2012; Bächtold & Guedj, 2014). Το επιμορφωτικό αυτό ρεύμα συνοδεύεται, βεβαίως, από ένα άλλο το οποίο σχετίζεται με τη μελέτη και την αλλαγή των αντιλήψεων των εκπαιδευτικών κυρίως για θέματα ΦΤΕ. Επίσης, ενδιαφέρον παρουσιάζουν οι εργασίες που αφορούν τους εκπαιδευτικούς που δεν είναι εξειδικευμένοι στο αντικείμενο των φυσικών επιστημών, όπως για παράδειγμα οι εκπαιδευτικοί της προσχολικής και πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης, για τους οποίους φαίνεται να είναι περισσότερο σημαντική η μύησή τους σε θέματα σχέσης των φυσικών επιστημών με την κοινωνία και τον πολιτισμό παρά με το ίδιο το περιεχόμενο των φυσικών επιστημών (Σέρογλου, 2006; Σέρογλου, 2017). Ένας άλλος στόχος στην εκπαίδευση και επιμόρφωση των εκπαιδευτικών που διδάσκουν φυσικές επιστήμες είναι να μπορούν οι εκπαιδευτικοί αυτοί να αντιλαμβάνονται τα γνωστικά εμπόδια και τις γνωστικές δυσκολίες των μαθητών τους. Η προσφυγή στην ΙΦΦΕ θα μπορούσε να διαφωτίσει και να αποσαφηνίσει προβλήματα που συναντά ο εκπαιδευτικός στον σχεδιασμό διδακτικών δραστηριοτήτων και την ερμηνεία των δυσκολιών των μαθητών (Martinand, 1993). Τέλος, επισημαίνεται ότι οι αντιλήψεις των εκπαιδευτικών σχετικά με ζητήματα ΙΦΦΕ δεν μεταφράζονται αυτομάτως και αναγκαστικά σε εκπαιδευτική πρακτική στις τάξεις (Lederman, 2007). Η διάδοση αυτών των αντιλήψεων συναντά σημαντικά εμπόδια (Höttecke & Silva, 2010) και φαίνεται να απαιτούνται δράσεις στο διοικητικό, εκπαιδευτικό και ερευνητικό επίπεδο για να αναδειχθούν οι όροι εκείνοι που θα επιτρέψουν στους εκπαιδευτικούς να προχωρήσουν σε επιστημολογικά έγκυρες και εκπαιδευτικά αποτελεσματικές διδασκαλίες.

Προς την κατεύθυνση της περιγραφής και ερμηνείας του μετασχηματισμού που υφίσταται η επιμορφωτική γνώση κατά την αλλαγή της σε εκπαιδευτική δράση εργάστηκαν οι Kanderakis, Dossis & Koliopoulos (2011). Στην εργασία αυτή παρουσιάζεται η δομή ενός επιμορφωτικού προγράμματος που είχε ως στόχο εκπαιδευτικοί της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης να γνωρίσουν και στη συνέχεια να εφαρμόσουν ένα πρόγραμμα διδασκαλίας της κίνησης του εκκρεμούς στο επίπεδο της γ' Γυμνασίου (δείτε την ενότητα 4.5). Το πρόγραμμα αυτό περιείχε υλικό ΙΦΦΕ και είχε σχεδιαστεί στο ερευνητικό περιβάλλον της ΔΦΕ. Στο πλαίσιο της αξιολόγησης του προγράμματος, οι εκπαιδευτικοί αναφέρθηκαν στην αναγκαιότητα ενός τέτοιου επιμορφωτικού προγράμματος, ώστε το τελικό αποτέλεσμα να καταστεί ικανοποιητικό για τους ίδιους και τους μαθητές τους. Πιο συγκεκριμένα, αναγνώρισαν τις ριζικές διαφορές, ανάμεσα στη συγκεκριμένη διδασκαλία και την παραδοσιακή προσέγγιση, την οποία εφάρμοζαν μέχρι τότε, καθώς και τις δυσκολίες αλλαγής «διδακτικού παραδείγματος» που η αναγνώριση αυτή συνεπαγόταν. Τα αποτελέσματα της αξιολόγησης οδήγησαν στο συμπέρασμα ότι ο σχεδιασμός καινοτόμων διδασκαλιών σε ερευνητικό περιβάλλον (in vitro research) διαφέρει από τον σχεδιασμό σε πραγματικές συνθήκες διδασκαλίας (in vivo research) και ότι απαιτούνται κατάλληλα επιμορφωτικά προγράμματα όπου ερευνητές της ΔΦΕ και εκπαιδευτικοί είναι δυνατόν να διαμορφώσουν μια κοινή γλώσσα η οποία θα εμπεριέχει στοιχεία τόσο θεωρίας όσο και πρακτικής που θα επιτρέπει την αξιόπιστη και αποτελεσματική μεταφορά διδασκαλιών βασισμένων στην έρευνα (research-based teaching) σε διδασκαλίες στις πραγματικές τάξεις.

27 Πρόκειται για βιβλιογραφική αναφορά σχετική με το πρόγραμμα «[The Story behind the Science](#)» στον δικτυακό τόπο του οποίου μπορεί να βρει κανείς ποικίλο ιστορικό υλικό με τη μορφή σύντομων ιστοριών εμπνευσμένων από την ΙΦΦΕ κατάλληλων προς διδακτική αξιοποίηση.

4.3.4 Ηλεκτρονικές πηγές εκπαιδευτικού υλικού

- *Η ομάδα IHPST*: Η ομάδα International History, Philosophy and Science Teaching Group ([IHPST](#)) ιδρύθηκε το 1987 και είναι ίσως το παλαιότερο διεθνές forum ανταλλαγής απόψεων για τη σχέση ΙΦΦΕ με τη διδασκαλία των φυσικών επιστημών. Η ομάδα μέσω των δραστηριοτήτων της προωθεί (α) τη χρήση ιστορικής, φιλοσοφικής και κοινωνιολογικής γνώσης για την αποσαφήνιση και αντιμετώπιση των θεωρητικών, παιδαγωγικών και διδακτικών ζητημάτων που απασχολούν τη σύγχρονη εκπαίδευση των φυσικών επιστημών, (β) τη συνεργασία μεταξύ διάφορων επιστημονικών κοινοτήτων όπως αυτές των φυσικών επιστημόνων, μαθηματικών, ιστορικών, φιλοσόφων, γνωστικών ψυχολόγων, κοινωνιολόγων ερευνητών της Διδακτικής των φυσικών επιστημών και εκπαιδευτικών της δευτεροβάθμιας και τριτοβάθμιας εκπαίδευσης, (γ) τη συμπερίληψη κατάλληλων προγραμμάτων ιστορίας, φιλοσοφίας και κοινωνιολογίας των φυσικών επιστημών στην εκπαίδευση των εκπαιδευτικών που διδάσκουν φυσικές επιστήμες, (δ) τη διάδοση σε όλες τις βαθμίδες της εκπαίδευσης διδακτικών δραστηριοτήτων, ενοτήτων διδασκαλίας και προγραμμάτων διδασκαλίας που χρησιμοποιούν στοιχεία ΙΦΦΕ και (ε) τη συζήτηση σχετικά με τη φιλοσοφία και τις επιδιώξεις της εκπαίδευσης των φυσικών επιστημών καθώς και με τη συμβολή της στην πνευματική και ηθική ανάπτυξη ατόμων και πολιτισμικών υποκειμένων. Η ομάδα συνδέεται ιστορικά με το επιστημονικό περιοδικό Science and Education και έχει διοργανώσει μεγάλο αριθμό συνεδρίων²⁸.
- *Το ευρωπαϊκό πρόγραμμα HIPST*: Το ευρωπαϊκό πρόγραμμα History and Philosophy of Science Teaching έχει ως στόχο τη διάδοση της ιδέας για εισαγωγή στοιχείων ΙΦΦΕ στα προγράμματα σπουδών και τη διδασκαλία σε διάφορες ευρωπαϊκές χώρες. Πιο συγκεκριμένα, στοχεύει στη βελτίωση των στρατηγικών για τον σχεδιασμό και τη διάδοση ιστορικού και φιλοσοφικού υλικού καθώς και μεθόδων και μέσων διδασκαλίας αυτού του υλικού. Παράλληλα, προωθούνται στρατηγικές ενδυνάμωσης της συνεργασίας και εγκαθίδρυσης ενός μόνιμου δικτύου ανταλλαγών πληροφοριών. Στον δικτυακό τόπο του προγράμματος (<http://hipstwiki.wikifoundry.com/>) μπορεί να βρει κάποιος πάνω από τριάντα προγράμματα διδασκαλίας με πλήρεις περιγραφές των διδακτικών στόχων, των διδακτικών δραστηριοτήτων, του ιστορικο-φιλοσοφικού υλικού που χρησιμοποιείται, καθώς και αποτελέσματα αξιολόγησης από ενδεχόμενη εφαρμογή των προγραμμάτων in vitro (πειραματικές συνθήκες) και in vivo (συνθήκες διάδοσης σε πραγματικές τάξεις). Υπάρχουν επίσης κείμενα σχετικά με τους λόγους διάδοσης της ΙΦΦΕ στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών και για τα κριτήρια ποιότητας ανάπτυξης εκπαιδευτικών εργαλείων.
- *Το συνέδριο «Ιστορία, Φιλοσοφία και διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών» στον ελληνόφωνο χώρο*: Τον Απρίλιο του 2001 διεξήχθη στη Θεσσαλονίκη το συμπόσιο «Η συμβολή της Ιστορίας και Φιλοσοφίας των Φυσικών Επιστημών στη Διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών». Εκεί τίθενται ερωτήματα όπως «πώς η ΙΦΦΕ μπορεί να διαμορφώσει μια καινούργια πρόταση για τη διδασκαλία στις φυσικές επιστήμες» και «πώς η ΙΦΦΕ μπορεί να συμβάλλει στην εκπαίδευση επιμορφωτών και εκπαιδευτικών». Το συμπόσιο της Θεσσαλονίκης μετεξελίχθηκε σε συνέδριο, το οποίο διεξάγεται κάθε δύο χρόνια σε διάφορες πόλεις της Ελλάδας και της Κύπρου προωθώντας στον ελληνόφωνο χώρο τη συζήτηση που ξεκίνησε στο πρώτο συνέδριο και η οποία παραμένει ακόμη ζωντανή. Το συνέδριο εκδίδει Πρακτικά στα οποία αποτυπώνονται οι διάφορες τάσεις, ερευνητικά ρεύματα και διδακτικές εφαρμογές (Κουμαράς, Σέρογλου & Σκορδούλης, 2001; Σκορδούλης & Χαλκιά, 2003; Σκορδούλης & Νικολαΐδης, 2005; Κολιόπουλος, 2007; Κορφιάτης, Πορτίδης, Ραφτόπουλος & Χαραλάμπους, 2009; [Κολιόπουλος, 2014](#); [Πετάκος & Στεφανίδου, 2017](#)).

4.4 Η ΙΦΦΕ στο Μουσείο Επιστήμης και Τεχνολογίας

Όπως φαίνεται από τα προηγούμενα, η εισαγωγή στοιχείων ΙΦΦΕ στη διδασκαλία έχει μια μακρά παρουσία στην τυπική εκπαίδευση. Αντιθέτως, έχει ελάχιστα διερευνηθεί η παρουσία της σε χώρους όπως τα μουσεία επιστημών ή τα φεστιβάλ επιστήμης που αποτελούν σύγχρονα περιβάλλοντα διάδοσης της επιστημονικής γνώσης και φορείς άτυπων και μη τυπικών μορφών εκπαίδευσης στις φυσικές επιστήμες (Δείτε και τα κεφάλαια 10 και 11). Σε μια εκτενή βιβλιογραφική επισκόπηση εξετάστηκε με ποιον τρόπο η ΙΦΦΕ είναι δυνατόν να

²⁸ Το 2011 και το [2019](#), το διεθνές συνέδριο της ομάδας IHPST διεξήχθη στη Θεσσαλονίκη, φιλοξενούμενο από το Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης (ΠΤΔΕ) του Αριστοτέλειου Παν/μιου Θεσσαλονίκης. Τα έτη αυτά υπήρξε κοινή διεξαγωγή του διεθνούς συνεδρίου και του αντίστοιχου ελληνικού.

λειτουργήσει αφενός ως εκθεσιακό και επικοινωνιακό στοιχείο και αφετέρου ως εκπαιδευτικό εργαλείο σε ένα μουσείο επιστημών, δηλαδή σε έναν προνομιακό χώρο διάδοσης της επιστημονικής γνώσης (Φιλίππουπολίτη & Κολιόπουλος, 2014; Filippoupoliti & Koliopoulos, 2014). Σύμφωνα με τους ερευνητές αυτούς, η ΙΦΦΕ ως εκθεσιακό στοιχείο εμφανίζεται κυρίως στους τύπους εκείνους του μουσείου επιστημών που διαθέτουν συλλογές αυθεντικών επιστημονικών συσκευών και οργάνων ή βιολογικών/γεωλογικών δειγμάτων, σε μουσεία δηλαδή που έχουν ως κύριο στόχο να διασώσουν, να ερμηνεύσουν και να εκθέσουν τον επιστημονικό υλικό πολιτισμό (Bennett, 1997). Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα της υλοποίησης αυτού του στόχου αποτελεί αναγνώριση της σημασίας της ιστορίας των επιστημονικών οργάνων και της μελέτης της συμβολής τους στην ανάπτυξη διάφορων κλάδων των φυσικών επιστημών, της χρησιμοποιούμενης τεχνολογίας της εποχής τους ή της αισθητικής τους αξίας (Taub, 2011). Η προσομοίωση σημαντικών ιστορικών πειραμάτων και εν γένει η ανάδειξη της πειραματικής ιστορίας των φυσικών επιστημών αποτελεί επίσης έναν σημαντικό χώρο όπου η ΙΦΦΕ μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως ερμηνευτικό πλαίσιο της υλικής επιστημονικής παράδοσης. Η σχέση αυτή αναπτύσσεται όχι μόνο για την αξιοποίηση υπαρχουσών αυθεντικών συλλογών του μουσείου επιστημών αλλά και μέσω της κατασκευής και έκθεσης απομιμήσεων επιστημονικών οργάνων και συσκευών του παρελθόντος εντός του τυπικού εκπαιδευτικού συστήματος (Heering & Wittje, 2011). Διάφορα μουσεία, επίσης, αντιλαμβάνονται την ΙΦΦΕ όχι μόνο ως πεδίο ερμηνείας των συλλογών τους υπό το πρίσμα της εσωτερικής διάρθρωσης του πεδίου αυτού, αλλά ενδιαφέρονται για την ιστορική ανάδειξη των σχέσεων της επιστήμης με την τεχνολογία, την κοινωνία και τον πολιτισμό.

Οι μεγάλες αλλαγές που παρατηρούνται μετά τη δεκαετία του '80 στη μουσειολογική και μουσειογραφική αντίληψη για το μουσείο επιστημών, οι σύγχρονες ερευνητικές τάσεις στον τομέα της ΙΦΦΕ καθώς και το αυξανόμενο ενδιαφέρον των ιστορικών της επιστήμης για τις επιστημονικές συλλογές των μουσείων οδηγούν σε σημαντικές αλλαγές και στον τρόπο παρουσίασης της ΙΦΦΕ στα μουσεία. Έτσι, διακρίνονται τρεις τουλάχιστον επιστημολογικές αντιλήψεις για τον χειρισμό της ΙΦΦΕ στις εκθέσεις. Η πρώτη είναι η παραδοσιακή αντίληψη η οποία αντιλαμβάνεται την ΙΦΦΕ κυρίως ως καταγραφή και τεκμηρίωση αντικειμένων και γεγονότων. Η δεύτερη αντίληψη βλέπει την ΙΦΦΕ ως ιστορία των ιδεών που κρύβονται πίσω από τα αντικείμενα. Στην περίπτωση αυτή, η αυθεντικότητα των συλλογών είναι ελάχιστος σημασίας. Η έμφαση δίνεται στην ανάδειξη της γέννησης, της εξέλιξης ή/και εννοιολογικής πραγμάτευσης της ιδέας ή των ιδεών που νοηματοδοτούν τα αντικείμενα. Η [Grande Galerie de l'Évolution](#) του Muséum National d'Histoire Naturelle στο Παρίσι, όπου παρουσιάζεται η ιδέα της εξέλιξης των ειδών, αποτελεί χαρακτηριστική περίπτωση αυτής της προσέγγισης. Τέλος, η τρίτη αντίληψη βασίζεται σε σημαντικές μελέτες από τον χώρο της κοινωνιολογίας της επιστήμης. Οι μελέτες αυτές έχουν δώσει έμφαση στη διαδικασία και στον τρόπο με τον οποίο δομείται σταδιακά η επιστημονική πρακτική και όχι στο τελικό προϊόν που αυτή αποφέρει. Μέσα από την ανάδειξη της επιστημονικής διαδικασίας αναδεικνύονται παράγοντες, όπως κοινωνικοί, πολιτικοί και άλλοι, αλλά και οι εσωτερικές ωσμήσεις που οδηγούν στην επιστημονική ανακάλυψη, για παράδειγμα τι συμβαίνει σε ένα εργαστήριο ή κατά τη διάρκεια ενός κρίσιμου πειράματος (Chittenden, Farmello & Lewenstein, 2004).

Τα μουσεία επιστήμης φαίνεται, όμως, να παίζουν και έναν εκπαιδευτικό ρόλο στη διάδοση της επιστημονικής γνώσης που σχετίζεται με την ΙΦΦΕ. Σύμφωνα με τους ίδιους ερευνητές, η επισκόπηση των εκπαιδευτικών εργαλείων που χρησιμοποιεί το μουσείο επιστημών για να διαδώσει στοιχεία ΙΦΦΕ έδειξε ότι υφίστανται τρεις τουλάχιστον κατηγορίες χρήσης των εργαλείων αυτών:

(α) *Η επένδυση ξεναγήσεων με αφηγηματικά στοιχεία ΙΦΦΕ*. Πρόκειται για την πλέον απλή περίπτωση εκπαιδευτικής παρέμβασης, η οποία συνοδεύει μια ξενάγηση σε μουσείο επιστημών. Πρόκειται συνήθως για κατασκευασμένες ιστορίες οι οποίες εμπεριέχουν αφηγήσεις σχετικά με πρόσωπα, ιδέες και πρακτικές που συναντάμε στην ΙΦΦΕ και είναι δυνατόν να συμβάλλουν είτε στην αύξηση του ενδιαφέροντος για μια έκθεση είτε στη νοηματοδότηση αυτής της έκθεσης.

(β) *Τα εκπαιδευτικά προγράμματα/εργαστήρια μουσείων*. Χαρακτηριστικό παράδειγμα σύνδεσης της μουσειακής εκπαίδευσης και της ΙΦΦΕ μέσω εκπαιδευτικών προγραμμάτων είναι η προσέγγιση του Deutsches Museum. Στην περίπτωση αυτή τα προγράμματα συνδέονται με τις επιστημονικές συλλογές και εκθέσεις του μουσείου. Ο Teichmann (1981) αναφέρει χαρακτηριστικά ότι:

«Τα ιστορικά επιστημονικά όργανα που εκτίθενται στα μουσεία πρέπει να ενσωματώνονται στις εκπαιδευτικές δραστηριότητες του μουσείου και να μην παραμένουν απλώς κειμήλια. Για παράδειγμα, οι ιστορικές συλλογές και η σύγχρονη διδακτική μπορούν να συνδεθούν με τους εξής τρόπους: (α) συχνά σύγχρονες καταστάσεις μπορούν να διευκρινιστούν με αναφορά σε ιστορικά παραδείγματα, (β) οι διαφορετικές συνθήκες του παρελθόντος και οι δυσκολίες στην επίτευξη της νέας γνώσης ή στην αλλαγή

μια βαθιά εδραιωμένης επιστημονικής θεωρίας του παρελθόντος μπορούν να προσφέρουν ένα πολύτιμο μάθημα ως προς την προσέγγισή μας στα σύγχρονα επιστημονικά δεδομένα και (γ) η ενσωμάτωση των σύγχρονων και ιστορικών αντικειμένων στις εκθέσεις σε ένα πλαίσιο πολιτισμικής προόδου και ομανιστικής προσέγγισης της επιστήμης μπορεί να αποτυπώσει την ιδιαίτερη θέση της επιστήμης και της τεχνολογίας» (Teichmann, 1981,σελ. 474).

(γ) *Η συνεργασία μουσείου-τυπικής εκπαίδευσης*. Πρόκειται για μια ιδιαίτερα επωφελή για εκπαιδευτικούς και μαθητές συνεργασία η οποία έχει αποδειχτεί ότι οδηγεί σε πολλές περιπτώσεις σε συναισθηματική και γνωστική πρόοδο των μαθητών που λαμβάνουν μέρος σε σχετικά προγράμματα (Κολιόπουλος, 2017). Στη συνεργασία αυτή είναι δυνατόν να εμπλέκεται και η τριτοβάθμια εκπαίδευση μέσω προγραμμάτων εκπαίδευσης φοιτητών ή επιμόρφωσης εκπαιδευτικών. Ελάχιστα φαίνεται, πάντως, να είναι τα παραδείγματα αυτής της συνεργασίας σε σχέση με την ΙΦΦΕ. Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα τέτοιας συνεργασίας περιγράφουν οι Falomo-Bernarduzzi, Albanesi & Bevilacqua (2014). Συγκεκριμένα, περιγράφουν εκπαιδευτικές δραστηριότητες σε διάφορες εκπαιδευτικές βαθμίδες σχετιζόμενες με την έκθεση «Εργαστήριο του Γαλιλαίου» στην οποία εκτίθενται ανακατασκευές εργαστηριακών συσκευών που φαίνεται ότι χρησιμοποίησε ο Γαλιλαίος σε πειράματα Μηχανικής. Αυτές οι δραστηριότητες δεν επιλέγονται τυχαία από τα σχολεία, επειδή απλώς η θεματική τους τυγχάνει να συνδέεται με το αναλυτικό πρόγραμμα, αλλά επειδή έχουν σχεδιαστεί από το μουσείο μαζί με το κάθε σχολείο. Αυτού του τύπου τα εργαστήρια προσφέρουν τα «σημεία εκκίνησης» για δραστηριότητες στη σχολική τάξη οι οποίες είναι συνδεδεμένες με το πρόγραμμα του μουσείου, αλλά αποτελούν μέρος επίσης της απαιτούμενης σχολικής γνώσης. Οι Faria, Guilherme, Gaspar & Boaventura (2015) περιγράφουν ένα εκπαιδευτικό πρόγραμμα που απευθύνεται σε μαθητές προσχολικής εκπαίδευσης που έχει ως στόχο αφενός την οικοδόμηση επιστημονικής γνώσης για τη ζωή σε μεγάλα βάθη στη θάλασσα και αφετέρου την κατανόηση των διαφορετικών πτυχών της ΦτΕ. Το πρόγραμμα λαμβάνει τη μορφή προγραμμάτων τριμερούς πορείας τα οποία περιλαμβάνουν δραστηριότητες πριν, κατά τη διάρκεια και μετά την επίσκεψη μαθητών σε μουσειακούς χώρους (στη συγκεκριμένη περίπτωση, στο [Vasco da Gama Aquarium](#) και το [Maritime Museum](#) της Λισαβόνας). Σύμφωνα με τους ερευνητές, αφενός η επαφή των μαθητών με ιστορικές συλλογές οργανισμών, επιστημονικών οργάνων και πλοίων και αφετέρου η επεξεργασία μέσα στην τάξη των στοιχείων που συνέλεξαν στους μουσειακούς χώρους, οδήγησαν τους μαθητές όχι μόνο στην οικοδόμηση γνώσεων για τη βιοποικιλότητα και την προσαρμογή των ειδών αλλά και για τις επιστημονικές πρακτικές και την ανάπτυξη της επιστημονικής γνώσης. Στον ελληνικό χώρο, η εξαιρετική εργασία της Πάπαρου (2012) περιγράφει εκπαιδευτικές δραστηριότητες με τη μορφή διαλέξεων-επιδείξεων βασισμένες στη συλλογή επιστημονικών οργάνων του σχολικού Μουσείου Επιστημών της Χίου. Αναπτύχθηκαν θέματα όπως «Οι πρώτες μέρες του Ηλεκτρισμού» ή «Η ιστορία των μαγνητών και των πυξίδων» και στη συνέχεια οι συμμετέχοντες προσκλήθηκαν να παρατηρήσουν και να συγκρίνουν τα επιστημονικά όργανα, να εκτελέσουν ένα πείραμα και να αξιολογήσουν τα αποτελέσματα, να κάνουν διευκρινιστικές υποθέσεις και να εξερευνήσουν επιστημονικά αρχεία.

4.5 Ένα παράδειγμα διδακτικής παρέμβασης: Η περίπτωση της διδασκαλίας του απλού εκκρεμούς

Η προτεινόμενη διδακτική παρέμβαση²⁹ εντάσσεται σε μια ευρύτερη έρευνα σχεδιασμού, υλοποίησης και αξιολόγησης διδακτικής ακολουθίας, στην οποία εισάγονται μεταξύ άλλων και στοιχεία ΙΦΦΕ (Δόσης, 2014). Αποτελείται από ένα σύνολο τεσσάρων ενοτήτων που αναφέρεται στο *απλό εκκρεμές* και τη σχέση του με την ακριβή μέτρηση του χρόνου. Η διδασκαλία αυτή απευθύνεται σε μαθητές του ελληνικού Γυμνασίου (14-15 ετών) και διαφέρει ριζικά από την παραδοσιακή μορφή διδασκαλίας του συγκεκριμένου αντικειμένου. Στην παραδοσιακή διδασκαλία του εκκρεμούς εμπλέκονται διαφορετικά εννοιολογικά πλαίσια, όπως αυτό της Νευτωνικής Μηχανικής ή το πλαίσιο της διατήρησης της ενέργειας. Αντιθέτως, στην προτεινόμενη προσέγγιση, εισάγονται κατά κύριο λόγο στοιχεία της ιστορίας των φυσικών επιστημών και γίνεται μια εις βάθος πραγμάτευση του πλαισίου της *ισόχρονης κίνησης* του εκκρεμούς, όπως αυτό επινοήθηκε από τον Γαλιλαίο (Matthews, 2000)³⁰ γνωρίζοντας ουσιαστικά ότι στη συγκεκριμένη βαθμίδα το βασικό εννοιολογικό πρόβλημα για τους

²⁹ Η πλήρης περιγραφή της δομής, του περιεχομένου των φύλλων εργασίας και των εργαλείων αξιολόγησης της διδακτικής παρέμβασης βρίσκεται στο Δόσης, 2014.

³⁰ Το βιβλίο έχει μεταφραστεί στα ελληνικά από την Αναπλ. Καθηγήτρια του ΑΠΘ Φ. Σέρογλου (Matthews, 2011).

μαθητές είναι αυτό της οικοδόμησης της ισόχρονης κίνησης του εκκρεμούς και της έννοιας της περιόδου. Συγχρόνως, η σύνδεση του απλού εκκρεμούς με τους μηχανισμούς *μέτρησης του χρόνου* αναβαθμίζει, αφενός, την πολιτισμική συνιστώσα της επιστημονικής γνώσης και, αφετέρου, προσδίδει νόημα στη μελέτη της εννοιολογικής και μεθοδολογικής συνιστώσας της γνώσης (Κολιόπουλος, 2006). Παράλληλα, επιχειρείται μια *υποθετικο-παραγωγική προσέγγιση* της σχέσης ανάμεσα στην περίοδο του απλού εκκρεμούς, το μήκος του νήματος του εκκρεμούς και την επιτάχυνση της βαρύτητας.

Η προηγούμενη λογική εξυπηρετείται από την εισαγωγή στη διδασκαλία τριών μικρών κειμένων που εμπεριέχουν στοιχεία από την ΙΦΦΕ³¹. Στο *πρώτο κείμενο* παρουσιάζεται ένα σχέδιο ρολογιού παρόμοιο με αυτό του Γαλιλαίου. Οι μαθητές ερωτώνται για τον ρόλο του κάθε στοιχείου του ρολογιού, αναφέρονται στον ρόλο του απλού εκκρεμούς στη ρύθμιση του ρολογιού και διατυπώνουν υποθέσεις σχετικά με τους παράγοντες που επιδρούν στην περίοδο του απλού εκκρεμούς, έτσι ώστε να ρυθμιστεί το ρολόι. Το *δεύτερο κείμενο* αναφέρεται σε ένα απόσπασμα από το βιβλίο του Γαλιλαίου *Διάλογος για τις καινούργιες επιστήμες* και σχετίζεται με την ισόχρονη κίνηση του εκκρεμούς. Το κείμενο αυτό εισάγεται στη διδασκαλία σε συνδυασμό με δραστηριότητες - προβλήματα που έχουν ως κύριο στόχο να συζητήσουν οι μαθητές το παράδοξο της ισόχρονης κίνησης του εκκρεμούς, όπως: (α) «Τι νομίζετε ότι θα απαντούσε ο Σαλβιάτι (δηλαδή, αυτός που εκφράζει τις ιδέες του Γαλιλαίου) σ' αυτά που ισχυρίζεται ο Σαγρέντο;» και (β) «Ποια συγκεκριμένη τεχνική θα προτεινάτε για να ελέγξετε την αλήθεια ή το λάθος του ισχυρισμού του Σαγρέντο;». Στο *τρίτο κείμενο* περιγράφεται η ανακάλυψη του αστρονόμου J. Richer σύμφωνα με την οποία το μήκος του εκκρεμούς δευτερολέπτων που είχε ρυθμιστεί στο Παρίσι, θα έπρεπε να ελαττωθεί, ώστε αυτό να εξακολουθεί να χτυπάει τα δευτερόλεπτα στο Cayenne. Το κείμενο αυτό σχετίζεται με τη διατύπωση εκ μέρους των μαθητών υποθέσεων για τους παράγοντες από τους οποίους εξαρτάται η περίοδος του εκκρεμούς.

Τα βασικά στοιχεία αυτής της ανάλυσης σχετίζονται τόσο με την εννοιολογική διάσταση όσο και με τη μεθοδολογική διάσταση της επιστημονικής γνώσης. Στο εννοιολογικό επίπεδο, η έννοια της ισόχρονης κίνησης του εκκρεμούς καθίσταται θεμελιώδης. Η έννοια αυτή απορρέει τόσο από τον νόμο του μήκους όσο και από τον νόμο του πλάτους. Από την άλλη μεριά, στο μεθοδολογικό επίπεδο, η εργασία του Γαλιλαίου δείχνει ότι η μαθηματική εξήγηση προηγείται οποιασδήποτε πειραματικής απόδειξης της ισόχρονης κίνησης του εκκρεμούς. Ταυτοχρόνως, η διαπίστωση του Richer ότι η περίοδος του ρολογιού εκκρεμούς του Huygens διέφερε στην Cayenne σε σχέση με το Παρίσι και οι συνακόλουθες διαφωνίες που οδήγησαν στην εξέταση νέων παραγόντων που επιδρούν στην περίοδο του εκκρεμούς, όπως η βαρύτητα και το σχήμα της γης, δείχνουν τον τρόπο με τον οποίο τα ιστορικά γεγονότα επηρεάζουν τη μεθοδολογία των φυσικών επιστημών. Η συγκεκριμένη προσέγγιση διαφέρει από την παραδοσιακή στα παρακάτω σημεία (Κολιόπουλος & Constantinou, 2002):

- Μια ευρύτερη ενότητα συγκροτείται γύρω από το πρόβλημα της μέτρησης του χρόνου (και μάλιστα όπως αυτό τίθεται στην ιστορική του διάσταση) που συνιστά το *πολιτισμικό πλαίσιο* μέσα στο οποίο τα επιθυμητά εννοιολογικά και μεθοδολογικά χαρακτηριστικά της συγκεκριμένης σχολικής γνώσης αποκτούν νόημα. Αντιθέτως, στην παραδοσιακή διδασκαλία η διδασκαλία του εκκρεμούς συγκροτείται ως υποπερίπτωση της διδασκαλίας των ταλαντώσεων, δηλαδή η πολιτισμική συνιστώσα της επιστημονικής γνώσης εμφανίζεται υποβαθμισμένη. Επίσης, καμία αναφορά δεν γίνεται στην ΙΦΦΕ.
- Υπάρχει μια εις βάθος ανάλυση του εννοιολογικού πλαισίου, η οποία, στη συγκεκριμένη περίπτωση, συσχετίζεται με το να υποδεικνύει μια ποιοτική/ημι-ποσοτική σχέση μεταξύ της περιόδου του απλού εκκρεμούς, του μήκους του νήματος του εκκρεμούς και της επιτάχυνσης της βαρύτητας. Η μαθηματική προσέγγιση αυτής της σχέσης δεν είναι απαραίτητη σε αυτό το επίπεδο. Την ίδια στιγμή, η μελέτη άλλων εννοιολογικών πλαισίων, όπως η νευτώνεια ανάλυση, η ενεργειακή ανάλυση και η μέτρηση της επιτάχυνσης της βαρύτητας, παραλείπονται. Η ΙΦΦΕ όχι μόνο συμβάλλει, σε αυτή την περίπτωση, στην *ανάδειξη* και *επεξεργασία* του προτεινόμενου εννοιολογικού πλαισίου, αλλά υποδεικνύει τον *δυναμικό* και όχι *στατικό* χαρακτήρα της επιστημονικής γνώσης, το ότι δηλαδή η γνώση αυτή κατασκευάζεται σταδιακά και δεν υφίσταται εξ αρχής ως λογική δομή ανεξάρτητη των προβληματικών καταστάσεων οι οποίες οδηγούν στην κατασκευή της. Αντίθετα, στην παραδοσιακή διδασκαλία υπάρχει παράθεση ή/και ανάμειξη του νευτωνικού δυναμικού εννοιολογικού πλαισίου και του ενεργειακού εννοιολογικού πλαισίου, ενώ η σχέση περιόδου εκκρεμούς με το μήκος νήματος και την επιτάχυνση της βαρύτητας

31 Το πλήρες περιεχόμενο των ιστοριών αυτών βρίσκεται στο κεφάλαιο 8.

θεωρείται απλώς δεδομένη ή παράγεται από τα δεδομένα της εμπειρίας στα πλαίσια μιας εμπειριστικής πειραματικής διαδικασίας.

- Αναδεικνύεται, τέλος, μια υποθετικο-παραγωγική μεθοδολογική αντίληψη για την παραγωγή της σχέσης της περιόδου του απλού εκκρεμούς με το μήκος του νήματος του εκκρεμούς και την επιτάχυνση της βαρύτητας. Αναφορικά με το μήκος του απλού εκκρεμούς, ένα πρακτικό πρόβλημα που αναδύεται αφορά την εξήγηση του πώς ένα ρολόι «κτυπά τα δευτερόλεπτα». Αυτή η δραστηριότητα - πρόβλημα μπορεί να οδηγήσει τους μαθητές στο να σχεδιάσουν και να προτείνουν οι ίδιοι τις αντίστοιχες πειραματικές δραστηριότητες σύμφωνα με τις οποίες θα ελεγχθούν με ποιοτικό και ποσοτικό (όχι κατ' ανάγκην μαθηματικό) τρόπο οι υποθέσεις για τη σχέση της περιόδου του απλού εκκρεμούς (α) με το μήκος νήματος και (β) με τη βαρύτητα και τη (μη) σχέση της με το βάρος του σφαιριδίου. Η ΙΦΦΕ προσδίδει στην περίπτωση μας το αναγκαίο περιβάλλον για την ανάπτυξη μιας σχολικής μορφής του *υποθετικο-παραγωγικού συμπερασμού* (Κουλαϊδής, 2001). Η ανάδειξη και επεξεργασία των διάφορων υποθέσεων (στην πρώτη ιστορία, η ποιοτική ανάδειξη των παραγόντων που επηρεάζουν την περίοδο ενός ρολογιού-εκκρεμούς, στη δεύτερη ιστορία η επιβεβαίωση της ισόχρονης κίνησης του απλού εκκρεμούς και στην τρίτη ιστορία η ανάδειξη και επιβεβαίωση ενός ακόμη παράγοντα από τον οποίο εξαρτάται η περίοδος του απλού εκκρεμούς) εκπορεύεται και λαμβάνει νόημα από το ιστορικό πλαίσιο εντός του οποίου μελετάται το πρόβλημα της κίνησης του εκκρεμούς. Αντιθέτως, η μεθοδολογική αντιμετώπιση της παραδοσιακής διδασκαλίας αποτελεί κλασική σχολική εμπειριστική προσέγγιση (Κουλαϊδής, 2001) όπου η σχέση περιόδου, μήκους νήματος και επιτάχυνσης της βαρύτητας παράγεται εκ της εμπειρίας ως τεχνική και όχι εννοιολογική διαδικασία μέσω μιας σειράς οδηγιών-εντολών, η εκτέλεση των οποίων θα οδηγήσει στην εκ των προτέρων αναγγελθείσα γνώση.

Σε μια έρευνα που πραγματοποιήθηκε με μαθητές που παρακολούθησαν τη διδασκαλία σε πραγματικές συνθήκες διδασκαλίας (Koliopoulos, Dossis & Kanderakis, 2010), η ανάλυση των δεδομένων δείχνει ότι η πλειονότητα των μαθητών πιστεύει πως η εισαγωγή μικρών ιστορικών περιπτώσεων, εμπνευσμένων από την ΙΦΦΕ στη διδασκαλία του συγκεκριμένου θέματος είναι μια ενδιαφέρουσα ιδέα, η οποία αποδίδει νόημα στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών και την καθιστά κατανοήσιμη. Αυτό το ενδιαφέρον φαίνεται να συνδέεται στενά με την αφηγηματική προσέγγιση στη μάθηση και την κατανόηση του φυσικού κόσμου (Δείτε το κεφάλαιο 8).

4.6 Επίλογος

Όπως έχουμε ήδη επισημάνει, η εισαγωγή της ΙΦΦΕ στη διδασκαλία συνοδεύεται από ισχυρές αντιρρήσεις ή αμφιβολίες σχετικά με τις στρεβλώσεις που είναι δυνατόν να υποστούν. Οι αντιλήψεις αυτές εκφράζονται καταρχάς από τη μεριά των ιστορικών της επιστήμης και των επιστημολόγων, οι οποίοι προτάσσουν το επιχείρημα της στρέβλωσης από τη διδασκαλία της μεθοδολογίας την οποία ακολουθούν. Από την άλλη μεριά, αντιδρούν τα ίδια τα εκπαιδευτικά συστήματα εκφράζοντας, εκτός των άλλων, φοβικά σύνδρομα απέναντι στις αλλοιώσεις που υποτίθεται ότι θα επιφέρει και στις προσμειξείς που θα επιβάλλει η εισαγωγή της ΙΦΦΕ στο εννοιολογικό και μεθοδολογικό περιεχόμενο της διδασκαλίας των φυσικών επιστημών. Και οι δύο αυτές αντιλήψεις, οι οποίες στηρίζονται στην «καθαρότητα» της γνώσης που συγκροτεί τον κάθε τομέα, τον τομέα της ΙΦΦΕ από τη μια μεριά και τον τομέα της διδασκαλίας των φυσικών επιστημών από την άλλη, δεν λαμβάνουν υπόψη τους ότι η σχολική γνώση από τη φύση της είναι μια γνώση που συγκροτείται ως μετασχηματισμός διάφορων ειδών επιστημονικής ή δι-επιστημονικής γνώσης και κοινωνικών πρακτικών με αποτέλεσμα να εμφανίζει χαρακτηριστικά τέτοια που την καθιστούν αυτόνομη γνώση και ποιοτικά διαφορετική από τη γνώση και τις πρακτικές προέλευσης (Κολιόπουλος, 2006). Έτσι, για παράδειγμα, οι ιστορικοί και φιλόσοφοι των φυσικών επιστημών που αντιδρούν στην εισαγωγή της ΙΦΦΕ στο σχολείο ή στο να αποτελεί η ΙΦΦΕ αντικείμενο μελέτης από τους ερευνητές της Διδακτικής των φυσικών επιστημών, επικαλούμενοι μεθοδολογική καθαρότητα, προτιμούν να κυριαρχείται η διδασκαλία από μια εκδοχή του απλοϊκού επαγωγισμού, παρά να συνεισφέρουν στην ακύρωση αυτής της αντίληψης η οποία στον τομέα τους έχει πάψει να αποτελεί αντικείμενο έρευνας εδώ και πολλά χρόνια, ενώ στον μόνο χώρο που έχει εφαρμογή είναι ο χώρος της εκπαίδευσης.

Από την άλλη μεριά, ένα μεγάλο μέρος των εκπαιδευτικών συστημάτων, πιστεύοντας ότι το περιεχόμενο της επιστημονικής σχολικής γνώσης είναι ουδέτερο, ανεξάρτητο από κοινωνικές, ιστορικές και επιστημολογικές διαμάχες και, κυρίως, περατωμένο, προτιμά να στρέφει την πλάτη στο πρόβλημα της σχολικής αποτυχίας μεγάλου μέρους των μαθητών που εν μέρει οφείλεται στο ότι αντιλαμβάνονται εντελώς διαφορετικά αυτή τη γνώση, αρνούμενο να αναζητήσει βοήθεια στην ΙΦΦΕ. Το παρόν κεφάλαιο θεωρούμε ότι αποτελεί μια μικρή συμβολή στην ανάπτυξη επιχειρημάτων για την αναγκαιότητα συμμετοχής της ΙΦΦΕ στη διαμόρφωση της σχολικής γνώσης των φυσικών επιστημών, τόσο σε τυπικά όσο και μη τυπικά εκπαιδευτικά περιβάλλοντα, με τον πλέον επωφελή τρόπο αφενός για τους μαθητές και αφετέρου για τους μέλλοντες και εν ενεργεία εκπαιδευτικούς. Η ύπαρξη μιας δυναμικής ερευνητικής κοινότητας τόσο στον διεθνή όσο και τον ελληνόφωνο χώρο υποστηρίζει το αίτημα αυτό.

Βιβλιογραφικές αναφορές

- Aduriz-Bravo, A., & Izquierdo-Aymerich, M. (2009). A Research-informed instructional unit to teach the Nature of science to pre-service science teachers. *Science & Education*, 18(9), 1177-1192.
- Arriassecq, I., & Greca, I.M. (2012). A teaching–learning sequence for the special relativity theory at high school level historically and epistemologically contextualized. *Science & Education*, 21(6), 827–851.
- Arons, A. (1988). *Οδηγός διδασκαλίας της φυσικής*. Αθήνα: Τροχαλία.
- ASTER (1987). *Didactique et Histoire des Sciences*. Paris: INRP
- Bachelard, G. (1980). *La formation de l'esprit scientifique*. Paris: J. Vrin.
- Bachelard, G. (1993). Η μόρφωση του επιστημονικού πνεύματος. Το επιστημολογικό εμπόδιο. Στη συλλογή κειμένων του Γ. Κουζέλη (Επιμ.), *Επιστημολογία*. Αθήνα: Νήσος, 324-384.
- Bächtold, M., & Guedj, M. (2014). Teaching energy informed by the History and Epistemology of the concept with implications for teacher education. In M. Matthews (Ed.), *International Handbook of Research in History, Philosophy and Science Teaching*. Springer, 211-243.
- Bächtold, M., & Munier, V. (2018). Teaching energy in high school by making use of history and philosophy of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 56(6), 765-796.
- Bennett, J. (1997). Museums and the establishment of the history of science at Oxford and Cambridge. *British Journal for the History of Science*, 30(1), 29-46.
- Besson, U. (2013). Historical scientific models and theories as resources for learning and teaching: The case of friction. *Science & Education*, 22(5), 1001-1042.
- Brush, G. (1974). Should the History of Science be rated X? *Science*, 183(4130), 1164-1172.
- Cassidy, D., Holton, G., & Rutherford, J. (2002). *Understanding Physics*. NY: Springer-Verlag.
- Chalmers, A. (1994). *Τι είναι αυτό που το λέμε επιστήμη*; Ηράκλειο: Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης.
- Charlemagne, J. (1978). Réflexions sur une première approche du mouvement en mécanique avec des élèves de quatrième. *Cahiers d'Histoire et de Philosophie des Sciences*, 8, 47-56.
- Chittenden, D., Farmello, G., & Lewenstein, B. (2004). *Creating connections, museums and the public understanding of current research*. Creek CA: Altamira Press.
- Clough, M.P. (2011). The story behind the science: Bringing science and scientists to life in post-secondary science education. *Science & Education*, 20(7-8), 701-717.
- Conant, J., & Nash, L. (1957). *Harvard case histories in experimental science*. Cambridge, Massachusetts: Harvard University Press.
- Γαβρόγλου, Κ. (1997). Η δομή της «κανονικής επιστήμης»: Η διαμόρφωση του επιστημονικού λόγου ενός γνωστικού πεδίου. *Νεύσις*, 6, 37-45.
- Γαβρόγλου, Κ. (2004). *Το παρελθόν των επιστημών ως ιστορία*. Ηράκλειο: Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης.
- 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.
- de Hosson, C. (2011). *L'histoire des sciences: Un laboratoire pour la recherche en didactique et l'enseignement de la physique. Note de synthèse pour l'habilitation à diriger des recherches*. Université Paris Diderot-Paris 7.
- Dolphin, G. (2009). Evolution of the theory of the earth: A contextualized approach for teaching the history of the theory of plate tectonics to ninth grade students. *Science & Education*, 18(3-4), 425-441.
- Duschl, R. (1994). Research on the History and Philosophy of Science. In D. Gable (Ed.), *Handbook of Research in Science Teaching*. New York: Macmillan, 443-465.
- Δαπόντες, Ν., Κασσέτας, Α., Μουρίκης, Σ., & Σκιαθίτης, Μ. (1984). *Φυσική Ενιαίου Πολυκλαδικού Λυκείου*. Αθήνα: ΟΕΔΒ.
- Δέδες, Χ. (2005). *Η χρήση μοντέλων από την Ιστορία της Επιστήμης για την ανίχνευση και το μετασχηματισμό βιοματικών νοητικών παραστάσεων των μαθητών στο πεδίο της Οπτικής: Διδακτική προσέγγιση*. Διδακτορική διατριβή. ΤΕΕΑΠΗ Παν/μου Πατρών.
- Δόσης, Σ. (2014). *Σχεδίαση και αξιολόγηση ακολουθίας διδακτικών ενοτήτων στα πλαίσια της καινοτομικής και εποικοδομητικής αντίληψης για το αναλυτικό πρόγραμμα φυσικών επιστημών: Η περίπτωση της διδασκαλίας του εκκρεμούς στο Γυμνάσιο*. Διδακτορική διατριβή. ΤΕΕΑΠΗ Παν/μίου Πατρών.

- Falomo-Bernarduzzi, L., Albanesi, G., & Bevilacqua, F. (2014). Museum heroes all: the Pavia approach to school-science museum interactions, *Science & Education*, 23(4), 761–780.
- Faria, C., Guilherme, E., Gaspar, R., & Boaventura, D. (2015). History of Science and science museums. *Science & Education*, 24(7-8), 983–1000.
- Fauque, D. (2007). Introduire la dimension historique au collège en France. *Review of Science, Mathematics and ICT Education*, 1(2), 5-39.
- Filippopoliti, A., & Koliopoulos, D. (2014). Informal and non-formal education: History of science in museums. In M. Matthews (Ed.), *International Handbook of Research in History, Philosophy and Science Teaching*. Springer, 1565-1582.
- Galili, I., & Hazan, A. (2000). The influence of a historically oriented course on students' content knowledge in Optics evaluated by means of facets - schemes analysis. *American Journal of Physics* 68(7), S3-15.
- Galili, I., Bar, V., & Brosh, Y. (2016). Teaching weight-gravity and gravitation in middle school. Testing a new instructional approach. *Science & Education*, 25(9-10), 977–1010.
- Gauld, C. (1993). The historical context of the Newton's third law and the teaching of Mechanics. *Research in Science Education*, 23(1), 95-103.
- Gutierrez, L., & Kounelis, K. (Eds.) (2010). *Paul Langevin et la réforme de l'enseignement*. Grenoble: Presses Universitaires de Grenoble.
- Halbwachs, F. (1971). Causalités linéaire et circulaire en physique. In M. Bunge, F. Halbwachs, T. Kuhn, J. Piaget & L. Rosenfeld (Eds.), *Les théories de la causalité*. Paris: Presses Universitaires de France, 39-111.
- Heering, P., & Wittje, R. (Eds.) (2011). *Learning by doing. Experiments and instruments in the history of science teaching*. Stuttgart: Franz Steiner Verlag.
- Henke, A., & Höttecke, D. (2015). Physics teachers' challenges in using History and Philosophy of science in teaching. *Science & Education*, 24(4), 349-385.
- Hodson, D. (1986). Rethinking the role and status of observation in science education. *Journal of Curriculum Studies*, 18(4), 381-396.
- Hodson, D. (1988). Toward a philosophically more valid science curriculum. *Science Education*, 72(1), 19-40.
- Hodson, D. (2008). *Towards scientific literacy: A teachers' guide to the history, philosophy and sociology of science*. Rotterdam: Sense Publishers.
- Hodson, D. (2009). *Teaching and learning about science. Language, theories, history, traditions and values*. Rotterdam: Sense Publishers.
- Holton, G. (2003). The Project Physics Course, Then and Now. *Science & Education*, 12(8), 779-786.
- Holton, G., & Brush, S. (1952). *Introduction to concepts and theories in physical science*. Princeton, NJ: Princeton Univ. Press.
- Holton, G., & Brush, S. (2002). *Εισαγωγή στις έννοιες και τις θεωρίες της φυσικής επιστήμης*. Αθήνα: Πανεπιστημιακές Εκδόσεις ΕΜΠ.
- Höttecke, D., & Silva, C. (2010). Why implementing History and Philosophy in school science education is a challenge: An analysis of obstacles. *Science & Education*, 20, (3-4), 293-316.
- Höttecke, D., Henke, A., & Reiss, F. (2012). Implementing History and Philosophy in science teaching: Strategies, methods, results and experiences from the European HIPST Project. *Science & Education*, 21(9), 1233-1261.
- Hulin, N. (1996). Histoire des sciences et enseignement scientifique. Quels rapports ? Un bilan XIXe - XXe siècles. *Bulletin de l'Union des Physiciens*, 90(786), 1201-1243.
- Izquierdo, M. (2008). Η αντιπαράθεση ανάμεσα στον Pouchet και τον Pasteur για την αυτόματη γένεση: Κατασκευή ενός διδακτικού γεγονότος με βάση ένα ιστορικό γεγονός. Στο Β. Κουλαϊδής, Α. Αποστόλου & Κ. Καμπουράκης (Επιμ.), *Η φύση των επιστημών. Διδακτικές προσεγγίσεις*. Αθήνα: Child Services, 257-264.
- Kampourakis, K. (2013). Teaching about adaptation: Why evolutionary history matters. *Science & Education*, 22(2), 173–188.
- Kanderakis, N., Dossis, S., & Koliopoulos, D. (2011). Teachers' conceptions about the implementation of a HPS sequence concerning the movement of a simple pendulum. In F. Seroglou, V. Koulountzos & A. Siatras (Eds.), *Proceedings of the 11th International IHPST and 6th Greek History, Philosophy and Science Teaching Joint Conference*. Thessaloniki: Epikentro, 394-396.

- Kindi, V. (2005). Should science teaching involve the History of Science? An assessment of Kuhn's view. *Science & Education*, 14(7-8), 721-731.
- Kipnis, N. (2001). Scientific controversies in teaching science: The case of Volta. *Science & Education*, 10(1-2), 33-49.
- Klassen, S. (2006). A theoretical framework for contextual science teaching. *Interchange*, 37(1-2), 31-61.
- Klopfer, L. (1969). The teaching of Science and the History of Science. *Journal of Research in Science Teaching*, 6(1), 87-95.
- Koliopoulos, D., & Constantinou, C. (2005). The pendulum as presented in school science textbooks of Greece and Cyprus. *Science & Education*, 14(1), 59-73.
- Koliopoulos, D., Dossis, S., & Kanderakis, N. (2010). The attitudes of students toward the introduction of case histories inspired from the history of science in the teaching of science. Paper presented in the *International Conference "History and Philosophy of Science Teaching"*, Kaiserslautern, Germany, 11-14 Mars 2010.
- Kuhn, T. (1981). *Η δομή των επιστημονικών επαναστάσεων*. Θεσσαλονίκη: Σύγχρονα Θέματα.
- Κολιόπουλος, Δ. (2006). *Θέματα Διδακτικής Φυσικών Επιστημών. Η συγκρότηση της σχολικής γνώσης*. Αθήνα: Μεταίχμιο.
- Κολιόπουλος, Δ. (2007). *Πρακτικά 4^{ου} Πανελληνίου Συνεδρίου Ιστορίας, Φιλοσοφίας και διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών*. Αθήνα: Ωθηση.
- Κολιόπουλος, Δ. (2014). *Πρακτικά 8^{ου} Πανελληνίου Συνεδρίου Ιστορίας, Φιλοσοφίας και διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών*. Αθήνα: Ίων.
- Κολιόπουλος, Δ. (2017). *Η διδακτική προσέγγιση του μουσείου φυσικών επιστημών*. Αθήνα: Μεταίχμιο.
- Κολιόπουλος, Δ., & Ψύλλος, Δ. (1982). Ένα πολυδιάστατο εργαλείο της διδασκαλίας και μάθησης της φυσικής: Η ιστορία της φυσικής. *Σύγχρονη Εκπαίδευση*, 9, 85-92.
- Κορφιάτης, Κ., Πορτιδής, Δ., Ραφτόπουλος, Α., & Χαραλάμπους, Δ. (2009). *Πρακτικά 5^{ου} Πανελληνίου Συνεδρίου Ιστορίας, Φιλοσοφίας και διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών*. Λευκωσία: Πανεπιστήμιο Κύπρου.
- Κουλαϊδής, Β. (Επιμ.) (2001). *Διδακτική των Φυσικών Επιστημών*. Αθήνα: Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο.
- Κουλαϊδής, Β., Αποστόλου, Α., & Καμπουράκης, Κ. (Επιμ.) (2008). *Η φύση των επιστημών. Διδακτικές προσεγγίσεις*. Αθήνα: Εκδ. Child Services.
- Κουμαράς, Π., Σέρογλου, Φ., & Σκορδούλης, Κ. (Επιμ.) (2001). *Πρακτικά του 1^{ου} Πανελληνίου Συνεδρίου Ιστορίας, Φιλοσοφίας και διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών*. Θεσσαλονίκη: Εκδ. Χριστοδουλίδη.
- Langevin, P. (1964). La valeur éducative de l'histoire des sciences. In P. Labérenne (Ed.), *La Pensée et l'Action*. Paris: Les éditeurs Français Réunis, 193-208.
- Lederman, N. (2007). Nature of science: Past, present, and future. In S. Abell & N. Lederman (Eds.), *Handbook of Research on Science Education*. NY: Routledge, 831-879.
- Leone, M., & Rinaudo, M. (2020). Should the History of Physics be rated X? A survey of physics teachers' expectations. *Physics Education*, 55(3), 035013.
- Lewis, J. (1972). *Teaching school physics*. London: Penguin Books-UNESCO.
- Machamer, P., Pera, M., & Baltas, A. (2000). *Scientific controversies. Philosophical and historical perspectives*. Oxford University Press.
- Martinand, J.-L. (1993). Histoire et didactique de la physique et de la chimie: Quelles relations? *Didaskalia*, 2, 89-99.
- Matthews, M. (2000). *Time for Science Education: How teaching the History and Philosophy of pendulum motion can contribute to science literacy*. NY: Kluwer.
- Matthews, M. (2007). *Διδάσκοντας Φυσικές Επιστήμες. Ο ρόλος της Ιστορίας και της Φιλοσοφίας των Φυσικών Επιστημών στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών*. Θεσσαλονίκη: Επίκεντρο.
- Matthews, M. (2011). *Χρόνος για φυσικές επιστήμες*. Θεσσαλονίκη: Επίκεντρο.
- Matthews, M. (Ed.) (2014). *International Handbook of Research in History, Philosophy and Science Teaching*. Springer.
- Matthews, M. (2015). *Science Teaching. The role of History and Philosophy of Science*. NY: Routledge.
- Matthews, M. (2021). *History, Philosophy and Science Teaching: A personal story*. Springer.
- Maurines, L., & Beaufils, D. (2013). Teaching the nature of science in Physics courses: The contribution of classroom historical inquiries. *Science & Education*, 22(6), 1443-1465.

- McComas, W. (2008). Τα κυριότερα στοιχεία της Φύσης της Επιστήμης: Καταρρίπτοντας τους μύθους. Στο Β. Κουλαϊδή, Α. Αποστόλου & Κ. Καμπουράκη (Επιμ.), *Η φύση των Επιστημών. Διδακτικές προσεγγίσεις*, Αθήνα: Εκδ. Child Services, 19-38.
- Meli, K., & Koliopoulos, D. (2019). Teaching and learning of the first thermodynamics law: The sufficiency of the macroscopic framework from an epistemological and didactical perspective. In F. Seroglou & V. Koulountzos (Eds.), *Proceedings of 15th International History, Philosophy and Science Teaching Conference*, Grafima Publications, 140-147.
- Metz, D., Klassen, S., McMillan, B., Clough, M., & Olson, J. (2007). Building a foundation for the use of historical narratives. *Science & Education*, 16(3-5), 313–334.
- Monk, M., & Osborn, 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.
- Μαρίνος, Ι. (2013). *Η έννοια της σύστασης του αέρα στην ιστορία της επιστήμης και στα σχολικά εγχειρίδια*. Μεταπτυχιακή εργασία. Ελληνικό Ανοικτό Παν/μιο.
- Μίχας, Π. (2005). *Η διδακτικής της Οπτικής μέσα από μια διαχρονική ματιά*. Αθήνα: Τυπωθήτω.
- Μπαλτάς, Α. (1991). Πρόταση για τη συγκρότηση της έννοιας επιστήμη. *Λόγου χάριν*, 2, 37-72.
- Μπαλτάς, Α. (1997). Οφειλές και ασυμμετρίες. *Νεύσις*, 6, 18-28.
- Nersessian, N. (1989). Conceptual change in science and in Science Education. *Synthese*, 80, 163-183.
- Nersessian, N. (1992). How do scientists think? Capturing the dynamics of conceptual change in science. In R. Giere, (Ed.), *Cognitive Models of Science*. University of Minneapolis: Minnesota Press, 5-22.
- Nersessian, N. (2002). The cognitive basis of model-based reasoning in science. In P. Carruthers, S. Stich & M. Siegal (Eds.), *The Cognitive Basis of Science*. Cambridge: Cambridge University Press, 133-153.
- Νεύσις (1997). *Αφιέρωμα στον Thomas S. Kuhn*, τεύχος 6. Αθήνα: Εκδόσεις Νεφέλη.
- Paraskevoπούλου, Ε., & Koliopoulos, D. (2011). Teaching the Nature of Science through the Millikan-Ehrenhaft dispute. *Science & Education*, 20(10), 943 - 960.
- Passmore, C., Stewart, J., & Zoellner, B. (2005). Providing high school students with opportunities to reason like evolutionary biologists. *The American Biology Teacher*, 67(4), 214–221.
- Piaget, J., & Garcia, R. (1983). *Psychogenèse et Histoire des Sciences*. Paris: Flammarion.
- Pocovi, C., & Finley, F. (2002). Lines of force: Faraday's and student's views. *Science & Education*, 11(5), 459–474.
- Πάπαρου, Φ. (2012). *Η αξιοποίηση της ιστορίας και της φιλοσοφίας της επιστήμης στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών: Διαμορφώνοντας δράσεις με κέντρο ιστορικά επιστημονικά όργανα*. Διδακτορική διατριβή. Τμήμα Χημείας του ΕΚΠΑ.
- Παρασκευοπούλου, Ε., & Κολιόπουλος, Δ. (2008). Η «μάχη για το ηλεκτρόνιο»: Η διαμάχη των Millikan-Ehrenhaft και η χρήση της για τη διδασκαλία της Φύσης της Επιστήμης. Στο Β. Κουλαϊδής, Α. Αποστόλου & Κ. Καμπουράκης (Επιμ.), *Η φύση των επιστημών. Διδακτικές προσεγγίσεις*. Αθήνα: Εκδ. Child Services, 275-286.
- Πετάκος, Δ., & Στεφανίδου, Κ. (2017). *Πρακτικά 9ου Πανελληνίου Συνεδρίου Ιστορίας, Φιλοσοφίας και διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών*. Αθήνα: ΕΚΠΑ.
- Ποτηριάδου, Ε. (2015). *Σχεδιασμός και αξιολόγηση ακολουθίας διδακτικών ενοτήτων για τη διδασκαλία της ραδιενέργειας στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση με βάση τις αρχές της καινοτομικής αντίληψης για το αναλυτικό πρόγραμμα Φυσικών Επιστημών*. Μεταπτυχιακή Εργασία. Ελληνικό Ανοικτό Παν/μιο.
- Rosmorduc, J. (1975). *Retouraux sources. Pour l'histoire des sciences dans l'enseignement scientifique français*. Université de Bretagne Occidentale.
- Rudge, D.W., & Howe, E.M. (2008). Ενσωματώνοντας την ιστορία στα μαθήματα των Φυσικών Επιστημών. Στο Β. Κουλαϊδής, Α. Αποστόλου & Κ. Καμπουράκης (Επιμ.), *Η φύση των επιστημών. Διδακτικές προσεγγίσεις*. Αθήνα: Εκδ. Child Services, 265-274.
- Russell, T. (1981). What History of science, how much, and why? *Science Education*, 65(1), 51-64.
- Rutherford, F., Holton, G., & Watson, F. (1970). *The Project Physics Course: Handbook*. NY: Holt, Rinehart and Winston, Inc.
- Seroglou, F., & Koumaras, P. (2001). The contribution of the History of Physics in physics education: A review. *Science & Education*, 10(1-2), 153-172.
- Seroglou, F., Koulountzos, V., & Siatras, A. (2011). *Proceedings of the 11th International IHPST and 6th Greek History, Philosophy and Science Teaching conference*. Thessaloniki: Epikentro.

- Smith, M., Lederman, N., Bell, R., McComas, W., & Clough, M. (1997). How great is the disagreement about the nature of science: A response to alters. *Journal of Research in Science Teaching*, 34(10), 1101-1103.
- Solomon, J. (1992). *Exploring the nature of science*. The Association for Science Education.
- Sonneville, M., & Fauque, D. (1997). *La gravitation*. Paris: CNDP.
- Stinner, A., Mac Millan, B., Metz, D., Jilek, J., & Klassen, S. (2003). There new al of case studies in science education. *Science & Education*, 12(7), 617-643.
- Strauss, S. (Ed.) (1988). *Ontogeny, phylogeny and historical development*. Norwood, New Jersey: Ablex Publishing Corp.
- Schwab, J. (1965). *Biological Sciences Curriculum Study*. NY: John Wiley and Sons.
- Σέρογλου, Φ. (2006). *Φυσικές επιστήμες για την εκπαίδευση του πολίτη*. Θεσσαλονίκη: Επίκεντρο.
- Σέρογλου, Φ. (Επιμ.) (2017). *Ανοίγοντας την επιστήμη στην κοινωνία*. Θεσσαλονίκη: University Studio Press.
- Σέρογλου, Φ., & Κουμαράς, Π. (2000). Διερευνώντας τη συμβολή της Ιστορίας των Φυσικών Επιστημών στη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών: Ένα μοντέλο έρευνας και δυο περιπτώσεις εφαρμογής. *Επιθεώρηση Φυσικής*, 31, 7-18.
- Σκορδούλης, Κ., & Χαλκιά, Κ. (Επιμ.) (2003). *Πρακτικά 2^{ου} Πανελληνίου Συνεδρίου Ιστορίας, Φιλοσοφίας και διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών*. Αθήνα: ΠΤΔΕ, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών.
- Σκορδούλης, Κ., & Νικολαΐδης, Ε. (2005). *Πρακτικά 3^{ου} Πανελληνίου Συνεδρίου Ιστορίας, Φιλοσοφίας και διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών*. Αθήνα: Ελληνικά Γράμματα.
- Taub, L. (2011). Reengaging with instruments. *Isis*, 102(4), 689-696.
- Teichmann, J. (1981). Deutsches Museum, München. Science, Technology and History as an educational challenge. *European Journal of Science Education*, 3(4), 473-478.
- Viard, J., & Khantine-Langlois, F. (2001). The concept of electrical resistance: How Cassirer's philosophy, and the early developments of electric circuit theory, allow a better understanding of students' learning difficulties. *Science & Education*, 10(3), 267-286.
- Welch, W. (1973). Review of the research and evaluation program of Harvard Project Physics. *Journal of Research in Science Teaching*, 10(4), 365-378.
- Φιλίππουπολίτη, Α., & Κολιόπουλος, Δ. (2014). Η ιστορία των φυσικών επιστημών ως εκθεσιακό αφήγημα και ως εργαλείο εκπαίδευσης στο μουσείο επιστημών. *Τετράδια Μουσειολογίας*, 9, 22-30.
- Χασάπη, Ε. (2017). *Η εισαγωγή στοιχείων από την Ιστορία και τη Φιλοσοφία των φυσικών επιστημών στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών: Αποδελτίωση σχετικών επιστημονικών άρθρων της περιόδου 2000-2017*. Μεταπτυχιακή εργασία. Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο..

Δραστηριότητες

1. Να αναλάβετε μια βιβλιογραφική έρευνα αναζητώντας πρόσφατα, τελευταίας πενταετίας, τεκμήρια σχετικά με το ζήτημα της εισαγωγής στοιχείων ΙΦΦΕ στη διδασκαλία φυσικών επιστημών. Κατηγοριοποιήστε τα τεκμήρια με βάση τις στοχεύσεις των εργασιών (Ενότητα 4.2) και προβείτε σε ποσοτικές και ποιοτικές συγκρίσεις.
2. Επιλέξτε ένα έκθεμα ή μια έκθεση ενός μουσείου επιστήμης και δημιουργήστε μία ή περισσότερες διδακτικές δραστηριότητες σχετικές με το εννοιολογικό, μεθοδολογικό ή/και πολιτισμικό πλαίσιο του εκθέματος ή της έκθεσης, εισάγοντας στοιχεία ΙΦΦΕ. Αιτιολογήστε την πρότασή σας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

Η διαθεματικότητα στην εκπαίδευση των φυσικών επιστημών: Μια ιστορική αναδρομή

Δημήτρης Κολιόπουλος

Σύνοψη

Στις αρχές της δεκαετίας του '70, στα πλαίσια του εκσυγχρονισμού των προγραμμάτων σπουδών των φυσικών επιστημών στην πρωτοβάθμια και δευτεροβάθμια εκπαίδευση, εμφανίστηκαν τόσο στην Ευρώπη όσο και στις Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής τα λεγόμενα ενσωματωμένα προγράμματα (*integrated science*). Η μορφή αυτή διαθεματικότητας εμφανίζεται εντός των συνόρων των τριών βασικών φυσικών επιστημών (Φυσικής, Χημείας και Βιολογίας) και περιγράφεται αναλυτικά σε πεντάτομο έργο της UNESCO περί ενσωματωμένης διδασκαλίας των φυσικών επιστημών (1971-1990). Θεωρώντας ότι το αναπτυξιακό αυτό πρόγραμμα της UNESCO αποτελεί τη μήτρα εντός της οποίας γονιμοποιήθηκαν όλες οι σύγχρονες μορφές διαθεματικότητας που σχετίζονται με τη διάδοση και διδασκαλία των φυσικών επιστημών, επιχειρήθηκε στο κεφάλαιο αυτό μια ιστορική αναδρομή του φαινομένου της διαθεματικότητας από τη σκοπιά του εξειδικευμένου γνωστικού αντικειμένου.

Προαπαιτούμενη γνώση

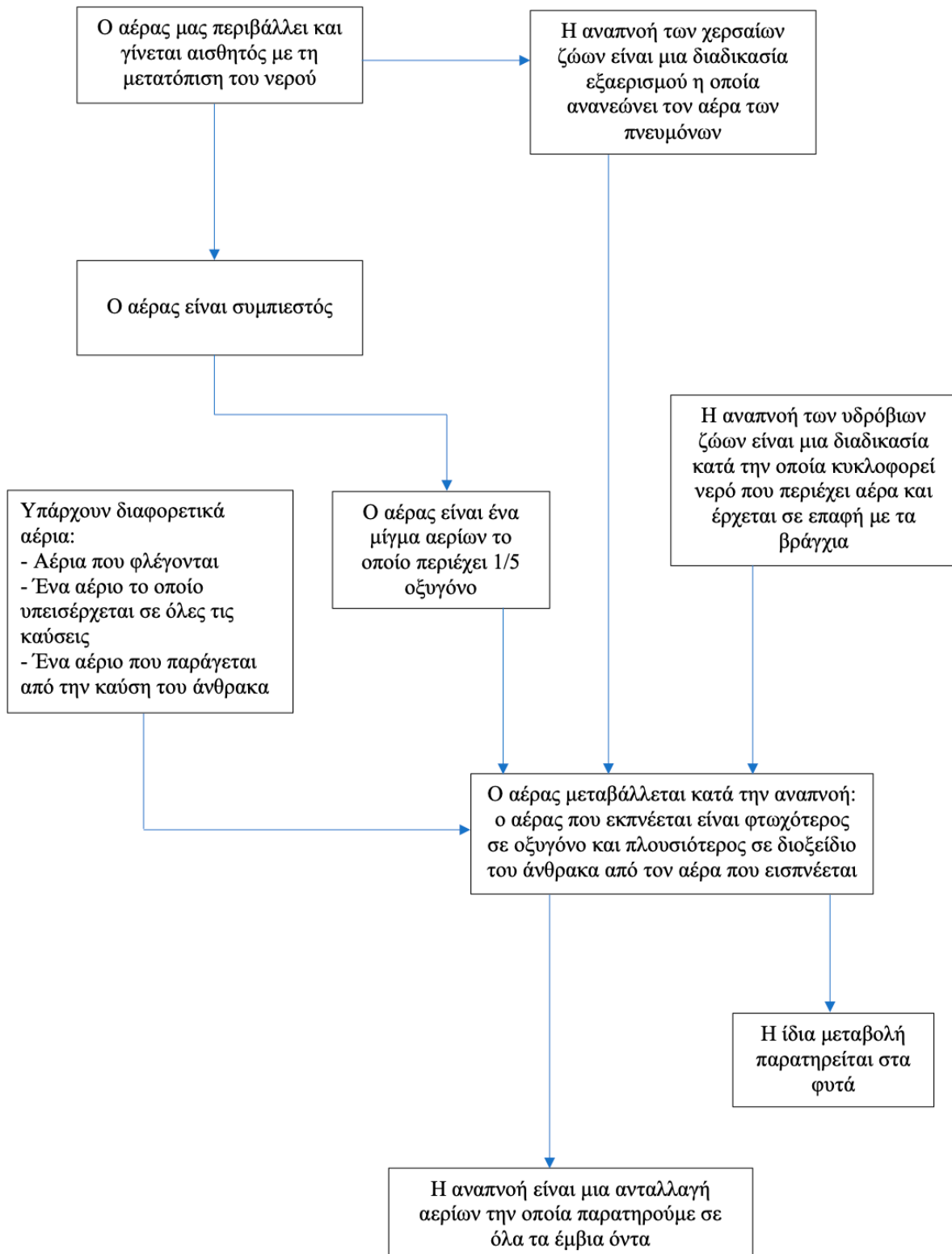
Κολιόπουλος, Δ. (2006). *Θέματα Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών. Η συγκρότηση της σχολικής γνώσης*. Αθήνα: Εκδόσεις Μεταίχμιο.

5.1. Οι διαφορετικές μορφές διαθεματικότητας

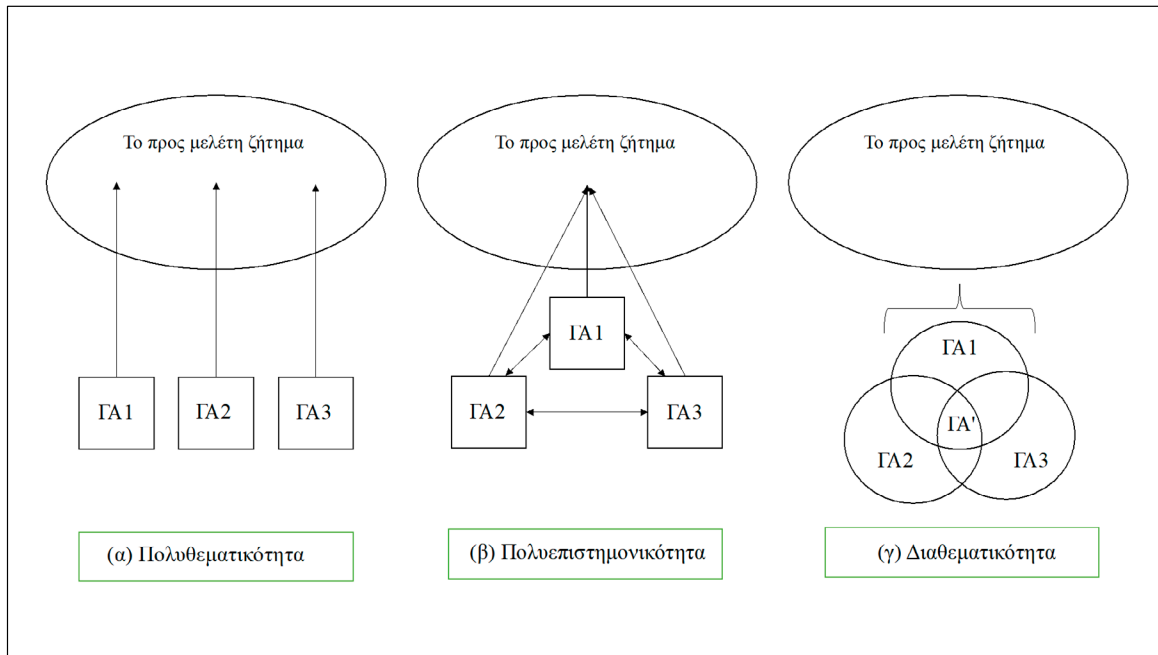
Η έννοια της διαθεματικότητας στην εκπαίδευση είναι πολύσημη. Στο παρόν κείμενο θα προσπαθήσουμε να προσεγγίσουμε και να επεξεργαστούμε την έννοια αυτή από τη σκοπιά του εξειδικευμένου αντικειμένου, δηλαδή από τη σκοπιά των φυσικών επιστημών, διότι θεωρούμε ότι μια τέτοια προσέγγιση είναι δυνατόν αφενός να οδηγήσει σε αποσαφηνίσεις επιστημολογικής υφής και αφετέρου να εξασφαλίσει ευκολότερη οικειοποίησή της από εν ενεργεία και μέλλοντες εκπαιδευτικούς που έχουν αναλάβει ή θα αναλάβουν τη διδασκαλία τους. Είναι όμως αναγκαίο, πριν από κάθε προσπάθεια, να προχωρήσουμε σε αποσαφηνίσεις του όρου «διαθεματικότητα», τον οποίο θα χρησιμοποιούμε με διττό τρόπο: αφενός με μια γενικευμένη σημασία για να δηλώνουμε την παρουσία του συγκεκριμένου αντικειμένου διδασκαλίας σε αντιπαράθεση με τα ακραιφνώς μονοθεματικά αντικείμενα διδασκαλίας και αφετέρου με μια από τις ιδιαίτερες ειδικές σημασίες που αποκτά η έννοια όπως θα φανεί στην επόμενη παράγραφο που θα επιχειρηθεί η ανάδειξη των διάφορων σημειωμένων της έννοιας. Τέλος, μια άλλη αναγκαία διευκρίνιση είναι ότι ο όρος «διαθεματικότητα» νοείται πάντοτε εντός του πλαισίου του διδακτικού μετασχηματισμού, ενός κατάλληλου εργαλείου μελέτης των διαδικασιών και των αποτελεσμάτων της συγκρότησης της σχολικής επιστημονικής γνώσης (Arsac, Chevallard, Martinand & Tiberghien, 1994; Κολιόπουλος, 2006).

Ο Fourez (1997) και οι συνεργάτες του Maingain & Dufour (2003), οι οποίοι ανήκουν στη γαλλόφωνη παράδοση του ερευνητικού πεδίου της Διδακτικής των φυσικών επιστημών, θεωρούν ότι η διαθεματικότητα εμφανίζεται στο πεδίο της εκπαίδευσης μαζί με την ανάδυση ενός νέου γνωστικού παραδείγματος για την αναπαράσταση της φυσικής και κοινωνικής πραγματικότητας, σύμφωνα με το οποίο υιοθετείται μια συστημική οπτική για τη μελέτη αυτής της πραγματικότητας, η οποία υπερβαίνει την αναλυτική και υπερεξειδικευμένη προσέγγισή της, επειδή η τελευταία δεν αποδεικνύεται πάντοτε λειτουργική στο να αντιμετωπίσει την πολυπλοκότητα των καταστάσεων, προβλημάτων και αντικειμένων της πολυδιάστατης πραγματικότητας. Οι διαθεματικές προσεγγίσεις στην εκπαίδευση χαρακτηρίζονται κυρίως από το ότι (α) είναι συμφραστικές (*contextualized*), δηλαδή η προς διδασκαλία γνώση δεν έχει γενικευμένα χαρακτηριστικά αλλά προσαρμόζεται στο θέμα, την έννοια, το πρόβλημα ή το αντικείμενο πραγμάτευσης, (β) λαμβάνουν συχνά τη μορφή ολοκληρωμένης εργασίας (*project*) και (γ) σε ορισμένες περιπτώσεις βασίζονται στην επίλυση σύνθετων κυρίως προβλημάτων (δραστηριότητες-προβλήματα). Μπορούμε να διακρίνουμε τους εξής τύπους διαθεματικών προσεγγίσεων:

- Η *πολυεπιστημονικότητα (pluridisciplinarité)* «συνίσταται στην πραγμάτευση ενός ζητήματος με την παράθεση συνεισφορών από διαφορετικές επιστήμες, με βάση κάποιους στόχους στους οποίους έχουν συμφωνήσει οι συμμετέχοντες στη μέθοδο» (Maingain & Dufour, 2003, σ. 64). Αντίθετα, η *πολυθεματικότητα (multidisciplinarité)* διαφέρει από την πολυεπιστημονικότητα στο ότι η παράθεση των συνεισφορών από διαφορετικές επιστήμες φωτίζει το ζήτημα από διάφορες πλευρές χωρίς, όμως, να έχουν προσδιοριστεί από πριν κοινός στόχοι. Η λέξη-κλειδί και στις δύο αυτές περιπτώσεις διαθεματικότητας είναι η παράθεση. Στη διδασκαλία οι δύο αυτές μορφές παρουσιάζονται ως συγκροτημένα εκπαιδευτικά σχέδια στην περίπτωση της πολυεπιστημονικότητας ή σε διδασκαλίες θεματικού τύπου χωρίς σχέδιο στην περίπτωση της πολυθεματικότητας. Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα πολυεπιστημονικής προσέγγισης στην εκπαίδευση των φυσικών επιστημών εμφανίζεται σε παλαιότερο γαλλικό πρόγραμμα σπουδών Γυμνασίου, όπου στην ενότητα «Το νερό στο περιβάλλον μας» η Φυσική, η Χημεία και η Τεχνολογία συνεισφέρουν έννοιες και μεθόδους σε μια σφαιρική κατά το δυνατόν προσέγγιση του νερού (ως χημικής ουσίας, των φυσικών ιδιοτήτων του, των τεχνολογικών μέσων για να καταστεί πόσιμο) (Jourdan, Julien & Osicki, 1998). Αντίθετα, παράδειγμα πολυθεματικότητας συνιστά μια διδασκαλία του χρώματος από την πλευρά της Φυσικής και της Ζωγραφικής όπου οι δύο τομείς συνεισφέρουν έννοιες και πρακτικές, χωρίς όμως να προσδιορίζεται ένας κεντρικός στόχος ή ένα συγκεκριμένο σχέδιο δραστηριοτήτων (Tolley, 1994).
- Η *διαθεματικότητα (interdisciplinarité)* «αντίθετα από την πολυθεματικότητα και την πολυεπιστημονικότητα αφορά καταρχάς την αληθινή αλληλεπίδραση μεταξύ δύο ή περισσότερων γνωστικών αντικειμένων, γεγονός που υπερβαίνει την απλή παράθεση διαφορετικών οπτικών» (Maingain & Dufour, 2003, σ. 69). «Η κατασκευή μιας διαθεματικής αναπαράστασης απαιτεί μια δεξιότητα υπέρβασης των επιστημονικών ορίων και της εφαρμογής ορισμένων μορφών ενοποίησης ή συνάρθρωσης των γνωστικών αντικειμένων μεταξύ τους» (σ. 73). Στη σχολική πρακτική είναι δυνατόν να εντοπίσουμε εκπαιδευτικά σχέδια που έχουν σχεδιαστεί για να υλοποιηθούν από μεμονωμένους εκπαιδευτικούς ή από ομάδες εκπαιδευτικών, πολλές φορές εντός των επίσημων προγραμμάτων σπουδών, και τα οποία ενοποιούν διάφορα διδακτικά αντικείμενα. Χαραριστικό παράδειγμα αποτελεί η διδασκαλία της έννοιας του αέρα σε παλαιό γαλλικό πρόγραμμα σπουδών της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης (Recherches Pédagogiques, 1973) όπου συναρθρώνονται έννοιες από τη Φυσική και τη Βιολογία, όπως δείχνει το οργανόγραμμα του Σχήματος 5.1. Αντίστοιχες περιπτώσεις διαθεματικών προγραμμάτων διδασκαλίας αναπτύσσονται στα Κεφάλαια 3 και 7, όπου στους διδακτικούς στόχους περιλαμβάνεται η λειτουργία σύνθετων τεχνολογικών συστημάτων, τα οποία είναι δυνατόν να περιγραφούν και μελετηθούν μέσω της συνάρθρωσης διαφορετικών γνωστικών αντικειμένων. Οι συγκεκριμένες διαθεματικές προσεγγίσεις λαμβάνουν υπόψη τον πολυδιάστατο χαρακτήρα μιας *ιδιαιτέρας κατάστασης*, που συνήθως αντιστοιχεί στην αντιμετώπιση ενός πρακτικού προβλήματος, καθώς και τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ των στοιχείων της ιδιαίτερης αυτής κατάστασης, ενώ ενοποιούν τις συνεισφορές των πεδίων της Φυσικής και της Τεχνολογίας για να την αναπαραστήσουν. Πολλές φορές οι διαθεματικές προσεγγίσεις λαμβάνουν τη μορφή ενός ολοκληρωμένου προγράμματος (project). Ένα τέτοιο εκπαιδευτικό πρόγραμμα περιγράφεται από τους Maingain & Dufour (2003, σ. 100-114), το οποίο είναι σχετικό με την αξιοποίηση της ηλεκτρικής ενέργειας σε ένα χωριό της Αφρικής. Η βασική δραστηριότητα-πρόβλημα η οποία χρειάζεται να μελετηθεί είναι «Γιατί και πώς προσφέρουμε ηλεκτρισμό με τη βοήθεια της ηλιακής ενέργειας σε εκείνους που δεν έχουν». Γενικότερα, ολοκληρωμένα προγράμματα τα οποία βασίζονται σε προβλήματα που αφορούν τη διαχείριση της ενέργειας, αποτελούν προνομιακό πεδίο διαθεματικών προσεγγίσεων, αφού η έννοια της ενέργειας εμφανίζεται όχι μόνο ως ενοποιητικό στοιχείο εντός του πεδίου των φυσικών επιστημών αλλά και ως στοιχείο συνάρθρωσης επιστημονικών πεδίων που έχουν εντελώς διαφορετικά χαρακτηριστικά, όπως Φυσικές Επιστήμες, Οικονομία και Γεωγραφία (Audigier, 1985; Kirwan, 1987). Στο Σχήμα 5.2 δίνεται μια σχηματική παράσταση των διαφορετικών μορφών διαθεματικότητας, όπως αναφέρθηκαν προηγουμένως (Delserieys-Pedregosa et al., 2010).



Σχήμα 5.1: Διαθεματική προσέγγιση της έννοιας «αέρας» στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση (Recherches Pédagogiques, μτφρ. Δ. Κολιόπουλος).



Σχήμα 5.2: Η συνεργασία μεταξύ γνωστικών αντικειμένων για την προσέγγιση διάφορων στοιχείων του ίδιου ζητήματος μπορεί να λάβει διάφορες μορφές: (α) Πολυθεματικότητα, (β) Πολυεπιστημονικότητα, (γ) Διαθεματικότητα (Delsérieys-Pedregosa et al., 2010).

Τέλος, μια τέταρτη μορφή διαθεματικότητας, η *διεπιστημονικότητα* (*transdisciplinarité*), δηλώνει τη μεταφορά εννοιών, θεωρητικών μοντέλων, μεθόδων, τεχνικών και δεξιοτήτων που προέρχονται από ένα επιστημονικό πεδίο σε ένα άλλο. Στην εκπαίδευση, όπως έχουμε ήδη επισημάνει, κάθε επιστημονικό πεδίο καθίσταται μέσω της διαδικασίας του διδακτικού μετασχηματισμού γνωστικό αντικείμενο προς διδασκαλία. Η μεταφορά διεπιστημονικού τύπου προσομοιάζει με τη μεταφορά που είναι συνήθης, όταν συμβαίνει εντός του ίδιου επιστημονικού πεδίου-γνωστικού αντικειμένου. Η έννοια της ροής αποτελεί ένα παράδειγμα ενδοεπιστημονικής μεταφοράς από τον τομέα δυναμικής των ρευστών στον τομέα του ηλεκτρισμού. Η μεταφορά, επίσης, ενός θεωρητικού μοντέλου σχετικού με το μαγνητικό πεδίο, στον τομέα της Μηχανικής, με στόχο τη συγκρότηση στοιχείων του βαρυντικού πεδίου από μαθητές πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης (Σκαμάγκα, Ραβάνης & Κολιόπουλος, 2008) αποτελεί ένα άλλο χαρακτηριστικό παράδειγμα αυτού του τύπου της διεπιστημονικότητας, τον οποίο συναντάμε και κατά τη διάρκεια της εξέλιξης των φυσικών επιστημών (Nersessian, 1992). Πραγματικές, όμως, ενδοεπιστημονικές μεταφορές μπορεί να έχουμε και στην περίπτωση μιας ομάδας συναφών επιστημών - γνωστικών αντικειμένων όπως η Βιολογία και η Γεωλογία. Για παράδειγμα, στην περίπτωση του γαλλικού προγράμματος σπουδών της Β' Λυκείου, είναι η έννοια της ενέργειας η οποία μεταφέρεται από το πεδίο της Βιολογίας σε αυτό της Γεωλογίας. Η έννοια αυτή έχει έναν εγκάρσιο χαρακτήρα και μπορεί να αποτελέσει ενοποιητική και οργανωτική αρχή ενός προγράμματος σπουδών Βιολογίας και Γεωλογίας. Η αντίληψη αυτή αποτυπώνεται στους τίτλους των βασικών ενοτήτων του προγράμματος από τις οποίες αποτελείται το ετήσιο αυτό πρόγραμμα: «Ο ενεργειακός μεταβολισμός», «Ροή ενέργειας και ο κύκλος της ύλης», «Εξωτερική γεωδυναμική και ηλιακή ενέργεια», «Κινήσεις της λιθόσφαιρας και εσωτερική ενέργεια» (Tavernier & Lizeaux, 1993). Οι ενδοεπιστημονικές μεταφορές μιας ομάδας συναφών επιστημών εμφανίζονται στην εκπαίδευση, με ρητό ή υπονοούμενο τρόπο, στο πλαίσιο της λεγόμενης *ενοποιημένης διδασκαλίας των φυσικών επιστημών*, στην οποία είναι αφιερωμένη η ενότητα 5.2.

Η διεπιστημονικότητα λαμβάνει, όμως, και μια ιδιαίτερα ενδιαφέρουσα μορφή, όταν τα διάφορα επιστημονικά πεδία που συμμετέχουν σε αυτή δεν είναι συναφή και διαφέρουν στον βαθμό συγγένειας. Οι Maingain & Dufour (2003) αναφέρουν ότι:

«Σε σχέση με τις πρακτικές των διεπιστημονικών μεταφορών, η Isabelle Stengers άνοιξε ενδιαφέρουσες επιστημολογικές προοπτικές εισάγοντας τον όρο των *εννοιών-νομάδων* για να ορίσει τις έννοιες εκείνες που χρησιμοποιούνται τόσο στην καθημερινή ζωή όσο και στην επιστημονική ορολογία ή μεταφέρονται

από μια επιστήμη σε μια άλλη. Θα μπορούσε κανείς να αναφερθεί στις έννοιες “δύναμη”, “σύστημα”, “πολυπλοκότητα”,...“ανάδραση” Προκύπτει από τις εργασίες της ότι οι έννοιες γενικά αλλάζουν σημασία όταν περνούν από το ένα γνωστικό αντικείμενο στο άλλο και ενδύονται, κατά κάποιον τρόπο, ένα νέο νόημα όταν τις τοποθετούμε σε ένα ειδικό επιστημονικό πεδίο. Είναι ευτυχής συγκυρία στο πλαίσιο μιας πνευματικής κατάρτισης που αποβλέπει στη διασύνδεση των γνώσεων να παρακολουθεί κανείς την πορεία αυτής της διαδρομής ιδιαίτερα όσον αφορά μεταφορά από τις φυσικές επιστήμες στις ανθρωπιστικές και αντίστροφα» (σ. 220).

Οι διάφορες μορφές διαθεματικότητας στις οποίες αναφερθήκαμε έχουν εμφανιστεί στην εκπαίδευση είτε ως ακραιφνώς παιδαγωγικές κατασκευές είτε ως διδακτικός μετασχηματισμός διαθεματικής γνώσης αναφοράς. Στο παρόν κεφάλαιο πρόκειται να παρουσιάσουμε τρεις μορφές διαθεματικών προσεγγίσεων, οι οποίες έχουν κατά καιρούς εμφανιστεί και εφαρμόστηκαν ή εφαρμόζονται στα πλαίσια μιας διαθεματικής προσέγγισης από τη σκοπιά του εξειδικευμένου αντικειμένου των φυσικών επιστημών. Η προσέγγιση αυτή διαφέρει από την προσέγγιση η οποία βασίζεται σε γενικές αρχές οργάνωσης του σχολικού προγράμματος σπουδών και, ιδιαίτερα, στη λεγόμενη «διαθεματική ενιαιοποίηση» του σχολικού προγράμματος σπουδών (Ματσαγγούρας, 2003; Κολιόπουλος, 2004). Κάθε μορφή αντιστοιχεί σε μια ξεχωριστή κατηγορία διαθεματικότητας. Γι’ αυτό χρησιμοποίησαμε την προσέγγιση του Blum (1991), ο οποίος κατηγοριοποιεί διάφορες μορφές διαθεματικότητας με κριτήριο τη στόχευση: (α) διαθεματικότητα εντός και μεταξύ διάφορων φυσικών επιστημών (π.χ. εντός μιας επιστήμης [Ζωολογία και Βοτανική εντός της επιστήμης της Βιολογίας] ή μεταξύ δύο συγγενών επιστημών [Φυσική και Χημεία]), (β) διαθεματικότητα μεταξύ φυσικών επιστημών και εφαρμοσμένων επιστημών και τεχνολογίας, και (γ) διαθεματικότητα μεταξύ φυσικών επιστημών και κοινωνικών και ανθρωπιστικών επιστημών. Στο παρόν κεφάλαιο θα δοθεί έμφαση στις δύο πρώτες μορφές οι οποίες έχουν κατά καιρούς λάβει συγκροτημένη μορφή και ιδιαίτερη θέση στα διεθνή αναλυτικά προγράμματα φυσικών επιστημών, ενώ για την τρίτη μορφή παραπέμπουμε για μια πιο λεπτομερή ανάλυση στα Κεφάλαια 4 και 6. Για καθεμιά από αυτές τις μορφές, στο πλαίσιο μιας ιστορικής αναδρομής, θα σχολιάσουμε κυρίως τη σχέση τους με την επιστημονική γνώση και τις κοινωνικές πρακτικές αναφορές, δηλαδή τη σχέση τους με τη διάσταση του *ενοιολογικού περιεχομένου*³² της διαθεματικής διδασκαλίας.

5.2 Η διαθεματικότητα εντός των φυσικών επιστημών: Τα «ενοποιημένα» προγράμματα

Στις αρχές τις δεκαετίας του '70, στα πλαίσια του εκσυγχρονισμού των προγραμμάτων σπουδών των φυσικών επιστημών στην πρωτοβάθμια και δευτεροβάθμια εκπαίδευση, εμφανίστηκαν τόσο στην Ευρώπη όσο και στις Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής τα λεγόμενα *ενοποιημένα προγράμματα (integrated science)*³³. Η μορφή αυτή διαθεματικότητας εμφανίζεται κυρίως εντός των συνόρων των τριών βασικών φυσικών επιστημών (Φυσικής, Χημείας και Βιολογίας) αλλά και άλλων συγγενών επιστημών και περιγράφεται αναλυτικά στο πεντάτομο έργο της UNESCO περί ενοποιημένης διδασκαλίας των φυσικών επιστημών (Richmond, 1971, 1973, 1974; Cohen, 1977; Reay, 1979; Chisman, 1990). Επρόκειτο ουσιαστικά για ένα μακροπρόθεσμο αναπτυξιακό πρόγραμμα που είχε στόχο να παρακινήσει εκπαιδευτικά συστήματα διάφορων χωρών και εκπαιδευτικούς να αναπτύξουν προγράμματα και εκπαιδευτικό υλικό για τις φυσικές επιστήμες, τα οποία να απευθύνονται κυρίως στην υποχρεωτική εκπαίδευση (πρωτοβάθμια και χαμηλές βαθμίδες της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης). Βασικός στόχος αυτού του τρόπου διδασκαλίας ήταν να παρουσιαστούν οι επιστημονικές έννοιες και αρχές με τέτοιο τρόπο

³² Η διαθεματικότητα στην εκπαίδευση είναι ένα πολυδιάστατο εγχείρημα, το οποίο μπορεί να προσεγγιστεί από διαφορετικές επιστήμες (ιστορία της εκπαίδευσης, παιδαγωγική, διδακτική των γνωστικών αντικειμένων) και από διαφορετικές οπτικές γωνίες. Η διάσταση του ενοιολογικού περιεχομένου του εγχειρήματος, δηλαδή της φύσης και των χαρακτηριστικών της επιστημονικής γνώσης η οποία εμπλέκεται στο εγχείρημα, η διάσταση των παιδαγωγικών στόχων και των μεθόδων διδασκαλίας, η λειτουργική διάσταση που αναφέρεται στους συγκεκριμένους τρόπους συνεργασίας των γνωστικών αντικειμένων εντός του αναλυτικού προγράμματος και η οργανωτική διάσταση η οποία αναφέρεται στην εφικτότητα επικοινωνίας και την υπέρβαση διάφορων δυσκολιών που αντιμετωπίζουν οι εκπαιδευτικοί, είναι μερικές από τις οπτικές γωνίες υπό τις οποίες είναι δυνατόν να μελετηθεί το εγχείρημα (Delsierieys-Pedregosa et al., 2010). Στο παρόν κεφάλαιο η έμφαση θα δοθεί στην πρώτη διάσταση η οποία εξάλλου διατρέχει το σύνολο των κεφαλαίων του βιβλίου.

³³ Ο όρος «ενοποιημένα προγράμματα» συναντάται στην ελληνική βιβλιογραφία και ως «ολοκληρωμένα προγράμματα» (Κουλαϊδής & Ogborn, 1994).

που να επιτρέπουν την έκφραση της θεμελιώδους ενότητας της επιστημονικής σκέψης και να αποτρέπουν την υπερβολική και πρόωρη διάκριση των διάφορων επιστημονικών τομέων, κρίνοντας ότι αυτή η αντίληψη ταιριάζει περισσότερο στις μικρότερες βαθμίδες της εκπαίδευσης (UNESCO, 1994). Δεν αποκλείστηκαν πάντως και οι μεγαλύτερες εκπαιδευτικές βαθμίδες. Ενδιαφέρον παρουσιάζει και μια, μικρότερη ασφαλώς, τάση για εισαγωγή ενοποιημένων προγραμμάτων στην τριτοβάθμια εκπαίδευση (Fensham, 1979; Jordan, 1989). Η τάση αυτή εμφανίζεται κυρίως στις εφαρμοσμένες επιστήμες, στην τεχνική τριτοβάθμια εκπαίδευση αλλά και στις *επιστήμες της εκπαίδευσης* που απευθύνονται σε μέλλοντες εκπαιδευτικούς της προσχολικής και πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης.

Ο Μπαλτάς (1983) περιγράφει με εύληπτο και συνοπτικό τρόπο την εμφάνιση των ουσιαστικών σχέσεων ανάμεσα σε διαφορετικές επιστήμες μέσα από τη μελέτη της Ιστορίας των φυσικών επιστημών. Αξίζει τον κόπο, να αναπαράγουμε εδώ ένα μεγάλο μέρος αυτής της περιγραφής η οποία μπορεί να αναγνωστεί και ως επιστημολογική θεμελίωση της ενότητας της επιστημονικής σκέψης έχοντας βεβαίως υπόψη ότι οι ιδέες αυτές επικυρώνονται και από άλλους ερευνητές (Jordan, 1989).

«Η αυτονομία ενός επιστημονικού αντικειμένου δεν μπορεί παρά να εξαρτάται από τον χαρακτήρα των συνόρων που το περι-ορίζουν και η σχετικότητα αυτής της αυτονομίας δεν μπορεί παρά να προέρχεται από τον εγγενώς ασταθή και αβέβαιο τρόπο με τον οποίο επιτυγχάνεται πάντοτε η χάραξη των συνόρων αυτών... Τα σύνορα που περι-γράφουν το επιστημονικό αντικείμενο *δεν είναι σταθερά* αλλά μετακινούνται και μετασχηματίζονται αδιάκοπα. Η δυναμική της ανάπτυξης κάθε συγκροτημένης επιστήμης διευρύνει συνεχώς το επιστημονικό αντικείμενο εντάσσοντας σε αυτό νέα φαινόμενα και επεκτείνοντας αντίστοιχα τα σύνορά του, ενώ η ίδια αυτή δυναμική οδηγεί κατά καιρούς σε θεωρητικές επαναστάσεις που παράγουν νέες θεωρίες, θεωρίες οι οποίες αναδιατάσσουν συνολικά το αντικείμενο και ανασυντάσσουν με ριζικό τρόπο τα σύνορα που το περιορίζουν... Μέσα στην ιστορική διαδρομή μιας επιστήμης υπάρχουν φορές όπου η πορεία της *ανεξάρτητης* εξέτασης διαφορετικών, εντελώς ασυσχέτιστων αρχικά κατηγοριών φαινομένων καταλήγει (μέσα από την εννοιολογική ανασκευή των προσφυών, βέβαια, εντελώς ειδικών πτυχών τους) στη *σύνδεση* των φαινομένων αυτών, στην από κοινού υπαγωγή τους στο ίδιο επιστημονικό αντικείμενο. Η ενοποίηση των ηλεκτρικών, των μαγνητικών και των οπτικών φαινομένων με τη θεωρία του Maxwell είναι ένα παράδειγμα τέτοιας σύνδεσης από την Ιστορία της φυσικής... Η ασάφεια των σχετικών συνόρων [του επιστημονικού αντικειμένου] δεν αφορά μόνο τη *συνάρθρωση* των επιμέρους τομέων του αντικειμένου *μιας* επιστήμης όπως αυτή προκύπτει από μια πορεία εντελώς απρόβλεπτων, εκ των προτέρων ενοποιήσεων σαν την παραπάνω... Η επιστημονική επεξεργασία αρχικά ασυσχέτιστων αφετηριών μπορεί μεν να οδηγεί στην προσέγγιση των αντίστοιχων αντικειμένων και εννοιολογικών συστημάτων, αλλά συγχρόνως μπορεί η προσέγγιση αυτή να μην ολοκληρώνεται ποτέ με την ενοποίηση των αντικειμένων και συστημάτων αυτών μέσα στα πλαίσια μίας και μόνης επιστήμης. Αντίθετα, κάθε προσπάθεια να μηδενιστεί η σχετική απόσταση και να καταστεί ρητή η επιδιωκόμενη συνάρθρωση, αντί να πετυχαίνει τον στόχο της, παράγει μια ανοιχτή αλληλουχία νέων προβλημάτων στα πλαίσια καθεμίας από τις προσεγγίζουσες επιστημονικές περιοχές. Κι η επίλυση των προβλημάτων αυτών, αντί να συνενώνει τις περιοχές αυτές, καθιστά ανάγλυφες τις διαφορές τους, οριστικοποιεί τη διάκριση ανάμεσά τους και *θεμελιώνει τη σχετική αυτονομία της καθεμίας ως προς την άλλη*. Με άλλα λόγια, ανάμεσα στις δύο αυτές προσεγγίζουσες περιοχές παραμένει μια *διεπιφάνεια φαινομένων* που συνιστούν το ασαφές αλλά *απαραβίαστο σύνορο* που χωρίζει τις δύο ... Καθεμία από τις επιστήμες αυτές επεξεργάζεται από τη σκοπιά της τα φαινόμενα του συνόρου... *αλλά* δεν κατορθώνει να κατισχύσει στην άλλη και να υπαγάγει στην αποκλειστική της δικαιοδοσία τα φαινόμενα αυτά... Η διεκδίκηση των συνοριακών φαινομένων, γενικά, καταλήγει στη συγκρότηση ενός νέου επιστημονικού κλάδου... Η συγκρότηση της φυσικοχημείας ανάμεσα στη φυσική και τη χημεία [συνιστά εύγλωττο παράδειγμα]... Η προσέγγιση αντικειμένων και εννοιολογικών συστημάτων είτε κατορθώνει να ολοκληρωθεί με την ενοποίηση των επιμέρους αυτών αντικειμένων και εννοιολογικών συστημάτων στα πλαίσια μιας μοναδικής επίσημης... είτε φτάνει μόνο μέχρι να αναδείξει *διαφορετικές αλλά συνορεύουσες* επιστήμες. Και είναι αυτή η συνοριακή σχέση που συνιστά την πρώτη κύρια κατηγορία διεπιστημονικών σχέσεων. Η ανάπτυξη της επιστημονικής πρακτικής χαράσσει ασαφή αλλά κοινά σύνορα ανάμεσα σε επιστήμες διαφορετικές, αποκαθιστά σχέσεις γειτονίας και δεσμούς συγγένειας ανάμεσα σε επιστήμες, ορίζει οικογένειες επιστημών, τις *επιστημονικές «ηπείρους»*... η αποκατάσταση του περιοδικού πίνακα των χημικών στοιχείων, ορίζοντας συγκεκριμένα το σύνορο ανάμεσα σε φυσική και χημεία, αφενός απέδωσε στη χημεία τη θεωρητική της

βάση και αφετέρου προσδιόρισε ρητά τη συγγένειά της με τη φυσική. Ο περιοδικός πίνακας έγινε έτσι η βάση *αναγωγής* της χημείας στη φυσική, ενώ συγχρόνως φυσική και χημεία δημιούργησαν την επιστημονική τους οικογένεια ιδρύοντας από κοινού την «ήπειρο» των φυσικών επιστημών. Στο πλαίσιο αυτής της «ηπείρου», η εύρεση αργότερα του γενετικού κώδικα ολοκλήρωσε την επιστημονική συγκρότηση της βιολογίας και οριστικοποίησε την ένταξή της σε αυτή την «ήπειρο», ενώ ο γενετικός κώδικας αποτέλεσε τη συγκεκριμένη βάση αναγωγής της βιολογίας στη χημεία. Με άλλα λόγια, οι διεπιστημονικές σχέσεις που ορίζουν μια «ήπειρο» είναι *σχέσεις αναγωγής* ανάμεσα στις επιμέρους επιστήμες, η διασάφηση των δεσμών ανάμεσά τους είναι συνώνυμη με την αποκατάσταση μιας συγκεκριμένης *βάσης αναγωγής*... Όμως, οι συγγένειες μεταξύ επιστημών δεν φτάνουν ποτέ μέχρι την πλήρη ταύτιση των αντικειμένων τους, οι σχετικές αποστάσεις δεν μηδενίζονται... με άλλα λόγια, η ιεράρχηση των επιστημών που προέρχεται από την αποκατάσταση μιας βάσης αναγωγής *δεν υπάρχει ποτέ* τη μια επιστήμη στην άλλη, αλλά προσδιορίζει μόνο τη *θέση* καθεμιάς στα πλαίσια της «ηπείρου», ξεκαθαρίζει και ιεραρχεί *μόνο* τους βαθμούς συγγένειας ανάμεσα στις διαφορετικές επιστήμες που συναποτελούν την «ήπειρο»... Καθώς η αποκατάσταση μιας βάσης αναγωγής στα πλαίσια μιας «ηπείρου» ολοκληρώνει τη συγκρότηση της αντίστοιχης επιστήμης και επισφραγίζει την ωριμότητά της, αυτή μπορεί πλέον να συνάπτει ελεγχόμενες σχέσεις με τους συγγενείς της εκεί χωρίς να φοβάται ότι θα απολέσει στη διαδικασία την παρθενία του επιστημονικού της χαρακτήρα ... Η μοριακή βιολογία, μολονότι διατηρεί πρώτου βαθμού συγγένεια με τη χημεία και όχι με τη φυσική, μπορεί να συσχετιστεί με τη θερμοδυναμική και να γεννήσει μαζί της ένα ολόκληρο νέο πεδίο προβλημάτων, ενώ η γεωλογία μπορεί να χρησιμοποιήσει μέρος της αστροφυσικής για να δημιουργήσει ως αντικείμενο την ιστορία του πλανήτη μας. Η ύπαρξη, ακόμη, γεωφυσικής, βιοχημείας ή βιοφυσικής μαρτυρά ότι τα εσωτερικά σύνορα μιας «ηπείρου» σχηματίζουν συνολικά ένα ιδιαίτερα περίπλοκο δίκτυο, δίκτυο το οποίο όμως δεν υφάινεται άναρχα. Η ανάπτυξη των επιστημών που συγκροτούν την επιστημονική «ήπειρο» καθορίζει την πλέξη του, ενώ η αποκατάσταση των βάσεων αναγωγής διαμορφώνει τους κεντρικούς κόμβους που το αρθρώνουν» (σ. 15-17).

Στο παραπάνω εκτενές εδάφιο όχι μόνο περιγράφονται τα ιδιαίτερα στοιχεία που χαρακτηρίζουν τα ενοποιητικά χαρακτηριστικά ενός επιστημονικού πεδίου ή και συγγενών επιστημονικών πεδίων στο εννοιολογικό επίπεδο, αλλά αναδεικνύεται η σημασία της προσφυγής στην Ιστορία της επιστήμης, για να *κατανοηθούν* τα χαρακτηριστικά αυτά, στο πλαίσιο της δυναμικής ανάπτυξης των φυσικών επιστημών. Αντίθετα, η ανάδειξη διαθεματικών χαρακτηριστικών στο πλαίσιο μιας θετικιστικής προσέγγισης η οποία αντιλαμβάνεται τα επιστημονικά πεδία ως ανιστορικές περατωμένες λογικο-μαθηματικές δομές, μοιάζει να είναι μάλλον ένα δύσκολο, αν όχι αδύνατο εγχείρημα.

Το αίτημα για ενοποιημένη διδασκαλία των φυσικών επιστημών στις διάφορες βαθμίδες της εκπαίδευσης υποστηρίζεται επιστημολογικά και από την άποψη ότι οι επιστήμονες συγγενών φυσικών επιστημών ασπάζονται κοινές μεθοδολογικές προσεγγίσεις, ανεξάρτητα από τον κλάδο τον οποίο υπηρετούν (η κοινή γλώσσα για τη διατύπωση των ερευνητικών προβλημάτων, οι κοινοί τρόποι συλλογής και ανάλυσης εμπειρικών δεδομένων, η κατάλληλη χρήση των κανόνων της λογικής, η χρήση θεωριών και μοντέλων καθώς και η ανάγκη επιβεβαίωσης και κριτικής αξιολόγησης της επιστημονικής εργασίας από συναδέλφους- Rutherford & Gardner, 1971). Η επιστημολογική αυτή εικόνα είναι, όμως, απλοϊκή, αφού δεν είναι πλέον αποδεκτό ότι υφίσταται μία μοναδική επιστημονική μέθοδος αποδεκτή από όλους τους επιστήμονες. Αντίθετα, επισημαίνεται η πληθώρα μεθόδων που χρησιμοποιούνται στις φυσικές επιστήμες, η ακριβής φύση των οποίων εξαρτάται από τις ιδιαίτερες συνθήκες εφαρμογής τους: από το υπό εξέταση θέμα, από τη θεωρητική γνώση που επιλέγει να χρησιμοποιήσει ο επιστήμονας και από τις διαθέσιμες τεχνικές διερεύνησης και συσκευές οργάνων (Hodson, 1992a). Σύμφωνα με τον ίδιο ερευνητή, πάντως, περισσότερα κοινά στοιχεία, όπως δημιουργικότητα, φαντασία ή άλλα άτυπα, διαισθητικά στοιχεία μπορεί να εντοπίσει κάποιος όταν μελετά τον τρόπο με τον οποίο εργάζονται οι επιστήμονες στις διάφορες επιστημονικές περιοχές των φυσικών επιστημών. Οι διαπιστώσεις αυτές του Hodson και άλλων ερευνητών, οι οποίες εν σπέρματι υφίστανται και στα πρώιμα ενοποιημένα εκπαιδευτικά προγράμματα, θα οδηγήσουν αργότερα σε ένα εκπαιδευτικό ρεύμα γνωστό με το όνομα *φύση της επιστήμης* (nature of science) (δείτε και το κεφάλαιο 4) το οποίο στις μέρες μας λαμβάνει όλο και μεγαλύτερες διαστάσεις. Τα χαρακτηριστικά του εκπαιδευτικού αυτού ρεύματος είναι εν πολλοίς διαθεματικά.

Τα επιστημολογικά επιχειρήματα που υποστηρίζουν αυτόν τον τύπο της διαθεματικότητας συνοδεύονται και από ψυχολογικά, παιδαγωγικά και κοινωνικά/πολιτισμικά επιχειρήματα. Αρκετά εκπαιδευτικά προγράμματα, για παράδειγμα, ειδικά για τις μικρότερες βαθμίδες της εκπαίδευσης, βασίστηκαν σε αρχές της Γενετικής

επιστημολογίας η οποία θεμελιώνεται στις ιδέες του Ελβετού βιολόγου, ψυχολόγου και επιστημολόγου Jean Piaget. Αν και ο ίδιος ο Piaget ενδιαφέρθηκε κυρίως για την επιστημολογική θεμελίωση των διάφορων μορφών διαθεματικότητας (Piaget, 1972), οι ιδέες του, που επηρέασαν την ανάπτυξη προγραμμάτων φυσικών επιστημών είτε στη μονο-θεματική τους (Fuller, Campbell, Dykstra & Stevens, 2009) είτε στην ενοποιημένη τους μορφή (Hall, 1973), είναι εκείνες που περιγράφουν τις ρίζες και την εξέλιξη των γνωστικών δομών των παιδιών τις οποίες κατατάσσει σε τέσσερις περιόδους ή στάδια. Για παράδειγμα, έχει επισημανθεί ότι τα ενοποιημένα προγράμματα είναι κατάλληλα για μαθητές της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης ή των χαμηλών βαθμίδων της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης οι οποίοι βρίσκονται στο στάδιο των συγκεκριμένων συλλογισμών και δεν είναι σε θέση να διαφοροποιούν εύκολα έννοιες και γνωστικά αντικείμενα³⁴. Επίσης, ακριβώς επειδή η σκέψη τους επικεντρώνεται στον πραγματικό κόσμο και τα φαινόμενα, μια μονο-θεματική προσέγγιση είναι δυνατόν να τους δημιουργήσει την εντύπωση ότι η επιστημονική δραστηριότητα αφορά μόνο ένα σχετικά μικρό εύρος προβλημάτων που απασχολούν τους ερευνητές και δεν σχετίζονται ή επηρεάζουν την καθημερινή ζωή τους (Blum, 1973).

Τα ενοποιημένα προγράμματα έχουν λάβει διάφορες μορφές, όπως προγράμματα που ενοποιούν περιεχόμενο διάφορων τομέων μιας επιστήμης (ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι η διδασκαλία της φυσικής ως μιας ενοποιημένης δομής βασικών ιδεών [ενέργεια, πεδία], παρά ως παραδοσιακές ενότητες μηχανικής, θερμότητας, οπτικής, ηλεκτρισμού κ.λπ. ή προγράμματα που εμφανίζουν σε όμοιες αναλογίες στοιχεία δύο ή περισσότερων συγγενών επιστημών, όπως π.χ. σε ένα μάθημα γεωεπιστήμης, στο οποίο είναι δυνατόν να δοθεί ίδια έμφαση σε στοιχεία αστρονομίας, μετεωρολογίας, ωκεανογραφίας, φυσικής, γεωγραφίας και γεωλογίας. Η οργάνωση, επίσης, των ενοποιημένων προγραμμάτων παρουσιάζει διαφοροποιήσεις. Άλλα προγράμματα επικεντρώνονται στην προσέγγιση της εννοιολογικής συνιστώσας της επιστημονικής γνώσης, ενώ άλλα δίνουν έμφαση στη μεθοδολογική συνιστώσα της προωθώντας στοιχεία επίλυσης προβλημάτων και διερευνητικής διδασκαλίας και μάθησης (Rutherford & Gardner, 1971). Ο Blum (1973) κατασκεύασε ένα εργαλείο ποιοτικής ανάλυσης των διάφορων προγραμμάτων με στόχο τη σύγκριση τόσο των επιδιώξεων (scope) του κάθε προγράμματος (ποια δηλαδή γνωστικά αντικείμενα συμπεριλαμβάνονται στο κάθε πρόγραμμα) όσο και του είδους διαθεματικότητας (intensity) (δηλαδή ποιος είναι ο τύπος της διαθεματικότητας και το περιεχόμενο κάθε προγράμματος). Στη διάσταση «τύπος διαθεματικότητας» διακρίνονται τρεις τύποι διαθεματικότητας, coordination, combination, amalgamation, οι οποίοι προσομοιάζουν με τους τύπους που αναφέρθηκαν στην ενότητα 7.1: πολυθεματικότητα/coordination, πολυεπιστημονικότητα/comboination, διαθεματικότητα/amalgamation. Οι Haggis & Adey (1979) χρησιμοποίησαν αυτό το εργαλείο για να αναλύσουν περίπου 130 προγράμματα που είχαν ήδη εμφανιστεί μέχρι το 1978. Διαπίστωσαν ότι οι βασικές τάσεις για την περίοδο εκείνη ήταν οι εξής: (α) Η πλειονότητα των προγραμμάτων απευθύνεται σε μαθητές της πρωτοβάθμιας και χαμηλές βαθμίδες της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης, (β) αρχίζουν να εμφανίζονται ενοποιημένα προγράμματα τα οποία πραγματεύονται περιβαλλοντικά ζητήματα, (γ) με την πάροδο των χρόνων εμφανίζονται και άλλα επιστημονικά αντικείμενα εκτός από αυτά της φυσικής, χημείας και βιολογίας (επιστήμες της θάλασσας, της υγείας, της διατροφής) τα οποία εντάσσονται στον διαθεματικό κορμό των προγραμμάτων, (δ) όλο και περισσότερο αναπτύσσονται ενοποιημένα προγράμματα επιστήμης και τεχνολογίας (μια τάση η οποία θα αυτονομηθεί και θα κυριαρχήσει μετά τη δεκαετία του '80 - δείτε την ενότητα 7.3).

Τα ενοποιημένα προγράμματα, σε γενικές γραμμές, είναι προγράμματα μεγάλης κλίμακας και συνήθως εμπλέκονται σε αυτά μεγάλοι εκπαιδευτικοί ή εκδοτικοί οργανισμοί που συνεργάζονται συστηματικά με τις εκπαιδευτικές αρχές των κρατών-μελών της UNESCO. Ένα εμβληματικό ενοποιημένο πρόγραμμα που λειτούργησε από τα μέσα της δεκαετίας του '60 έως τα μέσα της δεκαετίας του '70 στον αγγλοσαξονικό χώρο (Ηνωμένο Βασίλειο) ήταν το [Science 5/13](#). Απευθύνεται σε μαθητές προσχολικής και πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης και βασίζεται σε ένα σύνολο στόχων που συνδέονται περισσότερο με τη φύση των φυσικών επιστημών, αφού η κεντρική επιδίωξη του προγράμματος είναι «η ανάπτυξη ερευνητικού πνεύματος και επιστημονικής προσέγγισης των προβλημάτων». Οι οκτώ επιμέρους στόχοι είναι οι εξής: παρατήρηση, διερεύνηση και οργάνωση των παρατηρήσεων, ανάπτυξη θεμελιωδών εννοιών και λογικής σκέψης, διατύπωση ερωτημάτων και επινόηση ερευνητικών μεθόδων για να απαντηθούν, απόκτηση γνώσεων και ανάπτυξη γνωστικών δεξιοτήτων, επικοινωνία, εκτίμηση προτύπων και σχέσεων, κριτική ερμηνεία των αποτελεσμάτων (UNESCO, 1985). Το πρόγραμμα δομείται σε αυτόνομες θεματικές ενότητες όπως «Μέταλλα», «Χρόνος», «Δένδρα», «Δουλεύοντας

34 Μια σχετική ενδιαφέρουσα εργασία θα βρείτε στο Stavridou & Solomonidou, 1989.

με το ξύλο». Το υλικό αυτό είναι κατασκευασμένο έτσι ώστε να αντιστοιχεί στα διάφορα κατά Piaget στάδια ανάπτυξης της παιδικής νοημοσύνης (Ennever & Harlen, 1972).

Η τάση αυτή εξασθένησε τις επόμενες δεκαετίες και ως βασικές αιτίες αναφέρονται (α) οι επιστημολογικές αντιρρήσεις στην έννοια της ενότητας των φυσικών επιστημών, όπως για παράδειγμα η άποψη ότι η βιολογία διαφέρει σημαντικά από τη φυσική και τη χημεία τόσο σε εννοιολογικό όσο και σε μεθοδολογικό επίπεδο ή ότι δεν μπορεί να αναχθεί τελικά σε υπο-πεδίο της φυσικής (reductionism) (Black, 1986), (β) οι επιστημολογικές ασάφειες του όρου του ενοποιημένου προγράμματος και η κατ' ουσίαν έλλειψη ενός συμπαγούς θεωρητικού πλαισίου το οποίο να καθοδηγεί τον σχεδιασμό ενοποιημένων προγραμμάτων (Hodson, 1992a) και (γ) οι δυσκολίες που προέκυψαν κατά τον σχεδιασμό και την εφαρμογή κατάλληλων επιμορφωτικών προγραμμάτων για τους εκπαιδευτικούς που θα αναλάμβαναν να υλοποιήσουν τα ενοποιημένα προγράμματα (Layton, 1990).

Ως εναλλακτικές λύσεις στα ενοποιημένα προγράμματα αναδεικνύονται μορφές διαθεματικότητας οι οποίες είχαν ως κεντρικό διακύβευμα τα πραγματικά προβλήματα που αναδύονταν από την κοινωνική δραστηριότητα, η επίλυση των οποίων απαιτούσε τη συμβολή των φυσικών επιστημών ή και άλλων αντικειμένων εκτός αυτών, όπως η τεχνολογία ή η οικονομία. Καταφεύγουμε και πάλι στον Μπαλάτ (1983) ο οποίος περιγράφει με σαφήνεια τη φύση και τα χαρακτηριστικά της διαφορετικής αυτής μορφής διαθεματικότητας. Το παρακάτω, εκτενές επίσης, απόσπασμα διαβάζεται ως συνέχεια του αντίστοιχου προηγούμενου:

«Οι διεπιστημονικές σχέσεις που εξετάσαμε μέχρι εδώ είναι οι σχέσεις που ορίζουν μια επιστημονική «ήπειρο», δηλαδή οι σχέσεις τις οποίες συνάπτουν τα αντικείμενα διαφορετικών επιστημών κατά την ανάπτυξη της «συνολικής εσωτερικής δυναμικής» καθεμίας από τις επιστήμες αυτές. Η συνολική εσωτερική δυναμική μιας επιστήμης, για να μπορέσει να πραγματευτεί ένα πραγματικό φαινόμενο, ώστε να το εντάξει στο αντίστοιχο επιστημονικό αντικείμενο, είναι υποχρεωμένη να επιλέξει ορισμένες μόνο, εντελώς ειδικές πτυχές του και να διαγράψει όλες τις υπόλοιπες από το οπτικό πεδίο του εννοιολογικού της συστήματος. Μόνο υπό αυτόν τον όρο είναι μια επιστήμη σε θέση να ορίσει και να αντιμετωπίσει τα προβλήματα που σχετίζονται με την πραγμάτωση κάθε πραγματικού φαινομένου. Ωστόσο, τα προβλήματα που καθημερινά τίθενται, τα προβλήματα που πρέπει να αντιμετωπιστούν μέσα στα συγκεκριμένα κάθε φορά πλαίσια μιας κοινωνίας, είναι προβλήματα *πρακτικά*, δηλαδή προβλήματα που ενέχουν τα *πραγματικά φαινόμενα στην ολότητα των όψεων* με τις οποίες αυτά δίνονται... Εδώ εντοπίζεται η δεύτερη κατηγορία διεπιστημονικών σχέσεων. Η κατηγορία αυτή αφορά τη σχέση που συνάπτουν διαφορετικές επιστήμες κατά τη *συνολική* πραγμάτευση πραγματικών φαινομένων κατά την αντιμετώπιση *πρακτικών* προβλημάτων ... Οι διαδικασίες [όμως] που διαμορφώνουν και θέτουν ένα πρακτικό πρόβλημα είναι διαδικασίες *εξωεπιστημονικές*, διαδικασίες *άμεσα* κοινωνικές. Ένα πρακτικό πρόβλημα τίθεται από κάποιο *κοινωνικό υποκείμενο*, η επίλυσή του *παραγγέλλεται* από το υποκείμενο αυτό... Η συμβολή καθεμίας από τις σχετικές επιστήμες στην επίλυση ενός δεδομένου πρακτικού προβλήματος προσκρούει ευθύς εξαρχής σε ένα *απαραβίαστο* όριο. Καθώς κάθε επιστήμη, για να υπάρξει, είναι υποχρεωμένη να διαγράψει από το οπτικό πεδίο του εννοιολογικού της συστήματος όψεις των ενεχόμενων πραγματικών φαινομένων, οι οποίες όμως είναι *απολύτως καθοριστικές* για την αντιμετώπιση του πρακτικού προβλήματος, το πρόβλημα στο σύνολό του διαφεύγει εκ κατασκευής από τη δικαιοδοσία οποιασδήποτε μεμονωμένης επιστήμης ή μεμονωμένου επιστημονικού κλάδου, συγκροτημένου μέσω διεπιστημονικών σχέσεων της πρώτης κατηγορίας. Άρα, μόνο η *αποκατάσταση κάποιων σχέσεων συνεργασίας* ανάμεσα στις επιστήμες αυτές, μόνο η *εξασφάλιση κάποιων συνδέσμων* ανάμεσα στα αντικείμενα τα οποία αυτές πραγματεύονται μπορεί να αντιμετωπίσει ενιαία το πρακτικό πρόβλημα και να οδηγήσει στην επιστημονική του επίλυση... Άρα, η σχέση συνεργασίας ανάμεσα στις επιστήμες αυτές και οι συνδέσεις ανάμεσα στα αντίστοιχα αντικείμενα, δεν μπορούν παρά να είναι σχέσεις και συνδέσεις *εξωτερικές*, σχέσεις και συνδέσεις *διεπιστημονικές* που δεν καθορίζονται από την εσωτερική δυναμική των επιστημών αυτών, αλλά *επιβάλλονται από το ίδιο το πρακτικό πρόβλημα*... Η τελική λύση ενός προβλήματος το οποίο διαμορφώθηκε *εξωεπιστημονικά*, επιλέγεται *εξωεπιστημονικά*... Οι σχετικές επιστήμες *υπεισέρχονται* μόνο σε αυτήν καθαυτήν τη διαδικασία επίλυσης, για να διαμορφώσουν απλώς προτάσεις, για να ορίσουν το πεδίο των δυνατών λύσεων» (σ. 17-18).

Αυτή η αντίληψη της διαθεματικότητας φαίνεται να μεταφέρεται στην εκπαίδευση και ενυπάρχει στο πρόγραμμα της UNESCO, σε μικρότερο όμως ποσοστό σε σχέση με τα ενοποιημένα προγράμματα, τα χαρακτηριστικά των οποίων περιγράψαμε πιο πάνω. Σιγά σιγά η αντίληψη αυτή αποκτά μεγαλύτερη βαρύτητα μετά τη δεκαετία

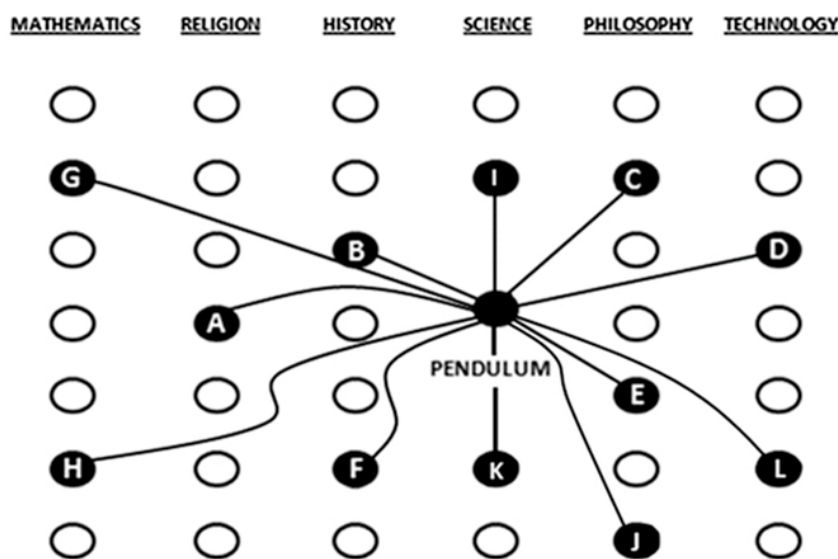
του '80. Συγχρόνως, όμως, ο νεοσύστατος και ταχύτητα αναπτυσσόμενος κλάδος της Διδακτικής των φυσικών επιστημών εισάγει με όλο και πιο συστηματικό τρόπο και άλλες σημαντικές παραμέτρους, εκτός από την επιστημολογική παράμετρο, όπως είναι η παιδαγωγική, η ψυχολογική και η κοινωνική παράμετρος, οι οποίες επηρεάζουν τον σχεδιασμό προγραμμάτων διδασκαλίας που προσιδιάζουν στη διεπιστημονικότητα που βασίζεται σε θεματικές προσεγγίσεις και επίλυση πραγματικών προβλημάτων. Ο Hodson (1992a) αναφέρει ορισμένες κατηγορίες αυτού του τύπου διαθεματικών προγραμμάτων, από τις οποίες ξεχωρίζουμε τρεις:

(α) Τα προγράμματα με *θεματική δομή*, όπως το ολλανδικό PLON (Lijnse et al., 1990), το οποίο απευθύνεται στις υψηλότερες βαθμίδες της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης και αποτελείται από δέκα θεματικές ενότητες στις οποίες ζητήματα της καθημερινής ζωής συνδέονται με την επιστήμη της Φυσικής («Καιρικές αλλαγές», «Μουσική», «Μεταφορές», «Ηλεκτρικές μηχανές», «Ιονίζουσες ακτινοβολίες») (Lijnse et al., 1990).

(β) Θεματικά προγράμματα, στα οποία απαιτείται η συμβολή φυσικών επιστημών, κοινωνικών επιστημών (π.χ. οικονομικές επιστήμες) και τεχνολογικών κλάδων για την πραγμάτευσή τους. Τα προγράμματα αυτά έγιναν γνωστά με το όνομα «*Προγράμματα STS [Science, Technology, Society]*» (Solomon & Aikenhead, 1994). Ιδιαίτερη έμφαση δίνεται στην *οργανική συσχέτιση* επιστήμης και τεχνολογίας, έτσι ώστε η δεύτερη να μην εμφανίζεται, όπως συχνά συμβαίνει στο παραδοσιακό πρόγραμμα σπουδών των φυσικών επιστημών, ως απλή εφαρμογή της πρώτης αλλά ως ευκαιρία για την ανάδειξη διεπιστημονικών σχέσεων για την αντιμετώπιση πρακτικών προβλημάτων (Layton, 2004).

(γ) Προγράμματα τα οποία ενισχύουν την *πολιτισμική* συνιστώσα της επιστημονικής γνώσης. Τα προγράμματα αυτά δεν έχουν ενιαίο διαθεματικό χαρακτήρα. Ο διαθεματικός τους χαρακτήρας βασίζεται περισσότερο σε τεκμηριωμένες στην εκπαιδευτική έρευνα *παιδαγωγικές κατασκευές* παρά σε επιστημολογικές αντιλήψεις για τη φύση της διαθεματικότητας στις φυσικές επιστήμες. Στην κατηγορία αυτή μπορούμε να κατατάξουμε τα προγράμματα που οδηγούν στην *επιστημονική καλλιέργεια* (ή *επιστημονικό εγγραμματισμό*) των πολιτών και συνεπώς αφορούν όλους τους εκπαιδευόμενους και όχι μόνο αυτούς οι οποίοι πρόκειται να χρησιμοποιήσουν τις φυσικές επιστήμες στην επαγγελματική τους ζωή (Jenkins, 2000a). Τέτοια προγράμματα είναι αυτά που στοχεύουν στην κατανόηση των αξιών, της φύσης και των μεθόδων της επιστήμης, καθώς και των στοιχείων που χαρακτηρίζουν την επιστημονική δραστηριότητα (Hodson, 1992a). Σε αυτό μπορεί να συμβάλλουν η έμφαση στις εργαστηριακές και πρακτικές εν γένει εργασίες (Hodson, 1992b) και η εισαγωγή στοιχείων Ιστορίας και Φιλοσοφίας των φυσικών επιστημών (Bevilacqua et al., 2001).

Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα θεματικού προγράμματος που ενισχύει την πολιτισμική συνιστώσα της επιστημονικής γνώσης είναι αυτό όπου η μελέτη ενός *καθοδηγούντος θέματος* (π.χ. η μελέτη της κίνησης του απλού εκκρεμούς) συνδέεται, καταρχήν, με ένα εννοιολογικό πλαίσιο των φυσικών επιστημών και κατά δεύτερο λόγο με άλλους τομείς, όπως η τεχνολογία (κατασκευή και λειτουργία πραγματικών ρολογιών) και η ιστορία της επιστήμης (ο ρόλος του Γαλιλαίου στην ανάλυση της κίνησης του απλού εκκρεμούς). Ο Matthews (2014) περιγράφει σχηματικά την εν λόγω μορφή διαθεματικότητας όπως στο *Σχήμα 5.3*.



Σχήμα 5.3: Σχηματική αναπαράσταση μιας μορφής διαθεματικότητας στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών, όπου παρατηρείται ενδυνάμωση της πολιτισμικής συνιστώσας της επιστημονικής γνώσης (Matthews, 2014).

Όπως φαίνεται και από το Σχήμα, η σχέση φυσικών επιστημών με τα άλλα αντικείμενα διδασκαλίας είναι ετεροβαρής. Η διδασκαλία των φυσικών επιστημών χρησιμοποιεί τα άλλα αντικείμενα διδασκαλίας ως εργαλεία για την επίτευξη του στόχου της επιστημονικής καλλιέργειας των μαθητών. Αυτό, όμως, δεν σημαίνει ότι η σχέση αυτή δεν έχει πραγματική βάση στην ιστορία της επιστήμης και στις κοινωνικές πρακτικές αναφοράς. Δεν πρόκειται, δηλαδή, για μια απλή παιδαγωγική κατασκευή αλλά για τον *διδασκτικό μετασχηματισμό* μιας σχέσης μεταξύ διάφορων μορφών γνώσης και πρακτικών, η οποία εμφανίζεται ιστορικά εντός συγκεκριμένων κοινωνικών πλαισίων. Στο κεφάλαιο 4 αναπτύσσεται μια τέτοια διαθεματική διδασκαλία στο πλαίσιο του ελληνικού αναλυτικού προγράμματος της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης.

Στην επόμενη ενότητα πρόκειται να πραγματευτούμε περαιτέρω μία από τις μορφές διαθεματικών σχέσεων, η οποία γεννήθηκε στα πλαίσια του αναπτυξιακού προγράμματος της UNESCO και αποδείχθηκε ιδιαίτερα ανθεκτική στην επιστημολογική κριτική και στις πρακτικές δυσκολίες εφαρμογής της: τις διαθεματικές σχέσεις οι οποίες συγκροτούνται όταν φυσικές επιστήμες και τεχνολογία καλούνται να συνεργαστούν, ως κοινωνική ή/και παιδαγωγική αναγκαιότητα στο πλαίσιο ενός προγράμματος διδασκαλίας, σε τυπικό ή μη τυπικό εκπαιδευτικό περιβάλλον.

5.3 Επιστήμη και τεχνολογία στην εκπαίδευση

5.3.1 Η προσέγγιση φυσικών επιστημών και τεχνολογίας στην τυπική εκπαίδευση

Η σχέση φυσικών επιστημών και τεχνολογίας ενυπάρχει στα αναλυτικά προγράμματα των φυσικών επιστημών με ρητό ή υπονοούμενο τρόπο ήδη από την εποχή της εγκαθίδρυσης αυτών των προγραμμάτων στη σχολική εκπαίδευση. Η σχέση αυτή λαμβάνει διάφορες μορφές και έχουν κατά καιρούς αναπτυχθεί ειδικά εργαλεία διερεύνησης αυτής της σχέσης στο επίπεδο των αναλυτικών προγραμμάτων και εγχειριδίων φυσικών επιστημών (Gardner, 1999). Στις περισσότερες των περιπτώσεων, που αφορούν κυρίως την παραδοσιακή αντίληψη για το αναλυτικό πρόγραμμα φυσικών επιστημών, ο διδασκτικός μετασχηματισμός της πολυσύνθετης αυτής σχέσης παρουσιάζεται απλοϊκά ως τεχνολογικές εφαρμογές οι οποίες ακολουθούν πάντοτε την επιστημονική ανάπτυξη (Gardner, 1999; Gil-Pérez et al., 2005; Κολιόπουλος, 2006). Στα μέσα περίπου της δεκαετίας του '80, όμως, οι όροι «φυσικές επιστήμες» και «τεχνολογία» εμφανίζονται στην εκπαίδευση ως *ενιαία προσέγγιση* με συστηματικό τρόπο εντός του πλαισίου ενός νέου αναπτυξιακού προγράμματος της UNESCO με τίτλο *Innovations in science and technology education*. Μέσω αυτού του προγράμματος, το οποίο επιδίωκε την ανταλλαγή πληροφοριών και εμπειριών, καθώς και την ανάπτυξη συνεργασιών των εκπαιδευτικών φορέων των καρτών-μελών της UNESCO, παράχθηκε ένα πλούσιο σε όγκο και ιδέες υλικό το οποίο καταγράφηκε σε οκτώ ομώνυμους τόμους (Layton, 1986, 1988, 1991, 1992, 1994; Jenkins & Layton, 1997; Jenkins, 2000b; Jenkins, 2003). Ένα μεγάλο μέρος του προγράμματος της UNESCO αφιερώθηκε στην προσέγγιση STS που αποτέλεσε για πολλά χρόνια την πιο αυθεντική μορφή διαθεματικής προσέγγισης των δύο πεδίων, των φυσικών επιστημών και της τεχνολογίας³⁵.

Μια χαρακτηριστική περίπτωση ενός τέτοιου προγράμματος είναι το δημοφιλές για την εποχή του πρόγραμμα *Science and Technology in Society (SATIS)* που απευθυνόταν σε μαθητές 14-16 ετών (Fullick, 1992). Το αρχικό πρόγραμμα περιείχε 120 ενότητες, κατανεμημένες σε 10 μικρά βιβλία. Οι ενότητες συνήθως απαιτούσαν περίπου δύο περιόδους μαθημάτων (δηλαδή περίπου 75 λεπτά). Οι εκπαιδευτικοί ενθαρρύνονταν να χρησιμοποιούν τις ενότητες με ευελιξία, μπορούσαν δηλαδή να τις αναδιατάξουν και να τις τροποποιήσουν. Οι ενότητες αυτές προοριζόνταν να εμπλέξουν όσο το δυνατόν πιο ενεργά τους μαθητές και περιελάμβαναν μια ποικιλία μεθόδων διδασκαλίας και μάθησης, όπως ερωτήσεις κατανόησης, κατευθυνόμενες δραστηριότητες που σχετίζονται με κείμενο, συζήτηση σε μικρές ομάδες, επίλυση προβλημάτων, έρευνες, προσομοιώσεις, ασκήσεις λήψης αποφάσεων και παιχνίδια ρόλων.

³⁵ Στο παρόν κεφάλαιο ο όρος «Τεχνολογία» δεν σχετίζεται με τις Τεχνολογίες της Πληροφορίας και Επικοινωνίας (ΤΠΕ). Ο όρος παραπέμπει στην ιστορία, τη φύση, τα χαρακτηριστικά και τη λειτουργία των μηχανών και άλλων τεχνολογικών αντικειμένων που αναπτύχθηκαν σε προ-βιομηχανικό ή βιομηχανικό στάδιο. Περισσότερα μπορεί ο αναγνώστης να αναζητήσει στο Cardwell, 2004. Στην προσέγγιση STEM, μια πιο σύγχρονη μορφή διαθεματικότητας φυσικών επιστημών και τεχνολογίας (δείτε την ενότητα 5.3.3), ο όρος «Τεχνολογία» αναφέρεται περισσότερο στις ΤΠΕ, ενώ η παραδοσιακή σημασία του αποδίδεται με τον όρο «Engineering».

Μερικά από τα περιεχόμενα του προγράμματος δίνουμε στη συνέχεια. Πρόκειται για τις δέκα ενότητες του πρώτου από τα μικρά βιβλία.

1. Sulphurcrete: ανάγνωση, ερωτήσεις και πειραματικές εργασίες σχετικά με τη χρήση του θείου ως δομικού υλικού.
2. Τρόφιμα από μύκητες: πληροφορίες, ερωτήσεις και ασκήσεις λήψης αποφάσεων σχετικά με την παραγωγή και εμπορία ενός νέου τροφίμου.
3. Έλεγχος της σκουριάς: πληροφορίες, ερωτήσεις και ασκήσεις λήψης αποφάσεων σχετικά με τη σκουριά και την πρόληψή της, ιδιαίτερα με τις οικονομικές πτυχές της.
4. Τι υπάρχει στο φαγητό μας; Μια ματιά στις ετικέτες τροφίμων: έρευνα, ανάλυση και συζήτηση σχετικά με την επισήμανση των τροφίμων και τα πρόσθετα τροφίμων.
5. Όσο μεγαλύτερο τόσο το καλύτερο; Ανάλυση δεδομένων και συζήτηση σχετικά με οικονομίες κλίμακας, με ιδιαίτερη αναφορά στην παραγωγή αιθενίου.
6. Το παιχνίδι σχεδίασης: σχεδιάζοντας ένα ενεργειακά αποδοτικό σπίτι.
7. Ashton Island- πρόβλημα στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας: άσκηση ενημέρωσης και επίλυσης προβλημάτων σχετικά με τη χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.
8. Φυτικές ίνες στη διατροφή σας: πληροφορίες, ερωτήσεις και ανάλυση δεδομένων σχετικά με τη σχέση μεταξύ διαιτητικών ινών και ασθενειών.
9. Πυρηνική ενέργεια: μια δομημένη συζήτηση σχετικά με τις αρχές και τα ζητήματα πίσω από τη χρήση της πυρηνικής ενέργειας.
10. Hilltop - αγροτικό πρόβλημα: άσκηση επίλυσης προβλημάτων σχετικά με ασθένεια ιχνοστοιχείων σε ζώα εκτροφής.

Μια ανανεωμένη μορφή του προγράμματος SATIS παρουσιάστηκε το 2009. Ο Holman (1987) κατηγοριοποιεί αυτά τα προγράμματα ως «Science-first προσεγγίσεις». Αυτή είναι η περίπτωση του SATIS. Μια παραλλαγή αυτών των προγραμμάτων είναι η «Applications-first προσεγγίσεις» όπου αφενός αναγνωρίζεται η οργανική σύνδεση ανάμεσα σε κοινωνικά/τεχνολογικά ζητήματα και την αντίστοιχη απαιτούμενη επιστημονική γνώση και αφετέρου η ανάπτυξη του αναλυτικού προγράμματος *φυσικών επιστημών* μοιάζει περισσότερο με σειρά δραστηριοτήτων επίλυσης τεχνολογικών προβλημάτων. Ένα τέτοιο πρόγραμμα είναι το *Salter's Chemistry* (Campbell et al., 1994) που απευθυνόταν σε μαθητές 13-16 ετών. Σε αντίθεση με το πρόγραμμα SATIS, η επιστημονική γνώση δεν προηγείται, αλλά προκύπτει μέσω της πραγμάτευσης του κοινωνικού/τεχνολογικού ζητήματος. Τα ζητήματα της καθημερινής ζωής και τα διάφορα τεχνολογικά προβλήματα, δηλαδή, αποτελούν τα ίδια σημεία αφετηρίας και πλαίσια διαπραγμάτευσης της εννοιολογικής συνιστώσας και της μεθοδολογικής συνιστώσας της επιστημονικής γνώσης. Η πρώτη εκδοχή του προγράμματος περιείχε πέντε διδακτικές ενότητες (modules): «Τρόφιμα», «Ποτά», «Θέρμανση», «Μέταλλα», «Ρουχισμός». Έτσι, για παράδειγμα στην ενότητα «Ποτά», το διοξείδιο του άνθρακα εμφανίζεται ως αντικείμενο διδασκαλίας στο οικείο πλαίσιο των ανθρακούχων ποτών και όχι στο σχολικό εργαστηριακό πλαίσιο των χημικών αντιδράσεων. Η προσέγγιση αυτή είναι συμβατή με τη λεγόμενη *συμφραστική διδασκαλία* (contextual teaching) (δείτε και το κεφάλαιο 8). Διάφορες ενδιάμεσες προσεγγίσεις αναπτύχθηκαν την ιστορική περίοδο εφαρμογής των προγραμμάτων STS με την τεχνολογία και τις φυσικές επιστήμες να διεκδικούν μεγαλύτερες ή μικρότερες ποσοτώσεις, ανάλογα με την έμφαση που κάθε πρόγραμμα προσέδιδε στο ένα ή το άλλο αντικείμενο καθώς και τη φύση της σχέσης ανάμεσα σε αυτά, αν δηλαδή οι φυσικές επιστήμες ετίθεντο στην υπηρεσία της τεχνολογίας ή το αντίστροφο (Aikenhead, 1994; Layton, 2004). Στον ελληνικό χώρο, μια απόπειρα ανάπτυξης εργαστηριακής διδασκαλίας της Φυσικής στις χαμηλές βαθμίδες της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης με στόχο την υπέρβαση της εμπειρικο-επαγωγικής εργαστηριακής διδασκαλίας και τη σύνδεση των εννοιών της Φυσικής με την καθημερινότητα και τον κοινωνικό περίγυρο των μαθητών ήταν τα *Κυκλικά Εργαστήρια* της Μηχανικής των ρευστών και του Ηλεκτρομαγνητισμού (Καριώτογλου, Κολιόπουλος & Ψύλλος, 1989, 1993; Κολιόπουλος, 1993).

Η εφαρμογή των διάφορων προγραμμάτων STS ανέδειξε διάφορα πρακτικά προβλήματα, όπως αυτά των εμποδίων που πρόβαλαν οι διάφορες εκπαιδευτικές γραφειοκρατικές δομές ή της πρόσληψης από τους εκπαιδευτικούς της φύσης και των χαρακτηριστικών των προγραμμάτων. Ο Fensham (1997) αναφέρει ότι ακόμη και οι πλέον καινοτόμοι εκπαιδευτικοί στην Αυστραλία επανεμήνευσαν τα προγράμματα αυτά με τέτοιο τρόπο, ώστε ο παραδοσιακός τρόπος διδασκαλίας των εννοιών των φυσικών επιστημών να καταστεί περισσότερο αποτελεσματικός, αντί να διακρίνουν σε αυτά ευκαιρίες για καινοτόμα περιεχόμενα και μαθησιακά αποτελέσματα. Τα πρακτικά προβλήματα, πάντως, τα οποία παρουσιάστηκαν κατά τη διάρκεια της εφαρμογής των προγραμμάτων STS, αν και απολύτως σημαντικά, επισκιάζονται, κατά τη γνώμη μας, από δύο θεωρητικά

προβλήματα, ενδογενή αυτής της προσέγγισης. Το πρώτο σχετίζεται με τη συζήτηση για την επιστημολογική συγκρότηση των φυσικών επιστημών και της τεχνολογίας. Οι Arageorgis & Baltas (1989) υποστηρίζουν και τεκμηριώνουν τη διαφορετική επιστημολογική συγκρότηση των δύο τομέων αναλύοντας τις διαφορές ανάμεσα στο *επιστημονικό πρόβλημα* και το *τεχνολογικό πρόβλημα*. Το επιστημονικό πρόβλημα αποτελεί εσωτερική υπόθεση της κάθε επιστήμης, η οποία προσεγγίζει φαινόμενα μέσα από συγκεκριμένες οπτικές γωνίες (οι οποίες συγκροτούνται ως εννοιολογικά πλέγματα) και ειδικές διαδικασίες προσέγγισης του προβλήματος (επιστημονικές μέθοδοι). Κάθε επιστήμη, λοιπόν, θέτει και επιλύει προβλήματα τα οποία είναι συμβατά μόνο με εκείνες τις πλευρές των πραγματικών φαινομένων που είναι σε θέση να ιδιοποιηθεί γνωστικά. Έτσι, για παράδειγμα, η κατασκευή ενός οργάνου μέτρησης του χρόνου (π.χ. του εκκρεμούς) θα πρέπει να είναι συμβατή και να υπακούει αποκλειστικά στον νόμο της περιόδου, σε αντίθεση με το αντίστοιχο τεχνολογικό πρόβλημα (π.χ. την κατασκευή εκκρεμούς κατάλληλου για τη ναυσιπλοΐα) όπου πρέπει να ληφθούν και εξωγενείς ως προς το επιστημονικό πλαίσιο παράγοντες, ώστε να καταστεί λειτουργικό στις δύσκολες συνθήκες ναυσιπλοΐας. Ένα εξαιρετικό παράδειγμα ενδογενούς γνωστικής ιδιοποίησης που σχετίζεται με την έννοια του έργου περιγράφει στις εργασίες του ο Κανδεράκης (Kanderakis, 2010; Κανδεράκης, 2021). Παρόλο που η έννοια αυτή έχει παραχθεί και χρησιμοποιηθεί ιστορικά στο πλαίσιο επίλυσης τεχνολογικών προβλημάτων (π.χ. μέτρηση της «ισχύος» μιας μηχανής) από Άγγλους και Γάλλους μηχανικούς, δεν αποκτά το status φυσικού μεγέθους παρά πολύ αργότερα, όταν εντάσσεται στο πλαίσιο της φυσικής της ενέργειας και αποδίδεται σε αυτό το *συστημικό* του νόημα (Μπαλτάς, 1991).

Από την άλλη μεριά, το τεχνολογικό πρόβλημα ορίζεται σε σχέση με την κατασκευή ενός υλικού τεχνουργήματος που παραγγέλλει ένα κοινωνικό υποκείμενο, το οποίο τεχνούργημα θα ικανοποιήσει συγκεκριμένες κοινωνικές ανάγκες. Το τεχνολογικό πρόβλημα περιλαμβάνει την προσέγγιση πραγματικών φαινομένων μέσα από διάφορες οπτικές γωνίες και έτσι δεν εμπίπτει στη δικαιοδοσία μίας και μόνο επιστήμης. Μια οργανωμένη απάντηση σε αυτή την απαίτηση του τεχνολογικού προβλήματος είναι η δημιουργία των λεγόμενων *εφαρμοσμένων επιστημών*. Στις περιπτώσεις αυτές η λύση του τεχνολογικού προβλήματος σχετίζεται με την αποτελεσματικότητα του τεχνουργήματος, η οποία ορίζεται από τεχνικούς, κοινωνικούς, πολιτικούς, οικονομικούς, περιβαλλοντικούς και άλλους παράγοντες, ενώ, συγχρόνως, για την επίλυση των τεχνολογικών προβλημάτων που καλούνται να επιλύσουν απαιτούνται διεπιστημονικές συνεργασίες. Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα εφαρμοσμένων επιστημών είναι οι *επιστήμες του μηχανικού (engineering)*. Τα αντικείμενα αυτά χαρακτηρίζονται από το κεντρικό τους ενδιαφέρον για την επίλυση επακριβώς καθορισμένων τύπων τεχνολογικών προβλημάτων. Ένα άλλο χαρακτηριστικό τους είναι ότι συγκροτούνται από δύο είδη θεωρίας: τις πραγματολογικές θεωρίες (factual theories) και τις λειτουργικές θεωρίες (operational theories). Οι πρώτες παρέχουν επιστημονική εγκυρότητα στην επίλυση του τεχνολογικού προβλήματος και οι δεύτερες διατυπώνουν κανόνες εφικτότητας για τη βέλτιστη πορεία της τεχνολογικής πραγματοποίησης και υπόκεινται σε κοινωνικούς περιορισμούς (Arageorgis & Baltas, 1989).

Η παραπάνω ανάλυση συνηγορεί υπέρ της αντίληψης σύμφωνα με την οποία οι δύο τομείς, των φυσικών επιστημών και της τεχνολογίας, έχουν μεν διαφορετική επιστημολογική συγκρότηση, αλλά αυτό δεν σημαίνει ότι δεν είναι δυνατή η συνεργασία τους, υπό συγκεκριμένες όμως περιστάσεις. Η αντίληψη αυτή, την οποία υιοθετούμε κι εμείς, οριοθετείται σαφώς από μια άλλη επιστημολογική προσέγγιση της σχέσης φυσικών επιστημών και τεχνολογίας. Η προσέγγιση αυτή άλλοτε εμφανίζεται ως ολική αναγωγή της τεχνολογίας στην επιστήμη μέσω της προσπάθειας συγκρότησης θεωρητικών μοντέλων των διάφορων τεχνολογικών διαδικασιών και άλλοτε ως αδυναμία διαφοροποίησης της βασικής και της εφαρμοσμένης έρευνας, με αποτέλεσμα τα σύνορα φυσικών επιστημών και τεχνολογίας να καθίστανται ασαφή. Η δεύτερη αυτή εκδοχή εμφανίζεται ενίοτε με το όνομα *τεχνοεπιστήμη* (Tala, 2009).

Η μεταφορά των επιστημολογικών ασαφειών της σχέσης φυσικών επιστημών και τεχνολογίας στην εκπαίδευση, μέσω των προγραμμάτων STS, είναι μία από τις δυσκολίες που συνάντησαν οι προσπάθειες να συγκροτηθούν σταθερά θεωρητικά πλαίσια (Bybee, 1987; Layton, 2004; Zeidler, Sadler, Simmons & Howes, 2005). Οι δυσκολίες συγκρότησης τέτοιων πλαισίων είναι ένα πρόβλημα εξίσου σημαντικό με το επιστημολογικό, που παρουσιάστηκε κατά τη διάρκεια της εφαρμογής των προγραμμάτων αυτών. Μεταξύ των δυσκολιών που αναφέρονται είναι η χαμηλή προτεραιότητα που δόθηκε στην τεχνολογία στο πλαίσιο της προσέγγισης STS και ότι στην πρώτη περίοδο της εφαρμογής της λειτούργησε περισσότερο ως διεύρυνση των μαθημάτων των φυσικών επιστημών προς την κατεύθυνση της εξέτασης κοινωνικών ζητημάτων που σχετίζονταν με τις επιστημονικές εξελίξεις και θεωρούσε την τεχνολογία απλώς ως συμπλήρωμα των φυσικών επιστημών (Jenkins, 2000a; Layton, 2004). Αυτό είχε ως αποτέλεσμα τη μεγάλη ανομοιογένεια των συγκεκριμένων προγραμμάτων. Ο Aiken-

head (2003) πρότεινε μια εμπειρική κατηγοριοποίηση διάφορων εκπαιδευτικών προγραμμάτων τα οποία εμπειρείχαν STS περιεχόμενο, με κριτήρια τη δομή του περιεχομένου (το ποσοστό STS περιεχομένου σε σχέση με το περιεχόμενο ενός παραδοσιακού προγράμματος φυσικών επιστημών) και την αξιολόγηση των μαθητών (την έμφαση σε STS περιεχόμενο). Διέκρινε οκτώ κατηγορίες. Μέχρι την τρίτη κατηγορία η δομή του περιεχομένου καθορίζεται από το γνωστικό αντικείμενο, ενώ η τέταρτη κατηγορία αφορά προγράμματα των οποίων η δομή του περιεχομένου καθορίζεται από τα τεχνολογικά ή κοινωνικά χαρακτηριστικά των θεματικών ενοτήτων. Από την πέμπτη κατηγορία και υψηλότερα η προσέγγιση γίνεται καθαρά διαθεματική. Τα τρία βασικά προβλήματα που αναφέρθηκαν εδώ (επιστημολογικές ασάφειες για τη σχέση φυσικών επιστημών και τεχνολογίας, δυσκολίες στη συγκρότηση ενός σταθερού θεωρητικού πλαισίου για τη φύση και τα χαρακτηριστικά του διδακτικού μετασχηματισμού αυτής της σχέσης σε STS εκπαιδευτικά προγράμματα και δυσκολίες προσαρμογής των εκπαιδευτικών στη νέα αυτή καινοτομική προσέγγιση) οδήγησαν τελικά στην αποδυνάμωση του STS κινήματος στις διάφορες βαθμίδες της εκπαίδευσης, τη σταδιακή απόσυρση αυτής της μορφής διαθεματικότητας και την εμφάνιση νέων εκδοχών της, όπως αυτή της STEM εκπαίδευσης.

5.3.2 Η προσέγγιση φυσικών επιστημών και τεχνολογίας στη μη τυπική εκπαίδευση

Οι βαθιές αλλαγές, όμως, που συνέβησαν τις δεκαετίες '60 και '70, τόσο στην επιστημολογική προσέγγιση της φύσης της επιστημονικής και τεχνολογικής γνώσης όσο και στην αντίληψη για το περιεχόμενο και τις μεθόδους της εκπαίδευσης, έδωσαν χώρο να αναπτυχθεί ένα νέο πεδίο εκπαίδευσης στις φυσικές επιστήμες, αυτό των λεγόμενων *μη τυπικών μορφών εκπαίδευσης*, ένα πεδίο όπου συναντώνται οι μηχανισμοί της εκλαΐκευσης και του διδακτικού μετασχηματισμού αυτής της γνώσης (Jacobi, Schiele & Cyr, 1990; Κολιόπουλος, 2017). Οι μη τυπικές μορφές εκπαίδευσης στις φυσικές επιστήμες συσχετίζονται με τις λεγόμενες «εξωσχολικές» (out-of-school activities) ή «εκτός αναλυτικού προγράμματος» (extra-curricular) δραστηριότητες και εμφανίζονται όταν τα ίδια τα εκπαιδευτικά συστήματα αναγνωρίζουν τους περιορισμούς στους οποίους υπόκεινται οι τυπικές μορφές εκπαίδευσης (π.χ. καθυστέρηση του αναλυτικού προγράμματος σε σχέση με τις επιστημονικές και τεχνολογικές αλλαγές που επιτελούνται στην κοινωνία) καθώς και η ανάγκη διεύρυνσης των σχολικών ορίων προς την κοινωνία (π.χ. η εισαγωγή της περιβαλλοντικής εκπαίδευσης στο αναλυτικό πρόγραμμα). Σ' αυτές κατατάσσονται οι δραστηριότητες στους μαθητικούς ομίλους φυσικών επιστημών και τεχνολογίας³⁶, η συμμετοχή σε Ολυμπιάδες φυσικών επιστημών, η συμμετοχή σε επιστημονικές εκθέσεις, η πειραματική εργασία πεδίου με τη μέθοδο project, οι επισκέψεις σε μουσεία φυσικών επιστημών και η συμμετοχή σε προγράμματα που αυτά διοργανώνουν και, τέλος, η ανάγνωση επιστημονικών κειμένων από τον ειδικό και μη ειδικό τύπο καθώς και η παρακολούθηση εκπομπών με επιστημονικά θέματα στην τηλεόραση και το ραδιόφωνο (UNESCO, 1986; Escot, 1999). Σε πολλές από αυτές τις δραστηριότητες, που από τη φύση τους αποτελούν ένα λιγότερο οργανωμένο και μη συστηματικό εκπαιδευτικό πεδίο, οι διαθεματικές προσεγγίσεις, και ιδιαίτερα εκείνες που αναφέρονται στη σχέση επιστήμης και τεχνολογίας, βρίσκουν εύφορο έδαφος πειραματισμού και ανάπτυξης.

Συγχρόνως, τη δεκαετία του '80 κάνει την εμφάνισή της μια νέα γενιά μουσείων επιστήμης και τεχνολογίας, τα Κέντρα Επιστήμης (Science Centers), τα οποία επιλέγουν ως στρατηγικό στόχο τη σύνδεση φυσικών επιστημών, τεχνολογίας και κοινωνίας, σε αντίθεση με προγενέστερες γενιές μουσείων που στόχευαν είτε στη διάδοση της τεχνολογίας είτε στη διάδοση της επιστήμης, χωρίς ωστόσο να αναδεικνύουν την κοινωνική και

³⁶ Ένας τέτοιος όμιλος δημιουργήθηκε από τον συγγραφέα και λειτούργησε στα μέσα της δεκαετίας του '90 με μαθητές Γυμνασίου στην Ελληνογαλλική Σχολή Αγίας Παρασκευής. Στόχος του ομίλου ήταν η κατασκευή τεχνολογικών συσκευών, η λειτουργία των οποίων βασίζεται στη μετατροπή διάφορων μορφών ενέργειας σε ηλεκτρική ή θερμική ενέργεια. Χαρακτηριστικό παράδειγμα τεχνολογικών προβλημάτων που τέθηκαν ήταν η κατασκευή ενεργειακά αποδοτικών συσκευών. Κατασκευάστηκαν από τους μαθητές συσκευές, όπως ένα πρότυπο ηλιακού θερμοσίφωνα και ένα πρότυπο γερανού με ηλεκτρικό κινητήρα, με τη βοήθεια και ενός τεχνολόγου ειδικευμένου στην ηλεκτρονική. Οι μαθητές ήρθαν, επίσης, σε επαφή με κοινωνικές πρακτικές, σχετικές με το ζήτημα της εξοικονόμησης ενέργειας (επίσκεψη εξειδικευμένου προσωπικού της ΔΕΗ, επίσκεψη στο Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας). Το κύριο χαρακτηριστικό της λειτουργίας του εργαστηρίου ήταν η αμφίδρομη ροή γνώσεων, δράσεων και υλικών ανάμεσα στον όμιλο και στην τυπική διδασκαλία των φυσικών επιστημών. Όμως, το περιεχόμενο των δραστηριοτήτων του ομίλου δεν αποτελούσε παράρτημα της διδασκαλίας των φυσικών επιστημών αλλά *αυτόνομη* δραστηριότητα η οποία βασιζόταν σε ένα κοινωνικό πρόβλημα. Κατά συνέπεια, το όλο εγχείρημα απαιτούσε μια διεπιστημονική προσέγγιση η οποία καθοδηγήθηκε από τη φύση και τα χαρακτηριστικά του προς επίλυση κατασκευαστικού προβλήματος.

πολιτισμική διάσταση των αντίστοιχων μορφών γνώσης. Η Πόλη των Επιστημών και της Βιομηχανίας στο Παρίσι ([Cité des Sciences et de l'Industrie](#)) είναι χαρακτηριστικό παράδειγμα αυτού του τύπου μουσείου επιστήμης και τεχνολογίας (Delacôte, 1990). Ο Schiele (2021) επισημαίνει τις αιτίες που οδηγούν στον ριζικό μετασχηματισμό της μουσειολογικής αντίληψης για τα μουσεία επιστήμης και τεχνολογίας:

«Για αρκετά χρόνια [πριν από τη δεκαετία του '80], η σχέση μεταξύ κοινωνίας και επιστήμης είχε αμφισβητηθεί, πιθανώς πιο σοβαρά στην Ευρώπη από ό,τι στις Ηνωμένες Πολιτείες: Η ιδέα της προόδου, που είχε ήδη αποδυναμωθεί την προηγούμενη δεκαετία, συνδυάστηκε τότε με την ιδέα της καταστροφής και του κινδύνου. Το κοινό συνειδητοποίησε τη βαθιά επίδραση της επιστήμης και της τεχνολογίας στην καθημερινή ζωή, την εργασία και το περιβάλλον. Οι επιστήμες και οι αντίστοιχες τεχνολογίες μεταμόρφωσαν την κοινωνία με ρυθμό πρωτόγνωρο στην ιστορία της ανθρωπότητας και δυνητικά επηρέαζαν όλους τους πολίτες. Τα μουσεία δεν θα μπορούσαν πλέον να περιορίζονται στη διάδοση της επιστημονικής καλλιέργειας... ακόμα κι αν πολλά από αυτά το έκαναν με ενθουσιασμό. Η παρουσίαση της επιστήμης αποκομμένη από την κοινωνία δεν ανταποκρίνεται πλέον στις προσδοκίες των επισκεπτών που περίμεναν να ενημερωθούν με τρόπο που θα τους επέτρεπε να δράσουν» (Schiele, 2021, σ. 64).

Έτσι, παράλληλα, με τις αλλαγές που σημειώνονται στο εκπαιδευτικό τοπίο με την αναγνώριση των μη τυπικών μορφών εκπαίδευσης, αναπτύσσονται και εξειδικευμένοι οργανισμοί διάδοσης της επιστημονικής και τεχνολογικής γνώσης οι οποίοι διεκδικούν και αυτοί μερίδιο στην εκπαίδευση του κοινού και ιδιαίτερα του σχολικού κοινού. Ο STS προσανατολισμός των Κέντρων Επιστήμης, επιτρέπει πλέον στην εκπαιδευτική τους λειτουργία να στραφεί και προς αυτήν την κατεύθυνση. Πρόκειται για άλλη μια από τις μεταμορφώσεις της διαθεματικής αυτής προσέγγισης, η οποία συνεχίζει να απασχολεί όλους τους εμπλεκόμενους στο ζήτημα της επιστημονικής επικοινωνίας και εκπαίδευσης, αφού, προφανώς, οι κοινωνικοί λόγοι για τους οποίους εμφανίστηκε όχι μόνο δεν εξαλείφθηκαν αλλά ενισχύονται όλο και περισσότερο.

5.4 Επίλογος

Θεωρούμε ότι η προσέγγιση της διαθεματικότητας από τη σκοπιά του εξειδικευμένου αντικειμένου διδασκαλίας είναι μια επιστημολογικά και ιστορικά έγκυρη προσέγγιση. Η αναζήτηση διαθεματικών προσεγγίσεων εκεί που πραγματικά υπάρχουν, δηλαδή, στις φυσικές επιστήμες και στις κοινωνικές πρακτικές που σχετίζονται με τις επιστήμες αυτές, είναι το στοιχείο που προσδίδει *επιστημολογική εγκυρότητα* σ' αυτήν την προσέγγιση και τη διαφοροποιεί από τις ολιστικές προσεγγίσεις που προέρχονται από την εφαρμογή γενικών κανονιστικών αρχών του σχολικού προγράμματος σπουδών. Από την άλλη μεριά, με την ιστορική αναδρομή που επιχειρήσαμε, αναδείξαμε την *ιστορικο-γενετική διάσταση της διαθεματικότητας* στο επίπεδο των προγραμμάτων σπουδών της εκπαίδευσης και διακρίναμε τις διαφορετικές *εφικτές* μορφές διαθεματικότητας, όπως αυτές έχουν προταθεί και εφαρμοστεί κατά καιρούς. Η ιστορική αναδρομή που επιχειρήθηκε μας επιτρέπει ασφαλώς να γνωρίσουμε τους στόχους και το περιεχόμενο της εκπαιδευτικής αυτής παράδοσης, αλλά συγχρόνως μας παρέχει και εργαλεία ανάλυσης για να προσεγγίσουμε τις σημερινές μορφές της.

Βιβλιογραφικές αναφορές

- Aikenhead, G.S. (1994). What is STS science teaching? In J. Solomon & G.S. Aikenhead (Eds), *STS education international perspectives on reform*. New York: Teacher's College Press, 47-59.
- Aikenhead, G.S. (2003). STS education. A rose by any other name. In R. Cross (Ed.), *A vision for science education. Responding to the work of Peter Fensham*. London: Routledge.
- Arageorgis, A., & Baltas, A. (1989). Demarcating Technology from Science: Problems and Problem Solving in Technology. *Zeitschrift für allgemeine Wissenschaftstheorie*, 20(2), 212-229.
- Arsac, G., Chevillard, Y., Martinand, A., & Tiberghien, A. (1994). *La transposition didactique à l'épreuve*. La Pensée Sauvage.
- Audigier, F. (1985). *Enseignement de l'énergie*. INRP (Collection Rapports de Recherche).
- Bybee, R.W. (1987). Science education and the Science-Technology-Society (S-T-S) theme. *Science Education*, 71(5), 667-683.
- Bevilacqua F., Giannetto E., & Matthews, M. (2001). *Science education and culture. The contribution of History and Philosophy of science*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Black, P. (1986). Integrated or co-ordinated science? *School Science Review*, June 86, 669-681.
- Blum, A. (1973). Towards a rationale for integrated science teaching. In P.E. Richmond (Ed.), *New trends in integrated science teaching, vol. II*. Paris: UNESCO, 29-52.
- Blum, A. (1991). Integrated science studies. In: Lewy A (Ed.), *The international encyclopedia of curriculum*. New York: Pergamon Press, 163-168.
- Campbell, B., Lazonby, J., Millar, R., Nicolson, P., Ramsden, J., & Waddington, D. (1994). Science: The Salters' approach-a case study of the process of large-scale curriculum development. *Science Education*, 78(5), 415-447.
- Cardwell, D. (2004). *Η ιστορία της Τεχνολογίας*. Αθήνα: Μεταίχμιο.
- Chisman, D.G. (Ed.) (1990). *New trends in integrated science teaching, vol. VI*. Paris: [UNESCO](#)
- Cohen, D. (Ed.) (1977). *New trends in integrated science teaching, vol. IV*. Paris: [UNESCO](#)
- Delacôte, G. (1988). Science and technology: Educating a wider public. In D. Layton (Ed.), *Innovations in science and technology education, vol. II*. Paris: UNESCO.
- Delserieys-Pedregosa, A., Boilevin J. M, Brandt-Pomares, P., Givry, D., & Martin, P. (2010). Enseignement intégré de science et technologie, quels enjeux ? *Review of Science, Mathematics and ICT Education*, 4(2), 9-28.
- Ennever, L., & Harlen, W. (1972). *With objectives in mind. Guide to Science 5/13*. London: McDonald Educational.
- Escot, C. (1999). La culture scientifique et technologique dans l'éducation non formelle. *Études et documents d'éducation*, 66.
- Fensham, P. (1979). Strategies and implementation of integrated science education at the post-secondary level. In J. Reay (Ed.), *New trends in integrated science teaching, vol. V*. Paris: UNESCO, 77-84.
- Fensham, P. (1997). School science and its problems with scientific literacy. In R. Levinson & J. Thomas (Eds), *Science Today: Problem or crisis?* London: Routledge, 119 - 136.
- Fourez, G. (1997). Qu'entendre par «îlot de rationalité»? et par «îlot interdisciplinaire de rationalité»? *ASTER*, 25, 217-225.
- Fuller, R.G., Campbell, T.C., Dykstra, D.I., & Stevens, S.M. (2009). *College teaching and the development of reasoning*. Charlotte: Information Age Publishing.
- Fullick, P. (1992). Addressing science and technology issues in the United Kingdom: The SATIS Project. *Theory Into Practice*, 31(1), 36-43.
- Gardner, P.L. (1999). The representation of science-technology relationships in Canadian physics textbooks. *International Journal of Science Education*, 21(3), 329-347.
- Gil-Pérez, D., Vilches, A., Fernández, I., Cachapuz, A., Praia, J., Valdés, P., & Salinas, J. (2005). Technology as 'Applied Science'. *Science & Education*, 14(3-5), 309-320.
- Haggis, S., & Adey, P. (1979). A review of integrated science education world-wide. In J. Reay (Ed.), *New trends in integrated science teaching, vol. V*. Paris: UNESCO, 35-39.
- Hall, D.C. (1973). Aims and objectives of integrated science teaching. In P.E. Richmond (Ed.), *New trends in integrated science teaching, vol. II*. Paris: UNESCO, 15-28.

- Hodson, D. (1992a) In search of a meaningful relationship: an exploration of some issues relating to integration in science and science education. *International Journal of Science Education*, 14(5), 541-556.
- Hodson, D. (1992b). Redefining and reorienting practical work in school science. *School Science Review*, 73, 65-78.
- Holman, J.S. (1987). Resources or courses? Contrasting approaches to the introduction of industry and technology to the secondary curriculum. *School Science Review*, 68, 432-438.
- Jacobi, D., Schiele, B., & Cyr, M-F. (1990). La vulgarisation scientifique et l'éducation non formelle. *Revue Française de Pédagogie*, 91, 81-111.
- Jenkins, E.W., & Layton, D. (Eds.) (1997). *Innovations in science and technology education, vol. VI*. Paris: [UNESCO](#).
- Jenkins, E.W. (Ed.) (2000a). "Science for all": Time for a paradigm shift? In R. Millar, J. Leach & J. Osborne (Eds.), *Improving science education. The contribution of research*. Buckingham: Open University Press, 207-226.
- Jenkins, E.W. (Ed.) (2000b). *Innovations in science and technology education, vol. VII*. Paris: [UNESCO](#).
- Jenkins, E.W. (Ed.) (2003). *Innovations in science and technology education, vol. VIII*. Paris: [UNESCO](#).
- Jordan, T. (1989). Themes and schemes: A philosophical approach to interdisciplinary science teaching. *Synthese*, 80, 63-79.
- Jourdan, J., Julien, N., & Osicki, R. (1998). *Physique-Chimie*. Paris: Hatier.
- Καριώτογλου, Π., Κολιόπουλος, Δ., & Ψύλλος, Δ. (1989). *Το κυκλικό εργαστήριο στη Β' γυμνασίου - Στατική των ρευστών*. Αθήνα: Γ. Πνευματικός.
- Καριώτογλου, Π., Κολιόπουλος, Δ., & Ψύλλος, Δ. (1993). *Το κυκλικό εργαστήριο στη Γ' γυμνασίου - Ηλεκτρομαγνητισμός*. Αθήνα: Γ. Πνευματικός.
- Κολιόπουλος, Δ. (Επιμ.) (1993). *Η πειραματική διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών. Πρόταση για ένα επιμορφωτικό πρόγραμμα*. Αθήνα: Γ. Πνευματικός.
- Κολιόπουλος, Δ. (2004). Η διαθεματικότητα από τη σκοπιά του εξειδικευμένου αντικειμένου: Η περίπτωση των Φυσικών Επιστημών, Στο Κ. Αγγελάκου & Γ. Κόκκινου (Επιμ.), *Η διαθεματικότητα στο σύγχρονο σχολείο*. Αθήνα: Μεταίχμιο, 31-42.
- Κολιόπουλος, Δ. (2006). *Θέματα Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών. Η συγκρότηση της σχολικής γνώσης*. Αθήνα: Μεταίχμιο.
- Κολιόπουλος, Δ. (2017). *Η διδακτική προσέγγιση του μουσείου φυσικών επιστημών*. Αθήνα: Μεταίχμιο.
- Κουλαϊδής, Β., & Ogborn, J. (1994). Αρχές κατασκευής αναλυτικών προγραμμάτων για τη διδασκαλία των φυσικών επιστημών: Μια πρόταση για «ολοκλήρωση». Στο Β. Κουλαϊδής (Επιμ.), *Αναπαραστάσεις του φυσικού κόσμου. Επιστημολογική και διδακτική προσέγγιση*. Αθήνα: Gutenberg.
- Κανδεράκης, Ν. (2021). *Μετρώντας την εργασία των μηχανών: Η δημιουργία του φυσικού μεγέθους «έργο»*. Αθήνα: Γράφημα.
- Kanderakis, N. (2010). When is a physical concept born? The emergence of 'work' as a magnitude of Mechanics, *Science & Education*, 19(10), 995-1012.
- Kirwan, D.F. (1987). *Energy resources in science education*. Pergamon Press.
- Layton, D. (Ed.) (1986). *Innovations in science and technology education, vol. I*. Paris: [UNESCO](#).
- Layton, D. (Ed.) (1988). *Innovations in science and technology education, vol. II*. Paris: [UNESCO](#).
- Layton, D. (Ed.) (1991). *Innovations in science and technology education, vol. III*. Paris: [UNESCO](#).
- Layton, D. (Ed.) (1992). *Innovations in science and technology education, vol. IV* Paris: [UNESCO](#).
- Layton, D. (Ed.) (1994). *Innovations in science and technology education, vol. V* Paris: [UNESCO](#).
- Layton, D. (2004). *Η πρόκληση της τεχνολογίας στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών*. Αθήνα: Μεταίχμιο.
- Lijnse, P.L., Kortland, K., Eijkelhof H., van Genderen, D., & Hooymayers, P. (1990). A thematic curriculum: A balance between contradictory curriculum forces. *Science Education*, 74(1) 95-103.
- Μπαλτάς, Α. (1991). Πρόταση για τη συγκρότηση της έννοιας «επιστήμη». *Λόγου Χάριν*, 2, 37-72.
- Maingain, A., & Dufour, B. (2003). *Διδακτικές προσεγγίσεις της διαθεματικότητας*. Αθήνα: Εκδόσεις Πατάκη.
- Matthews, M.R. (2014). Pendulum motion: A case study in how History and Philosophy can contribute to science education. In M. Matthews (Ed), *International Handbook of Research in History, Philosophy and Science Teaching*. Springer, 19-56.
- Ματσαγγούρας, Η. (2003). *Η διαθεματικότητα στη σχολική ζωή*. Αθήνα: Γρηγόρης.
- Μπαλτάς, Α. (1983). Για το οικολογικό κίνημα. Επιστήμη και διεπιστημονικότητα. *Πολίτης*, 63, 1-21.

- Nersessian, N. (1992). How do scientists think? Capturing the dynamics of conceptual change in science. In R. Giere (Ed.), *Cognitive Models of Science*. University of Minneapolis: Minnesota Press, 5-22.
- Piaget, J. (1972). [L'épistémologie des relations interdisciplinaires](#).
- Reay, J. (Ed.) (1979). *New trends in integrated science teaching, vol. V*. Paris: [UNESCO](#).
- Recherches Pédagogiques (1973). *Activités d'éveil scientifique a l'école élémentaire. Objectifs, Méthodes, Moyens*. INRP.
- Richmond, P.E. (Ed.) (1971). *New trends in integrated science teaching, vol. I*. Paris: [UNESCO](#).
- Richmond, P.E. (Ed.) (1973). *New trends in integrated science teaching, vol. II*. Paris: [UNESCO](#).
- Richmond, P.E. (Ed.) (1974). *New trends in integrated science teaching, vol. III*. Paris: [UNESCO](#).
- Rutherford, J., & Gardner, M. (1971). Integrated science teaching. In P.E. Richmond (Ed.), *New trends in integrated science teaching, vol. I*. Paris: UNESCO, 47-56.
- Σκαμάγκα, Κ., Ραβάνης, Κ., & Κολιόπουλος, Δ. (2008). Οι στοιχειώδεις μαγνητικές ιδιότητες ως αναλογικοί συλλογισμοί για τη συγκρότηση ενός πρόδρομου μοντέλου της έννοιας του βάρους στη σκέψη παιδιών 11 ετών. *Θέματα Επιστημών και Τεχνολογίας στην Εκπαίδευση*, 3(1), 223-253.
- Schiele, B. (2021). Science museums and centres: Evolution and contemporary trends. In M. Bucchi & B. Trench (Eds.), *Handbook of public communication of science and technology*. Routledge.
- Solomon, J., & Aikenhead, G.S. (Eds.) (1994). *STS education international perspectives on reform*. New York: Teacher's College Press.
- Stavridou, E., & Sololonidou, C. (1989). Physical phenomena □ chemical phenomena: Do pupils make the distinction? *International Journal of Science Education*, 11(1), 83-92.
- Tala, S. (2009). Unified view of science and technology for education: Technoscience and technoscience education. *Science & Education*, 18(3-4), 275-298.
- Tavernier, R., & Lizeaux, C. (1993). *Sciences de la Vie et de la Terre, Ire S*. Paris: Bordas.
- Tolley, K. (1994). *The arts and science connection. Hands-On activities for intermediate students*. Addison-Wesley Publishing Company.
- UNESCO (1986). *Sourcebook for out-of-school science and technology education*. UNESCO.
- UNESCO (1994). *Οδηγός του εκπαιδευτικού για τη διδασκαλία των φυσικών επιστημών στο δημοτικό και το γυμνάσιο*. (Επιμ. Γ. Αντωνίου, Δ. Κολιόπουλος, Μ. Μαυροπούλου και Γ. Μπαγάκης). Αθήνα: Red-T-Point.
- Zeidler, D.L., Sadler, T.D., Simmons, M.L., & Howes, E.V. (2005). Beyond STS: A research-based framework for socioscientific issues education. *Science Education*, 89(3), 357-377.

Δραστηριότητες

1. Πραγματοποιήστε μια βιβλιογραφική αναζήτηση διαθεματικών δραστηριοτήτων στον ελληνικό εκπαιδευτικό χώρο. Να εντάξετε τις δραστηριότητες αυτές σε κάποια/-ες από τις κατηγοριοποιήσεις της ενότητας 5.1 και να αιτιολογήσετε την απάντησή σας.
2. Επιλέξτε παλαιότερα και σύγχρονα εγχειρίδια φυσικών επιστημών και αναλύστε τη σχέση φυσικών επιστημών και τεχνολογίας που εμφανίζονται σε αυτές. Μπορείτε να χρησιμοποιήσετε το εργαλείο ανάλυσης του Gardner (1999) ή κάποιο άλλο εργαλείο που θα εντοπίσετε στη βιβλιογραφία.
3. Να αναδείξετε διαφορές και ομοιότητες ανάμεσα σε ένα πρόγραμμα STS της δεκαετίας του '80 και ενός σύγχρονου STEM προγράμματος. Διατηρήστε ορισμένες σταθερές, π.χ. βαθμίδα εκπαίδευσης.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

Φυσικές επιστήμες και εικαστικές τέχνες στην εκπαίδευση

Ξένια Αραπάκη και Δημήτρης Κολιόπουλος

Σύνοψη

Στο κεφάλαιο αυτό πρόκειται να διερευνήσουμε διάφορες μορφές που μπορεί να λάβει η σχέση εικαστικών τεχνών και φυσικών επιστημών στην κοινωνία, στην ιστορία, στην παιδαγωγική έρευνα και στην εκπαίδευση. Πιο συγκεκριμένα, θα αναφερθούμε στη συνένωση των εικαστικών τεχνών και των φυσικών επιστημών που έχει παρατηρηθεί (α) στο κοινωνικό επίπεδο (κοινωνικές πρακτικές αναφοράς), σχολιάζοντας παράλληλα την ιστορικο-φιλοσοφική διάσταση αυτής της σχέσης, (β) στο επίπεδο των επιστημών της εκπαίδευσης, σχολιάζοντας ιδιαίτερα το status που αποκτά αυτή η σχέση στο πλαίσιο της έρευνας η οποία διεξάγεται στα πεδία της Διδακτικής των εικαστικών τεχνών και της Διδακτικής των φυσικών επιστημών και (γ) στο επίπεδο της εκπαίδευσης με έμφαση στον σχεδιασμό προγραμμάτων διδασκαλίας για μαθητές σε τυπικά και μη τυπικά εκπαιδευτικά περιβάλλοντα και επιμορφωτικών προγραμμάτων για εκπαιδευτικούς. Ως προς το τελευταίο επίπεδο, θα περιγραφούν διεθνείς και ελληνικές ερευνητικές εργασίες και πρακτικές που δίνουν έμφαση στον σχεδιασμό και την υλοποίηση προγραμμάτων διδασκαλίας/επιμόρφωσης, ενώ θα παρουσιαστεί μια μελέτη περίπτωσης σχεδιασμού ενός προγράμματος διδασκαλίας/επιμόρφωσης ενός κατεξοχήν διαθεματικού πεδίου στο οποίο συναντώνται οι φυσικές επιστήμες με τις εικαστικές τέχνες, του πεδίου των εννοιών «φως» και «χρώμα».

Προαπαιτούμενη γνώση

Αραπάκη, Ξ. (2013). *Διδακτική των Εικαστικών Τεχνών*. Αθήνα: Εκδόσεις Ίων.

Κολιόπουλος, Δ. (2006). *Θέματα Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών. Η συγκρότηση της σχολικής γνώσης*. Αθήνα: Εκδόσεις Μεταίχμιο.

6.1 Στιγμές διαλόγου ανάμεσα στις φυσικές επιστήμες και τις εικαστικές τέχνες

Η ανάγκη συνένωσης εικαστικών τεχνών και φυσικών επιστημών απασχολεί όλο και περισσότερο τις κοινότητες των καλλιτεχνών και των επιστημόνων στο επίπεδο της διάδοσης και εκλαΐκευσης αυτής της διαθεματικής γνώσης. Οι εκθέσεις [Aux origines del'abstraction](#) (Musée d'Orsay, 2003) και [Light and Color in the Russian avant-garde - The Costakis collection](#) (Catalogue Dumont, 2004) από τη μεριά των εικαστικών τεχνών (ΕΤ) καθώς και οι εκθέσεις *La Lumière au siècle des Lumières & aujourd'hui – Art et Science* (Changeux, 2005) και [Lumière, Couleur – Dialogues entre art et sciences](#) (Lafait, Menu & Mohen, 2005) από τη μεριά των φυσικών επιστημών (ΦΕ) αποτελούν χαρακτηριστικά παραδείγματα του γόνιμου προβληματισμού που αναπτύσσεται ανάμεσα στις κοινότητες καλλιτεχνών και επιστημόνων για τη φύση και τα χαρακτηριστικά της σχέσης που αναπτύχθηκε ιστορικά και συνεχίζει να αναπτύσσεται ανάμεσα στα πεδία των εικαστικών τεχνών και των φυσικών επιστημών. Το πώς επηρέασαν οι ιδέες των επιστημόνων για τη φύση και τη διάδοση του φωτός τις ιδέες των νεο-ιμπρεσιονιστών ζωγράφων (π.χ. Signac, Seurat) ή των πρώιμων αφαιρετικών ζωγράφων (π.χ. Klee, Kandinsky) για τη χρήση του χρώματος, με ποιες μεθόδους οι ΦΕ συμβάλλουν στην ανάλυση και τη συντήρηση των εικαστικών και άλλων έργων τέχνης ή το πώς οι εικαστικές τέχνες βοηθούν στην εικονική αναπαράσταση των φυτικών και ζωικών δειγμάτων των συλλογών που παρουσιάζονται στα Μουσεία Φυσικής Ιστορίας ή γενικότερα στην εικονική αναπαράσταση επιστημονικών αντικειμένων, γεγονότων ή ιδεών είναι μερικά από τα ζητήματα που τίγονται στα πλαίσια αυτού του διαλόγου. Ένα άλλο χαρακτηριστικό παράδειγμα διασύνδεσης επιστήμης, τέχνης και τεχνολογίας είναι τα προγράμματα τεχνών της [NASA](#). Τα προγράμματα αυτά άρχισαν να λειτουργούν από τη δεκαετία του '60 με στόχο κυρίως τη διάδοση του έργου του αεροδιαστημικού οργανισμού, αναγνωρίζοντας τη σημασία και τη δύναμη της καλλιτεχνικής έκφρασης (*Εικόνα 6.1*), ενώ νέες πλευρές αυτής της διασύνδεσης εμφανίζονται συνεχώς, όπως για παράδειγμα η στροφή των καλλιτεχνών της NASA προς την επιστημονικά ακριβή δημιουργία εννοιολογικής τέχνης και [animations](#) σχετικά με τα πλέον πρόσφατα προγράμματα και την εξέλιξή τους (π.χ. ανακάλυψη εξωπλανητών).



Εικόνα 6.1: *"When thoughts turn inwards", Cassella, 1981*
(Πηγή: [NASA](#)).

Ο γόνιμος αυτός διάλογος μεταξύ ΕΤ και ΦΕ στην κοινωνία έχει προφανώς μεταφερθεί και στον χώρο της εκπαίδευσης μέσω τυπικών (σχολείο, πανεπιστήμιο) και μη τυπικών (μουσεία τέχνης και επιστημών) μορφών εκπαίδευσης. Αναφέρουμε δύο χαρακτηριστικά παραδείγματα τα οποία θα αναπτυχθούν στη συνέχεια του κειμένου, στις κατάλληλες ενότητες: από τη μεριά των εικαστικών τεχνών, το πρόγραμμα [Science, Art and Technology](#) του [Art Institute of Chicago](#) που προσφέρεται σε εκπαιδευτικούς οι οποίοι ενδιαφέρονται να διερευνήσουν τη σχέση των ΦΕ με το εικαστικό υλικό που προσφέρει το μουσείο, και από τη μεριά των φυσικών επιστημών το αφιέρωμα του περιοδικού *Physics Education* (2004) και άλλες σχετικές εργασίες που έχουν εμφανιστεί στα εξειδικευμένα επιστημονικά περιοδικά του πεδίου της Διδακτικής των ΦΕ (Bryan & Tippins, 2005; Galili & Zinn, 2007; Galili, 2013; Güney & Şeker, 2017; Allard & Samson, 2019; Caiman & Jakobson, 2019).

Παράλληλα με τη συζήτηση που διεξάγεται στα πλαίσια των παραπάνω δραστηριοτήτων διεξάγεται και μια άλλη συζήτηση, μετα-γνωστικού κυρίως χαρακτήρα, η οποία σχετίζεται με την ανάδειξη του νοήματος που μπορεί να λάβει η σχέση εικαστικών τεχνών και φυσικών επιστημών τόσο στην κοινωνία όσο και στην εκπαίδευση. Θεωρούμε ότι η διαμόρφωση καθαρών θέσεων σχετικών με τις ιστορικές, φιλοσοφικές και διδακτικές διαστάσεις του νοήματος που μπορεί να λάβει η σχέση εικαστικών τεχνών και φυσικών επιστημών, είναι δυνατόν να οδηγήσει στην αποσαφήνιση της φύσης και των χαρακτηριστικών αποτελεσματικών εκπαιδευτικών προτάσεων (Arapaki & Koliopoulos, 2010). Το παρόν κείμενο στόχο έχει να παρουσιάσει αυτές τις θέσεις καθώς και αντιλήψεις για το πώς αυτές είναι δυνατόν να επηρεάσουν τη σχετική έρευνα και εκπαίδευση στον διεθνή και ελληνικό χώρο.

6.2 Ιστορικο-φιλοσοφικές διαστάσεις της σχέσης εικαστικών τεχνών και φυσικών επιστημών στην εκπαίδευση

Γνωρίζουμε από την ιστορία των ΦΕ και των ΕΤ ότι κατά καιρούς εμφανίζονται στοιχεία ενός τυπικού ή άτυπου διαλόγου ανάμεσα στους δύο τομείς. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η *συγκρότηση της αντίληψης του φωτός και του χρώματος* κατά τη διάρκεια του 18^{ου} και του 19^{ου} αιώνα. Η διαμάχη των Newton και Goethe για τη φύση του φωτός και του χρώματος (Goethe, 2008) ή οι θέσεις των υποστηρικτών του κινήματος της «ρομαντικής επιστήμης» (Hadzigeorgiou & Schulz, 2014), καθώς και το έργο του Γάλλου χημικού Chevreul

που επηρεάζει τους νεο-μπρεσιονιστές και πρώιμους αφαιρετικούς ζωγράφους (Roque, 1996) πιστοποιούν την επίδραση που άσκησε ο ένας τομέας στον άλλο. Μια λιγότερο γνωστή περίπτωση για το ίδιο θέμα είναι αυτή του Γάλλου ζωγράφου και φυσικού Charles Bourgeois, ο οποίος προσπάθησε ανεπιτυχώς να ταυτίσει το «χρώμα του φυσικού» με το «χρώμα του ζωγράφου» αμφισβητώντας τη θεωρία του Newton (Mertens, 2007).

Η ιστορία των ιδεών και των πρακτικών στους δύο τομείς έχει να επιδείξει και άλλες περιπτώσεις συνενυρέσεων των δύο τομέων. Η *ανάλυση έργων τέχνης* υπό το πρίσμα επιστημονικών εννοιών και πρακτικών είναι μια τέτοια περίπτωση. Για παράδειγμα, η εξερεύνηση των κρυφών δομών των έργων τέχνης βασίζεται στις αρχές της γεωμετρίας (Bouleau, 1963). Η χρωματική ανάλυση που επιχειρείται από τους ίδιους τους ζωγράφους ή ιστορικούς της τέχνης στα έργα των πρώιμων αφαιρετικών ζωγράφων (π.χ. Kipka, Delaunay ή ζωγράφους της ρωσικής πρωτοπορίας, όπως ο Kliun) εισάγει στοιχεία φυσικών επιστημών για τη φύση του φωτός και την αλληλεπίδραση φωτός και ύλης (Rousseau, 2003; Douglas, 2005). Η δραστηριότητα αυτή αναπτύσσεται ραγδαία. Το πιο ίσως χαρακτηριστικό παράδειγμα σχετικά με την ανάλυση έργων τέχνης προέρχεται από τον χώρο της συντήρησης των έργων τέχνης και γενικότερα της ανάλυσής τους με στόχο την ανακάλυψη, παρατήρηση και ερμηνεία του αόρατου (invisible), αυτού δηλαδή που κρύβεται πίσω από το ορατό μέρος του έργου τέχνης (Mohen, 1996). Οι φασματοσκοπικές ή οι ραδιογραφικές μέθοδοι που χρησιμοποιούνται στην ανάλυση εικαστικών έργων τέχνης είναι μία από τις επιστημονικές τεχνικές οι οποίες είναι δυνατόν να αποκαλύψουν τα σημεία εκείνα για τα οποία απαιτείται συντήρηση των έργων και τη γνησιότητά τους (Εικόνα 6.2) ή να συμβάλουν στην ανάδειξη του τρόπου με τον οποίο προσλαμβάνουμε τις χρωματικές αποχρώσεις ενός ζωγραφικού πίνακα ([The Science Behind Monet's Color](#)). Παράλληλα, υποστηρίζεται η άποψη ότι η πληρέστερη κατανόηση της φασματοσκοπίας στη φυσική είναι δυνατόν να προέλθει από την εφαρμογή φασματοσκοπικών μεθόδων σε έργα τέχνης (Caillet, 1989; Lafait, Menu & Mothen, 2005).



Εικόνα 6.2: Εργαστήριο φασματομετρίας στο Κέντρο Έρευνας και Συντήρησης των Μουσείων της Γαλλίας (Πηγή: C2RMF).

Μια δραστηριότητα όπου οι εικαστικές τέχνες συμβάλλουν στην «οπτικοποίηση» ή ακόμη και την εννοιολογική κατανόηση φαινομένων των φυσικών επιστημών είναι η *εικονογράφηση* ή η *εικαστική προσέγγιση στοιχείων ΦΕ* (π.χ. κειμένων, συλλογών δειγμάτων φυτών και ζώων, επιστημονικών οργάνων, σύγχρονων επιστημονικών εννοιών), η οποία έχει ιστορικές ρίζες στον 18ο και 19ο αιώνα (Gamwell, 2002). Μια μορφή εικονογράφησης που συνέβαλε ιδιαίτερα στη διαμόρφωση ταξινομιών ή/και στην τεκμηρίωση της θεωρίας της εξέλιξης είναι τα σχέδια φυτών και ζώων. Στην Εικόνα 6.3 φαίνεται ένα σχέδιο πτηνών της E. Gould από το βιβλίο του Δαρβίνου «Ζωολογία». Η δραστηριότητα αυτή, αν και υποχώρησε, ειδικά μετά την εμφάνιση της φωτογραφίας, συνεχίζει να υφίσταται λαμβάνοντας πλέον διαφορετικές μορφές, όπως αυτή των προγραμμάτων τεχνών της NASA.



Εικόνα 6.3: Εικονογράφηση πτηνού στο βιβλίο του Λαρβίνου «Ζωολογία»
(Πηγή: [University of Utah-Library blog](#)).

Η προηγούμενη ανάλυση καταδεικνύει ότι η σχέση ΕΤ και ΦΕ αποτελεί ιστορικά μια υπαρκτή κοινωνική δραστηριότητα. Το ερώτημα που τίθεται είναι αν οι σχέσεις αυτές και οι επιδράσεις του ενός τομέα πάνω στον άλλο έχουν γενικευμένο χαρακτήρα ή αποτελούν απλώς συγκυριακές συνευρέσεις καθεμιά από τις οποίες παρουσιάζει τη δική της ιδιαιτερότητα. Εδώ εμφανίζονται δύο ρεύματα σκέψης. Το ένα ρεύμα υποστηρίζει ότι υφίστανται *επιστημολογικές ομοιότητες* ανάμεσα στην τέχνη και τις ΦΕ (Shlain, 2001; Miller, 1996). Αναγνωρίζονται ισχυρές ομοιότητες ανάμεσα στην εικαστική δημιουργικότητα και τη δημιουργική επιστημονική σκέψη. Τονίζεται επίσης η αισθητική αρτιότητα της επιστήμης (η κομψότητα και ομορφιά της επιστήμης). Ο δημιουργικός δυισμός του Λεονάρντο ντα Βίντσι ανάμεσα στην τέχνη και την επιστήμη (Γραμματικάκης, 2005), καθώς και η περίπτωση της επίδρασης των ιδεών του Einstein στο έργο του Picasso (Miller, 2002) αποτελούν χαρακτηριστικές περιπτώσεις τεκμηρίωσης των ιδεών αυτών. Κοινό στοιχείο σε αυτό το ρεύμα σκέψης φαίνεται να είναι, ανεξάρτητα αν αυτό διατυπώνεται ρητά ή αν υπονοείται, η αναζήτηση συσχετίσεων ανάμεσα στα εικαστικά κινήματα και τις επιστημονικές θεωρίες που εμφανίστηκαν στις αρχές του 20ού αιώνα. Ο Parkinson (2008), για παράδειγμα, διερευνώντας πώς οι εκπρόσωποι του σουρεαλιστικού κινήματος προσλαμβάνουν τις διάφορες εκδοχές της μοντέρνας επιστήμης (κβαντομηχανική, σχετικότητα) καταλήγει σε μια εξαιρετική περιγραφή ενός ιδιαίτερα πολύπλοκου τοπίου συσχετίσεων ανάμεσα στην τέχνη και την επιστήμη που διαμορφώνεται σε στενή εξάρτηση με το εκάστοτε πολιτικο-κοινωνικό περιβάλλον και δεν είναι το ίδιο για τις διάφορες χώρες του δυτικού κόσμου. Σε ένα πολύ ενδιαφέρον κεφάλαιο ο Parkinson αναλύει τη σχέση του συγγραφέα του «Μανιφέστου του Σουρεαλισμού» André Breton με τη Marie Curie, τον Paul Langevin, τον Niels Bohr και τον Louis de Broglie, των οποίων τα εργαστήρια επισκέπτεται, και οδηγεί τους επιστήμονες στο να εκτιμήσουν τη σκέψη τους. Κυρίως όμως περιγράφει τη σχέση του Breton με τον φιλόσοφο Gaston Bachelard και πώς ο Breton επηρεάζεται από το έργο του Bachelard «Το νέο επιστημονικό πνεύμα» και την έννοια του επιστημολογικού εμποδίου αναγνωρίζοντας την ύπαρξη παράλληλων επιστημολογικών αντιλήψεων στην ιστορία της τέχνης, της ποίησης και της επιστήμης. Οι επιπτώσεις στην εκλαΐκευση και την εκπαίδευση αυτού του ρεύματος σκέψης είναι η αποδοχή της αντίληψης ότι εφόσον δεν υπάρχει θεμελιώδης διάκριση τέχνης και επιστήμης και ότι και οι δύο τομείς είναι μέρος μίας κουλτούρας, είναι δυνατόν να επανακαθοριστεί ο σχεδιασμός του σχολι-

κού προγράμματος σπουδών προς την κατεύθυνση κοινών προγραμμάτων διδασκαλίας τέχνης και επιστήμης (Zubrowski, 1982; Samson & Weininger, 1995; Wenham, 1998).

Μια κριτική που ασκείται σε αυτό το ρεύμα σκέψης είναι ότι το επιχείρημα πως «η επιστήμη εμπεριέχει ομορφιά» φαντάζει περισσότερο ως *πεποιθηση* παρά ως επιχείρημα για την προσέγγιση τέχνης και επιστήμης. Ο θεωρητικός φυσικός Lévy-Leblond (2010) αποδομεί αυτή την αντίληψη ισχυριζόμενος ότι όσοι χρησιμοποιούν το παραπάνω επιχείρημα αναφέρονται σε κλασικά πρότυπα ομορφιάς που αναπτύχθηκαν στην αρχαιότητα και την αναγέννηση και ότι οι πιο όμορφες θεωρίες έχουν καταρρεύσει μπροστά σε ένα αξιοθρήνητο γεγονός! Ισχυρίζεται, επίσης, ότι η αισθητική αναστάτωση που έφερε η μοντέρνα τέχνη δεν έχει το αντίστοιχό της στην επιστήμη. Ο Lévy-Leblond (1996, 2010) εκπροσωπεί ένα άλλο ρεύμα σκέψης, το οποίο υποστηρίζει ότι τα πεδία της τέχνης και της επιστήμης συνιστούν τομείς της ανθρώπινης δημιουργικότητας οι οποίοι αναπτύχθηκαν ιστορικά αυτόνομα έχοντας διαφορετικούς στόχους και οδηγώντας σε διαφορετικά πολιτισμικά αποτελέσματα. Σύμφωνα με αυτόν τον ερευνητή, οι σχέσεις εικαστικών τεχνών και φυσικών επιστημών δεν μπορούν να νοηθούν παρά μόνο ως *σύντομες συναντήσεις*, ακριβώς γιατί δεν αποδέχεται και θεωρεί επίπλαστη τη μεθοδολογική ισοδυναμία τέχνης και επιστήμης. Ισχυρίζεται ότι η προσπάθεια επανανοποίησης των δύο αυτών πεδίων πολιτιστικής δραστηριότητας αποκαλύπτει μάλλον μια απλοϊκή νοσταλγία του αναγεννησιακού ιδεώδους της ενότητας της δημιουργίας παρά ένα τεκμηριωμένο ερμηνευτικό σχέδιο γι' αυτήν. Οι σύντομες συναντήσεις τέχνης και επιστήμης που περιγράφει στα κείμενά του είναι περιπτωσιολογικές, εξαρτώνται δηλαδή από τα χαρακτηριστικά της ειδικής περίπτωσης και από την οπτική γωνία από την οποία αντιλαμβάνεται κάποιος την περίπτωση. Μια μορφή τέτοιων συναντήσεων εμφανίζεται, για παράδειγμα, στην περίπτωση που η τέχνη είναι δυνατόν να αποκαταστήσει ως έναν βαθμό τη σχέση ανάμεσα στις αφηρημένες έννοιες που έχει επινοήσει η κλασική ή η σύγχρονη επιστήμη και στην καθημερινή ανθρώπινη εμπειρία. Αναφέρει ότι ένας φυσικός ο οποίος είναι υποχρεωμένος να χειρίζεται αποκλειστικά αφηρημένες έννοιες και σχέσεις εννοιών, είναι δυνατόν να αναζητήσει σε εικαστικά έργα οπτικές αναπαραστάσεις, φόρμες και δομές οι οποίες να προσδίδουν υλικότητα στο απολύτως αφηρημένο επιστημονικό οικοδόμημα. Το έργο (σφραγίδα) του Kowalski "Ceci se déplace..." («Αυτό μετακινείται...») (Εικόνα 6.4), για παράδειγμα, μπορεί να αποδώσει την αίσθηση του πραγματικού για ένα φυσικό μέγεθος που δεν πρόκειται ποτέ να προσληφθεί ως βίωμα (την ταχύτητα της περιστροφής της Γης γύρω από τον Ήλιο) και να δημιουργήσει μια συζήτηση που θα περιστραφεί γύρω από τη μεγάλη επιστημολογική τομή που δημιούργησε η κοπερνίκεια και γαλιλαϊκή επιστήμη (Lévy-Leblond, 1994).



Εικόνα 6.4: " Ceci se déplace...", Kowalski, 1969
(Πηγή: [Lévy-Leblond, 1994](#)).



Εικόνα 6.5: Έκθεμα Μακεδονικού Μουσείου Μοντέρνας Τέχνης (Πηγή: Δ. Κολιόπουλος).

Στο έκθεμα πάλι του Μακεδονικού Μουσείου Μοντέρνας Τέχνης (*Εικόνα 6.5*) λαμβάνει «σάρκα και οστά» η σχέση βάρους-όγκου-ειδικού βάρους. Γενικεύοντας αυτή τη συσχέτιση αφηρημένου-συγκεκριμένου μέσω συγκυριακών ή μονιμότερων συναντήσεων τέχνης και επιστήμης, ο Lévy-Leblond επισημαίνει ότι «το να δω ιδέες και έννοιες με διαφορετικό τρόπο από τον μαθηματικό φορμαλισμό του φυσικού ή το συστηματικό κείμενο του φιλοσόφου, με διδάσκει, εμπειρικά ότι το εννοιολογικό δεν περιορίζεται στο θεωρητικό» (Lévy-Leblond, 1996, σελ. 170). Σε ένα πρόσφατο βιβλίο τους που εκδόθηκε από το Science Museum του Λονδίνου, οι Blatchford & Blyth (2019) διερευνούν, μέσα από μια σειρά είκοσι ιστοριών, ιστορικές στιγμές συνεύρεσης των δύο πεδίων, της επιστήμης και της τέχνης, άγνωστες εν πολλοίς στο ευρύ κοινό, χωρίς όμως να αναζητούν ένα γενικευμένο κοινό έδαφος, αλλά παρακολουθώντας απλώς τι έχουν οι επιστήμονες και καλλιτέχνες να συνεισφέρουν στον διάλογο που αναπτύσσουν. Η σχέση της τεχνοεπιστήμης με τις εικαστικές και εφαρμοσμένες τέχνες αποτυπώνεται, π.χ. μέσω ιστοριών για τα έργα ζωγραφικής που εμπνέονται από το φαινόμενο της αλματώδους ανάπτυξης της επιστημονικής γνώσης το δεύτερο μισό του 18ου αιώνα (*Εικόνα 6.6*), για τα έργα ντανταϊστών ζωγράφων, όπως αυτά του [Picabia](#) που προσφέρουν ένα σαρκαστικό σχόλιο στη μηχανοποίηση της ζωής στο τεχνολογικά αναπτυσσόμενο πρώτο μισό του 20ού αιώνα και στον απόλυτο παραλογισμό της μηχανής, ή για τη χρησιμοποίηση από τον William Bragg και τον γιο του Laurence, επιστήμονες στον τομέα της κρυσταλλογραφίας ακτίνων X, μια αναλογία ανάμεσα στις επαναλαμβανόμενες ατομικές δομές των κρυστάλλων και στα μοτίβα σχεδίων ταπετσαρίας για να εξηγήσουν το ζήτημα σε μη ειδικό κοινό.

Μια άλλη μορφή που μπορεί να λάβουν οι σύντομες συναντήσεις ΕΤ και ΦΕ ανιχνεύουμε στο πλαίσιο της εκπαίδευσης. Η διδασκαλία της έννοιας του χρώματος σε φοιτητές του Πολυτεχνείου της Λωζάνης, δηλαδή σε ένα περιβάλλον τεχνοεπιστήμης, λαμβάνει μια διαθεματική μορφή, όπου συντίθενται η επιστημονική γνώση της φυσικής και της βιολογίας με τη γνώση και τις πρακτικές της ζωγραφικής, και τη γνώση της ιστορίας των ΦΕ και της ιστορίας των ΕΤ (Zuppiroli & Bussac, 2003). Οι συγγραφείς του αντίστοιχου συγγράμματος θα μπορούσαν να εισαγάγουν αποκλειστικά το θεωρητικό πλαίσιο της φυσικής ή να αναφερθούν σε πρακτικές που δεν έχουν σχέση με τη ζωγραφική, αλλά χρησιμοποίησαν τη συνάντηση φυσικής και ζωγραφικής ως καταλληλότερο πλαίσιο ερμηνείας και κατανόησης των χρωματικών φαινομένων. Το ζήτημα του χρώματος ως πολιτισμικής, επιστημονικής και εικαστικής οντότητας έχει ένα γενικότερο ιστορικό, φιλοσοφικό και εννοιολογικό ενδιαφέρον και γι' αυτό κατέχει κεντρική θέση στη διαθεματική συζήτηση που διεξάγεται σε επιστημονικούς και καλλιτεχνικούς κύκλους (Gage, 1999; Roque, 2009). Η συζήτηση αυτή έχει επεκταθεί και στην εκπαιδευτική κοινότητα. Η μεταφορά του συγκεκριμένου πλαισίου των Zuppiroli & Bussac στην εκπαίδευση/επιμόρφωση εκπαιδευτικών της προσχολικής εκπαίδευσης θα μας απασχολήσει στην ενότητα 6.4. Από τα προηγούμενα, φαίνεται, λοιπόν, ότι η αντίληψη των σύντομων συναντήσεων μπορεί να αποτελέσει βάση για την επίτευξη μιας καταρχήν υπέρβασης της έλλειψης επικοινωνίας ανάμεσα στα πεδία των ΦΕ και ΕΤ, η οποία να εδράζεται στη διατήρηση της *αυτονομίας* τους, καθώς και στην ανάγκη διαμόρφωσης σχέσεων *συμπληρωματικότητας* (και όχι *ισοδυναμίας*) εκεί όπου αυτό απαιτείται (Caillet, 1989; Lévy-Leblond, 2010).

6.3 Διδακτικές διαστάσεις της σχέσης φυσικών επιστημών και εικαστικών τεχνών στην εκπαίδευση

Ένα ερώτημα που παρουσιάζει μεγαλύτερο ενδιαφέρον για τους ερευνητές της Διδακτικής των ΦΕ και της Διδακτικής των ΕΤ είναι το ποια μορφή και ποια χαρακτηριστικά μπορεί να αποκτήσει η σχέση ανάμεσα σε αυτά τα δύο γνωστικά αντικείμενα στην εκπαίδευση. Ήδη έχουμε αναφέρει ότι τα δύο επιστημολογικά ρεύματα σκέψης που έχουν διαμορφωθεί, οδηγούν, εκτός των άλλων, και σε αποφάσεις εκπαιδευτικού χαρακτήρα. Αυτό όμως δεν αρκεί, επειδή οι επιδιώξεις και η γνώση που εμπλέκεται στη διδασκαλία και γενικότερα στη δημόσια κατανόησή τους παρουσιάζουν, πολλές φορές, δικά τους αυτόνομα χαρακτηριστικά σε σχέση με τις κοινωνικές επιδιώξεις και τη γνώση και τις πρακτικές αναφοράς. Ανάλογα με τον βαθμό αυτονόμησης της εκπαιδευτικής διαδικασίας διακρίνουμε δύο ρεύματα σκέψης που μπορούν να απαντήσουν στο ερώτημα που θέσαμε. Το πρώτο ρεύμα σκέψης θεωρεί τη σχέση ΕΤ και ΦΕ στην εκπαίδευση ως καθαρά *παιδαγωγική κατασκευή*. Σύμφωνα με αυτό το ρεύμα, εσωτερικές επιδιώξεις του εκπαιδευτικού συστήματος καθοδηγούν τη φύση και τα χαρακτηριστικά της μορφής που θα λάβει η σχέση αυτή στη διδασκαλία. Για παράδειγμα, σε ορισμένα εκπαιδευτικά συστήματα (όπως το ελληνικό) ή σε ορισμένα εκπαιδευτικά προγράμματα (π.χ. Tolley, 1994) προωθείται η πολυ/δια-θεματική προσέγγιση ως γενική αρχή οργάνωσης του προγράμματος σπουδών ή του εκπαιδευτικού προγράμματος. Η αρχή αυτή επιβάλλει ενοποιήσεις διάφορων σχολικών αντικειμένων που μέχρι τώρα διδά-

σκονταν ξεχωριστά. Στις περιπτώσεις αυτές, όμως, υφίσταται ένας πραγματικός διάλογος μεταξύ ΕΤ και ΦΕ ή η συνένωση αυτή απλώς συνιστά μια παράθεση στοιχείων από τους δύο τομείς χωρίς ουσιαστικές συνδέσεις; Μήπως η απουσία ενός συνεκτικού επιστημολογικού πλαισίου ακυρώνει το νόημα αυτής της συνένωσης;

Υπάρχουν, όμως, και παραδείγματα καθαρά παιδαγωγικών κατασκευών για τη σχέση ΦΕ και ΕΤ που φαίνονται πιο συστηματικά και δομημένα, όπως αυτά της χρήσης έργων τέχνης στο μάθημα των ΦΕ με στόχο τη διδασκαλία εννοιών των φυσικών επιστημών. Έτσι το έργο του Duchamps [Γυμνό που κατεβαίνει τη σκάλα](#) μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη διδασκαλία της φυσικής και ιδιαίτερα για τη διδασκαλία της κίνησης (Herklots, 2004). Οι Galili & Zinn (2007) προτείνουν τη χρησιμοποίηση έργων του Giotto για τη διδασκαλία της οπτικής με στόχο την υπέρβαση εναλλακτικών ιδεών των μαθητών για τον σχηματισμό ειδώλων κατά την ανάκλαση του φωτός σε κάτοπτρα. Στις περιπτώσεις αυτές η επιλογή των έργων ζωγραφικής δεν έχει γίνει με τυχαίο τρόπο, αλλά με τρόπο που να αναδεικνύεται η ουσιαστική (σύντομη) συνένωση εικαστικών στοιχείων και στοιχείων φυσικών επιστημών. Εικαστικά έργα με κατάλληλες σκιάσεις οδηγούν, για παράδειγμα, στη διδασκαλία του μοντέλου της ευθύγραμμης διάδοσης του φωτός, ενώ έργα που περιέχουν στοιχεία που σχετίζονται με την ιστορία της επιστήμης (όπως, π.χ. το έργο του Joseph Wright of Derby «Ένα πείραμα με πτηνό σε μια αντλία κενού» - *Εικόνα 6.6*) μπορεί να αποτελέσουν κίνητρο για μια ενδιαφέρουσα εισαγωγή στην Ιστορία και Φιλοσοφία των Φυσικών Επιστημών. Στον ελληνικό χώρο έχουν υπάρξει ανάλογες προσπάθειες. Ο Κασέτας επισημαίνει ότι «επιλεγμένοι πίνακες ζωγραφικής οι οποίοι αναπαριστούν είτε κάποια σημαντική στιγμή της εξέλιξης της επιστήμης είτε το ίδιο το πρόσωπο του ερευνητή – όπως το «βλέπει», με τον δικό του ιδιαίτερο τρόπο, ο δημιουργός του έργου - μπορούν να αξιοποιηθούν κατά τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών μέσα από μια ποικιλία διδακτικών προσεγγίσεων» (Κασέτας, 2012)³⁷. Σχετικό υλικό προς αυτήν την κατεύθυνση προσφέρει και η εργασία του Μπακιρτζόγλου (2013). Από την άλλη μεριά, έχει υποστηριχτεί ότι τον οπτικό εγγραμματισμό στα μαθήματα των ΕΤ μπορεί να ενισχύσει η ανάλυση έργων τέχνης που σχετίζονται με τις ΦΕ εξαιτίας κυρίως της πληροφίας που μεταφέρουν, η οποία προέρχεται από εκτεταμένη έρευνα που απαιτεί προσεκτική και λεπτομερή ανάλυση (Marshall, 2004).



Εικόνα 6.6: "An Experiment on a Bird in the Air Pump", Wright of Derby, 1768 (Πηγή: [Wikipedia](#)).

Ένα δεύτερο ρεύμα σκέψης θεωρεί τη σχέση εικαστικών τεχνών και φυσικών επιστημών στην εκπαίδευση ως μια διαθεματική αντίληψη, η οποία βασίζεται στην έννοια του *διδακτικού μετασχηματισμού* (Gaillot, 2002;

³⁷ Η εργασία που παρουσιάστηκε στο 7ο Συνέδριο Ιστορίας, Φιλοσοφίας και Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών διατίθεται για ερευνητικούς και διδακτικούς σκοπούς από τους συγγραφείς του κεφαλαίου.

Κολιόπουλος, 2006; Αραπάκη, 2013). Ο διδακτικός μετασχηματισμός είναι το σύνολο των τροποποιήσεων που υφίσταται το περιεχόμενο της γνώσης και των πρακτικών αναφοράς, όταν αυτά καθίστανται αντικείμενα προς διδασκαλία ή αντικείμενα διδασκαλίας³⁸. Ένα βασικό χαρακτηριστικό του διδακτικού μετασχηματισμού είναι η *αναπλαισίωση* της γνώσης και των σχετικών κοινωνικών πρακτικών αναφοράς. Η *αναπλαισίωση* αυτή έχει σχέση με τις απαιτήσεις και τους περιορισμούς που θέτει το εκπαιδευτικό πλαίσιο, όπως π.χ. η απαίτηση να οριστεί μια ακολουθία ενοτήτων μέσα στον χρόνο για ένα συγκεκριμένο αντικείμενο διδασκαλίας. Συγχρόνως, όμως, διατηρούνται *αυθεντικά στοιχεία* των δραστηριοτήτων που εμφανίζονται στην κοινωνία ή στην εκπαίδευση αναφοράς (π.χ. στην τριτοβάθμια εκπαίδευση). Σύμφωνα, λοιπόν, με την παραπάνω αντίληψη, διαθεματικές δραστηριότητες θα εμφανιστούν στη διδασκαλία μόνο ως μετασχηματισμός μορφών διαθεματικότητας, οι οποίες εμφανίζονται ως γνώσεις ή κοινωνικές πρακτικές αναφοράς των ΕΤ και των ΦΕ, όπως αυτές λειτούργησαν στην ιστορία ή λειτουργούν σε συγκεκριμένα κοινωνικά περιβάλλοντα. Έτσι, θα εξασφαλιστεί η *επιστημολογική εγκυρότητα* αυτών των δραστηριοτήτων (Maingain & Dufour, 2003), η οποία, καταρχήν, δεν εξασφαλίζεται στις διαθεματικές προσεγγίσεις οι οποίες θεωρούνται καθαρά παιδαγωγικές κατασκευές. Σε αυτό το ρεύμα σκέψης μπορούμε να συναντήσουμε εκπαιδευτικές δραστηριότητες που σχετίζονται με πραγματικά ζητήματα σχέσεων ΦΕ και ΕΤ, τα οποία εμφανίστηκαν στην ιστορία της επιστήμης και την ιστορία της τέχνης, όπως το ζήτημα της οικοδόμησης χρωματολογικών συστημάτων στον εικαστικό χώρο που έλαβαν υπόψη τους τη θεωρία της φυσικής (Zurrioli & Bussac, 2003).

Με βάση τα προηγούμενα μπορούμε, συσχετίζοντας την *επιστημολογική* με τη *διδακτική διάσταση* της σχέσης ΦΕ και ΕΤ, να καταλήξουμε σε τέσσερες δυνατές εκπαιδευτικές αντιλήψεις αυτής της σχέσης. Οι τέσσερις αυτές εκδοχές φαίνονται στην αναπαράσταση του Πίνακα 6.1.

Επιστημολογικές ομοιότητες	Πολυ-θεματική αντίληψη	Μετα-θεματική αντίληψη
Σύντομες συναντήσεις	Συγκυριακή διαθεματική αντίληψη 1	Συγκυριακή διαθεματική αντίληψη 2
	Παιδαγωγική κατασκευή	Διδακτικός μετασχηματισμός

Πίνακας 6.1: Δυνατές εκπαιδευτικές προσεγγίσεις ΦΕ και ΕΤ.

Η *πολυ-θεματική αντίληψη* αναφέρεται ένα πεδίο εκπαιδευτικών δραστηριοτήτων όπου ΦΕ και ΕΤ συνυπάρχουν χωρίς, ωστόσο, να αναδεικνύεται μια εμφανής σχέση ανάμεσά τους ή η σχέση αυτή φαίνεται σε διδακτικό επίπεδο να είναι εντελώς επιφανειακή. Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα τέτοιων προγραμμάτων είναι τα προγράμματα διδασκαλίας *μεγάλης κλίμακας*, τα οποία σχετίζονται με κάποιο από τα δύο πεδία, ενώ συγχρόνως εισάγονται στοιχεία και του άλλου πεδίου προς εμπλουτισμό των προγραμμάτων αυτών (Tolley, 1994; Samson & Weininger, 1995). Πρόκειται για καθαρά παιδαγωγικές κατασκευές οι οποίες βασίζονται, όμως, στη ρητή ή υπονοούμενη αντίληψη περί επιστημολογικών ομοιοτήτων ή κοινών δεξιοτήτων που αναπτύσσονται στους δύο χώρους. Τα προγράμματα αυτά δομούνται πάνω σε σαφείς οργανωτικές αρχές ή πρακτικές, όπως το πρόγραμμα επιμόρφωσης εκπαιδευτικών που περιγράφουν οι Medina-Jerez, Dambekalns & Middleton (2013). Σε αυτό το πρόγραμμα, διάρκειας ενός εξαμήνου, οι εκπαιδευτικοί καλούνται να σχεδιάσουν έργα χρησιμοποιώντας τη μέθοδο του μπατίκ, ενώ, συγχρόνως, μελετούν και εφαρμόζουν έννοιες φυσικής και χημείας για το φως και τα χρώματα.

Η *μετα-θεματική αντίληψη* μπορεί να αφορά εκπαιδευτικές δραστηριότητες οι οποίες έχουν ως στόχο την ανάδειξη κοινών επιστημολογικών στοιχείων ή δεξιοτήτων ανάμεσα στις ΦΕ και τις ΕΤ. Πρόκειται για μετα-γνωστικού τύπου δραστηριότητες οι οποίες έχουν κάποιο νόημα είτε στο ευρύ κοινό, στα πλαίσια μιας εκλαϊκευτικής προσέγγισης των επιστημολογικών ομοιοτήτων εικαστικών τεχνών και φυσικών επιστημών (Shlain, 2001; Miller, 2002), είτε σε εξειδικευμένο κοινό της τριτοβάθμιας κυρίως εκπαίδευσης. Τέτοιες δραστηριότητες αφορούν περισσότερο ζητήματα ιστορίας και φιλοσοφίας της επιστήμης και της τέχνης, και συνεπώς η πραγμάτευση αυτών των δραστηριοτήτων υπερβαίνει τους στόχους του παρόντος κεφαλαίου.

³⁸ Αν οι δραστηριότητες διάδοσης ή διδασκαλίας λαμβάνουν χώρα σε χώρους εκτός τυπικής εκπαίδευσης (π.χ. σε μουσεία επιστήμης ή τέχνης), τότε χρησιμοποιούμε μια διευρυμένη έννοια, την έννοια του *διαμεσολαβητικού μετασχηματισμού* της γνώσης αναφοράς σε εκλαϊκευτική γνώση (δείτε και τα κεφάλαια 10 και 11).

Η *συγκυριακή αντίληψη 1* αναφέρεται σε κατάλληλες δραστηριότητες που οδηγούν στην ανάδειξη των στοιχείων σύγκλισης αλλά, κυρίως, *διαφοροποίησης* των δύο χώρων. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί το διαθεματικό πρόγραμμα «Επιστήμες και τέχνες» του Κέντρου επιστημών [Cité des Sciences et de l'Industrie](#) το οποίο προσφέρεται στα πλαίσια ενός ευρύτερου προγράμματος συνεργασίας σχολείου και μουσείου επιστήμης (Κολιόπουλος, 2017)³⁹. Στο πρόγραμμα αυτό ΕΤ και ΦΕ συνυπάρχουν με αυτόνομο τρόπο και συνεργάζονται ισότιμα για να επιτευχθούν ειδικοί διδακτικοί στόχοι. Οι δύο βασικές θεματικές ενότητες που μελετώνται είναι «Η προοπτική» και «Το φως και το χρώμα» (Caillet, 1989). Στο θέμα «Προοπτική» στόχος είναι να αντιληφθούν οι μαθητές τις διαφορετικές αντιλήψεις και αναπαραστάσεις για τον χώρο που προσφέρουν οι ΦΕ (μέσα από τις οπτικές και μαθηματικές αναπαραστάσεις) και οι ΕΤ (κυρίως μέσα από έργα ζωγραφικής της Αναγέννησης). Το ίδιο συμβαίνει και με το θέμα «Το φως και το χρώμα», όπου οι μαθητές καλούνται να οικοδομήσουν μια αντίληψη η οποία στηρίζεται στη διαφοροποίηση του «χρώματος του φυσικού» και του «χρώματος του ζωγράφου». Γενικότερα, οι μαθητές καλούνται να προσεγγίσουν τα θέματα αυτά από τις δύο σκοπιές ως δύο ανεξάρτητα θέματα μέσα από επισκέψεις συγκεκριμένων εκθέσεων σε μουσεία επιστήμης και τέχνης. Στην προσέγγιση αυτή μπορούμε να κατηγοριοποιήσουμε επίσης τα προγράμματα ΦΕ όπου έργα τέχνης χρησιμοποιούνται ως πλαίσια εισαγωγής, ανάδειξης και επίλυσης εννοιολογικών προβλημάτων που αντιμετωπίζουν οι μαθητές στις ΦΕ (Herklots, 2004; Galili & Zinn, 2007; Κασσέτας, 2012).

Τέλος, η *συγκυριακή αντίληψη 2* μοιάζει αρκετά με τη συγκυριακή αντίληψη 1, με τη διαφορά ότι η διαθεματική γνώση και οι πρακτικές που σχετίζονται με τις δραστηριότητες στις οποίες αναφέρονται έχουν έναν *κοινωνικό κοινό χώρο αναφοράς*, ιστορικά προσδιορισμένο, όπου ΦΕ και ΕΤ συνευρίσκονται. Οι κοινοί αυτοί χώροι αναφοράς μπορεί να έχουν πολύ διαφορετικές στοχεύσεις ή περιεχόμενα και εισάγονται στη διδασκαλία ως ρητά εκπεφρασμένες μορφές ενός διδακτικού ή διαμεσολαβητικού μετασχηματισμού της γνώσης και των πρακτικών αναφοράς. Τα χαρακτηριστικά του μετασχηματισμού αυτού εξασφαλίζουν προφανώς τον παιδαγωγικό χαρακτήρα του εγχειρήματος. Η χρήση μεθόδων ΦΕ για τη συντήρηση ΕΤ (Καμπάς, 2003), η χρήση του σχεδίου και της ζωγραφικής στην αναπαράσταση φυσικών οντοτήτων ή επιστημονικών συσκευών (Smithsonian Institution, 2011; [επιστημονικό σχέδιο](#)), η επίδραση των φυσικών επιστημών στο έργο των ζωγράφων ή το αντίστροφο (Roque, 2009), η διδασκαλία μιας διαθεματικής ενότητας σχετικής με την έννοια του χρώματος στην εκπαίδευση εκπαιδευτικών ως μετασχηματισμός αντίστοιχης ενότητας στην τριτοβάθμια εκπαίδευση (Koliopoulos & Arapaki, 2004; Κολιόπουλος & Αραπάκη, 2007) είναι μερικά από τα θέματα στα οποία απαιτούνται η συνεργασία, η αλληλεπίδραση και η αλληλοκατανόηση των δύο χώρων, ώστε να προκύψουν διδακτικές δραστηριότητες με *αυθεντικά* χαρακτηριστικά διατηρώντας μέρος ή το όλον της επιστημολογικής εγκυρότητας της γνώσης και των πρακτικών του διαθεματικού πεδίου αναφοράς. Η επόμενη ενότητα είναι μια μελέτη περίπτωσης αφιερωμένη στο τελευταίο εκπαιδευτικό θέμα.

6.4 Ένα πρόγραμμα επιμόρφωσης εκπαιδευτικών για την έννοια «χρώμα»

Στην ενότητα αυτή πρόκειται να περιγράψουμε τις αρχές σχεδιασμού και το περιεχόμενο ενός διαθεματικού προγράμματος για την έννοια του χρώματος, το οποίο απευθύνεται σε εν ενεργεία εκπαιδευτικούς της προσχολικής εκπαίδευσης στην Ελλάδα. Το εννοιολογικό πλαίσιο του προγράμματος, όπως έχει ήδη επισημανθεί στις προηγούμενες ενότητες, είναι ένα κατεξοχήν διαθεματικό πεδίο, όπου είναι δυνατόν να συναντηθούν, μεταξύ άλλων, τα πεδία των ΦΕ των ΕΤ. Το εννοιολογικό αυτό πλαίσιο φαίνεται να είναι σημαντικό για το αναλυτικό πρόγραμμα της προσχολικής εκπαίδευσης, αφού εμφανίζεται σε βασικούς τομείς δραστηριοτήτων, όπως η μελέτη του περιβάλλοντος ή η εικαστική έκφραση. Στόχος του επιμορφωτικού προγράμματος είναι να προσεγγίσουν και, εάν είναι δυνατό, να οικειοποιηθούν οι εκπαιδευτικοί τη συγκυριακή διαθεματική αντίληψη 2 που σχετίζεται με το εν λόγω εννοιολογικό πλαίσιο. Για να συμβεί αυτό, το πρόγραμμα θα πρέπει να λάβει τη μορφή ενός μεθοδολογικού πλαισίου για τον σχεδιασμό και την αξιολόγηση εκπαιδευτικών προγραμμάτων που έχουμε αναπτύξει στο παρελθόν⁴⁰.

Το συγκεκριμένο πλαίσιο είναι δομημένο και λειτουργεί σε τρία επίπεδα: στο επίπεδο της ανάλυσης, στο

³⁹ Μια εκδοχή του προγράμματος αυτού παρακολούθησαν φοιτήτριες/-ές του ΤΕΕΑΠΗ Παν/μίου Πατρών σε εκπαιδευτική εκδρομή που πραγματοποιήσαν στα πλαίσια μαθήματος Μουσειολογίας. Το πρόγραμμα αυτό δεν βρίσκεται πλέον σε ισχύ, αλλά το σχετικό εκπαιδευτικό υλικό είναι διαθέσιμο για ερευνητικούς και διδακτικούς σκοπούς από τους συγγραφείς του κεφαλαίου.

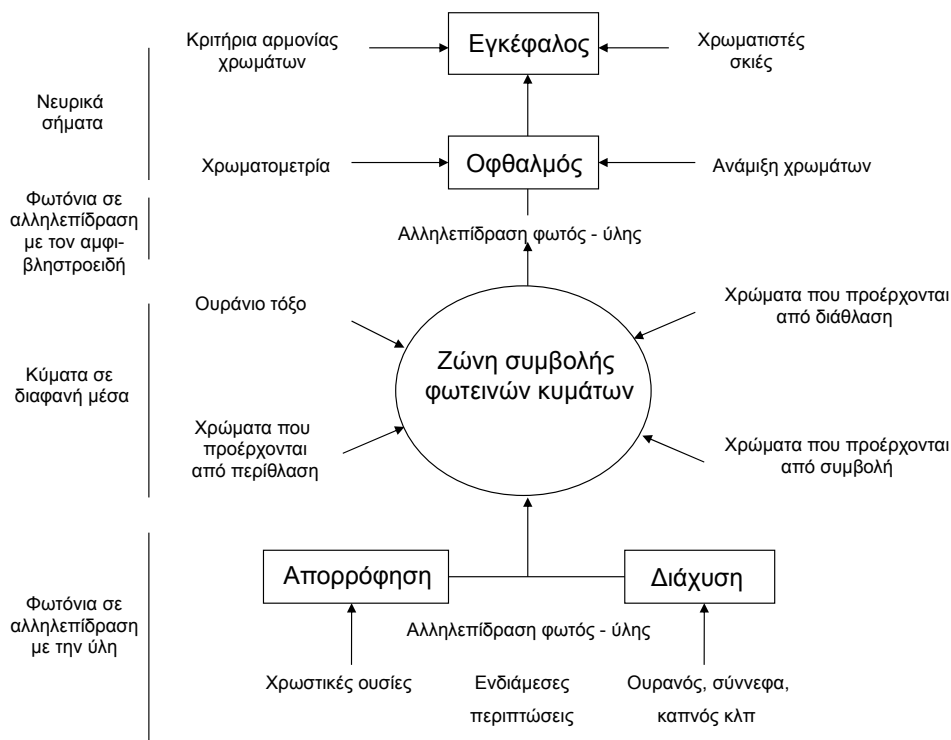
⁴⁰ Λεπτομερή στοιχεία για το μεθοδολογικό αυτό πλαίσιο θα βρείτε στο Κολιόπουλος, 2006, σελ. 145-150.

επίπεδο του σχεδιασμού και στο επίπεδο της εφαρμογής και αξιολόγησης. Στην ενότητα αυτή θα παρουσιάσουμε μόνο τα δύο πρώτα επίπεδα.

6.4.1 Το επίπεδο ανάλυσης

Το επίπεδο ανάλυσης περιέχει τρία στοιχεία που λειτουργούν ως *είσοδοι πληροφοριών* για το επίπεδο σχεδιασμού. Το πρώτο στοιχείο αναφέρεται στην ανάλυση των γνώσεων και των κοινωνικών πρακτικών αναφοράς που σχετίζονται με την έννοια του χρώματος, το δεύτερο στοιχείο αναφέρεται στη διερεύνηση και ερμηνεία των αντιλήψεων των εκπαιδευτικών για ζητήματα που σχετίζονται με τη συγκεκριμένη έννοια, ενώ το τρίτο στοιχείο αναφέρεται στην ανάλυση του εκπαιδευτικού πλαισίου εντός του οποίου καλείται να λειτουργήσει το επιμορφωτικό πρόγραμμα, δηλαδή, την ανάλυση των παραδόσεων ή/και απαιτήσεων του συγκεκριμένου προγράμματος σπουδών της προσχολικής εκπαίδευσης το οποίο καλούνται να υπηρετήσουν οι εκπαιδευτικοί. Κάθε στοιχείο του επιπέδου ανάλυσης συμβάλλει με τη δική του ιδιαιτερότητα στη διαδικασία της διατύπωσης των γνωστικών σκοπών του προγράμματος και, στη συνέχεια, στη διαδικασία μετατροπής των σκοπών αυτών σε συγκεκριμένο αντικείμενο προς επιμόρφωση.

- *Γνώση και κοινωνικές πρακτικές αναφοράς για την έννοια «χρώμα».* Η έννοια του χρώματος αποκτά διαφορετικό νόημα όταν λειτουργεί σε διαφορετικά εννοιολογικά πλαίσια. Στη Φυσική, για παράδειγμα, το χρώμα συνδέεται άμεσα με την έννοια του φωτός και κυρίως με το εννοιολογικό πλαίσιο της διάδοσης της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας. Αυτό σημαίνει ότι η έννοια του φωτός αποκτά το νόημά της μέσα από τις σχέσεις της με μια σειρά άλλων εννοιών όπως «συχνότητα/μήκος κύματος», «ταχύτητα», «απορρόφηση» κ.λπ. (Zurrioli & Bussac, 2003; Hewitt, 2013). Το συστημικό αυτό νόημα είναι εντελώς διαφορετικό από το νόημα που δίνουμε στο χρώμα όταν μιλάμε γι' αυτό στην καθημερινή ζωή ή στις ΕΤ. Στη Χημεία το χρώμα συνδέεται με τις μακροσκοπικές ιδιότητες και τη μικροσκοπική δομή των διάφορων υλικών, ενώ στη Βιολογία το εννοιολογικό δίκτυο στο οποίο ανήκει το χρώμα συμπεριλαμβάνει έννοιες όπως «κύτταρο», «νευρική απόληξη» και «κώνος» (Livingstone, 2010). Από την άλλη μεριά, στις ΕΤ, ενώ δεν υφίστανται τόσο αυστηρά εννοιολογικά δίκτυα όσο στις επιστήμες, η έννοια του χρώματος επικεντρώνεται στο ίδιο το έργο τέχνης, ενώ ιδιαίτερη σημασία αποδίδεται στις έννοιες «θερμό/ψυχρό χρώμα» ή «αξία χρώματος» (Itten, 1998). Τέλος, στον χώρο της τεχνολογίας του χρώματος συναντάμε έννοιες, όπως η έννοια RVB, που δεν εμφανίζονται σε κανένα από τα προηγούμενα πλαίσια. Επισημαίνουμε, πάντως ότι σ' ένα διαθεματικό πεδίο, όπως αυτό του χρώματος, ιδιαίτερη σημασία έχει όχι μόνο η ανάλυση του κάθε διαφορετικού πλαισίου εντός του οποίου αποκτά διαφορετικό νόημα η έννοια του χρώματος αλλά και η ανάδειξη ενός *συνθετικού* πλαισίου όπου ο χρήστης θα μπορούσε να αναγνωρίσει τη διαφοροποίηση εννοιών που είναι κοινές σε διάφορα πλαίσια και να προσδώσει σε αυτές νόημα σχετικό προς το πλαίσιο στο οποίο ανήκει (π.χ. οι έννοιες «βασικό χρώμα» ή «συμπληρωματικό χρώμα» έχουν το ίδιο σημαίνουν στα πλαίσια της Φυσικής και της Ζωγραφικής αλλά διαφορετικό σημαίνόμενο σε καθένα από αυτά). Ένα συνθετικό εννοιολογικό πλαίσιο προτείνουν οι Zurrioli & Bussac (2003). Πρόκειται για ένα εξηγητικό μοντέλο διάδοσης, λήψης και νοητικής επεξεργασίας του φωτός, το βασικό πλεονέκτημα του οποίου είναι ότι, καταρχήν, είναι δυνατόν να λειτουργήσει ως ποιοτική γνώση, χωρίς δηλαδή, να απαιτείται η προσφυγή στον μαθηματικό φορμαλισμό των ΦΕ για να εξηγηθεί η έννοια του χρώματος. Επιπλέον, επειδή ενσωματώνει τη νοητική λειτουργία στην ερμηνεία των χρωματικών φαινομένων, επιτρέπει την ανάπτυξη μορφών εννοιολογικοποίησης της πραγματικότητας από την εικαστική οπτική γωνία. Η συγκεκριμένη συντακτική μορφή του εξηγητικού προτύπου (Σχήμα 6.1) προσφέρει, μεταξύ άλλων, (α) μια ταξινόμηση των διάφορων χρωματικών φαινομένων είτε κατά τη διάρκεια της διάδοσης του φωτός (π.χ. χρώματα που οφείλονται στη συμβολή και την περίθλαση του φωτός), είτε κατά την αλληλεπίδραση του φωτός με την ύλη (π.χ. χρωματικά φαινόμενα που οφείλονται στην απορρόφηση και διάχυση του φωτός), (β) τη διάκριση ανάμεσα στο «χρώμα – ακτινοβολία» και το «χρώμα – ουσία» που επιτρέπει τη συζήτηση θεμάτων όπως η χρωματομετρία και η ανάμειξη των χρωμάτων (Αραπάκη, 2013) και (γ) τη διάκριση ανάμεσα στη φυσική / φυσιολογική βάση (χρώμα - οπτική αντίληψη) και την πνευματική βάση (χρώμα - ερμηνεία) του χρώματος που επιτρέπει την κατανόηση θεμάτων όπως η αρμονία και ο συσχετισμός των χρωμάτων.



Σχήμα 6.1: Ένα ποιοτικό εξηγητικό μοντέλο για το φως και το χρώμα.

- *Διερεύνηση των αντιλήψεων των εκπαιδευτικών για την έννοια «χρώμα».* Μία από τις βασικές διαδικασίες του επιπέδου ανάλυσης είναι να προσδιοριστούν οι αντιλήψεις των εκπαιδευτικών που πρόκειται να συμμετέχουν στο επιμορφωτικό πρόγραμμα. Ο προσδιορισμός των αντιλήψεων αυτών συμβάλλει στην ανάδειξη των διαφορών ανάμεσα στις γνώσεις αναφοράς και στο γνωστικό προφίλ των εκπαιδευτικών για το χρώμα. Δεν διαθέτουμε πολλά στοιχεία από εμπειρικές έρευνες σχετικά με τη γνωστική απόσταση ανάμεσα στη γνώση αναφοράς για το χρώμα και στη γνώση που χρησιμοποιούν οι εκπαιδευτικοί προσχολικής εκπαίδευσης. Σε μια έρευνα που διενεργήθηκε στον ελληνικό χώρο και στην οποία έλαβαν μέρος 101 εν ενεργεία μετεκπαιδευόμενοι εκπαιδευτικοί με σημαντική εμπειρία στην προσχολική εκπαίδευση (Koliopoulos & Aradaki, 2004) αποκαλύφθηκε ότι η πλειονότητα των εκπαιδευτικών αυτών έχουν ασαφείς αντιλήψεις για την έννοια του χρώματος οι οποίες οφείλονται στην αδιαφοροποίητη χρήση δύο διαφορετικών εννοιολογικών πλαισίων, αυτού των ΦΕ και αυτού των ΕΤ. Πιο συγκεκριμένα, χρησιμοποιούν κυρίως το πλαίσιο των ΕΤ, ακόμα και αν οι ερωτήσεις αναφέρονται στο πλαίσιο των ΦΕ. Στην ερώτηση, για παράδειγμα, «Αν μια δέσμη κόκκινου φωτός (π.χ. μια δέσμη από προβολέα Laser) πέσει πάνω σε ένα διαφανές σώμα κίτρινου χρώματος, τότε τι χρώμα θα παρατηρήσετε σε μια λευκή επιφάνεια που βρίσκεται πίσω από το διαφανές σώμα; (α) κόκκινο, (β) πορτοκαλί, (γ) γκρι/καφετί», η απάντηση που δίνεται είναι σε μεγάλο ποσοστό λανθασμένη (πορτοκαλί). Ανάλογα αποτελέσματα παρατηρήθηκαν και σε μια άλλη έρευνα με 30 μέλλουσες εκπαιδευτικούς της προσχολικής εκπαίδευσης (Μαρινοπούλου, 2014), ενώ τα αποτελέσματα αυτά επιβεβαιώνονται σε ακόμη μία διεθνή έρευνα που πραγματοποιήθηκε με μέλλουσες εκπαιδευτικούς της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης (Maurício, Valente & Chagas, 2017) ή με δείγματα που ανήκαν σε διαφορετικούς πληθυσμούς (Chauvet, 1996; Viennot & de Hosson, 2012).
- *Ανάλυση του εκπαιδευτικού πλαισίου.* Ως βασικά στοιχεία αυτού που ονομάζουμε εκπαιδευτικό πλαίσιο μπορούμε να θεωρήσουμε τη φύση και τα χαρακτηριστικά του προγράμματος σπουδών της προσχολικής εκπαίδευσης. Ωστόσο, δεν μπορούμε να αγνοήσουμε, τις καινοτομικές τάσεις έρευνας για τη μάθηση και τη διδασκαλία στο συγκεκριμένο εκπαιδευτικό επίπεδο (δείτε και το κεφάλαιο 2). Το ισχύον ελληνικό πρόγραμμα σπουδών ([Πρόγραμμα Σπουδών Νηπιαγωγείου](#), 2014), αν και δεν εισάγει ρητά την έννοια της διαθεματικής διδασκαλίας, είτε ως διδασκαλία μιας έννοιας με διαθεματικό χαρακτήρα (όπως, π.χ. «διάσταση», «μεταβολή», κ.λπ.) είτε ως διδασκαλία ενός θέματος / προβλήματος η πραγμάτευση του οποίου απαιτεί την ανάκληση και επεξεργασία γνώσεων από διάφορους τομείς (π.χ. η πραγμάτευση ενός

τεχνολογικού αντικειμένου για την οποία απαιτούνται γνώσεις τεχνολογίας, γεωγραφίας, ιστορίας κ.λπ.), δίνει τη δυνατότητα στους εκπαιδευτικούς να δημιουργήσουν *διαθεματικές νησίδες* διαπλέκοντας διδακτικούς στόχους και δραστηριότητες προς την κατεύθυνση μιας διαθεματικής διδασκαλίας για το χρώμα. Για παράδειγμα, οι δραστηριότητες «Ζωγραφίζουν με δύο βασικά χρώματα δακτυλομπογιάς σε μικρές ομάδες και ανακαλύπτουν το νέο χρώμα που προκύπτει από την ανάμειξη των βασικών χρωμάτων» που ανήκει στην ενότητα «Τέχνες» (σελ. 174) και «Διηγούνται περιστατικά, παρατηρήσεις που έχουν κάνει, ιστορίες που έχουν ακούσει σχετικά με διάφορα φυσικά φαινόμενα, όπως για το φως του ήλιου, της λάμπας, του φακού, το χρώμα και το σχήμα της σκιάς που είδαν» που ανήκει στην ενότητα «Έννοιες και φαινόμενα από τον φυσικό κόσμο» (σελ. 254) είναι δυνατόν να συσχετιστούν, να συμπληρωθούν και να συντεθούν σε μια διαθεματική ενότητα για το συγκεκριμένο θέμα, η οποία θα έχει τα χαρακτηριστικά μίας εκ των δύο συγκυριακών διαθεματικών αντιλήψεων που έχουμε περιγράψει. Οι προτεινόμενες δραστηριότητες είναι δυνατόν να περιέχουν στοιχεία της εποικοδομητικής προσέγγισης της διδασκαλίας και μάθησης.

6.4.2 Το επίπεδο σχεδιασμού

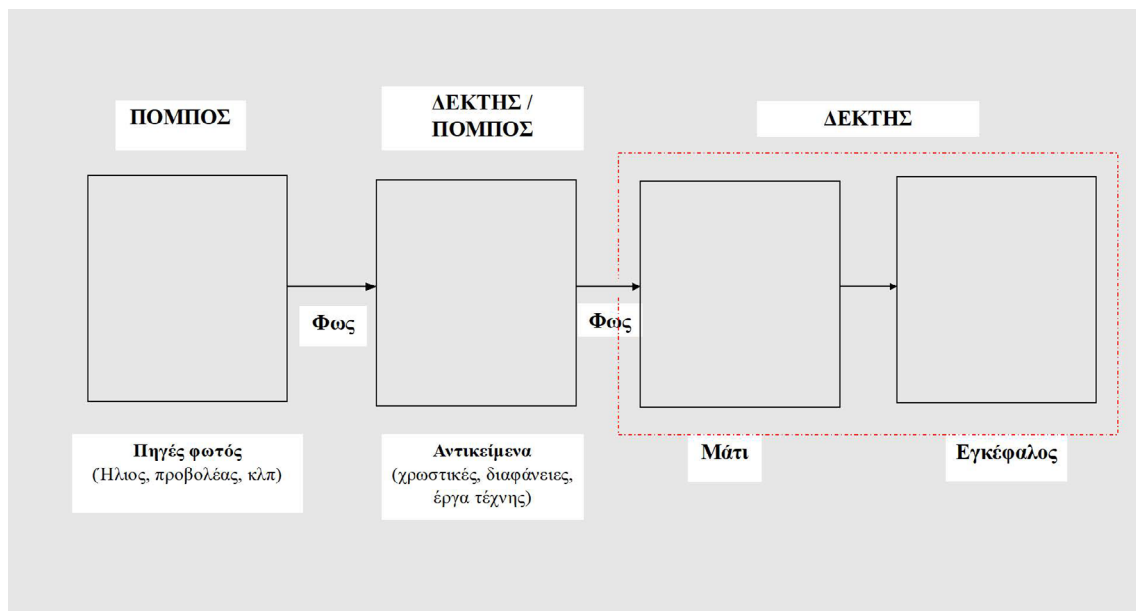
Το επίπεδο σχεδιασμού περιλαμβάνει δύο στοιχεία. Το στοιχείο της διατύπωσης των γνωστικών σκοπών και το στοιχείο της διαμόρφωσης ενός «σκληρού πυρήνα» του περιεχομένου του επιμορφωτικού προγράμματος.

- *Οι γνωστικοί σκοποί του προγράμματος.* Εδώ συντίθενται τα συμπεράσματα που προκύπτουν από τις αναλύσεις του προηγούμενου επιπέδου. Οι στόχοι που αφορούν το προτεινόμενο πρόγραμμα είναι οι εξής: (α) Να συνειδητοποιήσουν οι εκπαιδευτικοί της προσχολικής εκπαίδευσης ότι η έννοια του χρώματος αποκτά διαφορετικές σημασίες όταν χρησιμοποιείται στην καθημερινή ζωή και διαφορετικές σημασίες όταν χρησιμοποιείται στα εννοιολογικά πλαίσια των ΦΕ και των ΕΤ, (β) να αντιληφθούν οι εκπαιδευτικοί της προσχολικής εκπαίδευσης ποια είναι η σημασία ενός διαθεματικού επιμορφωτικού προγράμματος για το χρώμα στη διδασκαλία, και (γ) να οικοδομήσουν οι εκπαιδευτικοί της προσχολικής εκπαίδευσης ένα συνθετικό εννοιολογικό μοντέλο για το χρώμα, με το οποίο να είναι σε θέση να αναλύουν, ερμηνεύουν, σχεδιάζουν και υλοποιούν κατάλληλες διδακτικές δραστηριότητες στο επίπεδο της προσχολικής εκπαίδευσης.
- *Το περιεχόμενο του προγράμματος.* Με βάση τους προηγούμενους στόχους διαμορφώσαμε μια δομή περιεχομένου του επιμορφωτικού προγράμματος οι ενότητες του οποίου παρουσιάζονται στον Πίνακα 6.2. Στην ενότητα 1 πρόκειται αφενός να συζητηθεί η φαινομενολογική και πολιτισμική διάσταση του χρώματος (πού συναντάμε το χρώμα στη φύση και την κοινωνία, χαρακτηρισμός των διάφορων χρωμάτων κ.λπ.) και αφετέρου να σχολιαστούν οι αντιλήψεις εκπαιδευτικών της προσχολικής εκπαίδευσης για το χρώμα. Ιδιαίτερη έμφαση προτείνεται να δοθεί στις επιστημολογικές διαφορές ανάμεσα στις ΦΕ και τις ΕΤ, καθώς και στις προσπάθειες που γίνονται να συσχετιστούν οι δύο τομείς σε επιστημολογικό, εκπαιδευτικό και τεχνολογικό επίπεδο.

ΕΝΟΤΗΤΑ 1	Το χρώμα: Γνώσεις και πρακτικές αναφορές
1α	Το χρώμα στη φύση και στην κοινωνία
1β	Το χρώμα στις εικαστικές τέχνες, στις φυσικές επιστήμες και στην τεχνολογία
ΕΝΟΤΗΤΑ 2	Το χρώμα στην εκπαίδευση
2α	Χρώμα, πρόγραμμα σπουδών και διαθεματικότητα
2β	Χρώμα και παιδί της προσχολικής ηλικίας
ΕΝΟΤΗΤΑ 3	Το εννοιολογικό μοντέλο «Φως και χρώμα»
3α	Εκπομπή και διάδοση του φωτός («χρώμα-ακτινοβολία»)
3β	Διάδοση και αλληλεπίδραση του φωτός με την ύλη («χρώμα-υλικό»)
3γ	Η πρόσληψη και επεξεργασία του χρώματος («χρώμα-οπτική αντίληψη» και «χρώμα-ερμηνεία»)
ΕΝΟΤΗΤΑ 4	Εφαρμογές του εννοιολογικού μοντέλου «Φως και χρώμα»
4α	Επιστημονικές και εικαστικές εφαρμογές
4β	Παιδαγωγικές εφαρμογές

Πίνακας 6.2: Η δομή του περιεχομένου του προτεινόμενου επιμορφωτικού προγράμματος για το χρώμα.

Στην ενότητα 2 πρόκειται να συζητηθούν οι διάφορες αντιλήψεις διαθεματικότητας στο πλαίσιο του προγράμματος σπουδών της προσχολικής εκπαίδευσης και να τεκμηριωθεί η πρόταση για μια ακολουθία δραστηριοτήτων η οποία στηρίζεται στην έννοια της συγκυριακής διαθεματικής αντίληψης. Επίσης, πρόκειται να συζητηθούν οι αντιλήψεις που έχουν τα παιδιά της προσχολικής ηλικίας για το χρώμα και οι οποίες έχουν αναδειχτεί σε έρευνες που έχουν πραγματοποιηθεί τόσο από την πλευρά των ΕΤ (Αραπάκη, 2013) όσο και από την πλευρά των ΦΕ (Χαραλαμποπούλου, 2001; Ξενέλλη, 2012).



Σχήμα 6.2: Ένα ποιοτικό εξηγητικό μοντέλο για το φως και το χρώμα για τις ανάγκες εκπαιδευτικών προσχολικής εκπαίδευσης.

Η ενότητα 3 είναι η βασική ενότητα του προγράμματος. Στο Σχήμα 6.2 φαίνεται μια σχηματική περιγραφή του συνθετικού εννοιολογικού μοντέλου το οποίο θα κληθούν να οικοδομήσουν οι εκπαιδευτικοί, συνειδητοποιώντας παράλληλα την αποσπασματικότητα και μερική λειτουργικότητα των δικών τους αντιλήψεων. Ουσιαστικά πρόκειται για τον διδακτικό μετασχηματισμό του συνθετικού μοντέλου Zuppiroli & Bussac (2003) που αναλύθηκε προηγουμένως. Όπως φαίνεται από τη σύγκριση των Σχημάτων 6.1 και 6.2, το διδακτικά μετασχηματισμένο μοντέλο είναι απλούστερο αυτού της γνώσης αναφοράς, χωρίς όμως να χάνει την επιστημολογική του εγκυρότητα, αφού επιτρέπει να συζητηθούν όλα εκείνα τα στοιχεία που αναφέρθηκαν στην υποενότητα «Γνώση και κοινωνικές πρακτικές αναφοράς για την έννοια “χρώμα”». Προαιρετικά, μάλιστα, το μοντέλο αυτό είναι δυνατόν να λειτουργήσει και με άλλα εννοιολογικά πλαίσια, όπως αυτό της χημικής εξήγησης του «χρώματος – υλικού». Ένα ιδιαίτερο στοιχείο αυτού του μοντέλου είναι ο προσανατολισμός του προς τον γραμμικό αιτιακό συλλογισμό, ο οποίος είναι πλήρως συμβατός με το γνωστικό υπόβαθρο των νηπίων (δείτε τα κεφάλαια 1 και 2).

Τέλος, στην ενότητα 4, ανάλογα με τις επιθυμίες των επιμορφούμενων και τις απαιτήσεις του προγράμματος σπουδών, είναι δυνατόν να δοθεί έμφαση είτε σε επιστημονικές, εικαστικές ή τεχνολογικές εφαρμογές του προτεινόμενου εννοιολογικού μοντέλου, είτε σε παιδαγωγικές εφαρμογές, όπως στον σχεδιασμό διδακτικών δραστηριοτήτων για το χρώμα προσαρμοσμένων στις πραγματικές συνθήκες διδασκαλίας.

6.5 Επίλογος

Στο συγκεκριμένο κεφάλαιο σχολιάστηκαν ιστορικές, φιλοσοφικές και διδακτικές διαστάσεις του διαλόγου ΦΕ και ΕΤ υπό το πρίσμα της Διδακτικής των δύο πεδίων. Στο επιστημολογικό επίπεδο, υποστηρίξαμε την ιδέα πως οι σχέσεις αυτές είναι σχέσεις συνάντησης, αντιπαράθεσης ή ακόμη και σύγκρουσης και όχι σχέσεις ομοιότητας ή σύντηξης. Στο επίπεδο, πάλι, της διδακτικής θεωρίας και πρακτικής ισχυριστήκαμε ότι η ιδέα της διδασκαλίας αυτής της σχέσης, σε τυπικό και μη τυπικό εκπαιδευτικό περιβάλλον, μπορεί να κατανοηθεί είτε ως αυτόνομη παιδαγωγική κατασκευή είτε ως πρόβλημα διδακτικού μετασχηματισμού της γνώσης και των πρακτικών αναφοράς. Η διαμόρφωση, βεβαίως, μιας σαφούς αντίληψης για το νόημα της σχέσης ΕΤ και ΦΕ αποτελεί μια αναγκαία, αλλά όχι επαρκή συνθήκη για τον σχεδιασμό αποτελεσματικών εκπαιδευτικών παρεμβάσεων. Οι ιδιαιτερότητες του εκάστοτε εκπαιδευτικού συστήματος καθώς και η γνώση των γνωστικών δυνατοτήτων των πληθυσμών στους οποίους απευθύνονται οι παρεμβάσεις αυτές, αποτελούν δύο ακόμη θεμελιώδεις παράγοντες που είναι δυνατό να τις επηρεάσουν. Το βέβαιον είναι ότι αν και οι «δύο κουλτούρες» κατά Snow (1995) συνεχίζουν να συνυπάρχουν και να συγκρούονται, ο διάλογος ΕΤ και ΦΕ είναι και αυτός παρών και διεξάγεται σε διάφορα επίπεδα στην κοινωνία και στην εκπαίδευση. Θεωρούμε ότι στον ενδιαφέροντα αυτόν διάλογο τόσο η Διδακτική των ΕΤ όσο και η Διδακτική των ΦΕ θα πρέπει να δηλώνουν με ενεργητικό τρόπο παρουσίες.

Βιβλιογραφικές αναφορές

- Arapaki, X., & Koliopoulos, D. (2010). Popularization and teaching of the relationship between visual arts and natural sciences: historical, philosophical and didactical dimensions of the problem. *Science & Education*, 20(7), 797-803.
- Αραπάκη, Ξ. (2013). *Διδακτική των Εικαστικών Τεχνών*. Αθήνα: Ίων.
- Allard, E., & Samson, G. (2019). Exploration de la résolution de problèmes à la maternelle à l'aide d'une approche interdisciplinaire en sciences et en arts. *Canadian Journal of Education*, 42(2), 492-515.
- Bouleau, C. (1963). *Charpentier, La géométrie secrète des peintres*. Paris: Éditions du Seuil.
- Bryan, L.A., & Tippins, D.J. (2005). The Monets, Van Goghs, and Renoirs of science education: Writing impressionist tales as a strategy for facilitating prospective teachers' reflections on science experiences. *Journal of Science Teacher Education*, 16, 227-239.
- Caillet, E. (1989). L'Art comme jubilation critique, *ASTER, Recherches en Didactique des Sciences Expérimentales*, 9, 43-67.
- Caiman, C., & Jakobson, B. (2019). The role of art practice in elementary school science. *Science & Education*, 28, 153-175.
- Changeux, J-P. (Ed.) (2005) *La Lumière au siècle des Lumières & aujourd'hui*. Art et Science. Paris: Odile Jacob.
- Chauvet, F. (1996). Teaching color: Designing and evaluation of a sequence. *European Journal of Teacher Education*, 19(2), 121-136.
- Γραμματικάκης, Γ. (2005). *Η αυτοβιογραφία του φωτός*. Ηράκλειο: Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης.
- Douglas, C. (2004). Light and colors. Wilhelm Ostwald and the Russian Avant-garde. In Catalogue of exhibition *Light and Color in the Russian Avant-Garde. The Costakis Collection*. Dumont, 427-433.
- Galili, I., & Zinn, B. (2007). Physics and art. A cultural symbiosis in Physics education. *Science & Education*, 16, 441-460.
- Gaillot, B-A. (1997). *Arts plastiques. Éléments d'une didactique-critique*. Paris: Presses Universitaires de France.
- Hadzigeorgiou, Y., & Schulz, R. (2014). Romanticism and romantic science: Their contribution to science education. *Science & Education*, 23, 1963-2006.
- Herklots, L. (2004). Using visual arts in A-Level Physics. *Physics Education*, 39(6), 480-483.
- Hewitt, P. (2013). *Οι έννοιες της Φυσικής*. Ηράκλειο: Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης.
- Itten, Y. (1998). *Η τέχνη του χρώματος*. Αθήνα: Ένωση Καθηγητών Καλλιτεχνικών Μαθημάτων.
- Izquierdo-Aumerich, M., & Aduriz-Bravo, A. (2003). Epistemological foundations of school science. *Science & Education*, 12, 27-43.
- Koliopoulos, D., & Arapaki, X. (2004). Art, science and technology in early childhood education: constructing an in-service training program about the notion of color. In G. Haktanir & T. Guler (Eds.), *Proceedings of OMEP 2003 World Conference*, v.1. Ankara: Yayima Hazirlayandar Editors, 260-269.
- Καμπάς, Κ. (2003). *Η Φυσική στην υπηρεσία της τέχνης*. Θεσσαλονίκη: University Studio Press.
- Κασσέτας, Α. (2012). Φυσικές επιστήμες και ζωγραφική. Εργασία στο 7ο Πανελλήνιο Συνέδριο Ιστορίας, Φιλοσοφίας και Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών, Αθήνα, 1-3 Νοεμβρίου 2012.
- Κολιόπουλος, Δ. (2017). *Η διδακτική προσέγγιση του μουσείου φυσικών επιστημών*. Αθήνα: Εκδόσεις Μεταίχμιο.
- Κολιόπουλος, Δ. (2006). *Θέματα Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών. Η συγκρότηση της σχολικής γνώσης*. Αθήνα: Μεταίχμιο.
- Lafait, J., Menu, M., & Mohen, J-P. (Eds.) (2005). *Lumière, couleur. Dialogues entre art et science*. Université Pierre et Marie Curie.
- Lévy-Leblond, J.-M. (1994). Brief encounters: A physicist meets contemporary art. *Leonardo*, 27(3), 211-217.
- Lévy-Leblond, J.-M. (1996). *La pierre de touche. La science à l'épreuve*. Paris: Gallimard.
- Lévy-Leblond, J.-M. (2010). *La science n'est pas l'art*. Paris: Hermann.
- Livingstone, M. (2010). *Όραση και τέχνη. Η βιολογία της όρασης*. Αθήνα: Παρισιάνου Α.Ε.
- Maingain, A., & Dufour, B. (2007). *Διδακτικές προσεγγίσεις της διαθεματικότητας*. Αθήνα. Εκδόσεις Πατάκη.
- Marshall, J. (2004). Articulate images: Bringing the pictures of science and science history into the art curri-

- ulum. *Studies in Art Education*, 45(2), 135-152.
- Maurício, P., Valente, B., & Chagas, I. (2017). A teaching-learning sequence of color informed by History and Philosophy of Science. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 15, 1177-1194.
- Mertens, J. (2007). Charles Bourgeois, peintre et physicien, transgresseur de la démarcation entre l'art et la science, *Alliage*, 61, 66-79.
- Miller, A. (1996). *Insights of genius. Imagery and creativity in science and art*. Springer-Verlag.
- Miller, A. (2002). *Αίνσταιν, Πικάσο. Ο χώρος, ο χρόνος και η ομορφιά*. Αθήνα: Π. Τραυλός.
- Musée d'Orsay (2003). *Aux origines de l'abstraction, 1800-1914*. Paris: Musée d'Orsay.
- Μαρινοπούλου, Φ. (2014). Διερεύνηση των αντιλήψεων εν δυνάμει εκπαιδευτικών για την έννοια «χρώμα» στο πλαίσιο μιας διεπιστημονικής προσέγγισης της διδασκαλίας των εικαστικών τεχνών και των φυσικών επιστημών. Στο Δ. Κολιόπουλος (Επιμ.), *Ιστορία, Φιλοσοφία και Διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών - Η πολιτισμική συνιστώσα των φυσικών επιστημών στην εκπαίδευση*. Αθήνα: Ώθηση, 599-608.
- Μπακιρτζόγλου, Β. (2013). *Εκφάνσεις της Φυσικής στη ζωγραφική τέχνη*. Μεταπτυχιακή εργασία. Ελληνικό Ανοικτό Παν/μιο.
- Ξενέλλη, Ε. (2012). *Διερεύνηση των νοητικών παραστάσεων των παιδιών προσχολικής ηλικίας για το φαινόμενο του ουράνιου τόξου*. Μεταπτυχιακή εργασία. ΤΕΕΑΠΗ Παν/μίου Πατρών.
- Physics Education (2004). Special feature: Physics and Art, 39.
- Parkinson, G. (2008). *Surrealism, art and modern science*. Yale University Press.
- Πρόγραμμα Σπουδών Νηπιαγωγείου (2011). Αθήνα: Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής.
- Roque, G. (1996). Chevreul and impressionism: A reappraisal. *The Art Bulletin*, 78(1), 27-39.
- Roque, G. (2009). *Art et science de la couleur*. Paris: Gallimard.
- Rousseau, P. (2003). 'L'œil solaire'. Une généalogie impressionniste de l'abstraction'. In S. Lemoine (Ed.), *Aux origines de l'abstraction, 1800-1914*. Paris: Musée d'Orsay.
- Samson, D., & Weininger, S. (1995). Light, Vision and Understanding: Using the History of Science and Art History in an Engineering College Curriculum. In F. Finley, D. Allchin, D. Rhees & S. Fifield (Eds.), *Third International History, Philosophy and Science Teaching Conference*. Minnesota, Minneapolis, 2, 988-996.
- Shlain, L. (2001). *Art & physics: Parallel visions in space, time, and light*. New York: Perennial.
- Smithsonian Institution (2011). *Botany and art and their roles of conservation*. [Smithsonian Education](#).
- Snow, C.P. (1995). *Οι δύο κουλτούρες*. Αθήνα: Ελληνικά Γράμματα.
- Tolley, K. (1994). *The Arts and science connection. Hands-On activities for intermediate students*. Addison-Wesley Publishing Company.
- Viennot, L., & de Hosson, C. (2012). Beyond a dichotomic approach, The case of color phenomena. *International Journal of Science Education*, 34, 1315-1336.
- Von Goethe, J-W. (2008). *Η θεωρία των χρωμάτων*. Αθήνα: Printa.
- Wenham, M. (1998). Art and Science in education: The common ground'. *International Journal of Art and Design Education*, 17, 61-70.
- Zubrowski, B. (1982). An aesthetic approach to the teaching of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 19, 411-416.
- Zuppiroli, L., & Bussac, M-N. (2003). *Traité des couleurs*. Lausanne: Presses Polytechniques et Universitaires Romandes.
- Χαραλαμποπούλου, Χ. (2001). *Οι τονικές αξίες των χρωμάτων στη σκέψη των παιδιών της προσχολικής ηλικίας: Διδακτική προσέγγιση*. Μεταπτυχιακή εργασία. ΤΕΕΑΠΗ Παν/μίου Πατρών.

Δραστηριότητες

1. Σχεδιάστε μια μικρή έρευνα σχετική με τις αντιλήψεις μαθητών ή μελλόντων/εν ενεργεία εκπαιδευτικών οποιασδήποτε βαθμίδας επιθυμείτε για την έννοια του χρώματος. Στη συνέχεια, να ερμηνεύσετε τα αποτελέσματα της έρευνας με βάση το διαθεματικό εννοιολογικό πλαίσιο που περιγράφεται στην ενότητα 6.4. Μπορείτε, επίσης, να χρησιμοποιήσετε το πλήρες ερωτηματολόγιο της εργασίας Μαρινοπούλου, 2014 ή να τροποποιήσετε τις ερωτήσεις του συγκεκριμένου ερωτηματολογίου, χωρίς όμως να θίξετε τον εννοιολογικό πυρήνα του, αιτιολογώντας την πρότασή σας.
2. Σχεδιάστε μια βάση δεδομένων η οποία να περιλαμβάνει έργα ζωγραφικής ή γλυπτικής και διατυπώστε υποθέσεις για το πώς τα έργα αυτά είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθούν στη διδασκαλία των ΦΕ σε όποια εκπαιδευτική βαθμίδα επιθυμείτε. Προαιρετικά, κατασκευάστε αυτή τη βάση δεδομένων με τρόπο ώστε να είναι λειτουργική για εκπαιδευτικούς (Μπορείτε να δείτε και τη συνδεδεμένη με το λογισμικό *Αβάκιο* βάση «Η Ζωγραφική από τον 19ο στον 20ό αιώνα». Η βάση διατίθεται από τους συγγραφείς του παρόντος κεφαλαίου).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

Η σχέση Τεχνολογίας και φυσικών επιστημών στη διδασκαλία: Μια μελέτη περίπτωσης

Νίκη Σισσαμπέρη και Δημήτρης Κολιόπουλος

Σύνοψη

Το ζήτημα της εισαγωγής και αξιολόγησης στοιχείων τεχνολογίας στη διδασκαλία φυσικών επιστημών απασχολεί το πεδίο της Διδακτικής των φυσικών επιστημών, όλο και περισσότερο, και ιδιαίτερα τα τελευταία χρόνια που η εμφάνιση των προγραμμάτων STEM (Science, Technology, Engineering, Mathematics) έχει αποκτήσει μια ιδιαίτερη δυναμική. Στο παρόν κεφάλαιο παρουσιάζεται μια μελέτη περίπτωσης που αφορά την παρουσίαση μέρους έρευνας σχετικής με τον σχεδιασμό, την εφαρμογή και την αξιολόγηση μιας ακολουθίας διδακτικών εννοιών για τη διδασκαλία της έννοιας της ενέργειας στην ανώτερη βαθμίδα της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης, με αποκλειστικό φαινομενολογικό πεδίο μελέτης τα Συστήματα Παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας (ΣΠΗΕ). Τα ΣΠΗΕ αποτελούν μια αντιπροσωπευτική περίπτωση τεχνολογικών συστημάτων των οποίων η μελέτη απαιτεί ένα διεπιστημονικό πεδίο γνώσεων στο οποίο συναντώνται λειτουργικά οι τομείς της τεχνολογίας σύνθετων τεχνολογικών συστημάτων και της επιστήμης της ενέργειας. Ένα από τα βασικά συμπεράσματα της μελέτης είναι ότι η κατανόηση της δομής και της λειτουργίας των ΣΠΗΕ από μαθητές πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης διευκολύνεται σημαντικά από την κατανόηση της ενεργειακής εξήγησης των προτεινόμενων τεχνολογικών συστημάτων και αντιστρόφως, κάτι που επιβεβαιώνει τη λειτουργικότητα και αποτελεσματικότητα της προτεινόμενης διαθεματικής σχολικής γνώσης σε αυτό το επίπεδο της εκπαίδευσης.

Προαπαιτούμενη γνώση

Κολιόπουλος, Δ. (2006). *Θέματα Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών. Η συγκρότηση της σχολικής γνώσης*. Αθήνα: Εκδόσεις Μεταίχμιο.

Κολιόπουλος, Δ., & Μέλη, Κ. (2022). *Η διδασκαλία της ενέργειας. Επιστημολογικές και διδακτικές διαστάσεις*. Θεσσαλονίκη: University Studio Press.

7.1 Εισαγωγή

Τα μεγάλης κλίμακας Συστήματα Παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας (ΣΠΗΕ), όπως οι ατμοηλεκτρικοί σταθμοί (ΑΗΣ), οι υδροηλεκτρικοί σταθμοί (ΥΗΣ), τα αιολικά πάρκα/ανεμογεννήτριες (Α/Γ) και τα πάρκα φωτοβολταϊκών στοιχείων (Φ/Β) εμφανίζονται με συνοπτικό τρόπο στα παραδοσιακά προγράμματα σπουδών φυσικών επιστημών της γενικής εκπαίδευσης ως τεχνολογικές εφαρμογές μιας γενικής προσέγγισης της έννοιας της ενέργειας και όχι ως αυτόνομο αντικείμενο διδασκαλίας. Το ίδιο συμβαίνει και με το ελληνικό πρόγραμμα σπουδών στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση και συνεπώς δεν υφίστανται πρακτικοί λόγοι οι οποίοι να νομιμοποιούν μια σχετική διερεύνηση των εννοιολογικών δυσκολιών που θα αντιμετώπιζαν οι μαθητές. Τελευταία, όμως, φαίνεται να διαμορφώνονται κατάλληλες συνθήκες ώστε να εισαχθούν τα ΣΠΗΕ στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση ως αυτόνομη θεματική περιοχή. Μία από αυτές είναι η ολοένα αυξανόμενη αποδοχή από εκπαιδευτικά συστήματα και εκπαιδευτικούς της διαθεματικής προσέγγισης STEM (Science, Technology, Engineering, Mathematics). Το εκπαιδευτικό αυτό περιβάλλον μπορεί να αποτελέσει προνομιακό πεδίο προσέγγισης ζητημάτων που παρουσιάζουν κοινωνικό ενδιαφέρον, όπως η λειτουργία των ΣΠΗΕ, ακόμη και στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση (Wendell, 2014). Αν υποθέσουμε, λοιπόν, ότι υφίστανται οι κατάλληλες προϋποθέσεις εισαγωγής των ΣΠΗΕ στη διδασκαλία με συστηματικό τρόπο, τότε είναι αυτονόητο ότι απαιτείται να διερευνηθούν διάφορες πλευρές αυτού του εγχειρήματος, όπως η φύση και τα χαρακτηριστικά της επιδιωκόμενης γνώσης, οι στόχοι και οι περιορισμοί του προγράμματος σπουδών και οι γνωστικές δυνατότητες και δυσκολίες της παιδικής σκέψης (Sissamperi & Koliopoulos, 2021). Έτσι, προέκυψε ένα ερευνητικό πρόγραμμα με στόχο τον σχεδιασμό και την αξιολόγηση μιας αυτόνομης διδακτικής ακολουθίας σχετικής με τη λειτουργία των ΣΠΗΕ η οποία εφαρμόστηκε στην ανώτερη βαθμίδα της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης (Στ' Δημοτικού) σε πραγματικές συνθήκες διδασκαλίας.

Στις επόμενες ενότητες παρατίθενται (α) μια συνοπτική παρουσίαση των βασικών στοιχείων του θεωρητικού πλαισίου εντός του οποίου σχεδιάστηκε το περιεχόμενο της διδακτικής ακολουθίας, (β) η περιγραφή της δομής και του περιεχόμενου της διδακτικής ακολουθίας και (γ) η παρουσίαση των μεθοδολογικών χαρακτηριστικών και των αποτελεσμάτων μιας εμπειρικής έρευνας που εκπονήθηκε, για να διαπιστωθεί αν και πώς επιτεύχθηκε κάποιου είδους γνωστική πρόοδος όσον αφορά την κατανόηση της λειτουργίας των ΣΠΗΕ από τους μαθητές. Στο παρόν κεφάλαιο θα παρουσιαστούν δεδομένα που αφορούν αποκλειστικά την κατανόηση της λειτουργίας ενός ΑΗΣ.

7.2 Το θεωρητικό πλαίσιο

Η προτεινόμενη διδακτική ακολουθία διαμορφώθηκε μέσω της διαδικασίας μετασχηματισμού της γνώσης αναφοράς ενός γνωστικού αντικείμενου σε γνώση προς διδασκαλία (σχολική γνώση), μια διαδικασία γνωστή, στη γαλλόφωνη κυρίως ερευνητική παράδοση, ως «διδακτικός μετασχηματισμός» (Arsac, Chevallard, Martinand & Tiberghien, 1994; Κολιόπουλος, 2006). Χρησιμοποιήθηκε ένα πλαίσιο αντιλήψεων για τον διδακτικό μετασχηματισμό της γνώσης αναφοράς σε γνώση προς διδασκαλία (σχολική γνώση) το οποίο εμπεριέχει τρεις διακριτές αντιλήψεις για τη διαμόρφωση των προγραμμάτων σπουδών: α) την «παραδοσιακή» αντίληψη, β) την «καινοτομική» αντίληψη και γ) την «εποικοδομητική» αντίληψη (Κολιόπουλος & Constantinou, 2005; Κολιόπουλος, Aduriz-Bravo & Ravanis, 2012). Η προτεινόμενη διδακτική ακολουθία εμφανίζει χαρακτηριστικά της «καινοτομικής» και «εποικοδομητικής» αντίληψης.

Η «καινοτομική» αντίληψη, όσον αφορά την εννοιολογική διάσταση της επιστημονικής γνώσης απαιτεί την πραγμάτευσή της αφενός σε μια ευρεία θεματική ενότητα και αφετέρου μια εις βάθος επεξεργασία της εντός αυτής της ενότητας. Έμφαση δίνεται στην ημι-ποσοτική διάσταση του εννοιολογικού περιεχομένου η οποία υπερβαίνει την ποσοτική ή «ψευδο-ποιοτική» διάσταση του περιεχομένου όπως αυτό παρουσιάζεται στην «παραδοσιακή» αντίληψη. Στην περίπτωση των ΣΠΗΕ, η επιστημολογική ανάλυση περιεχομένου έδειξε ότι κατάλληλότερη γνώση αναφοράς προέρχεται από το πεδίο της Τεχνικής Θερμοδυναμικής το οποίο περιλαμβάνει εξ ορισμού στοιχεία τεχνολογίας σύνθετων τεχνολογικών συστημάτων και στοιχεία ενεργειακής ανάλυσης *par excellence*. Συγχρόνως, λαμβάνοντας υπόψη τις γνωστικές δυνατότητες αλλά και τις δυνατότητες εξέλιξης της σκέψης των παιδιών αυτής της ηλικίας, καθώς και τις παιδαγωγικές συνθήκες εφαρμογής της συγκεκριμένης διδακτικής παρέμβασης, μετασχηματίστηκε η συγκεκριμένη γνώση αναφοράς σε σχολική γνώση κατάλληλη για παιδιά της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης. Έτσι, καταλήξαμε στον σχεδιασμό ενός προγράμματος διδασκαλίας το οποίο φαίνεται να απαιτεί τον συνδυασμό τεσσάρων τουλάχιστον διαστάσεων της επιστημονικής σχολικής γνώσης (Sissamperi & Koliopoulos, 2015):

(α) Η *φαινομενολογική* διάσταση, η οποία περιλαμβάνει τον προσδιορισμό των εξωτερικών χαρακτηριστικών των υπό μελέτη τεχνολογικών συστημάτων (ΑΗΣ, ΥΗΣ, Α/Γ, Φ/Β). Η σχολική γνώση σε αυτό το επίπεδο περιλαμβάνει κυρίως τον προσδιορισμό και την περιγραφή των εξωτερικών χαρακτηριστικών των ΣΠΗΕ είτε μέσω της μελέτης φωτογραφιών πραγματικών συστημάτων είτε μέσω εκπαιδευτικών επισκέψεων σε πραγματικά συστήματα.

(β) Η *τεχνολογική* διάσταση, η οποία αφορά τη διάκριση των διάφορων τμημάτων των τεχνολογικών συστημάτων και τον προσδιορισμό της δομής και της λειτουργίας τους. Το μέγεθος και η πολυπλοκότητα των ΣΠΗΕ αποτελούν εγγενή χαρακτηριστικά των συστημάτων αυτών. Προκειμένου να αναδειχτούν αυτά τα χαρακτηριστικά, αλλά και για να γίνει υπέρβαση των δυσκολιών που προέρχονται από τους περιορισμούς της παιδικής σκέψης, είναι απαραίτητη η χρήση στη διδασκαλία δισδιάστατων ή τρισδιάστατων μοντέλων που αναπαριστούν υπό κλίμακα τα ΣΠΗΕ. Αν τα υλικά αυτά μοντέλα είναι λειτουργικά, τότε οι μαθητές θα μπορούν να οικοδομήσουν γνώσεις όχι μόνο για τα υποσυστήματα από τα οποία αποτελούνται αλλά και για το πώς αυτά λειτουργούν.

(γ) Η *επιστημονική* διάσταση, η οποία περιγράφει, κυρίως με ποιοτικούς όρους, το θερμοδυναμικό σύστημα με έμφαση στην αποθήκευση, στη μεταφορά και στη μετατροπή ενέργειας. Αναφορικά με αυτή τη διάσταση της γνώσης, ο στόχος της διδακτικής ακολουθίας είναι η οικοδόμηση από τους μαθητές του ημι-ποσοτικού εννοιολογικού μοντέλου των ενεργειακών αλυσίδων (Κολιόπουλος & Μέλη, 2022). Το εννοιολογικό αυτό μοντέλο φαίνεται να είναι κατάλληλο για τη διδασκαλία της έννοιας της ενέργειας σε όλα τα επίπεδα εκπαίδευσης, συμπεριλαμβανομένων αυτών της προσχολικής και πρωτοβάθμιας. Το μοντέλο των ενεργειακών αλυσίδων (i) είναι ένας επιστημολογικά έγκυρος μετασχηματισμός της επιστημονικής γνώσης καθώς συνδέεται άμεσα με τη φύση και τα χαρακτηριστικά του πρώτου και του δεύτερου νόμου της θερμοδυναμικής (δείτε το κεφάλαιο

3), (ii) είναι συμβατό, έως έναν βαθμό, με τον γραμμικό αιτιακό συλλογισμό ο οποίος γνωρίζουμε ότι ενεργοποιείται ακόμη και από μαθητές πολύ μικρής ηλικίας (δείτε τα κεφάλαια 1 και 2) και (iii) έχει εφαρμοστεί με επιτυχία σε διάφορα προγράμματα διδασκαλίας σε διάφορα επίπεδα εκπαίδευσης (π.χ. στον ελληνικό χώρο δείτε τα Κολιόπουλος & Αργυροπούλου, 2010; Delengos & Koliopoulos, 2020; Σταυρόπουλος, Λαβίδας & Κολιόπουλος, 2019).

(δ) Η *περιβαλλοντική* διάσταση, η οποία συνδέεται άμεσα με την επιστημονική διάσταση (Vince & Tiberghien, 2012; Besson & de Ambrosis, 2014; Johnson & Cincera, 2019) και, συγχρόνως, περιγράφει τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις της λειτουργίας των διάφορων τεχνολογικών συστημάτων. Η προτεινόμενη σχολική γνώση σε αυτό το επίπεδο περιλαμβάνει: (i) γνώσεις που σχετίζονται με την εξοικείωση των παιδιών με τα περιβαλλοντικά προβλήματα που αντιμετωπίζουν οι σύγχρονες κοινωνίες (π.χ. ρύπανση περιβάλλοντος, μείωση ενεργειακών πόρων) και τα οποία οφείλονται κατά μεγάλο μέρος στη λειτουργία των ΑΗΣ και (ii) γνώσεις που αναδεικνύουν το ζήτημα της αειφορίας των φυσικών πόρων και σχετίζονται με τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις των ΣΠΗΕ που λειτουργούν με Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ).

Η «εποικοδομητική» αντίληψη για το πρόγραμμα σπουδών των φυσικών επιστημών, η οποία μπορεί να συνυπάρξει με την «καινοτομική» αντίληψη, έχει ως κύριο χαρακτηριστικό την οργανική ένταξη των νοητικών παραστάσεων των μαθητών στη διδασκαλία (Κολιόπουλος, 2006; Ραβάνης, 2016). Καταρχάς, έχει επισημανθεί ότι ακόμη και μαθητές μικρής ηλικίας είναι δυνατόν να οικοδομήσουν δεξιότητες *συστημικής σκέψης* (Jacobson & Wilensky, 2006), δεξιότητες, δηλαδή οι οποίες ταιριάζουν με τον συστημικό χαρακτήρα της τεχνολογικής και επιστημονικής γνώσης που απαιτείται για να περιγραφούν και αναλυθούν τα ΣΠΗΕ (Frank, 2000). Επίσης, φαίνεται ότι η συστημική σκέψη, ως γνωστική ικανότητα μπορεί να αναπτυχθεί μέσω της συστημικής προσέγγισης των πολύπλοκων τεχνολογικών συστημάτων (Van Huis & Vander Berg, 1993; Assaraf & Orion, 2010; Hmelo-Silver & Azevedo, 2006; Jewett, 2008). Επίσης, όπως ήδη ελέγχθη, σχετικές έρευνες καταδεικνύουν ότι, εάν οι μαθητές της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης ενεργοποιήσουν τον γραμμικό αιτιακό συλλογισμό, είναι εφικτή η οικοδόμηση ενός ποιοτικού τουλάχιστον ενεργειακού μοντέλου για την περιγραφή και επιστημονική εξήγηση της λειτουργίας *απλών και μικρής κλίμακας* τεχνολογικών συστημάτων (π.χ. το άναμμα μιας λάμπας με μπαταρία). Πιο συγκεκριμένα, διαθέτουμε αρκετά στοιχεία που δείχνουν ότι μαθητές της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης μπορούν να περιγράψουν πολλά φυσικά ή/και απλά τεχνολογικά συστήματα είτε ως αλυσίδα αντικειμένων από την άποψη της λειτουργίας τους (π.χ. το άναμμα της λάμπας οφείλεται στην μπαταρία) είτε ως αλυσίδα αντικειμένων από την άποψη της διανομής, δηλαδή από τη μεταφορά μιας δράσης (π.χ. η μπαταρία δίνει ηλεκτρισμό στη λάμπα και αυτή ανάβει) (Lemeignan & Weil-Barais, 1994; Tiberghien & Megalakaki, 1995; Papadouris & Constantinou, 2016; Delegkos & Koliopoulos, 2020), ενώ οι Boyer & Givry (2018) δείχνουν ότι ο αριθμός των στοιχείων που απαρτίζει το φυσικό ή τεχνολογικό σύστημα επηρεάζει την επίδοση των μαθητών όταν κατασκευάζουν εικονικές αναπαραστάσεις των ενεργειακών αλυσίδων. Έτσι, διαμορφώθηκε η υπόθεση σύμφωνα με την οποία τα παιδιά ηλικίας 11 έως 12 ετών θα μπορούσαν να οικοδομήσουν τις σχετικές γνώσεις για να εξηγήσουν τη λειτουργία όχι μόνο των μικρών τεχνολογικών συστημάτων που χρησιμοποιούνται στο σχολικό εργαστήριο, αλλά και για να περιγράψουν και να εξηγήσουν τη λειτουργία των ΣΠΗΕ (ή τουλάχιστον των αντίστοιχων αναπαραστατικών μοντέλων των ΣΠΗΕ).

Σύμφωνα με την «καινοτομική» αντίληψη, η ανάδειξη των νοητικών παραστάσεων των μαθητών καθώς και η επεξεργασία τους στη διδασκαλία είναι δυνατόν να επιτευχθεί εισάγοντας μια σειρά από κατάλληλες, αλληλοσυνδεδεμένες «δραστηριότητες – προβλήματα» (Boilevin, 2005; Κολιόπουλος, 2006). Η ενασχόληση των μαθητών με αυτές τις δραστηριότητες έχει στόχο τη βαθμιαία μετακίνηση των νοητικών παραστάσεών τους προς νοητικές παραστάσεις εγγύτερες προς την προτεινόμενη σχολική γνώση. Στην προτεινόμενη διδακτική ακολουθία, βασικό χαρακτηριστικό των δραστηριοτήτων-προβλημάτων είναι ότι εμπλέκουν τους μαθητές σε συζητήσεις σχετικά με τις αλληλεπιδράσεις ανάμεσα στις διάφορες διαστάσεις της σχολικής γνώσης. Η συγκρότηση σχέσεων μεταξύ του κόσμου των αντικειμένων και των γεγονότων (φαινομενολογική διάσταση) και των διάφορων μοντελοποιήσεών του (τεχνολογική, επιστημονική, περιβαλλοντική διάσταση) φαίνεται να οδηγεί τους μαθητές στην οικοδόμηση νέας γνώσης μέσω κατηγοριοποιήσεων, αιτιακών εξηγήσεων και άλλων νοητικών εργαλείων που αυτοί χρησιμοποιούν (Tiberghien, 1994; Tiberghien, Vince & Gaidioz, 2009). Στην προκειμένη περίπτωση, οι δραστηριότητες-προβλήματα έχουν κατασκευαστεί με βάση την υπόθεση που ήδη αναφέρθηκε, δηλαδή ότι μαθητές 11-12 ετών είναι σε θέση, χρησιμοποιώντας βασικά στοιχεία της συστημικής σκέψης και ενεργοποιώντας τον γραμμικό αιτιακό συλλογισμό, να κατασκευάσουν για κάθε διάσταση της απαιτούμενης γνώσης πρόδρομα, ποιοτικά κατά βάση, εξηγητικά μοντέλα για τη δομή και τη λειτουργία συγκεκριμένων ΣΠΗΕ.

7.3 Η διδακτική ακολουθία: Γνωστικοί στόχοι, δομή και περιεχόμενο

Οι γνωστικοί στόχοι της διδακτικής ακολουθίας διαμορφώθηκαν έτσι ώστε οι μαθητές να οικοδομήσουν στοιχεία των τεσσάρων διαστάσεων της προτεινόμενης σχολικής γνώσης για τα ΣΠΗΕ. Πιο συγκεκριμένα, (α) για τη φαινομενολογική διάσταση της γνώσης στόχος είναι να αναγνωρίζουν και να κατονομάζουν τους διαφόρους τύπους των ΣΠΗΕ, (β) για την τεχνολογική διάσταση της γνώσης στόχος είναι να διακρίνουν τα διάφορα τμήματα από τα οποία αποτελούνται τα υπό μελέτη ΣΠΗΕ και να περιγράφουν τη λειτουργία αυτών των μερών, (γ) για την επιστημονική διάσταση, στόχος είναι να μπορούν να περιγράφουν τις σχέσεις σύνδεσης και αλληλεπίδρασης μεταξύ των βασικών μερών των ΣΠΗΕ χρησιμοποιώντας το ημι-ποσοτικό μοντέλο των ενεργειακών αλυσίδων και (δ) για την περιβαλλοντική διάσταση, στόχος είναι να μπορούν να αναγνωρίζουν τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις της λειτουργίας των ΣΠΗΕ.

Το εννοιολογικό περιεχόμενο της διδακτικής ακολουθίας αποτελείται από τέσσερις θεματικές ενότητες: (Α) Τι είναι ένα ΣΠΗΕ; Ο Ατμοηλεκτρικός Σταθμός Παραγωγής Ενέργειας, (Β) ΣΠΗΕ με τη χρήση Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, (Γ) Μέτρηση ενέργειας σε ΣΠΗΕ, (Δ) ΣΠΗΕ και καθημερινή ζωή. Κάθε διδακτική ενότητα περιλαμβάνει υποενότητες για καθεμία εκ των οποίων σχεδιάστηκαν κατάλληλα φύλλα εργασίας. Κάθε φύλλο εργασίας πραγματοποιείται μια κύρια δραστηριότητα-πρόβλημα μέσω της οποίας εισάγεται η επιδιωκόμενη σχολική γνώση. Η δομή και το περιεχόμενο όλων των ενοτήτων παρουσιάζονται στον Πίνακα 7.1.

Ενότητες	Υποενότητες	Σχολική γνώση	Κύρια δραστηριότητα- πρόβλημα
Α	1	Φαινομενολογική	Τι υπάρχει πίσω από την πρίζα;
	2	Τεχνολογική	Πώς λειτουργεί ένας Ατμοηλεκτρικός Σταθμός;
	3	Επιστημονική	Γιατί ανάβουν οι λάμπες;
Β	4	Περιβαλλοντική Τεχνολογική Επιστημονική	Πώς μπορούμε να μειώσουμε ή να αποφύγουμε την ατμοσφαιρική ρύπανση που δημιουργείται εξαιτίας του ΑΗΣ;
	5	Τεχνολογική	Πώς λειτουργεί ένας Υδροηλεκτρικός Σταθμός;
	6	Επιστημονική	Πώς είναι φτιαγμένη μια Ανεμογεννήτρια και πώς λειτουργεί;
Γ	7	Τεχνολογική Επιστημονική	Τι θα συμβεί σε έναν Υδροηλεκτρικό Σταθμό, αν χρειάζεται να λειτουργούν και άλλες ηλεκτρικές συσκευές; Τι θα συμβεί σε έναν Υδροηλεκτρικό Σταθμό αν χρειάζεται να λειτουργούν λάμπες μεγαλύτερης ισχύος;
	8	Τεχνολογική Επιστημονική	Πώς μετράμε την ποσότητα ενέργειας που μεταφέρεται από τον Υδροηλεκτρικό Σταθμό;
	9	Τεχνολογική Επιστημονική	Τι πληρώνουμε στη ΔΕΗ; Πόση ενέργεια μεταφέρεται στις λάμπες της τάξης; Μπορούμε να την μετρήσουμε και πώς;
Δ	10	Περιβαλλοντική Τεχνολογική Επιστημονική	Γιατί να αλλάξουμε τους λαμπτήρες πυρακτώσεως;
	11	Φαινομενολογική	Πώς είναι ένας πραγματικός Υδροηλεκτρικός Σταθμός;

Πίνακας 7.1: Το περιεχόμενο και η δομή της διδακτικής ακολουθίας.

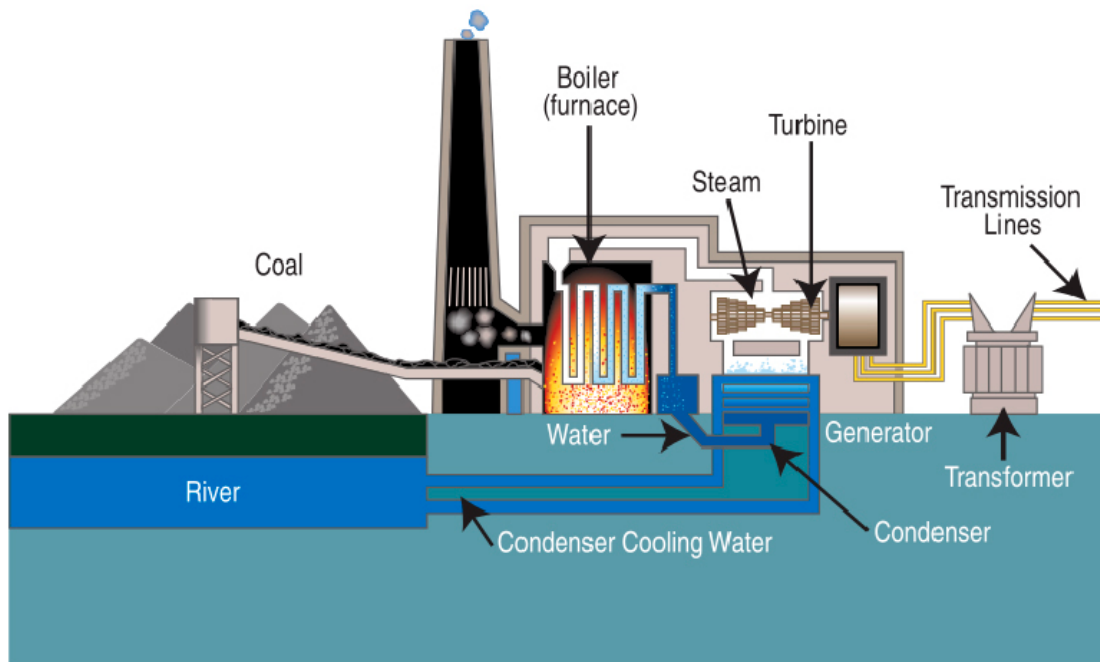
Προκειμένου να αντιμετωπιστούν οι δυσκολίες που προέρχονται από την πολυπλοκότητα και το μεγάλο μέγεθος των ΣΠΗΕ, χρησιμοποιήθηκε μια σειρά από αναπαραστατικά υλικά και εννοιολογικά μοντέλα. Η χρησιμότητα των αναπαραστατικών μοντέλων υποστηρίζεται από ερευνητικά δεδομένα και έχει διατυπωθεί η άποψη σύμφωνα με την οποία «μέσω των υλικών (αναπαραστατικών) μοντέλων οι θεωρητικές έννοιες αποκτούν εμπειρικό νόημα» (Tala, 2008, σ. 279). Κάποια από τα μοντέλα αυτά βοηθούν τους μαθητές να οικοδομήσουν

και να διαχειρίζονται εννοιολογικά μοντέλα τα οποία εμπεριέχουν αφηρημένες και μη παρατηρήσιμες (non-observable) φυσικές οντότητες (Harrison & Treagust, 2000; Tobin, Lacy, Crissman & Haddad, 2018). Στην προτεινόμενη διδακτική παρέμβαση οι μαθητές πραγματεύονται τις εξής αναπαραστάσεις (με σειρά αύξουσας εξιδανίκευσης του πραγματικού ΣΠΗΕ): (α) φωτογραφίες πραγματικών ΣΠΗΕ (Εικόνα 7.1), (β) δισδιάστατα μοντέλα πραγματικών ΣΠΗΕ (Εικόνα 7.2), (γ) τρισδιάστατα λειτουργικά μοντέλα ΣΠΗΕ. Στην Εικόνα 7.3 φαίνεται ένα τέτοιο πρωτότυπο μοντέλο ΑΗΣ στο οποίο είναι ορατά τα βασικά υποσυστήματα, όπως ο καυστήρας, ο λέβητας, η τουρμπίνα, η γεννήτρια, και (δ) αφηρημένες αναπαραστάσεις ΣΠΗΕ - ενεργειακές αλυσίδες (Σχήμα 7.1).

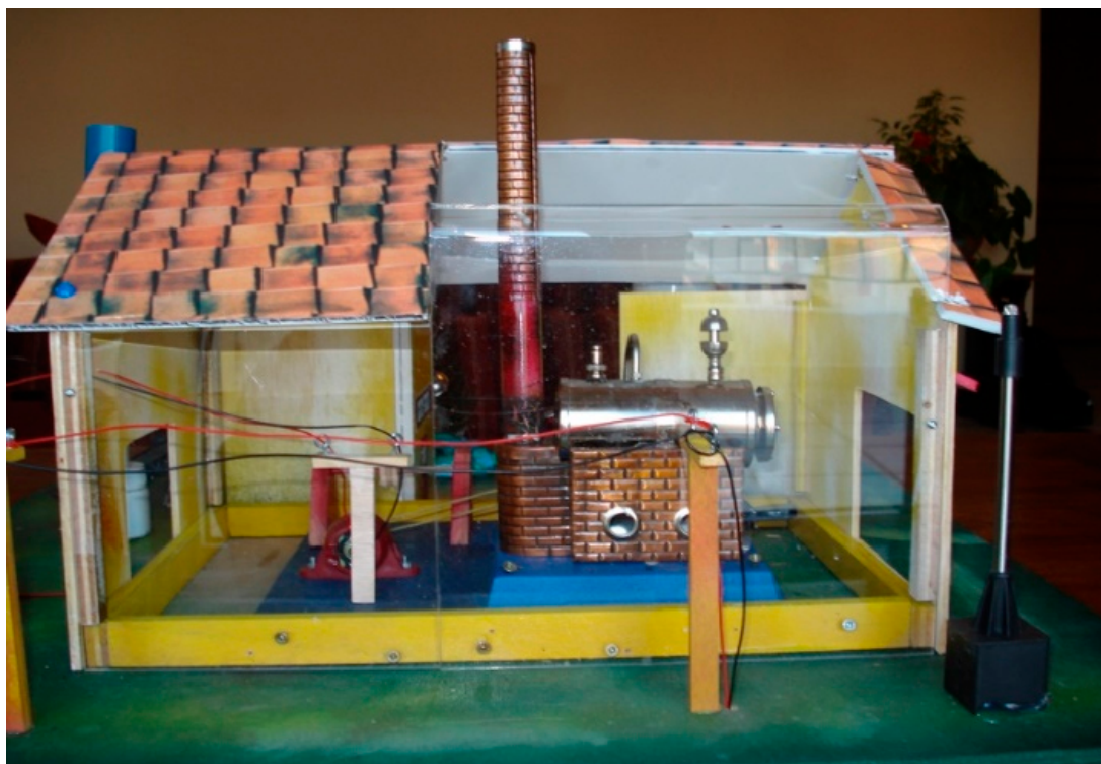


Εικόνα 7.1: Φωτογραφία του ΑΗΣ Αγ. Δημητρίου Κοζάνης (Πηγή: [Καθημερινή](#)).

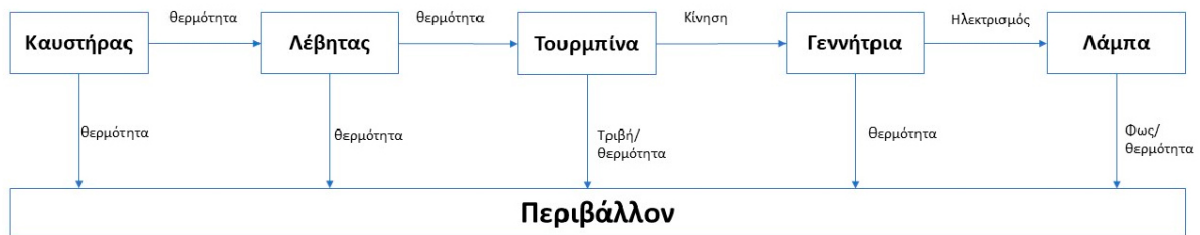
Οι μαθητές καλούνται να συμπληρώσουν συνολικά 11 φύλλα εργασίας. Η μορφή των φύλλων εργασίας διατηρεί τα βασικά χαρακτηριστικά των φύλλων εργασίας του Τετραδίου Εργασιών του ισχύοντος σχολικού εγχειριδίου (Αποστολάκης κ.ά., 2006), ώστε να μειωθεί η πιθανότητα επίδρασης μη επιθυμητών εξωγενών παραγόντων στο γνωστικό αποτέλεσμα, όπως για παράδειγμα η μη εξοικείωση των μαθητών με τον τρόπο εργασίας. Επιπλέον, τα φύλλα εργασίας σχεδιάστηκαν έτσι ώστε να διατηρούν το ενδιαφέρον των μαθητών, να είναι ευχάριστα και να διατηρούν κατά το δυνατόν υψηλό βαθμό αναγνωσιμότητας. Τα φύλλα εργασίας περιλαμβάνουν (α) ερωτήσεις και προβλήματα που αφορούν εξηγήσεις φυσικών φαινομένων και τεχνολογικών συστημάτων, (β) δραστηριότητες για την κατασκευή συμβολικών αναπαραστάσεων των ενεργειακών αλυσίδων των διάφορων ΣΠΗΕ, και (γ) σύντομα κείμενα τα οποία περιέχουν πληροφορίες για τεχνολογικά θέματα της καθημερινής ζωής.



Εικόνα 7.2: Δισδιάστατο αναπαραστατικό μοντέλο ΑΗΣ (Πηγή: [Wikimedia Commons](https://commons.wikimedia.org/)).



Εικόνα 7.3: Τρισδιάστατο μοντέλο ΑΗΣ (Πηγή: Ν. Σισσαμπέρι).



Σχήμα 7.1: Σχηματική αναπαράσταση της ενεργειακής αλυσίδας ενός μοντέλου ΑΗΣ.

Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα διδακτικής υποεπάρκειας της προτεινόμενης διδακτικής ακολουθίας αποτυπώνεται στο φύλλο εργασίας που έχει τίτλο «Πώς μπορούμε να μειώσουμε ή να αποφύγουμε την ατμοσφαιρική ρύπανση που δημιουργείται εξαιτίας του ΑΗΣ;». Στην ενότητα αυτή γίνεται προσπάθεια να ενεργοποιηθούν τρεις από τις διαστάσεις της απαιτούμενης σχολικής γνώσης (τεχνολογική, επιστημονική, περιβαλλοντική) με αφορμή ένα περιβαλλοντικό πρόβλημα, αυτό της ατμοσφαιρικής ρύπανσης. Πιο συγκεκριμένα, οι μαθητές συζητούν και αναδεικνύουν την ουσία του περιβαλλοντικού προβλήματος (έκλυση διοξειδίου του άνθρακα), ενώ συγχρόνως καλούνται να μετρήσουν τα επίπεδα CO₂ πριν, κατά τη διάρκεια και μετά από τη λειτουργία του αναπαραστατικού μοντέλου του ΑΗΣ (Εικόνα 7.3), πολύ κοντά σε αυτή, σε απόσταση ενός μέτρου και σε απόσταση πέντε μέτρων. Με βάση τις μετρήσεις αυτές συνάγουν τα πρώτα συμπεράσματά τους και στη συνέχεια μελετούν το ένθετο κείμενο «Επιστημονική πληροφόρηση». Στη δεύτερη δραστηριότητα τίθεται το κρίσιμο ερώτημα «Πώς δημιουργούνται οι ρύποι;». Έτσι, οι μαθητές θα πρέπει να αναζητήσουν την απάντηση στην τεχνολογική περιγραφή του συστήματος, συσχετίζοντας τους ρύπους με την καύση του συμβατικού καυσίμου. Με την τρίτη δραστηριότητα, γίνεται προσπάθεια να εστιαστεί η συζήτηση στον τύπο του τεχνολογικού συστήματος που μπορεί να αντικαταστήσει τον καυστήρα ή άλλα τεχνολογικά στοιχεία του συστήματος, προκειμένου να αντιμετωπιστεί το περιβαλλοντικό πρόβλημα. Η τέταρτη και η πέμπτη δραστηριότητα έχουν ως στόχο να συζητήσουν τα παιδιά την ενεργειακή σκοπιά του προβλήματος της ρύπανσης, να αντιληφθούν δηλαδή τη σχέση του με τις ενεργειακές ανάγκες. Υποθέτουμε, λοιπόν, ότι αυτού του τύπου δραστηριότητες-προβλήματα θα οδηγήσουν τους μαθητές σε αναδιαρθρώσεις της σκέψης τους οι οποίες θα δημιουργήσουν συνθήκες οικοδόμησης μιας πολυδιάστατης γνώσης χωρίς την οποία δεν είναι δυνατόν να αντιμετωπιστούν τα συγκεκριμένα ζητήματα.

7.4 Η εμπειρική έρευνα: Το μεθοδολογικό πλαίσιο

Το κύριο ερευνητικό ερώτημα για την εν λόγω έρευνα τέθηκε ως εξής: Είναι δυνατό μαθητές 11-12 ετών να σημειώσουν γνωστική πρόοδο για τα ΣΠΗΕ, η οποία να περιλαμβάνει την περιγραφή και εξήγηση της λειτουργίας αυτών των μεγάλης κλίμακας και σύνθετων τεχνολογικών συστημάτων με όρους της προτεινόμενης σχολικής γνώσης; Οι ακόλουθες ερωτήσεις εξειδικεύουν το κύριο ερευνητικό ερώτημα: Είναι οι μαθητές ικανοί, μετά από τη συμμετοχή τους στη διδακτική παρέμβαση να:

- αναγνωρίζουν και κατονομάζουν τους διάφορους τύπους ΣΠΗΕ (φαινομενολογική διάσταση της γνώσης);
- διακρίνουν τα τμήματα (υποσυστήματα) από τα οποία αποτελούνται τα διάφορα ΣΠΗΕ και να περιγράφουν τη λειτουργία τους (τεχνολογική διάσταση της γνώσης);
- περιγράφουν τις σχέσεις σύνδεσης και αλληλεπίδρασης μεταξύ των τμημάτων των ΣΠΗΕ, χρησιμοποιώντας ένα ποιοτικό/ημι-ποσοτικό μοντέλο ενεργειακής αλυσίδας (επιστημονική διάσταση της γνώσης);
- αναγνωρίζουν τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις από τη λειτουργία των ΣΠΗΕ (περιβαλλοντική διάσταση της γνώσης);

Το σχέδιο έρευνας που εφαρμόστηκε για τη διερεύνηση της αποτελεσματικότητας της διδακτικής ακολουθίας εντάσσεται στην κατηγορία των *προ-πειραματικών* ερευνών (Cohen, Manion & Morrison, 2007). Η προ-πειραματική έρευνα εφαρμόζεται στις περιπτώσεις εκείνες της εκπαιδευτικής έρευνας όπου ένας ερευνητής θέλει να μετρήσει την επίδραση που ασκεί η ανεξάρτητη μεταβλητή (π.χ. μια νέα διδακτική ακολουθία) στην εξαρτημένη μεταβλητή (π.χ. τη γνωστική πρόοδο των μαθητών). Το βασικό χαρακτηριστικό αυτού του είδους έρευνας

είναι ότι οι ερευνητές ελέγχουν και χειρίζονται σκόπιμα τυχόν συνθήκες που καθορίζουν τις περιπτώσεις που τους ενδιαφέρουν. Η έρευνά μας ανήκει, επίσης, στις λεγόμενες έρευνες *εφικτότητας* (Astolfi, 1993) ή *αναπτυξιακές* έρευνες (Lijnse, 1995) οι οποίες εστιάζουν κυρίως στη διερεύνηση της δυναμικής που αναπτύσσεται για γνωστική πρόοδο σε ένα συνήθως *in vitro* ερευνητικό περιβάλλον, αν και σε ορισμένες περιπτώσεις διερευνάται η ενδεχόμενη γνωστική πρόοδος των μαθητών σε πραγματικές συνθήκες διδασκαλίας (*in vivo* ερευνητικό περιβάλλον).

Το δείγμα αποτελείτο από 21 μαθητές της Στ' τάξης (13 κορίτσια και 8 αγόρια, 11-12 ετών) ενός Δημοτικού Σχολείου ημιαστικής περιοχής. Οι μαθητές ενημερώθηκαν για τον σκοπό της έρευνας και η συμμετοχή τους σε αυτήν εγκρίθηκε από τους γονείς τους. Τη διδακτική ακολουθία εφάρμοσε η ερευνήτρια και εκ των συγγραφέων του παρόντος κεφαλαίου η οποία υπήρξε συγχρόνως η εκπαιδευτικός της συγκεκριμένης τάξης, ώστε να μειωθεί η επίδραση του παράγοντα «εκπαιδευτικός». Για την αξιολόγηση της ενδεχόμενης γνωστικής προόδου των μαθητών και της εξ αυτής συνεπαγόμενης αποτελεσματικότητας της διδακτικής παρέμβασης, διενεργήθηκαν ατομικές, δομημένες συνεντεύξεις πριν (προέλεγχος) και μετά (μετέλεγχος) τη συμμετοχή τους στη διδασκαλία. Κάθε συνέντευξη διήρκησε περίπου 30 λεπτά.

Η συνέντευξη προελέγχου περιλαμβάνει οκτώ ερωτήσεις που αφορούν έναν ΑΗΣ, σχετιζόμενες με τις τέσσερις διαστάσεις της γνώσης (Πίνακας 7.2). Η συνέντευξη μετελέγχου αποτελείται από δύο μέρη. Το πρώτο μέρος περιλαμβάνει τις ίδιες ακριβώς ερωτήσεις που παρουσιάζονται στον Πίνακα 7.2. Το δεύτερο μέρος αποτελείται από ερωτήσεις που αφορούν άλλα ΣΠΗΕ (ΥΗΣ που αποτέλεσε αντικείμενο της διδακτικής παρέμβασης και πάρκο Φ/Β που δεν αποτέλεσε αντικείμενο της διδακτικής παρέμβασης). Στο παρόν κεφάλαιο παρουσιάζονται τα αποτελέσματα του πρώτου μέρους της συνέντευξης.

A/A	Σχολική γνώση	Ερωτήσεις
1	Φαινομενολογική	Τι βλέπεις στη φωτογραφία; Το γνωρίζεις; Πώς το λένε; (Φωτογραφία ΑΗΣ-Εικόνα 7.1).
2	Φαινομενολογική	Τι βλέπεις εδώ; Το γνωρίζεις; Πώς το λένε; (τριδιάστατο μοντέλο ΑΗΣ - Εικόνα 7.3).
3	Τεχνολογική	Τι είναι αυτό; (Έχουν τοποθετηθεί αριθμοί στα εξαρτήματα «καυστήρας», «λέβητας», «τουρμπίνα», «γεννήτρια» του τρισδιάστατου μοντέλου του ΑΗΣ - Εικόνα 7.3).
4	Τεχνολογική	Πώς λειτουργεί αυτό; (Έχουν τοποθετηθεί αριθμοί στα εξαρτήματα «καυστήρας», «λέβητας», «τουρμπίνα», «γεννήτρια» του τρισδιάστατου μοντέλου του ΑΗΣ - Εικόνα 7.3).
5	Επιστημονική	Γιατί ανάβουν οι λάμπες; (Τρισδιάστατο μοντέλο αναπαράστασης του ΑΗΣ εν λειτουργία - Εικόνα 7.3).
6	Επιστημονική	Τοποθέτησε τις κάρτες στη σωστή σειρά. Εξήγησε γιατί τις τοποθέτησες έτσι. (Κάρτες στις οποίες αναγράφονται οι λέξεις «καυστήρας», «λέβητας», «τουρμπίνα», «γεννήτρια», «λάμπες» και κάρτες σε σχήμα βέλους).
7	Επιστημονική Περιβαλλοντική	Το εργοστάσιο αυτό φαίνεται να ρυπαίνει την ατμόσφαιρα, ωστόσο ξέρουμε ότι οι ηλεκτρικές συσκευές είναι απαραίτητες στη ζωή μας. Ποια λύση ή ποιες λύσεις θα πρότεινες, ώστε να λειτουργεί χωρίς να ρυπαίνει; (Τρισδιάστατο μοντέλο αναπαράστασης του ΑΗΣ εν λειτουργία - Εικόνα 7.3).
8	Επιστημονική Περιβαλλοντική	Όταν βγαίνουμε για διάλειμμα σβήνουμε τα φώτα της τάξης. Γιατί το κάνουμε αυτό;

Πίνακας 7.2: Οι ερωτήσεις της συνέντευξης.

7.5 Η εμπειρική έρευνα: Αποτελέσματα

Οι απαντήσεις των μαθητών σε όλες τις ερωτήσεις της συνέντευξης έχουν κατηγοριοποιηθεί ως εξής: (α) επαρκείς, όταν εμφανίζονται να είναι πλήρως συμβατές με το περιεχόμενο της προτεινόμενης σχολικής γνώσης, (β) ενδιάμεσες, όταν εμφανίζονται μεν να είναι συμβατές με το περιεχόμενο της προτεινόμενης σχολικής γνώσης, αλλά η διατύπωση είναι ελλιπής ή εμπεριέχει και στοιχεία εκτός του περιεχομένου της προτεινόμενης γνώσης, (γ) ανεπαρκείς, όταν εμφανίζονται να είναι εξ ολοκλήρου ασύμβατες με το περιεχόμενο της προτεινόμενης σχολικής γνώσης, (δ) χωρίς απάντηση.

7.5.1 Φαινομενολογική διάσταση της γνώσης

Οι δύο πρώτες ερωτήσεις της συνέντευξης διερευνούν τις νοητικές παραστάσεις των μαθητών για τα φαινομενολογικά χαρακτηριστικά του ΑΗΣ. Η κύρια διαφορά μεταξύ τους έγκειται στο διαφορετικό αναπαραστατικό μέσο που οι μαθητές πρέπει να παρατηρήσουν και να αναφερθούν. Η ερώτηση 1 διερευνά εάν οι μαθητές μπορούν να αναγνωρίσουν και να κατονομάσουν τον ΑΗΣ όταν τους επιδεικνύεται η φωτογραφία ενός πραγματικού ΑΗΣ, ενώ η ερώτηση 2 διερευνά εάν οι μαθητές μπορούν να αναγνωρίσουν και να κατονομάσουν τον ΑΗΣ όταν τους επιδεικνύεται ένα τρισδιάστατο μοντέλο ΑΗΣ.

	Ερώτηση 1 Προέλεγχος	Ερώτηση 2 Προέλεγχος	Ερώτηση 1 Μετέλεγχος	Ερώτηση 2 Μετέλεγχος
Επαρκής	-	-	12	15
Ενδιάμεση	2	2	5	2
Ανεπαρκής	16	12	4	4
Χωρίς απάντηση	3	7	-	-
Σύνολο	21	21	21	21

Πίνακας 7.3: Η επάρκεια των νοητικών παραστάσεων στις ερωτήσεις 1 και 2.

Σύμφωνα με τις απαντήσεις στη συνέντευξη προελέγχου συμπεραίνεται ότι οι μαθητές δεν μπορούν να αναγνωρίσουν και να κατονομάσουν τον ΑΗΣ. Αντιθέτως, στη συνέντευξη μετέλεγχου, μετά τη διδακτική παρέμβαση παρατηρείται μια αναμενόμενη μετακίνηση των απαντήσεων των μαθητών προς τις επαρκείς απαντήσεις (Πίνακας 7.3). Αλλαγές προς την αντίθετη κατεύθυνση δεν παρατηρήθηκαν. Το εύρημα είναι στατιστικά σημαντικό (Test Wilcoxon, ερώτηση 1: $Z = -3,542$, $p < 0,001$, ερώτηση 2: $Z = -3,035$, $p < 0,01$).

7.5.2 Τεχνολογική διάσταση της γνώσης

Οι ερωτήσεις 3 και 4 διερευνούν τις νοητικές παραστάσεις των μαθητών για την τεχνολογική διάσταση της γνώσης. Οι απαντήσεις τους πριν από τη διδακτική παρέμβαση καταδεικνύουν ότι δεν γνωρίζουν ούτε τα τμήματα από τα οποία δομείται ο ΑΗΣ ούτε και τη λειτουργία αυτών των τμημάτων (Πίνακας 7.4). Πιο συγκεκριμένα, κατά τον προέλεγχο οι μαθητές έδωσαν ανεπαρκείς απαντήσεις στις ερωτήσεις αυτές. Το βασικό χαρακτηριστικό αυτών των απαντήσεων είναι ότι (α) δεν γνωρίζουν τα συγκεκριμένα εξαρτήματα του αναπαραστατικού μοντέλου του ΑΗΣ, (β) δεν αντιλαμβάνονται το μοντέλο του ΑΗΣ ως ένα ενιαίο σύστημα και (γ) ως συνέπεια του (β) δεν γνωρίζουν τη λειτουργία των συγκεκριμένων εξαρτημάτων.

	Ερώτηση 3 Προέλεγχος	Ερώτηση 4 Προέλεγχος	Ερώτηση 3 Μετέλεγχος	Ερώτηση 4 Μετέλεγχος
Επαρκής	-	-	9	14
Ενδιάμεση	-	-	11	2
Ανεπαρκής	12	19	1	4
Χωρίς απάντηση	9	2	-	1
Σύνολο	21	21	21	21

Πίνακας 7.4: Η επάρκεια των νοητικών παραστάσεων στις ερωτήσεις 3 και 4.

Η πλειονότητα των μαθητών, μετά τη διδακτική παρέμβαση δίνει είτε επαρκείς (9/21) είτε ενδιάμεσες (11/21) απαντήσεις στην ερώτηση 3. Αλλαγές προς την αντίθετη κατεύθυνση δεν παρατηρήθηκαν. Το εύρημα είναι στατιστικά σημαντικό (test Wilcoxon $Z = -3,017$, $p < 0,01$). Από τις απαντήσεις αυτές φαίνεται ότι οι μαθητές είτε γνωρίζουν όλα τα τμήματα του αναπαραστατικού μοντέλου του ΑΗΣ είτε γνωρίζουν τα περισσότερα από αυτά. Επιπλέον, η πλειονότητα των μαθητών δίνει είτε επαρκείς (14/21) είτε ενδιάμεσες (2/21) απαντήσεις στην ερώτηση 4. Το εύρημα είναι στατιστικά σημαντικό (test Wilcoxon $Z = -3,557$, $p < 0,001$). Μετά από συμμετοχή τους στη διδασκαλία οι μαθητές μπορούν να περιγράψουν τη λειτουργία των τμημάτων του αναπαραστατικού μοντέλου του ΑΗΣ, ακόμη και αν δεν θυμούνται την ονομασία τους, όπως συνέβη σε κάποιες περιπτώσεις. Χαρακτηριστική είναι η περίπτωση του μαθητή Μ4 ο οποίος απαντώντας στην ερώτηση 3 λέει: «Το νούμερο ένα είναι ο καυστήρας και μέσα στον καυστήρα υπάρχει φωτιά ... στο νούμερο δύο μεταφέρεται η θερμότητα και έτσι το νερό εξατμίζεται από την πολλή ζέση, το νούμερο δύο είναι ο λέβητας και έτσι ο ατμός μεταφέρεται μέσω του σωλήνα και πάει στο νούμερο τρία ... το νούμερο τρία είναι η τουρμπίνα και εξαιτίας του ατμού η τουρμπίνα αρχίζει να γυρίζει, ενώ η κίνηση πηγαίνει στο νούμερο τέσσερα που είναι ο λέβητας... μμμ ...όχι λάθος, είναι η γεννήτρια ... η γεννήτρια μετατρέπει την κίνηση σε ηλεκτρισμό και έτσι ο ηλεκτρισμός μέσω καλωδίων μεταφέρεται προς τη λάμπα και έτσι η λάμπα ανάβει». Ο μαθητής αυτός δίνει την ίδια ακριβώς απάντηση και στην ερώτηση 4. Από τα παραπάνω συνάγεται ότι η τεχνολογική διάσταση της σχολικής γνώσης (αναγνώριση των τεχνολογικών εξαρτημάτων ως τεχνολογικού συστήματος) δεν λειτουργεί εντελώς αυτόνομα αλλά αναγνωρίζεται και λαμβάνει νόημα μέσω της η επιστημονικής διάστασης της γνώσης (σχολική γνώση για την ενέργεια).

7.5.3 Επιστημονική διάσταση της γνώσης

Οι ερωτήσεις 5 και 6 διερευνούν τις νοητικές παραστάσεις των μαθητών/ριών για την επιστημονική διάσταση της γνώσης.

	Ερώτηση 5 Προέλεγχος	Ερώτηση 6 Προέλεγχος	Ερώτηση 5 Μετέλεγχος	Ερώτηση 6 Μετέλεγχος
Επαρκής	-	-	-	10
Ενδιάμεση	-	-	7	7
Ανεπαρκής	21	21	14	4
Σύνολο	21	21	21	21

Πίνακας 7.5: Η επάρκεια των νοητικών παραστάσεων στις ερωτήσεις 5 και 6.

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα που φαίνονται στον Πίνακα 7.5 και για τις δύο ερωτήσεις όλοι οι μαθητές διατυπώνουν ανεπαρκείς απαντήσεις. Στις απαντήσεις αυτές περιλαμβάνονται απαντήσεις χωρίς αναφορά στην έννοια της ενέργειας (φαινομενολογικές και ταυτολογικές απαντήσεις) αλλά και αρκετές απαντήσεις που περιλαμβάνουν ενεργειακές έννοιες (ως έκφραση προ-ενεργειακών νοητικών παραστάσεων). Χαρακτηριστικό παράδειγμα της πρώτης κατηγορίας απαντήσεων αποτελούν οι απαντήσεις του μαθητή M17. Απαντώντας στην ερώτηση 5 λέει: «Εδώ βλέπω πώς έχετε ενώσει με τα μηχανήματα κάτι καλώδια. Τα καλώδια παράγουν ρεύμα, το οποίο μετακινείται από τα οχήματα στα καλώδια και τα καλώδια τα μεταφέρουν στις λάμπες». Επίσης, στην ερώτηση 6 αιτιολογεί τη σειρά των καρτών [περιβάλλον, βελάκι, καυστήρας, βελάκι, γεννήτρια, βελάκι, τουρμπίνα, βελάκι, λέβητας, βελάκι, λάμπα] ως εξής: «Ξεκίνησα από το περιβάλλον γιατί από το περιβάλλον παράγεται το ρεύμα, μετά πήγα στο κάρβουνο... είδα με τη σειρά πως τα έχετε βάλει και πρόσθεσα και το περιβάλλον στην αρχή και έβαλα τη λάμπα, γιατί στη λάμπα πηγαίνει το ρεύμα».

Χαρακτηριστικό παράδειγμα της δεύτερης κατηγορίας απαντήσεων αποτελούν οι απαντήσεις του μαθητή M3. Απαντώντας στην ερώτηση 5 λέει: «Όταν κινείται και παράγει ενέργεια, ενώνονται τα μηχανήματα και η ενέργεια φτάνει στα καλώδια. Τα καλώδια σε κάποιο σημείο συνδέονται πάνω στη μακέτα και η ενέργεια πάει στη λάμπα και την ανάβει». Επίσης, στην ερώτηση 6 αιτιολογεί τη σειρά των καρτών [γεννήτρια, βελάκι, τουρμπίνα, βελάκι, λέβητας, βελάκι, καυστήρας, βελάκι, λάμπα, βελάκι, περιβάλλον] ως εξής: «Πιστεύω πως η γεννήτρια είναι το μηχανήμα ένα, μετά η ενέργεια πάει στην τουρμπίνα που είναι το μηχανήμα δύο, μετά η ενέργεια φεύγει στο μηχανήμα τρία που είναι ο λέβητας, ο λέβητας στέλνει την ενέργεια στον καυστήρα, μετά η ενέργεια πάει στη λάμπα και πάει στο περιβάλλον».

Από τα παραπάνω παραδείγματα απαντήσεων, φαίνεται ότι οι μαθητές και των δύο κατηγοριών απαντήσεων χρησιμοποιούν τόσο στοιχεία συστημικής σκέψης όσο και τον γραμμικό αιτιακό συλλογισμό. Οι απαντήσεις τους, όμως, χαρακτηρίζονται ως ανεπαρκείς διότι οι μαθητές έχουν (α) ασαφή ή λανθασμένη αντίληψη των εξαρτημάτων του τεχνολογικού συστήματος ή/και (β) εκφράζουν προ-ενεργειακές αντιλήψεις, κύριο χαρακτηριστικό των οποίων είναι ο ασαφής χαρακτήρας της ενδιάμεσης δράσης μεταξύ πομπού και δέκτη της δράσης.

Μετά τη διδακτική παρέμβαση, ορισμένες απαντήσεις των μαθητών βελτιώθηκαν καθώς χρησιμοποιούν είτε ενδιάμεση είτε επαρκή εξήγηση. Στην ερώτηση 5, η πλειονότητα των μαθητών εξακολουθεί να δίνει ανεπαρκείς απαντήσεις, ενώ λιγότεροι μαθητές δίνουν ενδιάμεσες απαντήσεις (7/21). Παρόλ' αυτά, και αυτό το εύρημα είναι στατιστικά σημαντικό (test Wilcoxon $Z = -2,226$, $p < 0,05$). Χαρακτηριστικό παράδειγμα ενδιάμεσης απάντησης σε αυτήν την ερώτηση είναι αυτό του μαθητή M6 ο οποίος λέει: «Επειδή στην τουρμπίνα υπάρχει κινητική ενέργεια και επειδή αυτή η κινητική ενέργεια μεταφέρεται στη γεννήτρια και από κει μετατρέπεται σε ηλεκτρικό ρεύμα. Αυτό το ηλεκτρικό ρεύμα μεταφέρεται μέσω των καλωδίων και έτσι ανάβουν οι λάμπες». Τα αποτελέσματα αυτά θα ήταν απογοητευτικά, αν δεν υπήρχαν οι απαντήσεις στην ερώτηση 6. Όπως φαίνεται στον Πίνακα 7.5, η πλειονότητα των μαθητών κατασκευάζει επαρκώς τη γραφική αναπαράσταση της ενεργειακής αλυσίδας δίνοντας είτε επαρκείς (10/21), είτε ενδιάμεσες απαντήσεις (7/21). Αυτό το εύρημα είναι στατιστικά σημαντικό (test Wilcoxon $Z = -2,226$, $p < 0,05$). Στο επόμενο παράδειγμα βλέπουμε πως ο ίδιος μαθητής (M16) μετακινείται σε μια επαρκή απάντηση αιτιολογώντας τη σωστή σειρά [καυστήρας, θερμότητα, λέβητας, κίνηση, τουρμπίνα, κίνηση, γεννήτρια, ηλεκτρισμός, λάμπα, φως/θερμότητα, περιβάλλον] με την οποία έχει τοποθετήσει τις κάρτες των εξαρτημάτων και τα βέλη (μορφές μεταφερόμενης ενέργειας): «Πρώτα, έβαλα τον καυστήρα, ο οποίος είναι μια αποθήκη ενέργειας, όλες οι αλυσίδες αρχίζουν με αποθήκη ενέργειας, μετά, όταν καίγεται η καύσιμη ύλη, μεταφέρεται η θερμότητα, πάει στον λέβητα, τον έχω σχεδιάσει με τρίγωνο γιατί είναι μετατροπέας ενέργειας, ο λέβητας μετατρέπει τη θερμότητα σε κίνηση, μετά πάει στην τουρμπίνα η οποία κινείται και παράγει και άλλη κίνηση, μετά η κίνηση οδηγείται στη γεννήτρια η οποία μετατρέπει την κίνηση σε ηλεκτρισμό, ο ηλεκτρισμός πάει στη λάμπα και τον μετατρέπει σε φως/θερμότητα που πάει στο περιβάλλον». Με βάση τα προηγούμενα, υποθέτουμε ότι η πλειονότητα των μαθητών είναι σε θέση να οικοδομήσει ένα ποιοτικό ενεργειακό μοντέλο για να εξηγήσει τη λειτουργία του αναπαραστατικού μοντέλου ΑΗΣ, αλλά αυτό φαίνεται να εξωτερικεύεται καλύτερα με αναπαραστατικά μέσα παρά με τη χρήση της φυσικής γλώσσας.

7.5.4 Περιβαλλοντική διάσταση της γνώσης

Οι ερωτήσεις 7 και 8 διερευνούν τις νοητικές παραστάσεις των μαθητών/ριών για την περιβαλλοντική διάσταση της γνώσης.

	Ερώτηση 7 Προέλεγχος	Ερώτηση 8 Προέλεγχος	Ερώτηση 7 Μετέλεγχος	Ερώτηση 8 Μετέλεγχος
Επαρκής	1	-	13	5
Ενδιάμεση	3	1	7	14
Ανεπαρκής	14	20	0	1
Χωρίς απάντηση	3	-	1	1
Σύνολο	21	21	21	21

Πίνακας 7.6: Η επάρκεια των νοητικών παραστάσεων στις ερωτήσεις 7 και 8.

Πριν από τη συμμετοχή τους στη διδασκαλία, όπως φαίνεται στον Πίνακα 7.6, οι περισσότεροι μαθητές έδωσαν ανεπαρκείς απαντήσεις και στις δύο ερωτήσεις καθώς αδυνατούσαν να συνδέσουν το περιβαλλοντικό πρόβλημα με τη δομή και λειτουργία του ΑΗΣ. Χαρακτηριστικά παραδείγματα ανεπαρκών απαντήσεων στην ερώτηση 7 είναι από τον μαθητή Μ6: «Θα πρότεινα να βάλουν ένα φίλτρο στο εργοστάσιο ώστε να μην ρυπαίνουν τόσο πολύ το περιβάλλον» και από τον μαθητή Μ14: «Να μην υπήρχε το σωληνάκι που βγάζει τον καπνό στο περιβάλλον». Αντίστοιχα παραδείγματα για την ερώτηση 8 είναι τα εξής: «Για να εξοικονομούμε ρεύμα... δεν θα πληρώνουμε στη ΔΕΗ τόσο πολύ» (Μ1) και «Γιατί προφανώς δεν μας χρειάζεται, αφού είμαστε σε έναν άλλο χώρο» (Μ8).

Η πλειονότητα των μαθητών, μετά τη διδακτική παρέμβαση μετακινείται προς επαρκείς απαντήσεις τόσο στην ερώτηση 7, όσο και στην ερώτηση 8. Το εύρημα αυτό είναι στατιστικά σημαντικό τόσο για την ερώτηση 7 (test Wilcoxon $Z = -3,624$, $p < 0,05$) όσο και για την ερώτηση 8 (test Wilcoxon $Z = -4,065$, $p < 0,05$). Στην ερώτηση 8 οι περισσότεροι μαθητές έχουν μετακινηθεί προς ενδιάμεσες απαντήσεις. Αυτό συμβαίνει διότι στη συγκεκριμένη ερώτηση δεν φαίνεται να συνδέουν τη φιλική προς το περιβάλλον συμπεριφορά (σβήσιμο της λάμπας) με τα δομικά και λειτουργικά χαρακτηριστικά των ΑΗΣ ή τουλάχιστον δεν το αναφέρουν ρητά. Αντιθέτως, στην ερώτηση 7 είναι σε θέση να προτείνουν, ως λύση στο περιβαλλοντικό πρόβλημα, την αλλαγή του τύπου παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας προτείνοντας την αντικατάσταση των ΑΗΣ με ΑΠΕ, κάνοντας ειδικές αναφορές στους ΥΗΣ καθώς και στα πάρκα Α/Γ και Φ/Β. Δύο χαρακτηριστικές επαρκείς απαντήσεις μαθητών είναι οι εξής: Για την ερώτηση 7, ο μαθητής Μ8 λέει: «Θα χρησιμοποιούσαμε περισσότερο το υδροηλεκτρικό εργοστάσιο, επειδή έχει μια ανανεώσιμη ύλη που μπορεί να χρησιμοποιηθεί και άλλες φορές και δεν παράγει τόσους πολλούς ρύπους όσοι παράγει το ατμοηλεκτρικό. Αλλά μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε και τα αιολικά πάρκα, τις ανεμογεννήτριες που παράγουν την ενέργεια με τον αέρα» (Μ8), ενώ για την ερώτηση 8, ο μαθητής Μ1 επισημαίνει: «Όταν οι λάμπες είναι αναμμένες χαλάνε κάποια βατ, τα οποία τα πληρώνουμε, την ενέργεια που καίμε την πληρώνουμε, γι' αυτό εμείς τα κλείνουμε, ώστε να μην χαλάμε την ενέργεια όταν δεν τα χρειαζόμαστε ... Επίσης, για να μην μολύνουμε το περιβάλλον, να μην επιβαρύνουμε το περιβάλλον επειδή για να παράγουν την ενέργεια τα εργοστάσια, θα μολύνουν το περιβάλλον με τα καυσαέρια που βγαίνουν, αν παραχθεί από ατμοηλεκτρικό εργοστάσιο».

7.6 Η εμπειρική έρευνα: Συζήτηση-Συμπεράσματα

Στο παρόν κεφάλαιο παρουσιάστηκε μέρος μιας έρευνας που επεδίωξε να καταδείξει ότι είναι δυνατός ο σχεδιασμός μιας διδακτικής ακολουθίας για μαθητές ηλικίας 11-12 ετών η οποία να έχει ως στόχο την οικοδόμηση εκ μέρους τους της κατανόησης της λειτουργίας σύνθετων τεχνολογικών συστημάτων, όπως τα ΣΠΗΕ. Πιο συγκεκριμένα, έγινε προσπάθεια να καταδειχτεί ότι η διδακτική αυτή ακολουθία (α) βασίζεται σε έναν επιστημολογικά έγκυρο διδακτικό μετασχηματισμό της αντίστοιχης διαθεματικής γνώσης αναφοράς, και (β) οδηγεί τους μαθητές που παρακολούθησαν τη διδασκαλία σε σχετική γνωστική πρόοδο όσον αφορά την οικοδόμηση της επιδιωκόμενης σχολικής γνώσης.

Όσον αφορά τον διδακτικό μετασχηματισμό της γνώσης αναφοράς, δείξαμε ότι η απαιτούμενη γνώση για την περιγραφή και εξήγηση της λειτουργίας διάφορων ΣΠΗΕ είναι πολυδιάστατη, αφού συγκροτείται από τέσσερις τουλάχιστον διαστάσεις (φαινομενολογική, τεχνολογική, επιστημονική, περιβαλλοντική). Τα βασικά χαρακτηριστικά αυτής της προσέγγισης είναι τα εξής:

(α) Η προτεινόμενη διδακτική ακολουθία είναι απολύτως συμβατή με τη σύγχρονη διεθνή τάση σχεδιασμού σχολικών προγραμμάτων STEM. Σε παλαιότερη εκδοχή τους, τέτοιου είδους προγράμματα ήταν γνωστά ως προγράμματα «τεχνοεπιστήμης» (δείτε και το κεφάλαιο 5). Η εκπαιδευτική προσέγγιση για την ενοποιημένη διδασκαλία θεμάτων επιστήμης και τεχνολογίας (τεχνοεπιστήμη), θεωρείται ότι συνδέει τις αφηρημένες επιστημονικές έννοιες τόσο μεταξύ τους όσο και με τον φυσικό κόσμο και διευκολύνει την κατανόησή τους αλλά και το πώς αυτοί εφαρμόζονται, συμβάλλοντας στην οικοδόμηση της επιστημονικής γνώσης (Tala, 2008). Επιπλέον, η διδακτική αυτή ακολουθία συμβαδίζει με μια αναδυόμενη προσέγγιση στο επίπεδο της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης, σύμφωνα με την οποία η διδασκαλία της έννοιας της ενέργειας καθίσταται περισσότερο αποτελεσματική όταν δίνεται έμφαση στα τεχνολογικά χαρακτηριστικά των ενεργειακών συστημάτων που αποτελούν το φαινομενολογικό πεδίο της έννοιας (Wendell, 2014).

(β) Η διδακτική ακολουθία συνδέεται άμεσα με τη συστημική προσέγγιση της επιστημονικής και τεχνολογικής γνώσης. Τόσο το φαινομενολογικό πεδίο των ΣΠΗΕ, το οποίο περιλαμβάνει μεγάλης κλίμακας σύνθετα τεχνολογικά συστήματα, όσο και η ίδια η έννοια της ενέργειας απαιτούν μια συστημική προσέγγιση του γνωστικού αντικείμενου, ειδικά όταν αυτή η γνώση απευθύνεται σε μικρά παιδιά τα οποία μούνται στη λειτουργία αυτών των συστημάτων. Η γνώση αυτή μπορεί να μετασχηματιστεί, ίσως ευκολότερα, σε αναλυτική γνώση όταν συσχετιστεί με την εξειδικευμένη γνώση που απαιτείται στις μεγαλύτερες εκπαιδευτικές βαθμίδες. Οι Domenech et al., (2007) αναδεικνύουν στο εμβληματικό άρθρο τους “Teaching of energy issues: A debate proposal for a global reorientation” τη συστημική φύση της έννοιας της ενέργειας, ενώ οι Lacy, Tobin, Wisner & Crissman (2014) εισάγουν τον όρο *energy lens* για να περιγράψουν ένα αναλυτικό εργαλείο για τη διδασκαλία της ενέργειας στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση (grades 3-5) τονίζοντας ότι η σε βάθος κατανόηση της έννοιας απαιτεί, συχνά, συστημική σκέψη.

(γ) Κεντρική θέση στην προτεινόμενη διδακτική ακολουθία κατέχει η εισαγωγή του μοντέλου των ενεργειακών αλυσίδων, προκειμένου να διευκολυνθεί η σύνδεση μεταξύ του φαινομενολογικού και του αντίστοιχου θεωρητικού επιπέδου της γνώσης (Tiberghien, 1994; Tiberghien, 1996; Meli & Koliopoulos, 2019). Η εισαγωγή του μοντέλου των ενεργειακών αλυσίδων ή άλλων σχετικών θερμοδυναμικών μοντέλων που διαθέτουν σχηματικές αναπαραστάσεις ως κατάλληλου εξηγητικού μοντέλου, ιδιαίτερα στις μικρές ηλικίες, έχει επισημανθεί τόσο στο παρελθόν όσο και πρόσφατα (Tiberghien & Megalakaki, 1995; Papadouris & Constantinou, 2016; Scherr et al., 2016; Boyer & Givry, 2018; Delegkos & Koliopoulos, 2020; Kubsch et al., 2020). Βασικό στοιχείο των μοντέλων αυτών είναι η συμβατότητά τους με τον γραμμικό αιτιακό συλλογισμό, έναν συνήθη τρόπο σκέψης τόσο των ενηλίκων όσο και των παιδιών της ηλικίας που μας ενδιαφέρει (Tiberghien, 2004).

(δ) Οι διδακτικές δραστηριότητες έχουν σχεδιαστεί με βάση τη λεγόμενη *διερευνητική* (inquiry-based) προσέγγιση της διδασκαλίας (Minner, Levy & Century, 2010; Harlen, 2013). Στην περίπτωση της προτεινόμενης διδακτικής ακολουθίας η προσέγγιση αυτή παίρνει τη μορφή αλληλεπίδρασης των μαθητών με δραστηριότητες-προβλήματα που στόχο έχουν να τους οδηγήσουν να συνδυάσουν τη φαινομενολογική διάσταση της γνώσης (πραγματικά ΣΠΗΕ, στατικά ή λειτουργικά μοντέλα ΣΠΗΕ) με τις άλλες τρεις διαστάσεις: την τεχνολογική (βασικά εξαρτήματα του κάθε ΣΠΗΕ και λειτουργία τους), την επιστημονική (ποιοτικό ενεργειακό μοντέλο) και περιβαλλοντική (συσχέτιση της λειτουργίας ενός ΣΠΗΕ με τη ρύπανση του περιβάλλοντος). Μέσω των δραστηριοτήτων αυτών οι μαθητές καλούνται να αλληλεπιδράσουν με υλικά ή εννοιολογικά μοντέλα (Tala, 2008; Eilam & Gilbert, 2014).

Το επιστημολογικό περιεχόμενο της προτεινόμενης σχολικής γνώσης οφείλει, όμως, να είναι συμβατό με τα εξηγητικά σχήματα που αναπτύσσουν τα παιδιά όταν αντιμετωπίζουν ζητήματα ερμηνείας φυσικών φαινομένων ή λειτουργίας τεχνολογικών συστημάτων. Έτσι, ως προς τη γνωστική πρόοδο που παρουσίασαν οι μαθητές που αποτέλεσαν το δείγμα της εμπειρικής μας έρευνας, με βάση την ανάλυση των δεδομένων που λάβαμε από το μέρος της συνέντευξης προελέγχου και μετελέγχου, που παρουσιάστηκε στο παρόν κεφάλαιο, μπορούμε να ισχυριστούμε τα εξής:

(α) Τα δεδομένα του Πίνακα 7.3 επιβεβαιώνουν τα αντίστοιχα αποτελέσματα της έρευνας της Qualter (1995) η οποία αναφέρει ότι παιδιά ηλικίας 11-12 ετών δεν γνωρίζουν τον όρο «Σταθμός Παραγωγής Ενέργειας» και δεν γνωρίζουν τα φαινομενολογικά χαρακτηριστικά ενός ΑΗΣ. Μετά την παρακολούθηση της διδασκαλίας, η πλειονότητα των μαθητών φαίνεται ότι αναγνωρίζει τουλάχιστον ένα αναπαραστατικό μοντέλο του ΑΗΣ ως

ένα λειτουργικό τεχνολογικό σύστημα που σχετίζεται με τη μεταφορά της ενέργειας. Το συμπέρασμα αυτό προκύπτει τόσο από τα δεδομένα του Πίνακα 7.3 όσο και από συμπληρωματικά δεδομένα που ελήφθησαν κατά τη διάρκεια της διδακτικής παρέμβασης και τα οποία δεν αποτελούν αντικείμενο πραγμάτευσης στο παρόν κεφάλαιο. Η πρόοδος αυτή αποδίδεται στη συνεχή αλληλεπίδραση των μαθητών με τα διάφορα στατικά ή δυναμικά μοντέλα ΣΠΗΕ (διδακτικές ενότητες 1-10), καθώς και στην εμπειρία της επίσκεψης σε ΥΗΣ (διδακτική ενότητα 11) όπου διαπιστώθηκε ότι οι μαθητές μπορούσαν να αναγνωρίσουν εύκολα τους χώρους και τον βασικό τεχνολογικό εξοπλισμό του σταθμού (Σισσαμπέρη, 2015).

(β) Από τα δεδομένα του Πίνακα 7.4 προκύπτει ότι μετά τη διδασκαλία η πλειονότητα των μαθητών αντιλαμβάνονται ένα στατικό μοντέλο ΑΗΣ ως ενιαίο σύστημα του οποίου τα μέρη αλληλεπιδρούν μεταξύ τους. Επιβεβαιώνονται, δηλαδή, τα πορίσματα άλλων μελετών, σύμφωνα με τα οποία μαθητές αυτής της ηλικίας είναι σε θέση να προσεγγίσουν σύνθετα τεχνολογικά συστήματα χρησιμοποιώντας τις αναπτυγμένες συστημικές τους ικανότητες (Evagorou, Korfiatis, Nicolaou & Constantinou, 2009; Lippard, Lamm, Tank & Choi, 2019). Το εύρημα αυτό επιβεβαιώνει, επίσης, τα ευρήματα της έρευνας του Malandrakis (2007). Επίσης, όπως φαίνεται και από τα ποιοτικά δεδομένα που συλλέξαμε, το πλέον ενδιαφέρον εύρημα της έρευνάς μας είναι ότι οι μαθητές έχουν ανάγκη να αναγνωρίζουν τα διάφορα εξαρτήματα του μοντέλου αναπαράστασης του ΑΗΣ χρησιμοποιώντας την *ενεργειακή γλώσσα*. Το ποιοτικό ενεργειακό μοντέλο των ενεργειακών αλυσίδων, δηλαδή, δεν λειτουργεί μόνο ως κατάλληλο αυτόνομο εξηγητικό μοντέλο για τη λειτουργία των ΣΠΗΕ, αλλά προσδίδει και νόημα στην αναγνώριση των τεχνολογικών εξαρτημάτων τους ως ενιαίου λειτουργικού συστήματος. Σε αυτό φαίνεται να συμβάλλει και ο ιδιαίτερος σχεδιασμός της διδακτικής ακολουθίας σύμφωνα με τον οποίο η εισαγωγή κάθε φορά τεχνολογικών στοιχείων ΣΠΗΕ ακολουθείται από την ενεργειακή εξήγηση του συστήματος (π.χ. διδακτικές ενότητες 2 και 3, διδακτικές ενότητες 5 και 6).

(γ) Σε σχέση με την επιστημονική διάσταση της σχολικής γνώσης, φαίνεται από τον Πίνακα 7.5 ότι αρκετοί μαθητές μετακινούνται από ανεπαρκείς απαντήσεις σε ενδιάμεσες και επαρκείς απαντήσεις, ανάλογα με τη φύση του ερωτήματος. Αρκετοί από αυτούς που μετακινούνται προς επαρκείς αναπαραστάσεις του μοντέλου των ενεργειακών αλυσίδων διαθέτουν ήδη προ-ενεργειακές νοητικές παραστάσεις πριν τη διδακτική διαδικασία (Lemeignan & Weil-Barais, 1994; Koliopoulos & Ravanis, 2001). Η μελέτη μας έδειξε ότι τέτοιες αναπαραστάσεις (που συνήθως παρατηρούνται όταν μαθητές καλούνται να εξηγήσουν τη λειτουργία απλών τεχνολογικών συσκευών) είναι δυνατόν να αναπαραχθούν ή να εξελιχθούν και στις περιπτώσεις σύνθετων τεχνολογικών συστημάτων όπως τα μοντέλα ΣΠΗΕ. Αυτά τα πρωτότυπα ερευνητικά ευρήματα δείχνουν ότι είναι δυνατό να υπάρξει υπέρβαση των δυσκολιών των μαθητών που εντοπίζονται στην εργασία της Solomon (1985) σύμφωνα με την οποία μαθητές αυτής της ηλικίας αδυνατούν να κατανοήσουν την έννοια ενέργεια όταν μελετούν πολύπλοκα συστήματα, όπως είναι τα ΣΠΗΕ. Η προσέγγιση από τους μαθητές μιας ποιοτικής μορφής επιστημονικής γνώσης για την ενέργεια σε περιβάλλον ενός σύνθετου τεχνολογικού συστήματος, έχει επιβεβαιωθεί και από άλλους ερευνητές. Οι Dalara, Vagena, Sissamperi & Koliopoulos (2019) έχουν ήδη διαπιστώσει ότι μαθητές 11-12 ετών μπορούν να εφαρμόσουν το μοντέλο της ενεργειακής αλυσίδας για να εξηγήσουν με ποιοτικούς όρους τη λειτουργία ενός τρισδιάστατου μοντέλου που αναπαριστά έναν ΥΗΣ, μετά από τη συμμετοχή τους σε μια σύντομη διδακτική παρέμβαση στο πλαίσιο ενός προγράμματος μη τυπικής εκπαίδευσης. Άλλοι ερευνητές έδειξαν, επίσης, ότι μαθητές ηλικίας 12-13 ετών είναι σε θέση να παρουσιάσουν γνωστική πρόοδο οικοδομώντας μια ημι-ποσοτική ενεργειακή εξήγηση της λειτουργίας του σύνθετου τεχνολογικού συστήματος του αυτοκινήτου (Stavropoulos & Koliopoulos, 2019; Σταυρόπουλος, Λαβίδας & Κολιόπουλος, 2019). Ένα ακόμη εύρημα αυτής της έρευνας είναι η διαπίστωση ότι η επαρκής ενεργειακή προσέγγιση των ΣΠΗΕ διαπιστώθηκε όχι τόσο σε ερωτήσεις που απαιτούν απαντήσεις με τη χρήση της φυσικής γλώσσας, αλλά σε ερωτήσεις που απαιτούν η εξήγηση να δοθεί μέσω εικονικών αναπαραστάσεων. Για παράδειγμα, η μεγάλη διαφορά που παρατηρήθηκε στην επίδοση των μαθητών στις ερωτήσεις 5 και 6 (Πίνακας 7.5) μπορεί, κατά τη γνώμη μας, να αποδοθεί στα πτωχά προφορικά ή γραπτά γλωσσικά εργαλεία που διαθέτουν οι μαθητές αυτής της ηλικίας. Αντιθέτως, η χρήση μιας αναπαραστατικής γλώσσας για την ενέργεια, όπως είναι η γλώσσα των ενεργειακών αλυσίδων, αποτελεί ενδεχομένως ένα καλύτερο σημειωτικό περιβάλλον για να διατυπώσουν την οικοδομηθείσα γνώση (Pandidos & Givry, 2021).

(δ) Σύμφωνα με τον Πίνακα 7.6, η πλειονότητα των μαθητών πριν από τη διδακτική παρέμβαση αδυνατεί να συσχετίσει την ατμοσφαιρική ρύπανση με τη λειτουργία των ΣΠΗΕ. Τα ευρήματα αυτά συμφωνούν με άλλες μελέτες που δείχνουν ότι οι μαθητές έχουν παρανοήσεις για ζητήματα που σχετίζονται με την κοινωνική χρήση της ενέργειας (Solomon, 1985; Skamp et al., 2019) αλλά και για τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα χρήσης των διάφορων πηγών παραγωγής ηλεκτρισμού (Bodzin, 2012). Τα αποτελέσματα μετά τη διδασκαλία δείχνουν

μεν μια μετακίνηση των αντιλήψεων των μαθητών προς ενδιάμεσες και επαρκείς απαντήσεις, αλλά ακόμη δεν είναι μεγάλο το ποσοστό των μαθητών που συνδέουν (ή αδυνατούν να εκφράσουν) περιβαλλοντικές απόψεις ή δράσεις με τη λειτουργία των ΣΠΗΕ. Ενδεχομένως το αποτέλεσμα αυτό να οφείλεται στο ότι δεν δόθηκε ιδιαίτερη έμφαση στην περιβαλλοντική διάσταση της γνώσης (διδασκτικές ενότητες 4 και 10). Μπορούμε, επίσης, να υποθέσουμε ότι οι μαθητές οι οποίοι μετακινούνται προς επαρκείς απαντήσεις το κάνουν, κυρίως, επειδή έχουν οικοδομήσει στοιχεία τόσο της τεχνολογικής όσο και της περιβαλλοντικής διάστασης της γνώσης. Η υπόθεση αυτή (δηλαδή το πώς επηρεάζει ο βαθμός *συναγωγής* της οικοδομηθείσας σχολικής γνώσης την επίδοση των μαθητών) χρειάζεται να επιβεβαιωθεί και με τη χρήση περισσότερο εκλεπτυσμένων στατιστικών τεχνικών ανάλυσης των δεδομένων οι οποίες στην παρούσα έρευνα δεν μπορούσαν να εφαρμοστούν εξαιτίας του σχετικά μικρού δείγματος μαθητών.

Κάθε έρευνα εμπεριέχει εν σπέρματι στοιχεία αμφισβήτησής της. Ένα πρόβλημα που παρουσιάζουν εν γένει οι έρευνες εφικτότητας είναι το ότι συνήθως τα βολικά δείγματα που χρησιμοποιούνται για να επιβεβαιώσουν ή διαψεύσουν τις γνωστικές υποθέσεις δεν είναι κατάλληλα για να εξαχθούν γενικά συμπεράσματα για τον αντίστοιχο πληθυσμό. Πρόκειται ουσιαστικά για μελέτες περίπτωσης, οι οποίες όμως έχουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον, διότι αναδεικνύουν αφενός τη φύση και τα χαρακτηριστικά του επιχειρούμενου διδακτικού μετασχηματισμού της γνώσης αναφοράς σε σχολική γνώση και αφετέρου τις *δυνατότητες οικοδόμησης* αυτής της γνώσης και όχι της ευρείας διάδοσής της. Συνεπώς μια συμπληρωματική προς τη συγκεκριμένη έρευνα κατεύθυνση είναι η επέκτασή της σε μια πιο ευρεία βάση, δηλαδή σε περισσότερες πραγματικές τάξεις και σε σχολεία ποικίλων κοινωνικοοικονομικών περιβαλλόντων. Συγχρόνως, μπορεί να επιχειρηθεί η εμβάθυνση της έρευνας προς την κατεύθυνση της κατανόησης του *τρόπου σκέψης* των μαθητών κατά τη διάρκεια της διδασκαλίας. Πώς σκέφτονται τα παιδιά κατά τη διάρκεια των συγκεκριμένων δραστηριοτήτων; Ποιες αλληλεπιδράσεις εκπαιδευτικού και παιδιών ή παιδιών μεταξύ τους συμβάλλουν στην τροποποίηση της σκέψης των παιδιών; Τέτοια ερωτήματα αντιμετωπίζονται μόνο με ποιοτικές μεθόδους έρευνας, όπως η παρατήρηση τάξης, και θα συνέβαλλαν στην ερμηνεία των αποτελεσμάτων της παρούσας έρευνας.

Βιβλιογραφικές αναφορές

- Αποστολάκης, Ε., Παναγοπούλου, Ε., Σάββας, Σ., Τσαγλιώτης Ν., Πανταζής, Γ., Σωτηρίου, Σ., Τόλιος, Β., Τσαγκογέωργα, Α., & Καλκάνης, Γ. (2006). *Φυσικά Στ' Δημοτικού, Ερευνώ και ανακαλύπτω*. Τετράδιο εργασιών. Αθήνα: ΟΕΔΒ.
- Arsac, G., Chevallard, Y., Martinand, A., & Tiberghien, A. (1994). *La transposition didactique à l'épreuve*. Lyon: La Pensée Sauvage.
- Assaraf, O.B.Z., & Orion, N. (2010). System thinking skills at the elementary school level. *Journal of Research in Science Teaching*, 47(5), 540–563.
- Astolfi, J.P. (1993). Trois paradigmes pour la recherche en didactique. *Revue Française de Pédagogie*, 103, 5-18.
- Besson, U., & de Ambrosis, A. (2014). Teaching energy concepts by working on themes of cultural and environmental value. *Science & Education*, 23(6), 1309-1338.
- Bodzin, A. (2012). Investigating urban eighth-grade students' knowledge of energy resources. *International Journal of Science Education*, 34(8), 1255-1275.
- Boilevin, J-M. (2005). Enseigner la physique par situation problème ou par problème ouvert. *ASTER*, 40, 13-37.
- Boyer, A., & Givry, D. (2018). Développement d'un modèle de chaîne énergétique pour aider les élèves à adopter une vision globale de l'énergie dès l'école primaire. *Review of Science, Mathematics and ICT Education*, 12(1), 41-60.
- Cohen. L., Manion, L., & Morrison, K. (2007). *Research methods in education*. Routledge.
- Dalapa, A., Vayena, B., Sissamperi, N., & Koliopoulos, D. (2019). Using a hydraulics bench to investigate 6th grade students' energy conceptions. *Educational Journal of the University of Patras UNESCO Chair*, 6(1), 225-231.
- Delegkos, N., & Koliopoulos, D. (2020). Constructing the 'energy' concept and its social use by students of primary education in Greece. *Research in Science Education*. 50(2), 393-418.
- Domenech, L.J., Gil-Perez, D., Gras-Marti, A., Guisasaola, J., Martinez-Torregrosa, J., Salivas, J., Trumper, R., Valdes, P., & Vilches, A. (2007). Teaching of energy issues: A debate proposal for a global reorientation, *Science & Education*, 16(1), 43-64.
- Eilam, B., & Gilbert, J. (2014). The significance of visual representations in the teaching of science. In B. Eilam & J. Gilbert (Eds.), *Science teachers' use of visual representations*. Springer, 3-28.
- Evagorou, M., Korfiatis, K., Nicolaou, C., & Constantinou, C. (2009). An investigation of the potential of interactive simulations for developing system thinking skills in elementary school: A case study with fifth graders and sixth graders. *International Journal of Science Education*, 31(5), 655 -674.
- Frank, M. (2000). Engineering systems thinking and systems thinking. *Systems Engineering*, 3(3), 163-168.
- Harlen, W. (2013). Inquiry-based learning in science and mathematics. *Review of Science, Mathematics and ICT Education*, 7(2), 9-33.
- Harrison, A., & Treagust, D. (2000). A typology of school science models. *International Journal of Science Education*, 22(9), 1011-1026.
- Hmelo-Silver, C., & Azevedo, R. (2006). Understanding complex systems: Some core challenges. *Journal of the Learning Sciences*, 15(1), 53–61.
- Jacobson, M., & Wilensky, U. (2006). Complex systems in education: Scientific and educational importance and implications for the learning Sciences. *The Journal of the Learning Sciences*, 15(1), 11–34.
- Jewett, W. J. (2008). Energy and the confused student II: Systems. *The Physics Teacher*, 46, 81-86.
- Johnson, B., & Cincera, J. (2019). Development of the ecological concepts of energy flow and materials cycling in middle school students participating in earth education programs. *Studies in Educational Evaluation*, 63, 94-101.
- Κολιόπουλος, Δ. (2006). *Θέματα Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών. Η συγκρότηση της σχολικής γνώσης*. Αθήνα: Μεταίχμιο.
- Κολιόπουλος, Δ., & Αργυροπούλου, Μ. (2010). Η διδασκαλία της ενέργειας στην α' δημοτικού. *Διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών. Έρευνα και Πράξη*, 34-35, 19-39.
- Κολιόπουλος, Δ., & Μέλη, Κ. (2022). *Η διδασκαλία της ενέργειας. Επιστημολογικές και διδακτικές διαστάσεις*. Θεσσαλονίκη: University Studio Press.

- Koliopoulos, D., & Ravanis, K. (2001). Didactic implications from students' ideas about energy: an approach to mechanical, thermal and electrical phenomena. *Themes in Education*, 2(2-3), 161-173.
- Koliopoulos, D., & Constantinou, C. (2005). The pendulum as presented in school science text-books of Greece and Cyprus. *Science & Education*, 14(1), 59-73.
- Koliopoulos, D., Aduriz-Bravo, A., & Ravanis, K. (2012). El «análisis del contenido conceptual» de los currículos y programas de ciencias: una posible herramienta de mediación entre la didáctica y la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 29(3), 315-324.
- Kubsch, M., Nordine, J., Fortus, D., Krajcik, J., & Neumann, K. (2020). Supporting students in using energy ideas to interpret phenomena: The role of an energy representation. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 18(8), 1635-1654
- Lacy, S., Tobin, R., Wisner, M., & Crissman, S. (2014). Looking through the energy lens: A proposed learning progression for energy in grades 3-5. In B. Chen, A. Eisenkraft, D. Fortus, J. Krajcik, K. Neumann, J. Nordine, & A. Scheff (Eds.), *Teaching and learning of energy in K - 12 Education*. New York: Springer, 241-265.
- Lemeignan, G., & Weil-Barais, A. (1994). A developmental approach to cognitive change in mechanics. *International Journal of Science Education*, 16(1), 99-120.
- Lijnse, P. (1995). "Developmental research" as a way to an empirically based "didactical structure" of science. *Science Education*, 79(2), 189-199.
- Lippard, C., Lamm, M., Tank, K., & Choi, J. (2019). Pre-engineering thinking and the engineering habits of mind in preschool classroom. *Early Childhood Education Journal*, 47(2), 187-198.
- Malandrakis, G. (2007). Children's ideas about commercial electricity generation. *School Science Review*, 327, 45-51.
- Meli, K., & Koliopoulos, D. (2019). Model-based simulation design for the students' conceptual understanding of introductory thermodynamics. *Journal of Physics: Conf. Series* 1287, <http://dx.doi.org/10.1088/1742-6596/1287/1/012054>
- Minner, D., Levy, J. A., & Century, J. (2010). Inquiry-based science instruction. What is it and does it matter? Results from a research synthesis years 1984 to 2002. *Journal of Research in Science Teaching*, 47(4), 474-496.
- Pandidos, P., & Givry, D. (2021). A semiotic approach for the teaching of energy: Linking mechanical work and heat with the world of objects and events. *Review of Science, Mathematics and ICT Education*, 15(2), 5-30.
- Papadouris, N., & Constantinou, C. P. (2016). Investigating middle school students' ability to develop energy as a framework for analyzing simple physical phenomena. *Journal of Research in Science Teaching*, 53(1), 119-145.
- Qualter, A. (1995). A source of power: Young children's understanding of where electricity comes from. *Research in Science & Technological Education*, 13(2), 177-186.
- Ραβάνης, Κ. (2016). *Εισαγωγή στη Διδακτική και στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών*. Αθήνα: Εκδόσεις Νέων Τεχνολογιών.
- Σισσαμπέρη, Ν. (2015). *Επιστημολογικές και διδακτικές διαστάσεις της διδασκαλίας των μεγάλης κλίμακας Συστημάτων Παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση*. Διδακτορική διατριβή. ΤΕΕΑΠΗ Παν/μίου Πατρών.
- Σταυρόπουλος, Β., Λαβίδα, Κ., & Κολιόπουλος, Δ. (2019). Η οικοδόμηση ενεργειακών εννοιών από μαθητές γυμνασίου για το σύνθετο τεχνολογικό σύστημα του αυτοκινήτου. *Διδασκαλία Φυσικών Επιστημών. Έρευνα και πράξη*, 70-71, 27-51.
- Scherr, R., Harrer, B., Close, H., Daane, A., De Water, L., Robertson, A., Seeley, L., & Vokos, S. (2016). Energy Tracking Diagrams. *The Physics Teacher*, 54, 96-102.
- Sissamperi, N., & Koliopoulos, D. (2015). A didactical approach of large-scale electricity generation systems at the elementary school level. *Educational Journal of the University of Patras UNESCO Chair*, 2(2), 14-24.
- Sissamperi, N., & Koliopoulos, D. (2021). How students of primary school understand large scale energy systems: The case of thermal power plant. *Journal of Technology and Science Education*, 11(1), 129-145.

- Skamp, K., Boyes, E., Stanisstreet, M., Rodriguez, M., Malandrakis, G., Forther, R., Kilinc, A., Taylor, N., Chhokar, K., Dua, S., Amdusaidi, A., Cheong, I., Kim, M., & Yoon, H.G. (2019). Renewable and nuclear energy: An international study of students' beliefs about, and willingness to act, in relation to two energy production scenarios. *Research in Science Education*, 49(2), 295–329.
- Solomon, J. (1985). Learning and evaluation: a study of school children's views on the social uses of energy. *Social Studies of Science*, 15(2), 343-371.
- Stavropoulos, V., & Koliopoulos, D. (2019). Teaching energy concepts in complex technological systems: The case of the car. *Educational Journal of the University of Patras UNESCO Chair*, 6(1), 308-314.
- Tala, S. (2008). Unified view of science and technology for education: Technoscience and technoscience education. *Science & Education*, 18(3), 275-298.
- Tiberghien, A. (1994). Modeling as basis for analyzing teaching-learning situations. *Learning and Instruction*, 4(1), 71–87.
- Tiberghien, A. (1996). Construction of prototypical situations in teaching the concept of energy. In G. Welford, J. Osborne & P. Scott (Eds.), *Research in science education in Europe. Current issues and themes*. London: The Falmer Press, 100-114.
- Tiberghien, A. (1997). Learning and teaching: Differentiation and relation. *Research in Science Education*, 27(3), 359-382.
- Tiberghien, A. (2004). Causalité dans l'apprentissage des sciences. *Intellectica*, 38, 69-102.
- Tiberghien, A., & Megalakaki, O. (1995). Characterization of a modeling activity for a first qualitative approach to the concept of energy. *European Journal of Psychology of Education*, 10(4), 369-383.
- Tiberghien, A., Vince, J., & Gaidioz, P. (2009). Design-based Research: Case of a teaching sequence on mechanics. *International Journal of Science Education*, 31(17), 2275–2314.
- Tobin, R., Lacy, S., Crissman, S., & Haddad, N. (2018). Model-based reasoning about energy: A fourth-grade case study. *Journal of Research in Science Teaching*, 55(8), 1134–1161.
- Van Huis, C., & Van der Berg, E. (1993). Teaching energy: A systems approach. *Physics Education*, 28, 146-153.
- Vince, J., & Tiberghien, A. (2012). Enseigner l'énergie en physique à partir de la question sociale du défi énergétique. *Review of Science, Mathematics and ICT Education*, 6(1), 89-124.
- Wendell, K. (2014). Opportunities for reasoning about energy within elementary school engineering experiences. In B. Chen, A. Eisenkraft, D. Fortus, J. Krajcik, K. Neumann, J. Nordine, & A. Scheff (Eds), *Teaching and learning of energy in K – 12 Education* New York: Springer, 267-283.

Δραστηριότητες

1. Αναζητήστε πρόσφατες βιβλιογραφικές αναφορές σχετικές με τη διδασκαλία συστημάτων παραγωγής ενέργειας εκτός των ΑΗΣ. Γράψτε μια αναφορά σχετική με τη βιβλιογραφική σας αναζήτηση και σχολιάστε τα ευρήματά σας υπό το πρίσμα των τεσσάρων διαστάσεων της σχολικής γνώσης, όπως αυτές περιγράφονται στην ενότητα 7.2.
2. Λαμβάνοντας υπόψη τις τέσσερις διαστάσεις της γνώσης για τη διδασκαλία των ΣΠΗΕ σχεδιάστε μια σειρά 3-4 δραστηριοτήτων διδασκαλίας για την πρωτοβάθμια εκπαίδευση με αντικείμενο τη διδασκαλία της λειτουργίας μιας Α/Γ (ή πάρκου Α/Γ) ή ενός Φ/Β πάνελ (πάρκου Φ/Β). Αναφερθείτε στους διδακτικούς στόχους που θα θέσετε, το εκπαιδευτικό υλικό που θα χρησιμοποιήσετε και την αλληλουχία των δραστηριοτήτων που θα ακολουθήσετε αιτιολογώντας τις επιλογές σας.

**ΜΕΡΟΣ Γ:
ΜΗ ΤΥΠΙΚΕΣ ΜΟΡΦΕΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ ΣΤΙΣ ΦΥΣΙΚΕΣ
ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ**

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8

Η διάδοση και διδασκαλία των φυσικών επιστημών ως αφήγηση

Δημήτρης Κολιόπουλος

*Η αφήγηση αποτελεί τη διαδικασία προαγωγής της επιστήμης.
Jerome Bruner*

Σύνοψη

Η αναγκαιότητα διάδοσης της επιστήμης με αφηγηματικό τρόπο αφορά μόνο τον χώρο της δημόσιας κατανόησης της επιστήμης και τις άτυπες ή μη τυπικές μορφές εκπαίδευσης. Τα τελευταία χρόνια αναπτύσσεται, τόσο στο επίπεδο της παιδαγωγικής έρευνας όσο και στο επίπεδο της εκπαιδευτικής πράξης σε τυπικό περιβάλλον, ένας προβληματισμός για τη συστηματική εισαγωγή της αφηγηματικής μεθόδου στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών. Στο παρόν κεφάλαιο θα επιχειρηματολογήσουμε, καταρχάς, υπέρ αυτής της ιδέας συζητώντας ορισμένα θεωρητικά πλαίσια εντός των οποίων είναι δυνατόν να τεθεί το ζήτημα της διάδοσης και διδασκαλίας των φυσικών επιστημών ως αφήγησης. Στη συνέχεια, θα πραγματοποιήσουμε αυτή την ιδέα στο πλαίσιο της εισαγωγής στοιχείων της Ιστορίας των φυσικών επιστημών στη διδασκαλία. Τέλος, θα παρουσιάσουμε μια μικρή έρευνα που πραγματοποιήθηκε στον ελληνικό χώρο σχετική με τις απόψεις μαθητών που παρακολούθησαν διδασκαλίες με αφηγηματικό χαρακτήρα.

Προαπαιτούμενη γνώση

Κολιόπουλος, Δ. (2006). *Θέματα Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών. Η συγκρότηση της σχολικής γνώσης*. Αθήνα: Μεταίχμιο.

Κολιόπουλος, Δ. (2017). *Η διδακτική προσέγγιση του μουσείου φυσικών επιστημών*. Αθήνα: Μεταίχμιο.

8.1 Εισαγωγή

Σε μια συζήτηση με τίτλο «Η επιστήμη και το κοινό» που διοργανώθηκε από το μουσείο φυσικών επιστημών Palais de la Découverte (Revue du Palais de la Découverte, 1994), ο ακαδημαϊκός Michel Serres, συζητώντας το θέμα της πρόκλησης ενδιαφέροντος για τις φυσικές επιστήμες στο ευρύ κοινό και στους μαθητές, σχολιάζει:

«Για να “προκαλέσουμε την περιέργεια” δεν έχουμε να κάνουμε τίποτε καλύτερο από αυτό που έκανε ο Ιούλιος Βερν. Τι σημαίνει αυτό; Σημαίνει ότι στα έργα του Ιουλίου Βερν υπάρχει ένα συγκεκριμένο επιστημονικό περιεχόμενο: αστρονομία, ιδιότητες των υλικών, φυσική ή φυσική ιστορία όπου η πληροφορία παρουσιάζεται με τη μορφή αφήγησης. ... Από τη στιγμή που υπάρχει αφήγηση η οποία περιλαμβάνει [επιστημονική] γνώση, ή αντίθετα από τη στιγμή που υπάρχει [επιστημονική] γνώση η οποία παρουσιάζεται με τη μορφή αφήγησης, τότε αυξάνεται το ενδιαφέρον. Για να μάθουμε για τις γεωλογικές στρώσεις, χρειάζεται να κάνουμε ένα ταξίδι στο κέντρο της γης! Αν θελήσετε να διδάξετε ανθρώπους άνω των τριάντα για τις γεωλογικές στρώσεις, αυτό δεν θα τους ενδιαφέρει καθόλου. Αν, όμως, τους διηγηθείτε μια ιστορία για κάποιον που βρήκε ένα παλιό χειρόγραφο που χρειάζεται να αποκωδικοποιηθεί και έτσι οδηγείται στο να εισχωρήσει σ’ ένα ηφαίστειο, τότε όλοι θα παρακολουθήσουν την ιστορία. Πρόκειται για το interface για το οποίο μιλάω. Το ιδιοφυές είναι να βρεθεί το κατάλληλο interface που θα επιτρέψει αφενός την εισαγωγή σε κάποιο θεματικό πεδίο φυσικών επιστημών και αφετέρου θα δημιουργήσει συνθήκες ενός μόνιμου ενδιαφέροντος μέσα από μια συναρπαστική αφήγηση ...» (σελ. 34).

Η μέθοδος της αφήγησης που περιγράφει ο Serres είναι αυτή που χρησιμοποιεί ο ειδικευμένος δημοσιογράφος σε ένα άρθρο ή μια τηλεοπτική εκπομπή επιστημονικής εκλαΐκευσης αλλά και το ειδικευμένο προσωπικό μουσείων φυσικών επιστημών κατά τη διάρκεια της λειτουργίας εκπαιδευτικών προγραμμάτων που προσφέρουν. Μια άλλη όψη της αφήγησης της επιστημονικής γνώσης είναι το θέαμα το οποίο αποτελεί χαρα-

κτηριστική μέθοδο προσέγγισης του κοινού ενός μουσείου, π.χ. μέσω των εντυπωσιακών πειραματικών επιδείξεων ή των εντυπωσιακών εκθεμάτων (Κολιόπουλος, 2017). Το θέατρο, και γενικότερα η δραματοποίηση της επιστήμης, είναι μια μορφή θεάματος που μπορεί να συνεισφέρει στη διάδοση της επιστημονικής γνώσης. Ο Raichvarg (1993) ισχυρίζεται ότι η διάδοση των φυσικών επιστημών με τη μορφή θεατρικών έργων είναι δυνατή, επειδή, εκτός των άλλων, η ίδια η επιστήμη φέρει στοιχεία *θεατρικότητας*. Εκτός του ότι μπορεί να προκαλέσει τη φαντασία και την επιθυμία της γνώσης για τις φυσικές επιστήμες, μπορεί να δημιουργήσει την επιθυμία για τη γνώση της ίδιας της επιστημονικής ζωής και των προσώπων που τη βιώνουν και, ακόμη, να διαμορφώσει το κατάλληλο περιβάλλον για επιστημολογικές αναζητήσεις σχετικά με τις φυσικές επιστήμες. Οι Pantidos, Spathi & Vitoratos (2001) ισχυρίζονται ότι η θεατρική παράσταση μπορεί να συνεισφέρει ακόμα και στον εννοιολογικό τομέα καθιστώντας αφηρημένες έννοιες των φυσικών επιστημών, όπως το νετρίνο, περισσότερο οικείες, αποδεκτές και κατανοητές.

Από τα προηγούμενα φαίνεται ότι η αφηγηματική προσέγγιση της επιστήμης είναι μια σχεδόν αναγκαία διαδικασία στην περίπτωση της διάδοσης της επιστημονικής γνώσης μέσω ενός εκλαϊκευτικού μηχανισμού ο οποίος στοχεύει στη δημόσια κατανόηση της επιστήμης. Ο μηχανισμός της εκλαϊκευσης της επιστήμης κρύβει ασφαλώς παγίδες και κινδύνους, και μάλιστα ορισμένοι ερευνητές διερωτώνται αν είναι δυνατή η εκλαϊκευση της επιστημονικής γνώσης (Jurdant, 2009; Μπαλάς, 1984). Όμως αυτό δεν σημαίνει ότι η *εκλαϊκευτική αφήγηση* είναι βλαπτική ή άχρηστη. Το αντίθετο μάλιστα. Καταρχάς, διότι αναδεικνύει την κοινωνική χρησιμότητα της επιστήμης και την ιδέα ότι η ίδια η επιστήμη μπορεί να είναι προσιτή στον καθένα, ιδιαίτερα σε μια περίοδο όπου το χάσμα ανάμεσα στην παραγωγή και τη δημόσια κατανόηση όλο και περισσότερο βαθιάίνει (Bensaude-Vincent, 2001; Lévy-Leblond, 2004). Αλλά και διότι αποδεικνύεται αποτελεσματικό εννοιολογικό και σημειωτικό εργαλείο στον σχεδιασμό της διάδοσης της επιστημονικής γνώσης, όπως για παράδειγμα στα μουσεία επιστήμης και τεχνολογίας όπου συμβάλλει στην ανάπτυξη μιας ενότητας και στη συγκρότηση ενός ενιαίου όλου για να αποδοθεί νόημα σε ένα σύνολο δεδομένων διασκορπισμένων στον χώρο μιας έκθεσης (Orange-Ravachol & Triquet, 2007).

Συγχρόνως, όμως, έχει επισημανθεί ότι η αφήγηση ιστοριών αποτελεί και παιδαγωγική στρατηγική με στόχο τη διάδοση και διδασκαλία της επιστημονικής γνώσης (narrative-based pedagogy) ακόμη και σε τυπικά εκπαιδευτικά περιβάλλοντα. Για παράδειγμα, στην έκθεση *Beyond 2000, Science Education for the future* η οποία δημοσιεύτηκε στα τέλη της δεκαετίας του '90, προτείνεται η αναδιάρθρωση των αναλυτικών προγραμμάτων φυσικών επιστημών προς την κατεύθυνση της παρουσίασης του περιεχομένου ως συλλογής *εξηγητικών αφηγήσεων* οι οποίες θα αναδείξουν τις βασικές ιδέες που έχουν παραχθεί από την επιστημονική έρευνα και εξηγούν τη φυσική πραγματικότητα, όπως είναι η μικροβιακή θεωρία μολυσματικών ασθενειών, η θεωρία της εξέλιξης των ειδών, η δομή και η εξέλιξη του ηλιακού συστήματος, το μικροσκοπικό μοντέλο των χημικών αντιδράσεων. Η έκθεση προτείνει να δοθεί έμφαση στην αξία της αφήγησης στην *επικοινωνία* των επιστημονικών ιδεών, ώστε αυτές να προσληφθούν ως συνεκτικές και ουσιαστικές ιδέες (Millar & Osborne, 1998). Ο μεγάλος ψυχολόγος Bruner (2007) θεωρεί την αφήγηση ως τη βασική διαδικασία μέσω της οποίας *κατανοεί* κάποιος τον κόσμο. Ο ίδιος, στο πλαίσιο της αντιθετικιστικής του πρότασης για τη διδασκαλία των φυσικών επιστημών προτείνει την αφήγηση ιστοριών «ως τρόπο σκέψης, ως μια δομή για την οργάνωση των γνώσεών μας και ως όχημα της εκπαιδευτικής διαδικασίας, ιδιαίτερα για τις φυσικές επιστήμες» (σελ. 253) τονίζοντας ότι «στις οδηγίες μας για τη διδασκαλία των φυσικών επιστημών, από την αρχή έως το τέλος, θα πρέπει να δίνουμε προσοχή στις ζωντανές διαδικασίες παραγωγής της επιστήμης, αντί να κάνουμε μόνο μια περιγραφή της “ολοκληρωμένης επιστήμης”, έτσι όπως παρουσιάζεται στα σχολικά βιβλία...» (σελ. 267).

Το κεφάλαιο αυτό αποτελείται από τρεις ενότητες. Στην πρώτη ενότητα θα παρουσιαστούν ορισμένες θεωρητικές αφετηρίες οι οποίες τεκμηριώνουν την επιστημολογική εγκυρότητα, τον παιδαγωγικό/εκπαιδευτικό προσανατολισμό και τις μεθοδολογικές στρατηγικές της αφηγηματικής προσέγγισης στο πεδίο της διάδοσης και διδασκαλίας των φυσικών επιστημών. Ερωτήματα όπως «ποια είναι η λειτουργία της αφήγησης στις φυσικές επιστήμες, στην εκπαίδευση και στη σκέψη των μαθητών;», «γιατί να εισάγουμε την αφήγηση στη διάδοση και τη διδασκαλία των φυσικών επιστημών;» ή «πώς να εισάγουμε την αφήγηση ως εκλαϊκευτική ή διδακτική μέθοδο;» θα απασχολήσουν τη συγκεκριμένη ενότητα. Στη δεύτερη ενότητα, θα συγκεκριμενοποιηθεί η αφηγηματική προσέγγιση και θα συσχετιστεί με την αφήγηση ιστοριών από το πεδίο της Ιστορίας των φυσικών επιστημών. Στην ενότητα αυτή θα γίνει προσπάθεια να απαντηθούν ερωτήματα όπως το «εάν είναι δυνατή η αφήγηση στην περίπτωση της εισαγωγής στοιχείων ιστορίας των φυσικών επιστημών σε τυπικά ή μη τυπικά εκπαιδευτικά περιβάλλοντα και αν ναι, ποιες μορφές μπορεί να λάβει αυτή». Το περιεχόμενο της συγκεκριμένης ενότητας συσχετίζεται άμεσα με αυτό του κεφαλαίου 4. Τέλος, στην τρίτη ενότητα θα παρουσιαστεί μια μικρή

εμπειρική έρευνα στο πλαίσιο της οποίας διερευνώνται οι απόψεις και στάσεις μαθητών της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης που παρακολούθησαν διδασκαλίες οι οποίες συμπεριλάμβαναν ιστορικό αφηγηματικό υλικό.

8.2 Θεωρητικές αναζητήσεις: Ένα puzzle προς επίλυση

Οι θεωρητικές αναζητήσεις για το ζήτημα της αφήγησης στην εκπαίδευση είναι ποικίλες και έχουν διαφορετικές αφετηρίες. Η επιστημολογία, η παιδαγωγική και η διδακτική των φυσικών επιστημών, οι γνωστικές επιστήμες και οι θεωρίες του νοήματος, η επικοινωνία της επιστήμης είναι μερικές από αυτές. Σχεδόν όλες, πάντως, αναφέρουν ή συμφωνούν με τις ιδέες που εξέφρασε μια εμβληματική προσωπικότητα στον χώρο της ψυχολογίας και της εκπαίδευσης (έπαιξε πρωταγωνιστικό ρόλο στην εκπαιδευτική μεταρρύθμιση η οποία έλαβε χώρα στις ΗΠΑ τις δεκαετίες του '60 και '70), ο Jerome Bruner, ο οποίος μεταξύ άλλων ασχολήθηκε ιδιαίτερα με το ζήτημα της αφήγησης ως διαδικασίας απόδοσης νοήματος στην εμπειρία μας και ως τρόπου οργάνωσης της εμπειρίας και των γνώσεών μας και την ενσωμάτωσε σε μια «εποικοδομητική» προοπτική (Bruner, 1997). Στο παρόν κεφάλαιο μας ενδιαφέρει η σκέψη του Bruner για την αφήγηση στην επιστήμη και ιδιαίτερα στις φυσικές επιστήμες και το πώς αυτή είναι δυνατόν να λειτουργήσει στην εκπαίδευση. Κατά τον Bruner (2007), η προσπάθεια για επιστημονική ανάλυση και κατανόηση του φυσικού κόσμου μπορεί μεν να προέρχεται μέσω των μαθηματικών και της λογικής, κάτι που βοηθά τις φυσικές επιστήμες να επιτύχουν συνοχή, σαφήνεια και δυνατότητα ελέγχου μέσω της διατύπωσης διάφορων υποθέσεων, ωστόσο η διαδικασία επινόησης και επεξεργασίας αυτών των υποθέσεων εμπεριέχει και μια αφηγηματική διάσταση, αφού «όπως έχουν επισημάνει όλοι οι ιστορικοί της επιστήμης τα τελευταία εκατό χρόνια, οι επιστήμονες χρησιμοποιούν κάθε είδους βοήθεια, και τις εννοήσεις και τις εξιστορήσεις και τις μεταφορές, για να ενισχύσουν την προσπάθεια που κάνουν για να ταιριάξει το θεωρητικό τους μοντέλο με τη “φύση” (ή για να ταιριάξει η “φύση” στο μοντέλο τους, επαναπροσδιορίζοντας τον ορισμό της “φύσης»)» (σελ. 263). Η σύλληψη μιας κατάλληλης αφήγησης για τη διατύπωση μιας σαφούς επιστημονικής υπόθεσης, όπως για παράδειγμα η ιδέα της συμπληρωματικότητας στη φυσική από τον Niels Bohr είναι η δύσκολη δουλειά. Τα μαθηματικά έρχονται εκ των υστέρων. Πιο συγκεκριμένα, επισημαίνει ότι «η αφήγηση αποτελεί τη διαδικασία προαγωγής της επιστήμης. Συνίσταται στην εξύφανση υποθέσεων για τη φύση, στον έλεγχό τους, στη διόρθωση των υποθέσεων και στην οργάνωση των σκέψεών μας» (σελ. 266-267).

Έχοντας ο Bruner (2007) ισχυριστεί ότι η αφηγηματική προσέγγιση της επιστημονικής γνώσης αποτελεί ενδογενές στοιχείο στη διαδικασία συγκρότησής της και όχι μια εξωτερική διαδικασία που υποβοηθά απλώς στην παραγωγή του τελικού επιστημονικού προϊόντος, έρχεται να προτείνει την *οργανική ένταξη* της στην εκπαίδευση των φυσικών επιστημών. «Θα ήθελα να προτείνω να μετατρέψουμε χαρακτηριστικά τις προσπάθειές μας για επιστημονική κατανόηση σε μορφή αφηγήσεων ή, ας πούμε, σε “ευρετική αφήγηση”. Το “μας” περιλαμβάνει τόσο τους επιστήμονες όσο και τους μαθητές που βρίσκονται στις αίθουσες που διδάσκουμε» (σελ. 264) γράφει ο Bruner υποστηρίζοντας συγχρόνως ότι στην εκπαίδευση το αποκλειστικό ενδιαφέρον για την ίδια τη φύση θα πρέπει να μεταστραφεί στο ενδιαφέρον για τη διερεύνηση της φύσης, για το πώς δηλαδή να κατασκευάζουμε το επιστημονικό μοντέλο που κάθε φορά αναπαριστά την ιδέα μας για τη φύση, να δίνεται δηλαδή η έμφαση στις *ζωντανές διαδικασίες* της επιστήμης αντί να γίνεται μόνο μια περιγραφή του τελικού προϊόντος της επιστήμης, όπως αυτό παρουσιάζεται στα σχολικά εγχειρίδια. Χρησιμοποιώντας μια πιο σύγχρονη γλώσσα θα λέγαμε ότι η ευρετική αφήγηση αφορά εν πολλοίς τη διδασκαλία της φύσης της επιστήμης.

Η μετάβαση από μια διδασκαλία των φυσικών επιστημών ως επιστημονικό προϊόν σε μια διδασκαλία όπου η έμφαση θα δίνεται στη διαδικασία οικοδόμησης της γνώσης απαιτεί, λοιπόν, και τη *μεταστροφή* της λογικο-μαθηματικής προσέγγισης διδασκαλίας σε ή τουλάχιστον τη *σύνδεσή* της με αφηγηματικού χαρακτήρα μεθόδους διδασκαλίας. Η ιδέα αυτή, βέβαια, δεν είναι δυνατόν να μην συμπεριλαμβάνει και το ζήτημα της εννοιολογικής συνιστώσας της επιστημονικής γνώσης και ιδιαίτερα αυτό της *ποιοτικής* της διάστασης. Αν είναι αναγκαίο ή έστω ευκολότερο η αφηγηματική προσέγγιση να συνδεθεί και να αποδώσει νόημα στη μεθοδολογική συνιστώσα της επιστημονικής γνώσης, είναι αυτό δυνατόν να συμβεί με το δίκτυο εννοιών το οποίο συγκροτείται κατά τη διαδικασία οικοδόμησης της γνώσης; Υπάρχει, για παράδειγμα, μια επιστημολογικά έγκυρη «ποιοτική φυσική» κατάλληλη προς διδασκαλία σε τυπικά και μη τυπικά εκπαιδευτικά περιβάλλοντα; Η απάντηση δεν είναι εύκολη. Όπως ήδη αναφέραμε, στα μη τυπικά εκπαιδευτικά περιβάλλοντα ο εκλαϊκευτικός μηχανισμός της διάδοσης της επιστημονικής γνώσης απαιτεί αφηγηματικές τεχνικές που συνεπάγονται την εισαγωγή εννοιών με ποιοτικά χαρακτηριστικά επί ποινή να οδηγηθεί η σκέψη σε μια περιπτωσιολογική κατανόηση ή σε παραδοξολογίες (Μπαλτάς, 1984). Στην τυπική εκπαίδευση το ερώτημα του ποιοτικού χαρακτήρα της εννοιολογικής

διάστασης της επιστημονικής γνώσης δεν είναι δυνατόν να διατυπωθεί και να απαντηθεί παρά στο πλαίσιο ενός προβληματισμού που στον πυρήνα του βρίσκεται ο μηχανισμός του *διδασκτικού μετασχηματισμού* της επιστημονικής γνώσης αναφοράς (Κολιόπουλος, 2006; Ραβάνης, 2016).

Σύμφωνα με τον Antoine (1982), στον όρο «ποιοτική φυσική» μπορούν να αποδοθούν τρεις τουλάχιστον σημασίες: η πρώτη έχει σχέση με τη χρήση μεταφορών και αναλογιών διατυπωμένων στη φυσική, καθημερινή γλώσσα με στόχο την εκλαΐκευση των εννοιολογικών πλαισίων. Η δεύτερη σημασία του όρου περιλαμβάνει το ποιοτικό νόημα βασικών αρχών της επιστημονικής γνώσης, όπως της συμμετρίας ή των αρχών διατήρησης (της ύλης, της ενέργειας κ.λπ.). Πρόκειται όμως για ένα «μετα-ποσοτικό» νόημα, το οποίο γίνεται αντιληπτό από κάποιον ο οποίος γνωρίζει ήδη το μαθηματικό υπόβαθρο αυτών των αρχών. Τέλος, μια τρίτη σημασία του όρου βασίζεται στη χρήση λογικο-μαθηματικών σχέσεων οι οποίες μπορεί να εκφράζονται και με τη φυσική γλώσσα χωρίς τη χρήση μαθηματικών. Αυτό δεν σημαίνει, βέβαια, ότι αποκλείεται η ποσοτική διάσταση των εννοιών, η οποία επιτυγχάνεται μέσω της διαδικασίας της μέτρησης. Αυτού του τύπου η ποιοτική φυσική είναι δυνατόν να εμπλέξει μαθητές και εκπαιδευτικούς όλων των εκπαιδευτικών βαθμίδων (αλλά κυρίως των βαθμίδων της προσχολικής και πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης) σε αυθεντικές επιστημονικές δραστηριότητες όπου μια αφηγηματική στρατηγική καθίσταται σχεδόν αναγκαία. Αυτό είναι δυνατόν να συμβεί, διότι, όπως επισημαίνει ο Bruner (2007) «κάθε γνωστικό πεδίο μπορεί να δομηθεί σε ποικίλα επίπεδα αφαίρεσης ή συνθετότητας. Με άλλα λόγια, τα γνωστικά πεδία κατασκευάζονται, δεν ανακαλύπτονται: μπορούν να κατασκευαστούν απλά ή σύνθετα, αφηρημένα ή συγκεκριμένα» (σελ. 254). Την ίδια ιδέα ασπάζονται και Γάλλοι ερευνητές της Διδακτικής των φυσικών επιστημών (Astolfi & Develay, 1989).

Ο Antoine (1982) αναφέρει ως χαρακτηριστικό παράδειγμα διατύπωσης της επιστημονικής εξήγησης τη διδασκαλία του γνωστού νόμου της ελαστικότητας των σωμάτων, ο οποίος είναι δυνατόν να διατυπωθεί με ποιοτικούς όρους σε διάφορα επίπεδα γενίκευσης, ανάλογα με τον προβληματισμό που τίθεται κάθε φορά. Έτσι, σε μια πρώτη φάση είναι δυνατόν να οικοδομηθεί η κατηγορική έννοια του ελατηρίου, και πιο συγκεκριμένα η έννοια του μαλακού/σκληρού ελατηρίου, μέσω της παρατήρησης διαφορετικών τύπων ελατηρίων. Στο επίπεδο αυτό, η σκληρότητα του ελατηρίου νοείται ως απόλυτη ιδιότητά του να παραμορφώνεται δύσκολα ή εύκολα (διάκριση των ελατηρίων σε δύο τάξεις ισοδυναμίας). Σε μια δεύτερη φάση, η σκληρότητα μπορεί να κατανοηθεί ως η μεγαλύτερη ή μικρότερη δυσκολία η οποία εμφανίζεται κατά την επιμήκυνση του ελατηρίου. Η κατανόηση αυτή μπορεί να προέλθει από την ανάγκη να συγκριθούν διάφορα ελατήρια και να προκύψει μια ταξινόμηση των ελατηρίων από το πιο σκληρό στο λιγότερο σκληρό. Όμως, στην περίπτωση αυτή το κριτήριο ταξινόμησης είναι υποκειμενικό, αφού στηρίζεται κυρίως στη μυϊκή αίσθηση και, συνεπώς, μπορεί να οδηγήσει σε υποκειμενικές ταξινομήσεις. Η εξεύρεση ενός αντικειμενικού κριτηρίου ταξινόμησης είναι δυνατόν να οδηγήσει στην οικοδόμηση ενός ανώτερου επιπέδου διατύπωσης της έννοιας της σκληρότητας. Το νέο αυτό, περισσότερο αφηρημένο, εννοιολογικό επίπεδο χαρακτηρίζεται από τη συσχέτιση της έννοιας της σκληρότητας με την επιμήκυνση του ελατηρίου και την απεμπλοκή της από τα φαινομενολογικά χαρακτηριστικά του αντικειμένου. Βέβαια, το γεγονός ότι στο επίπεδο αυτό απαιτείται η χρήση αριθμητικών τιμών που προέρχονται από τη μέτρηση των επιμηκύνσεων δεν σημαίνει ότι έχει κατακτηθεί η ποσοτική διάσταση της έννοιας. Η έννοια της σκληρότητας δεν έχει αποκτήσει ακόμη τη σημασία μιας λειτουργικής σταθεράς που χαρακτηρίζει το ελατήριο. Για να παραφράσουμε τον Bruner, ένας μαθητής που κατανοεί την έννοια της σκληρότητας ελατηρίου με την παραπάνω σημασία, έχει βρει πολύ καλά τον δρόμο του προς την κατανόηση της σκληρότητας ως φυσικού μεγέθους, δηλαδή ως συντελεστή αναλογίας της σχέσης βάρους-επιμήκυνσης.

Αν, λοιπόν, η εννοιολογική συνιστώσα της επιστημονικής γνώσης είναι δυνατόν να εμφανιστεί με τη μορφή λογικο-μαθηματικών ποιοτικών δομών στη σκέψη των μαθητών, τότε μπορούμε να ισχυριστούμε ότι ο πιο φυσικός και πρώιμος τρόπος για να συμβεί αυτό είναι μάλλον με την ενσωμάτωση στη διδασκαλία αφηγήσεων που στοχεύουν στην εννοιολογική κυρίως εξήγηση, των *εξηγητικών αφηγήσεων* (Norris et al., 2005; Αντααμίδου & Osborne, 2009). Στη βιβλιογραφία έχουν παρουσιαστεί διάφοροι τρόποι εισαγωγής αυτού του τύπου αφήγησης στη διδασκαλία. Ακολουθούν ορισμένες ενδεικτικές αναφορές: οι αφηγήσεις μπορεί να είναι προφορικές ή γραπτές και να περιλαμβάνουν αυθεντικά κείμενα επιστημόνων⁴¹, κατασκευασμένα κείμενα από τον εξειδικευμένο τύπο, εκπαιδευτικούς και ερευνητικούς φορείς ή τους ίδιους τους εκπαιδευτικούς (Stinner et al., 2003; Clough, 2011; Ποτηριάδου & Κολιόπουλος, 2017; Kapsala & Mavrikaki, 2020) ή κείμενα κατα-

⁴¹ Εκτός από κυκλοφορούντα πλήρη ιστορικά κείμενα μπορείτε να δείτε ενδιαφέρουσες ανθολογίες αυθεντικών κειμένων στα Bolles, 2004 και Hawking, 2004.

σκευασμένα από μαθητές (Triquet, 2007). Εκτός από γραπτά, έντυπα ή προφορικά κείμενα η αφήγηση μπορεί να διευρυνθεί και να συμπεριλάβει εικονογράφηση κειμένων και ιστοριών από μαθητές (Κολιόπουλος & Αραπάκη, 2013), δραματοποίηση της διδασκαλίας (Pantidos, Spathi & Vitoratos, 2001; Daane, Wells & Scherr, 2014), καθώς και κατασκευή ή/και επίδειξη επιστημονικών, εκπαιδευτικών ή άλλων ταινιών (Piliouras, Siakas & Seroglou, 2011; Μέλη & Κολιόπουλος, 2016; Σέρογλου, 2017; Λέτση & Σέρογλου, 2017).

Η πλέον διαδεδομένη μορφή εξηγητικής αφήγησης είναι αυτή η οποία περιλαμβάνει αφηγήματα από την Ιστορία των φυσικών επιστημών. Ποιες, όμως, μπορεί να είναι οι *στοχεύσεις* για τη λειτουργία της αφήγησης ειδικά σε αυτή την περίπτωση; Ο Hadzigeorgiou (2016) αναφέρεται σε μια σειρά στοχεύσεων οι οποίες διαφοροποιούν την επιστημονική αφήγηση από την αφήγηση σε άλλα εκπαιδευτικά αντικείμενα. Αναφέρουμε τις, κατά τη γνώμη μας, πλέον ενδιαφέρουσες:

(α) *Η ουμανιστική προσέγγιση των φυσικών επιστημών*. Αυτή η λειτουργία της αφήγησης μπορεί να επιτευχθεί μέσω βιογραφιών μεγάλων επιστημόνων κυρίως του παρελθόντος, οι οποίες εμφανίζουν την ανθρώπινη πλευρά των επιστημόνων στην προσπάθειά τους να επιλύσουν προβλήματα, να υπερβούν κοινωνικές προκαταλήψεις ή να κατανοηθούν ο ρόλος τους και η συμπεριφορά τους στις επιστημονικές διαμάχες, ενώ συγχρόνως, οι μαθητές καλούνται να «μοιραστούν» τα επιτεύγματά τους εμπλεκόμενοι στη λύση προβλημάτων ή άλλων δραστηριοτήτων του παρελθόντος (π.χ. εκτελώντας ιστορικά πειράματα). Ένας άλλος τρόπος για να επιτευχθεί η πραγμάτευση εννοιών των φυσικών επιστημών είναι να εισαχθούν στη διδασκαλία αφηγήσεις που συνδέουν τις επιστημονικές έννοιες με τεχνολογικά επιτεύγματα και κυρίως τη σχέση των απλών ανθρώπων με αυτά τα επιτεύγματα. Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι η διδασκαλία εννοιών της οπτικής μέσω μιας αφήγησης σχετικής με τη μέτρηση της απόστασης Γης-Σελήνης με τη βοήθεια του σεληνιακού ανακλαστήρα (Μέλη & Κολιόπουλος, 2016). Διδασκαλίες οι οποίες στηρίζονται στο θεατρικό έργο του Μπρεχτ *Ο βίος του Γαλιλαίου* είναι ένα άλλο παράδειγμα αυτής της προσέγγισης (Σέρογλου, 2002).

(β) *Η διδασκαλία της φύσης της επιστήμης*. Στη περίπτωση αυτή η Ιστορία της επιστήμης φαίνεται να είναι ο κατάλληλος χώρος για να εφοδιάσει την αφήγηση με διάφορα παραδείγματα τα οποία σχετίζονται με τη φύση της επιστήμης (Κουλαϊδής, Αποστόλου & Καμπούρακης, 2008; McComas, 2020). Ορισμένες εργασίες προς αυτή την κατεύθυνση είναι οι εργασίες των Irwin, 2000, Hadzigeorgiou & Garganourakis, 2010, Paraskevourou & Koliopoulos, 2011 και Clough, 2020.

(γ) *Η εισαγωγή στη διδασκαλία των νοητικών πειραμάτων*. Η λειτουργία της αφήγησης στην περίπτωση αυτή στοχεύει αφενός στην ανάπτυξη της δημιουργικής φαντασίας των μαθητών κι αφετέρου στην κατανόηση της χρήσης των νοητικών πειραμάτων στην επιστήμη. Σύμφωνα με τον Klassen (2006), ο οποίος έχει ασχοληθεί ιδιαίτερα με αυτήν την αφηγηματική λειτουργία στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών, ακόμη και αν ο διδακτικός στόχος σε μια ακολουθία διδακτικών εννοιών είναι η κατανόηση του λογικο-μαθηματικού επιχειρήματος, του νοητικού πειράματος, είναι η αφήγηση, δηλαδή, η συσχέτιση με τον ανθρώπινο παράγοντα, η οποία θα βοηθήσει τους μαθητές να οικοδομήσουν την επιστημονική γνώση. Μια χαρακτηριστική περίπτωση σχετικής εργασίας στον ελληνόφωνο χώρο είναι αυτή των Βελέντζα, Χαλκιά & Σκορδούλη (2009).

Στον παραπάνω κατάλογο αυτό μπορούμε να προσθέσουμε ως στόχευση για τη λειτουργία της αφήγησης την *οικοδόμηση εννοιολογικών δικτύων* από τους μαθητές. Σύμφωνα με τον Martinand (1993) κείμενα από την Ιστορία των φυσικών επιστημών είναι δυνατόν να ιδωθούν «ως ευκαιρίες για ανάγνωση και στοχασμό και δημιουργία συγκρίσεων ή συσχετίσεων» με στόχο «να συγκρίνουν οι μαθητές την πρόοδό τους σε σχέση με τα επιστημολογικά εμπόδια τα οποία υπερπηδήθηκαν στο παρελθόν από τους επιστήμονες» (σ. 96). Προς την κατεύθυνση της ένταξης ιστορικού υλικού στη διδασκαλία με στόχο την εννοιολογική πρόοδο των μαθητών κινείται η εργασία των Monk & Osborne (1997). Οι ερευνητές προτείνουν ένα μοντέλο για τη συμπερίληψη τέτοιου υλικού, που αντιμετωπίζει συγχρόνως τόσο τα *εναλλακτικά πλαίσια εξήγησης* που χρησιμοποιούν οι μαθητές, όσο και το ιστορικό και κοινωνικο-πολιτισμικό πλαίσιο εντός του οποίου οικοδομήθηκαν οι αντίστοιχες επιστημονικές εξηγήσεις. Το κυρίαρχο στοιχείο του προτεινόμενου διδακτικού μοντέλου είναι η αντιπαράθεση ιδεών που προέρχονται από την Ιστορία των φυσικών επιστημών, ιδεών των μαθητών και σύγχρονων αντιλήψεων για κάποια θεματική περιοχή των φυσικών επιστημών. Τελικός στόχος είναι η επίλυση των *γνωστικών συγκρούσεων* που δημιουργούνται από αυτή την αντιπαράθεση στους συλλογισμούς των μαθητών. Ειδικά για μαθητές των τελευταίων τάξεων της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης, μια περίπτωση επιστράτευσης της Ιστορίας των φυσικών επιστημών για την ενότητα του ηλεκτρομαγνητισμού στο ελληνικό αναλυτικό πρόγραμμα παρουσιάζεται στα Κολιόπουλος, Δόσης & Σταμούλης, 2005 και Koliopoulos, Dossis & Stamoulis, 2007. Τα ιστορικά κείμενα που δόθηκαν στους μαθητές δεν περιείχαν επεξηγηματικές πληροφορίες για το επιστημονικό αντικείμενο καθαυτό, αλλά οι μαθητές κλήθηκαν να συμμετάσχουν σε δραστηριότητες επίλυσης προβλημάτων

οι οποίες οικοδομούσαν τη γνώση μέσα σε ένα κοινωνικό πλαίσιο διαμορφωμένο από το ιστορικό κείμενο. Μια πρώτη ανάλυση των διαλόγων ανάμεσα στα παιδιά έδειξε ότι όχι μόνο το ιστορικό υλικό τα κινητοποίησε, αλλά επιπλέον τα βοήθησε να σχηματίσουν προβλέψεις και υποθέσεις. Συγκεκριμένα, ο μηχανισμός της *γνωστικής σύγκρουσης*, που εμπλέκεται στην εποικοδομιστική προσέγγιση της μάθησης, μπορεί να ενεργοποιηθήκε μέσω της αποσταθεροποίησης της ιδέας των μαθητών ότι τα ηλεκτρικά και τα μαγνητικά φαινόμενα δεν συνδέονται.

Ειδικά στην περίπτωση της χρήσης της αφήγησης με στόχο την οικοδόμηση εννοιών φυσικών επιστημών, ένας από τους κινδύνους μη αποτελεσματικής χρήσης αυτής της προσέγγισης είναι το αφηγηματικό στοιχείο να συγκρουστεί, να λειτουργήσει παράλληλα με το λογικο-μαθηματικό στοιχείο ή να μην λειτουργήσει καθόλου. Ένα εξαιρετικό εγχειρίδιο που εμφανίστηκε τη δεκαετία του '80 στο ελληνικό αναλυτικό πρόγραμμα της Φυσικής, η *Φυσική Πολυκλαδικού Λυκείου* (Δαπόντες, Κασσέτας, Μουρίκης & Σκιαθίτης, 1984) η οποία εμπειρείχε αφηγηματικά κείμενα εμπνευσμένα από την Ιστορία της Φυσικής, χρησιμοποιήθηκε στην πράξη από την πλειονότητα των εκπαιδευτικών με την παραδοσιακή εξηγητική/λογικο-μαθηματική προσέγγιση αγνοώντας εντελώς το αφηγηματικό/ερμηνευτικό στοιχείο. Αντιθέτως, στην ενότητα 4.5 του κεφαλαίου 4 σε συνδυασμό με την ενότητα 8.4 του παρόντος κεφαλαίου αναλύεται μια διδακτική παρέμβαση με αφηγηματικά στοιχεία, η οποία συμβάλλει στην οικοδόμηση ενός εννοιολογικού δικτύου το οποίο αναφέρεται στην κίνηση του απλού εκκρεμούς από μαθητές Γυμνασίου, ενώ συγχρόνως φαίνεται ότι αυτοί οι μαθητές όχι μόνο έλκονται από την αφηγηματική στρατηγική που χρησιμοποιήθηκε αλλά τη συνδέουν και με τη γνωστική τους πρόοδο.

Από την άλλη μεριά, πάντοτε υπάρχει ο φόβος η αφήγηση να παραμείνει δέσμια της *άμεσης εμπειρίας* που κατά τον Bachelard (1980) συνιστά εμπόδιο στη διαμόρφωση του επιστημονικού πνεύματος ή να μην υπερβεί ποτέ το *οικείο στοιχείο* από το οποίο, εξάλλου, οφείλει να ξεκινά κατά τον Bruner. Σύμφωνα με τη Viennot (2007), επίσης, η χρήση της φυσικής γλώσσας στα εγχειρίδια φυσικών επιστημών, για να γίνει το κείμενο περισσότερο ελκυστικό στους μαθητές, όπου δίνονται εξηγήσεις των φυσικών φαινομένων με αφηγηματική μορφή, είναι δυνατόν να οδηγεί σε απλουστεύσεις όπου υπονοούνται ιδέες, απουσιάζουν σημαντικά στοιχεία σε μια αλυσίδα εξηγήσεων και, εντέλει, σε μια κατάρρευση της εννοιολογικής δομής του κειμένου. Η ίδια ερευνήτρια επισημαίνει και τους κινδύνους που απορρέουν από την τάση μαθητών, ακόμη και φοιτητών να σκέπτονται και να εκφράζουν τις εξηγήσεις τους με «αφηγηματικό» τρόπο, σαν να αφηγούνται μια ιστορία η οποία εξελίσσεται στον χρόνο (*mis en histoire del'explication*), όπως για παράδειγμα στην περίπτωση της χρήσης του γραμμικού αιτιακού συλλογισμού, για να εξηγήσουν τη θερμοδυναμική συμπεριφορά ενός αερίου (δείτε και τα κεφάλαια της ενότητας «Η διδασκαλία των φυσικών επιστημών και η σκέψη των μαθητών: τρεις μελέτες περίπτωσης»). Αν, λοιπόν, εγχειρίδια και εκπαιδευτικοί υιοθετήσουν μια αντίστοιχη αφηγηματική λογική στη διατύπωση εξηγήσεων, τότε το πιθανότερο είναι να ευνοήσουν αυτήν την τάση εις βάρος, βεβαίως, της ορθής εννοιολογικής κατανόησης του εκάστοτε αντικειμένου. Χρειάζεται, συνεπώς, ιδιαίτερη προσοχή στο πώς θα συνδεθούν εντός των αφηγήσεων ο κόσμος της κοινής λογικής και των καθημερινών εννοιών και ο κόσμος των επιστημονικών εννοιών και μεθόδων (Orange-Ravachol & Triquet, 2007). Έτσι, η συνάντηση των φυσικών επιστημών και της αφήγησης είναι δυνατόν να λάβει πολύ διαφορετικές μεταξύ τους μορφές. Οι μορφές αυτές μπορεί να εξαρτώνται από (α) την *ηλικία* του μαθητικού κοινού στο οποίο απευθύνονται (π.χ. η αφήγηση με τη μορφή παραμυθιού είναι κατάλληλη για παιδιά προσχολικής ηλικίας), (β) την *εκπαιδευτική βαθμίδα* στην οποία εισάγονται (π.χ. στις υψηλές βαθμίδες της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης ενοείται η ευρετική αφήγηση η οποία οδηγεί στην επίλυση προβλημάτων ή την οικοδόμηση εννοιών), (γ) τους *διδακτικούς στόχους* (π.χ. αν η αφήγηση χρησιμοποιείται ως προϊόν των μαθητών [παραγωγή γραπτών κειμένων], ως υλικό προερχόμενο από την Ιστορία των φυσικών επιστημών με στόχο μια ουμανιστική προσέγγισή τους ή ως «αντι-παράδειγμα» παραγωγής επιστημονικής εξήγησης όπως η «αφήγηση» που παράγουν μαθητές Λυκείου όταν χρησιμοποιούν ως βασικό εξηγητικό εργαλείο τον γραμμικό αιτιακό συλλογισμό) και (δ) το αν πληρούνται εκείνες οι *μεθοδολογικές επιλογές* που καθιστούν την αφήγηση αποτελεσματική (δείτε π.χ. την ενότητα 8.3 και το Heering, 2010).

Ένα άλλο πεδίο στο πλαίσιο του οποίου μελετάται η αφηγηματική προσέγγιση στην εκπαίδευση είναι οι ιδέες οι οποίες αναδεικνύουν τον ουσιώδη ρόλο της φαντασίας, της κριτικής σκέψης, της απορίας και του θαυμασμού (*wonder*) ή του αισθητικού στοιχείου στην εκπαίδευση (Χατζηγεωργίου, 2002; Hadzigeorgiou, 2016; Hadzigeorgiou, 2014; Egan, Cant & Judson, 2014; Koliopoulos, 2015). Το ερευνητικό αυτό πεδίο εντός του οποίου αναπτύσσονται οι συγκεκριμένες ιδέες ως εκπαιδευτικές στρατηγικές, παιδαγωγικά εργαλεία ή διδακτικές μέθοδοι αποδίδει κεντρικό ρόλο στην αφήγηση σε όλα σχεδόν τα σχολικά αντικείμενα και συνεπώς και στο αντικείμενο των φυσικών επιστημών. Ο Χατζηγεωργίου (2002), ο οποίος έχει αναδείξει στον ελληνικό χώρο το έργο του Egan (2005), του κατεξοχήν εκπροσώπου αυτής της ερευνητικής τάσης διεθνώς, συγκεκριμενοποιεί την αφήγηση στο πεδίο της εκπαίδευσης των φυσικών επιστημών. Καταρχάς, αφού διαφοροποιεί την

ευφάνταστη σκέψη ως έναν άλλο τρόπο κατανόησης του κόσμου από αυτόν της λογικο-μαθηματικής σκέψης, τεκμηριώνει την άποψη ότι η αφήγηση ιστοριών αποκτά ιδιαίτερη σημασία στην ανάπτυξη ακριβώς αυτού του τρόπου θέασης και κατανόησης του κόσμου. Ισχυρίζεται, λοιπόν, ότι η φαντασία, η απορία, ο θαυμασμός και το αισθητικό στοιχείο συνδέονται άμεσα με τον αφηγηματικό τρόπο σκέψης και ότι θα πρέπει να αποτελέσουν σημαντικές διαστάσεις της μαθησιακής διαδικασίας στις φυσικές επιστήμες, αφού «η επιστημονική έρευνα είναι ένα δημιουργικό εγχείρημα όπου τα συναισθήματα, η αισθητική, η φαντασία και η γνωστική λειτουργία συγκροτούν ένα όλον» (Hadzigeorgiou, 2014, σ. 43). Συνδέοντας ειδικά τη δημιουργική φαντασία με την αφήγηση, ο Hadzigeorgiou (2016) προσφέρει τεκμήρια για το ότι «ανεξάρτητα από το είδος των αφηγηματικών ιστοριών (μύθοι, παραμύθια, προσωπικές ιστορίες, ιστορίες επιστημονικής φαντασίας, ιστορίες προερχόμενες από την Ιστορία της επιστήμης), η παιδαγωγική σημασία της αφήγησης είναι αδιαμφισβήτητη, σε ό,τι αφορά τη δυνατότητά της να έλκει την προσοχή των μαθητών, να διεγείρει τη φαντασία τους και να εκφράζει ιδέες και αξίες» (σ. 91).

Η παιδαγωγική σημασία της σύνδεσης της αφήγησης με τη δημιουργική φαντασία λαμβάνει ίσως την πλέον αποτελεσματική της μορφή στην προσχολική εκπαίδευση. Θα μπορούσε να υποστηρίξει κάποιος ότι σε αυτό το εκπαιδευτικό επίπεδο η εισαγωγή στοιχείων των φυσικών επιστημών είναι περίπου αναγκαίο να συμβεί μέσω της αφήγησης, η οποία εξάλλου συνδέεται άμεσα με την αναπόφευκτη σε αυτό το επίπεδο προφορικότητα, με στόχο την ανάπτυξη τόσο του αφηγηματικού όσο και του λογικο-μαθηματικού τρόπου σκέψης. Αυτή η ιδιαιτερότητα της προσχολικής ηλικίας και εκπαίδευσης που αφορά τις φυσικές επιστήμες, δηλαδή η σχεδόν αναγκαία χρήση της αφήγησης (αλλά που δεν αποδεικνύεται πάντοτε επαρκής) χρήζει περαιτέρω μελέτης ως συνέχεια στην ενδιαφέρουσα αυτή ερευνητική τάση η οποία έχει ήδη εμφανιστεί και στον ελληνόφωνο χώρο (π.χ. Κολιόπουλος & Αραπάκη, 2013; Kalogiannakis, Nirgianaki & Papadakis, 2018; Kampeza & Delserieys, 2019).

Τελειώνοντας, θα επιμείνουμε στην άποψη σύμφωνα με την οποία ο σχεδιασμός ή η επιλογή κατάλληλων αφηγημάτων⁴², αλλά κυρίως η ένταξή τους στο αναλυτικό πρόγραμμα και τη διδασκαλία δεν είναι καθόλου εύκολο έργο, ενώ καταλήγει να είναι σχεδόν αδύνατο στο πλαίσιο της παραδοσιακής αντίληψης για το αναλυτικό πρόγραμμα. Σύμφωνα με τον Klassen (2006, 2009), απαραίτητη προϋπόθεση για τη συγγραφή ή την επιλογή, τη λειτουργικότητα στη διδασκαλία και την αποτελεσματικότητα στη μάθηση ενός αφηγήματος είναι το αφήγημα αυτό να έχει τοποθετηθεί στο πλαίσιο μιας συγκεκριμένης αντίληψης για τη διδασκαλία προτείνοντας συγχρόνως ως κατάλληλο πλαίσιο την αφηγηματική *συμφραστική* διδασκαλία (story-driven contextual teaching). Όπως ήδη έχει διαφανεί, το πλαίσιο (context) που φαίνεται να είναι πολύ κοντά στην αφηγηματική προσέγγιση της διδασκαλίας των φυσικών επιστημών, και μάλιστα σε αυτών των εξηγητικών αφηγήσεων, δεν είναι άλλο από το ιστορικό πλαίσιο το οποίο έχουμε αναπτύξει στο κεφάλαιο 5.

8.3 Μια μελέτη περίπτωσης: οι απόψεις μαθητών Γυμνασίου για τη χρήση μικρών ιστορικών κειμένων⁴³

Στην παρούσα ενότητα θα περιγράψουμε και σχολιάσουμε απόψεις μαθητών της Γ' Γυμνασίου σχετικά με μικρές ιστορίες εμπνευσμένες από την Ιστορία των φυσικών επιστημών που επεξεργάστηκαν κατά τη διάρκεια μιας διδακτικής παρέμβασης σχετικής με τη διδασκαλία του απλού εκκρεμούς⁴⁴. Η διδακτική αυτή παρέμβαση εντάσσεται σε μια τοπική αναδιάρθρωση του αναλυτικού προγράμματος με στόχο την υπέρβαση της παραδοσιακής αντίληψης για τη διδασκαλία των φυσικών επιστημών και την εισαγωγή στοιχείων της καινοτομικής και της εποικοδομητικής αντίληψης (Κολιόπουλος, 2006). Οι μικρές ιστορίες εμπνευσμένες από την Ιστορία των φυσικών επιστημών (historical vignettes) αποτελούν τη μικρότερη ενότητα παρουσίασης ιστορικού υλικού οι οποίες, όταν εμπεριέχουν πλοκή, δράση και αναπάντεχα γεγονότα και συνδέονται με κατάλληλα ερωτήματα

⁴² Η παρουσίαση και ανάλυση των διάφορων μοντέλων συγγραφής ή επιλογής κατάλληλων αφηγημάτων φυσικών επιστημών δεν είναι μέσα στις στοχεύσεις του παρόντος κεφαλαίου. Για λεπτομερείς παρουσιάσεις τέτοιων μοντέλων δείτε τα Norris et al., 2005, Avraamidou & Osborne, 2009, Klassen, 2010.

⁴³ Ευχαριστώ θερμά τους συναδέλφους και φίλους Σωτήρη Δόση (Φυσικό, Διδάκτορα στις Επιστήμες της Εκπαίδευσης και Συντονιστή Εκπαιδευτικού Έργου στο 1^ο ΠΕΚΕΣ Αττικής ΠΕ04) και Νίκο Κανδεράκη (Φυσικό, Διδάκτορα στην Ιστορία των φυσικών επιστημών και τ. Σχολικό Σύμβουλο ΠΕ04) οι οποίοι μου επέτρεψαν να χρησιμοποιήσω εδώ ένα μεγάλο μέρος κοινής μας εργασίας για το συγκεκριμένο θέμα.

⁴⁴ Λεπτομέρειες για τη διδακτική αυτή παρέμβαση καθώς και για τη γνωστική πρόοδο που σημείωσαν οι μαθητές μπορείτε να βρείτε στην ενότητα 4.5 του κεφαλαίου 4 καθώς και στο Δόση, 2014.

προς τους μαθητές, είναι δυνατόν να τους οδηγήσουν στην οικοδόμηση τόσο της επιστημονικής γνώσης όσο και απόψεων για την επιστήμη (Wandersee, 1992; Stinner et al., 2003).

8.3.1 Η διδακτική παρέμβαση

Ο Πίνακας 8.1 αναπαριστά τη γενική δομή της διδακτικής ακολουθίας, τους επιδιωκόμενους διδακτικούς στόχους και τη θέση των μικρών ιστοριών στη διδασκαλία.

Ενότητα	Δραστηριότητα-πρόβλημα	Διδακτικοί στόχοι		
		Εννοιολογικοί	Μεθοδολογικοί	Πολιτισμικοί
1 ^η	Πώς και γιατί το μεσαιωνικό ρολόι-εκκρεμές μπορεί να γίνει ακριβέστερο; - <i>Μικρή ιστορία 1</i>	Περιοδικότητα (ομοιόμορφη επανάληψη αιωρήσεων)	Αναγνώριση παραγόντων που επηρεάζουν τη μέτρηση του χρόνου στο ρολόι-εκκρεμές	Η μέτρηση του χρόνου ως κοινωνικο-επιστημονικό πρόβλημα
2 ^η	Ποια ιδέα κρύβεται πίσω από τη λειτουργία του ρολογιού – εκκρεμούς; - <i>Μικρή ιστορία 2</i>	Ισόχρονη κίνηση εκκρεμούς	Αναγνώριση και έλεγχος της σχέσης περιόδου -πλάτους απλού εκκρεμούς	Η ιστορική προσέγγιση της ισόχρονης κίνησης του απλού εκκρεμούς
3 ^η	Πώς μετατρέπεται ένα απλό εκκρεμές σε εκκρεμές του 1 sec;	Η σχέση περιόδου – μήκους νήματος / ανεξαρτησία περιόδου -βάρους σφαιριδίου του απλού εκκρεμούς	Αναγνώριση και έλεγχος της σχέσης περιόδου – μήκους νήματος / βάρους σφαιριδίου απλού εκκρεμούς	
4 ^η	Η διάρκεια της απλής αιώρησης απλού εκκρεμούς, μήκους 1 m, είναι παντού 1 sec; - <i>Μικρή ιστορία 3</i>	Σχέση περιόδου – βαρύτητας ενός τόπου (βάρος \neq βαρύτητα)	Αναγνώριση και έλεγχος της σχέσης περιόδου - βαρύτητας σε ένα νοητικό πείραμα	Η σχέση περιόδου εκκρεμούς – βαρύτητας ως κοινωνικο-επιστημονικό πρόβλημα

8.1: Η συνολική σχεδίαση της ακολουθίας του απλού εκκρεμούς.

Η πρώτη διδακτική ώρα αναφέρεται στο ιστορικό πρόβλημα της ρύθμισης της ακρίβειας των μεσαιωνικών μηχανικών ρολογιών εκκρεμούς και ζητείται από τους μαθητές να σχολιάσουν τις πιθανές δυνατότητες ρύθμισής τους. Οι δραστηριότητες των μαθητών βασίζονται στην πρώτη μικρή ιστορία, η οποία συντίθεται τόσο από αυθεντικό όσο και από μετασηματισμένο ιστορικό υλικό και η οποία παρουσιάζει ένα σχέδιο ρολογιού-παρόμοιο με αυτό του Γαλιλαίου (Matthews, 2011). Οι μαθητές αναφέρονται στον ρόλο του κάθε στοιχείου του ρολογιού, τον ρόλο του απλού εκκρεμούς στη ρύθμιση του ρολογιού και διατυπώνουν υποθέσεις σχετικά με τους παράγοντες που επιδρούν στην περίοδο του απλού εκκρεμούς για να ρυθμιστεί το ρολόι. Η δεύτερη διδακτική ώρα σχετίζεται άμεσα με τη γαλιλαϊκή θεώρηση της κίνησης του απλού εκκρεμούς, όπου η ανεξαρτησία της περιόδου του από το πλάτος της αιώρησης το καθιστά κατάλληλο για τη ρύθμιση των ρολογιών. Οι δραστηριότητες των μαθητών βασίζονται στη δεύτερη μικρή ιστορία, της οποίας κεντρικό τμήμα αποτελεί ένα απόσπασμα από το βιβλίο του Γαλιλαίου *Διάλογος και μαθηματικές αποδείξεις σχετικά με δύο νέες επιστήμες*, το οποίο σχετίζεται με την ισόχρονη κίνηση του εκκρεμούς (Matthews, 2011). Οι μαθητές συζητούν το παράδοξο της ισόχρονης κίνησης του εκκρεμούς και στηρίζουν με επιχειρήματα τα αναφερόμενα στο απόσπασμα. Η τρίτη διδακτική ώρα αφορά το πρόβλημα της μετατροπής του απλού εκκρεμούς σε εκκρεμές του ενός δευτερολέπτου. Οι μαθητές εμπλέκονται στην εννοιολογική και μεθοδολογική διερεύνηση της σχέσης της περιόδου του απλού εκκρεμούς με το μήκος και με το βάρος του. Η τέταρτη, τέλος, διδακτική ώρα αναφέρεται στη διερεύνηση της σχέσης της περιόδου του απλού εκκρεμούς με τη βαρύτητα και στην τελική επίλυση του προβλήματος ρύθμισης των ρολογιών εκκρεμούς. Οι δραστηριότητες των μαθητών βασίζονται στην τρίτη μικρή ιστορία, που αποτελεί μια εκλαϊκευτική περιγραφή των ταξιδιών του Richer και της σχετικής συζήτησης που ακολουθεί τις

παρατηρήσεις του σχετικά με την επίδραση της βαρύτητας στην περίοδο του απλού εκκρεμούς και τις συνέπειες στη λειτουργία και ρύθμιση των ρολογιών εκκρεμούς (Matthews, 2011).

8.3.2 Οι σύντομες ιστορίες

Το περιεχόμενο των τριών μικρών ιστοριών οι οποίες συνοδεύονται από ερωτήσεις προς τους μαθητές είναι το ακόλουθο:

Πρώτη ιστορία (Το ρολόι - εκκρεμές)

Το έτος 1636, ο Γαλιλαίος προτείνει στους Ολλανδούς την κατασκευή ενός ωρολογιακού μηχανισμού που όπως ο ίδιος ισχυρίζεται «αν αφήσεις 4 ή 6 από αυτά να λειτουργούν ταυτόχρονα, δεν θα βρεις να διαφέρουν ούτε κατά 1 δευτερόλεπτο, ακόμη και μετά από αρκετούς μήνες». Το μηχανικό ρολόι-εκκρεμές αποτελείται από τέσσερα βασικά μέρη: (α) από το εκκρεμές το οποίο αιωρείται, (β) από την άγκυρα που είναι συνδεδεμένη με το εκκρεμές, με τρόπο που η αιώρηση του εκκρεμούς να ακολουθείται από μια μπρος-πίσω κίνηση της άγκυρας, (γ) από ένα βαρίδι το οποίο με την πτώση του προκαλεί την κίνηση των γραναζιών και της ράβδου που είναι συνδεδεμένη με τους δείκτες του ρολογιού και (δ) από τον δίσκο πάνω στον οποίο υπάρχουν οι ενδείξεις της ώρας και περιστρέφονται οι δείκτες του ρολογιού. Η άγκυρα και το γρανάζι (που ονομάζονται μηχανισμός διαφυγής) μετατρέπουν τη συνεχόμενη περιστροφή του γραναζιού σε μπρος-πίσω κίνηση της άγκυρας (δες μια σχηματική αναπαράσταση αυτού του ρολογιού-εκκρεμούς στο σχήμα). Όταν το εκκρεμές βρίσκεται σε ακραία θέση, το «δόντι» της άγκυρας «κλειδώνει» το γρανάζι και δεν το αφήνει να περιστραφεί. Όταν το εκκρεμές αιωρείται προς το κέντρο της κίνησης, η άγκυρα απελευθερώνει το γρανάζι και έτσι αυτό περιστρέφεται, για σύντομο χρονικό διάστημα. Όταν το εκκρεμές φτάσει στην απέναντι ακραία θέση, το άλλο «δόντι» της άγκυρας «ξανακλειδώνει» το γρανάζι και σταματά βίαια την περιστροφή. Ο χτύπος της σύγκρουσης μεταξύ του «δοντιού» της άγκυρας και του «δοντιού» του γραναζιού είναι το γνωστό «τικ-τακ» των ρολογιών. Ταυτόχρονα, το γρανάζι, λόγω του βαριδίου, σπρώχνει προς τα πίσω την άγκυρα και το εκκρεμές και η διαδικασία επαναλαμβάνεται.

Ερώτηση 1

Συζητήστε το κείμενο αυτό με τον/την καθηγητή/ριά σας προσπαθώντας να κατανοήσετε τον τρόπο λειτουργίας του ρολογιού. Ποιος είναι ο ρόλος των τεσσάρων βασικών στοιχείων ενός ρολογιού-εκκρεμούς;

Ερώτηση 2

Αν υποθέσουμε ότι το συγκεκριμένο ρολόι-εκκρεμές πηγαίνει μπροστά, τι αλλαγές θα προτείνατε, προκειμένου να το διορθώσετε; Δικαιολογήστε την άποψή σας.

Δεύτερη ιστορία (Η απορία του Σαγρέντο)

Το έτος 1638 είναι ένα ιστορικό για την επιστήμη έτος. Ο Γαλιλαίος δημοσιεύει ένα από τα έργα του (τον «Διάλογο για δύο καινούργιες επιστήμες») που αποτελεί ένα από τα πρώτα γραπτά τεκμήρια της γέννησης της σύγχρονης Φυσικής. Το βιβλίο είναι γραμμένο όπως ένα σύγχρονο θεατρικό έργο. Οι ιδέες του Γαλιλαίου περνάνε μέσα από τον διάλογο τριών προσώπων. Όπως αναφέρει ο Άρθουρ Κάιςλερ, ο διάλογος διεξάγεται μεταξύ τριών χαρακτήρων: Ο Σαλβιάτι, ο λαμπρός επιστήμονας είναι αυτός που εκφράζει τις ιδέες του Γαλιλαίου. Τον σιγοντάρει ο Σαγρέντο, ένας έξυπνος ερασιτέχνης που είναι μεταμφιεσμένος σε ουδέτερο και, τέλος, ο Σιμπλίκιο, ο καλοπροαίρετος υπερασπιστής των ιδεών της εποχής που παίζει «τον ρόλο του παλιάτσου που τον κλωτσάν στον πισινό». Το επόμενο απόσπασμα από το βιβλίο του Γαλιλαίου αναφέρεται στην κίνηση του εκκρεμούς, σχετίζεται δηλαδή με το σημερινό μάθημα. Μιλάει ο Σαγρέντο: «... Έχω παρατηρήσει, χιλιάδες φορές, ταλαντώσεις πολυελαίων, κυρίως στις εκκλησίες ή λάμπες που κρέμονται από το ταβάνι και κινούνται πέρα δώθε. Αλλά το μόνο που έχω διαπιστώσει από αυτές τις παρατηρήσεις είναι ότι μάλλον είναι απίθανο να ισχύει η γνώμη των ανθρώπων εκείνων που ισχυρίζονται ότι αυτές οι ταλαντώσεις συντηρούνται από το περιβάλλον: σε μια τέτοια περίπτωση ο αέρας θα έπρεπε να ενεργεί με πολλή διορατικότητα και να μην είχε τίποτα άλλο να κάνει από το να δίνει σ' αυτό το κρεμασμένο βαρίδι μια τέλεια κανονική πέρα - δώθε κίνηση. Μου είναι αδύνατο να φανταστώ ότι ένα ίδιο σώμα, το οποίο θα κρέμεται από ένα νήμα περίπου 50 μέτρων, που τη μια φορά θα απομακρύνεται 90 μοίρες (90°) από την κατακόρυφο και την άλλη μια μοίρα (1°) από την κατακόρυφο, θα μπορούσε να κάνει στις δύο περιπτώσεις τον ίδιο χρόνο για να διαγράψει τη μία φορά ένα πολύ μεγάλο τόξο και την άλλη φορά ένα πολύ μικρό τόξο. Θα μου φαινόταν απίθανο».

Ερώτηση 1

Συζητήστε το κείμενο αυτό με τον/την καθηγητή/τριά σας. Τι νομίζετε ότι θα απαντούσε ο Σαλβιάτι (δηλαδή, αυτός που εκφράζει τις ιδέες του Γαλιλαίου) σ' αυτά που ισχυρίζεται ο Σαγρέντο;

Ερώτηση 2

Ποια συγκεκριμένη τεχνική θα προτεινάτε για να επιβεβαιώσετε ή να διαψεύσετε τον ισχυρισμό του Σαγρέντο;

Τρίτη ιστορία (Το ταξίδι του Jean Richer στην Cayenne)

Το 1672, ο αστρονόμος Jean Richer, στάλθηκε από τη Γαλλική Ακαδημία Επιστημών, σε μια επιστημονική αποστολή, στην πόλη Cayenne, που βρίσκεται στη Γαλλική Γουιάνα (δες τον χάρτη), κοντά στον Ισημερινό. Σύμφωνα με τον γραμματέα της, η Γαλλική Ακαδημία Επιστημών «άρχισε να συζητά την αποστολή παρατηρητών σε διάφορα μέρη του κόσμου, υπό την εποπτεία της Αυτού Μεγαλειότητας του Βασιλέως, ώστε να προσδιοριστούν τα γεωγραφικά μήκη των διάφορων περιοχών προς όφελος της γεωγραφίας και των ναυτικών». Μην ξεχνάμε ότι επρόκειτο για την εποχή των μεγάλων γεωγραφικών ανακαλύψεων. Ο Richer είχε μαζί του ένα ρολόι-εκκρεμές (σαν αυτό που βλέπετε στη φωτογραφία) που είχε ρυθμιστεί στο Παρίσι να κάνει μια απλή αιώρηση ενός δευτερολέπτου (1 sec). Παρατηρώντας το εκκρεμές στην Cayenne, ο Richer έκανε μια απροσδόκητη ανακάλυψη: το εκκρεμές του έχανε δύομισι λεπτά (2,5 min) κάθε μέρα. Ο ισχυρισμός του Richer ότι το εκκρεμές δευτερολέπτων επιβραδύνεται κοντά στον Ισημερινό, δημιούργησε μια πολύ ενδιαφέρουσα συζήτηση σχετικά με το γιατί συνέβαινε αυτό. Ορισμένοι επιστήμονες αμφισβήτησαν τις μετρήσεις του. Μάλιστα δημιουργήθηκαν διάφοροι καυγάδες, όπως αυτός μεταξύ του Richer και του Huygens, δηλαδή του ανθρώπου που είχε κατασκευάσει το ρολόι που είχε μαζί του ο Richer. Άλλοι, πάλι, ισχυρίστηκαν ότι η υπόθεση πως η περίοδος του εκκρεμούς εξαρτάται μόνο από το μήκος του νήματος δεν ισχύει. Προσπάθησαν, δηλαδή, να εντοπίσουν και άλλους παράγοντες από τους οποίους θα μπορούσε να εξαρτάται η περίοδος του εκκρεμούς. Ο Νεύτωνας, για παράδειγμα, ισχυρίστηκε ότι η περίοδος του εκκρεμούς εξαρτάται από τη βαρύτητα (επιτάχυνση της βαρύτητας) στον τόπο που λειτουργεί το εκκρεμές υπονοώντας, συγχρόνως, ότι το σχήμα της Γης δεν είναι ακριβώς σφαιρικό αλλά ότι στον Ισημερινό είναι πεπλατυσμένο και, συνεπώς, εκεί η βαρύτητα είναι μικρότερη.

Ερώτηση 1

Συζητήστε το κείμενο αυτό με τον/την καθηγητή/τριά σας. Μπορείτε να προτείνετε μια μέθοδο με την οποία θα ελέγξετε αν ισχύει ή όχι ο ισχυρισμός του Νεύτωνα ότι «η περίοδος ενός εκκρεμούς εξαρτάται από τη βαρύτητα»;

Ερώτηση 2

Πώς μπορεί τελικά να ρυθμιστεί ένα ρολόι-εκκρεμές, σαν αυτό του Γαλιλαίου για το οποίο συζητήσατε στην πρώτη ενότητα, σε έναν τόπο;

8.3.3 Η έρευνα

Τα δεδομένα, τα οποία συλλέχθηκαν από ερωτηματολόγιο που δόθηκε στους μαθητές στο τέλος του διδακτικού προγράμματος, αφορούν δύο ομάδες μαθητών. Η πρώτη ομάδα (Ομάδα 1) παρακολούθησε το πρόγραμμα διδασκαλίας σε ένα ερευνητικό πλαίσιο που σχετίζεται με τη φύση και τα χαρακτηριστικά του διδακτικού μετασχηματισμού που λαμβάνει χώρα κατά τη διάρκεια μιας καινοτόμου διδακτικής παρέμβασης σχετικής με την κίνηση του απλού εκκρεμούς (ένας εκπαιδευτικός-ερευνητής, διερευνητική διδασκαλία, ομάδες επιλεγμένων μαθητών, 36 μαθητές) (Δόσης, 2014). Η δεύτερη ομάδα (Ομάδα 2) παρακολούθησε την ίδια διδακτική παρέμβαση στα πλαίσια διάχυσης του διδακτικού προγράμματος σε καθημερινές εκπαιδευτικές συνθήκες (τρεις εκπαιδευτικοί με βραχυχρόνια κατάρτιση στο αντικείμενο, τρεις πλήρεις σχολικές τάξεις, κανονικό σχολικό περιβάλλον, 63 μαθητές) (Kanderakis, Dossis & Koliopoulos, 2011). Το ερωτηματολόγιο περιλάμβανε τέσσερις ερωτήσεις:

Ερώτηση 1: Σας φαίνεται πιο ενδιαφέρον το μάθημα με μικρές ιστορίες;

Ερώτηση 2: Ποια από τις τρεις μικρές ιστορίες σας φάνηκε περισσότερο ενδιαφέρουσα;

Ερώτηση 3: Ποια από τις τρεις μικρές ιστορίες σας φάνηκε ότι ταίριαζε περισσότερο με το μάθημα;

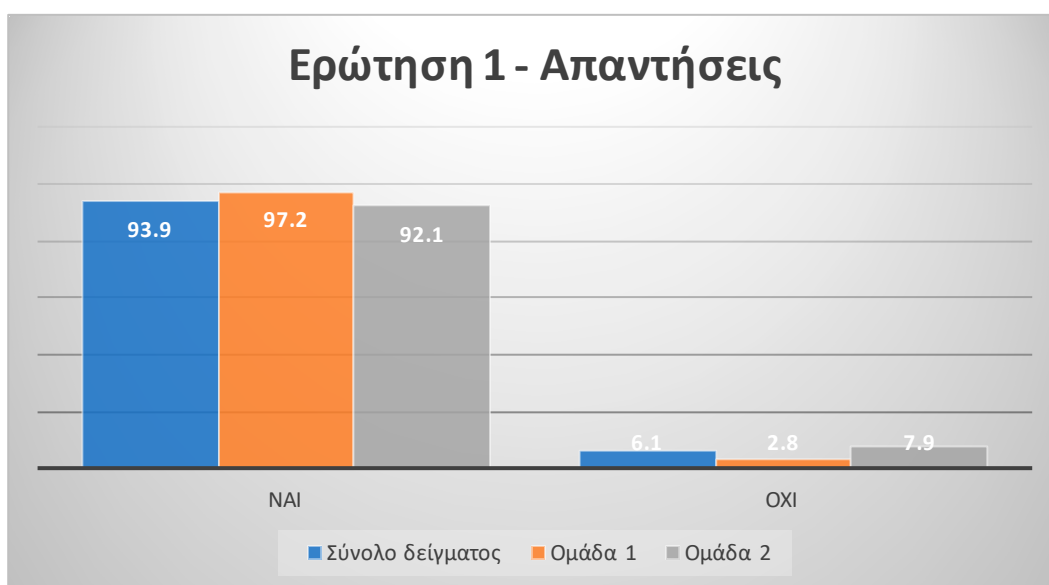
Ερώτηση 4: Σας ενόχλησε το γεγονός ότι οι μικρές ιστορίες δεν αναφέρονται στη σύγχρονη εποχή;

Και για τις τέσσερις ερωτήσεις ζητήθηκαν αιτιολογήσεις.

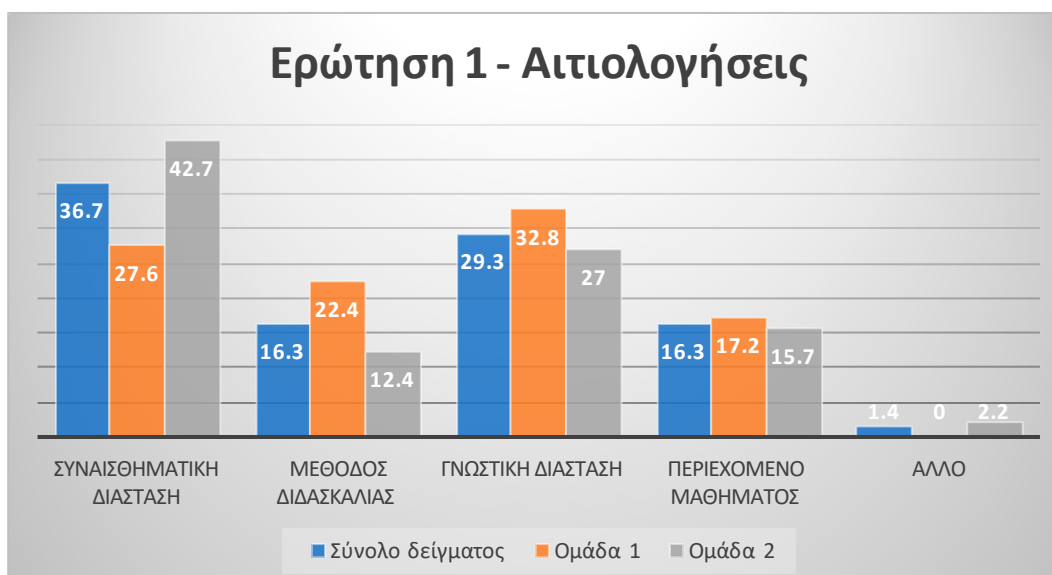
Παρουσιάζουμε στη συνέχεια ορισμένα από τα αποτελέσματα της ανάλυσης των δεδομένων.

Ερώτηση 1

Όπως φαίνεται από τα Διαγράμματα 8.1α και 8.1β η πλειονότητα των μαθητών και των δύο ομάδων βρίσκει ότι το μάθημα καθίσταται πιο ενδιαφέρον με τη χρήση μικρών ιστοριών. Συγχρόνως, οι μαθητές δίνουν ενδιαφέρουσες αιτιολογήσεις οι οποίες ταξινομήθηκαν σε πέντε κατηγορίες. Οι εξηγήσεις που δίνονται από κάθε μαθητή μπορεί να ανήκουν σε περισσότερες από μία κατηγορίες, γι' αυτό και τα ποσοστά δηλώνουν ποσοστό επί του συνόλου των απαντήσεων και όχι επί του συνόλου των μαθητών. Η συναισθηματική διάσταση, δηλαδή απαντήσεις του τύπου «το μάθημα γίνεται πιο ενδιαφέρον, δεν είναι βαρετό» κυριαρχεί στην ομάδα 2. Αντίθετα, η πρώτη προτίμηση στις αιτιολογήσεις της ομάδας 2 είναι η γνωστική διάσταση, δηλαδή απαντήσεις του τύπου «η διδασκαλία γίνεται πιο κατανοητή, καταλαβαίνουμε καλύτερα το μάθημα». Στην ομάδα αυτή εμφανίζονται επίσης περισσότερες αιτιολογήσεις που αφορούν τη μέθοδο διδασκαλίας («οι ιστορίες μας δίνουν την ευκαιρία για συζήτηση μέσα στην τάξη»), ενώ ένα αξιόλογο ποσοστό αιτιολογήσεων που αφορούν τα χαρακτηριστικά του περιεχόμενου του μαθήματος («μαθαίνουμε πολλά πράγματα που δεν υπάρχουν στο βιβλίο») εμφανίζεται ισόποσα και στις δύο ομάδες. Ένα ενδιαφέρον και σημαντικό, κατά τη γνώμη μας, εύρημα εδώ είναι ότι το ένα τρίτο περίπου των μαθητών συνδέει τη χρήση των ιστοριών με την κατανόηση της σχολικής επιστημονικής γνώσης. Την άποψη αυτή θα τη συναντήσουμε να εκφράζεται με διάφορους τρόπους και στις επόμενες ερωτήσεις.



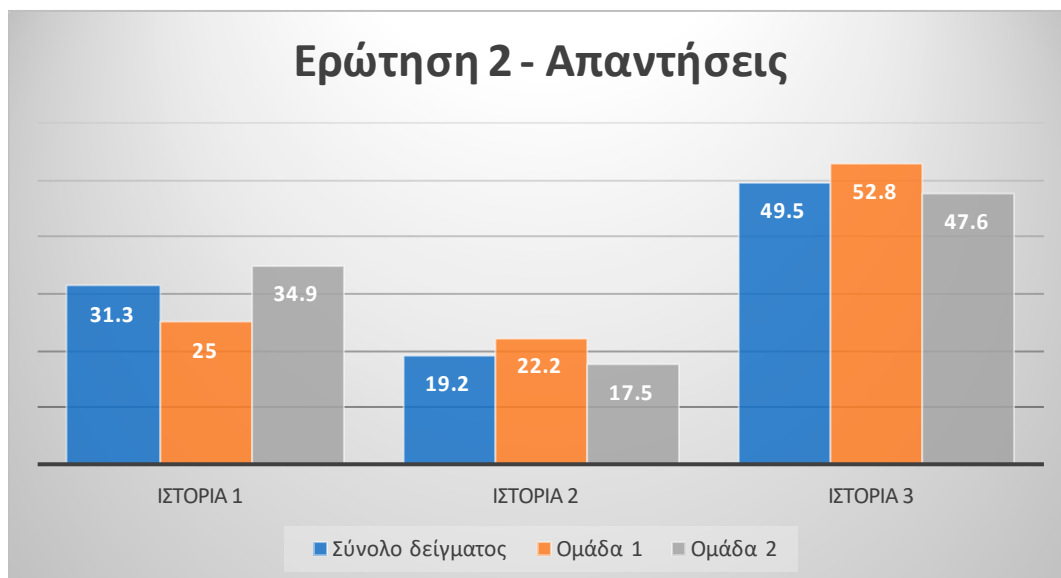
Διάγραμμα 8.1α: Απαντήσεις των μαθητών στην ερώτηση 1.



Διάγραμμα 8.1β: Αιτιολογήσεις των μαθητών στην ερώτηση 1.

Ερώτηση 2

Όπως φαίνεται από το *Διάγραμμα 8.2α*, η πλειονότητα των μαθητών και των δύο ομάδων βρίσκει την τρίτη ιστορία ως την πιο ενδιαφέρουσα. Ακολουθεί σε ενδιαφέρον η πρώτη ιστορία και στη συνέχεια η δεύτερη ιστορία. Δεν υπάρχουν πολύ μεγάλες διαφορές ανάμεσα στις δύο ομάδες μαθητών. Η προτίμηση στην τρίτη ιστορία μπορεί να οφείλεται στο γεγονός ότι η ιστορία έχει κάποια στοιχεία καλής αφήγησης, δηλαδή πλοκή, δράση και αναπάντεχα γεγονότα (Bruner, 1996) σε αντίθεση με τις δύο άλλες στις οποίες δεν εμφανίζονται όλα τα προηγούμενα χαρακτηριστικά. Το πιο ενδιαφέρον όμως εύρημα βρίσκεται στις αιτιολογήσεις των μαθητών των οποίων η πλειονότητα, ανεξάρτητα από τις επιλογές που δηλώνει, αποδίδει το ενδιαφέρον της στη γνωστική διάσταση, προβάλλοντας δηλαδή αιτιολογήσεις του τύπου «κατάλαβα πώς λειτουργεί το ρολόι-εκκρεμές, κάτι που είχα αναρωτηθεί πολλές φορές» (για την πρώτη ιστορία). Επίσης, ένα άλλο ενδιαφέρον στοιχείο που προκύπτει από το *Διάγραμμα 8.2β*, είναι ότι σχεδόν διπλάσιοι μαθητές της ομάδας 1 από αυτούς της ομάδας 2 αποδίδουν το βασικό τους ενδιαφέρον για τις ιστορίες στον γνωστικό παράγοντα. Το αποτέλεσμα αυτό μπορούμε να το αποδώσουμε στον ιδιαίτερο σχεδιασμό της διδακτικής παρέμβασης ως διδασκαλία η οποία βασίζεται στην έρευνα (research-based teaching). Πράγματι, οι αρχές σχεδιασμού της συγκεκριμένης διδακτικής παρέμβασης που παρακολούθησε η ομάδα 1 βασίστηκε στην εποικοδομητική προσέγγιση της διδασκαλίας και μάθησης, η οποία στοχεύει προνομακώς στον γνωστικό παράγοντα (δείτε τον Πίνακα 8.1). Στην ερώτηση αυτή εμφανίστηκε και μία καινούργια κατηγορία απαντήσεων σε σχέση με την πρώτη ερώτηση, αυτή των χαρακτηριστικών της αφήγησης με αιτιολογήσεις του τύπου «μάθαμε κάτι με πιο ευχάριστο τρόπο, όπως με τα παραμύθια».

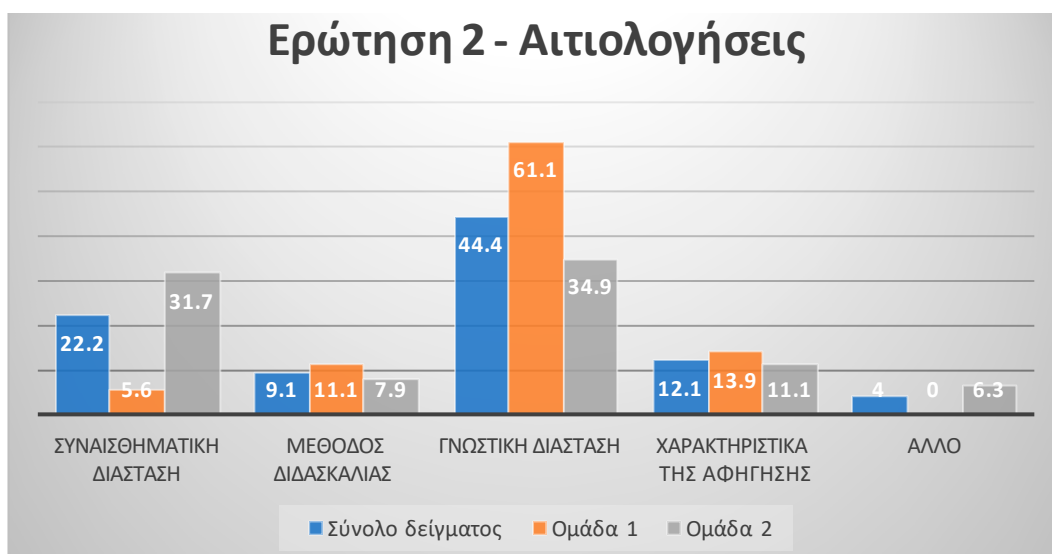


Διάγραμμα 8.2α: Απαντήσεις των μαθητών στην ερώτηση 2.

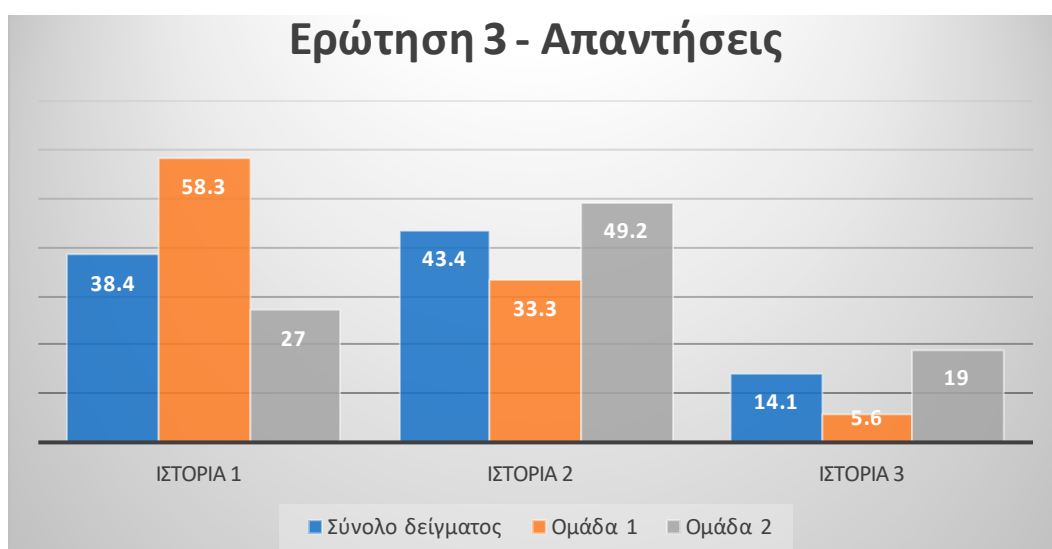
Ερώτηση 3

Όπως φαίνεται από το *Διάγραμμα 8.3α* στην ερώτηση αυτή εμφανίζεται μια αναστροφή στις προτιμήσεις των μαθητών και των δύο ομάδων. Η τρίτη ιστορία δεν αποτελεί πλέον την κύρια προτίμησή τους η οποία για τη μεν ομάδα 1 μεταφέρεται στην πρώτη ιστορία, ενώ για την ομάδα 2 μεταφέρεται στη δεύτερη ιστορία. Από τη σύγκριση των συχνοτήτων των απαντήσεων των μαθητών στις δύο ερωτήσεις φαίνεται, λοιπόν, ότι η περισσότερο ενδιαφέρουσα μικρή ιστορία είναι αυτή που ταιριάζει λιγότερο στο μάθημα της Φυσικής και αντιστρόφως. Οι απόψεις αυτές είναι, κατά τη γνώμη μας, πλήρως συμβατές με αυτές που εκφράζουν στην ερώτηση 2, διότι φαίνεται να αντιλαμβάνονται τη σχέση των ιστοριών με τους στόχους και το περιεχόμενο ενός μαθήματος Φυσικής το οποίο εξελίσσεται σε ένα παραδοσιακό περιβάλλον διδασκαλίας, ακόμη και αν από την πρώτη ομάδα γίνεται αντιληπτό ότι η διδασκαλία διεξάγεται σε «πειραματικές» συνθήκες και ότι υπερβαίνει τα όρια της παραδοσιακής της μορφής. Αυτός εξάλλου φαίνεται να είναι ο λόγος που οι προτιμήσεις των μαθητών της πρώτης ομάδας στρέφονται κυρίως προς την πρώτη ιστορία και όχι προς τη δεύτερη. Αντιλαμβάνονται, δηλαδή, ότι η καινοτομική διδασκαλία βασίζεται σε μια νέα προσέγγιση βασικό στοιχείο της οποίας, μεταξύ άλλων,

είναι η σχέση του εννοιολογικού πλαισίου με την τεχνολογία και εν γένει με την πολιτισμική συνιστώσα της επιστημονικής γνώσης. Οι αιτιολογήσεις των μαθητών κατηγοριοποιήθηκαν σε τέσσερις κατηγορίες εκ των οποίων η κατηγορία «Στόχοι του μαθήματος» συγκέντρωσε τον μεγαλύτερο αριθμό προτιμήσεων και από τις δύο ομάδες (Διάγραμμα 8.3β). Η κατηγορία αυτή καθώς και η κατηγορία «φύση του αντικείμενου διδασκαλίας» συγκέντρωσαν περίπου το 85% των αιτιολογήσεων των μαθητών της ομάδας 1, προβάλλοντας, δηλαδή, αιτιολογήσεις του τύπου «σχετίζεται πιο στενά με το αντικείμενο του μαθήματος, γιατί μπορούμε να εξετάσουμε τις ιδιότητες του απλού εκκρεμούς και ποια πράγματα το επηρεάζουν» (για τη δεύτερη ιστορία). Πρέπει να επισημανθεί, πάντως, ότι από τις απαντήσεις των μαθητών στο φύλλο εργασίας που σχετίζεται με τη δεύτερη μικρή ιστορία, προκύπτει ότι οι μαθητές επεξεργάζονται με ιδιαίτερο ενδιαφέρον το εννοιολογικό πρόβλημα το οποίο τίθεται⁴⁵. Το αφηγηματικό στοιχείο φαίνεται, δηλαδή, να εντάσσεται οργανικά στο λογικο-μαθηματικό περιβάλλον της διδασκαλίας.

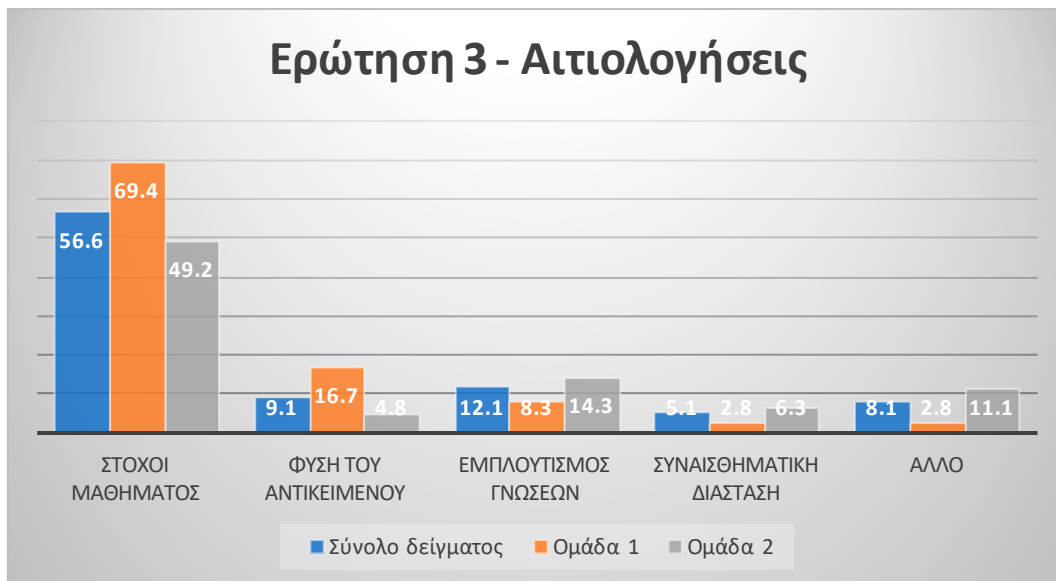


Διάγραμμα 8.2β: Αιτιολογήσεις των μαθητών στην ερώτηση 2.



Διάγραμμα 8.3α: Οι απαντήσεις των μαθητών στην ερώτηση 3.

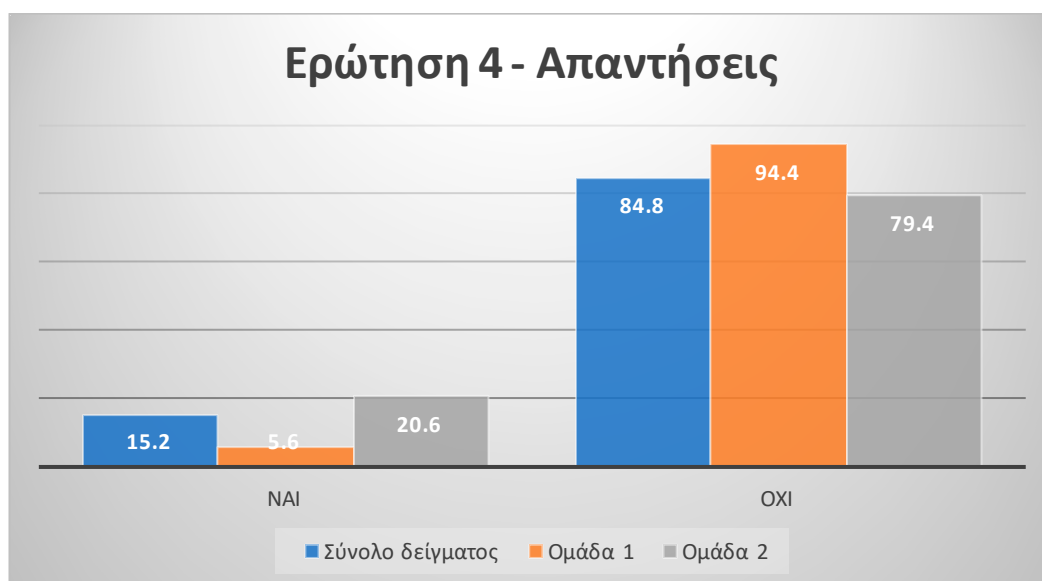
⁴⁵ Η συγκεκριμένη έρευνα περιλαμβάνει και άλλα επίπεδα ανάλυσης, όπως είναι η ποιοτική ανάλυση των απαντήσεων των μαθητών στις ερωτήσεις που τίθενται μετά την αφήγηση της κάθε μικρής ιστορίας αλλά και η παραγοντική ανάλυση αντιστοιχιών για να διαπιστωθούν οι συσχετίσεις των αιτιολογήσεων με τις προτιμήσεις των μικρών ιστοριών. Οι αναλύσεις αυτές δεν αποτελούν αντικείμενο της παρούσας ενότητας.



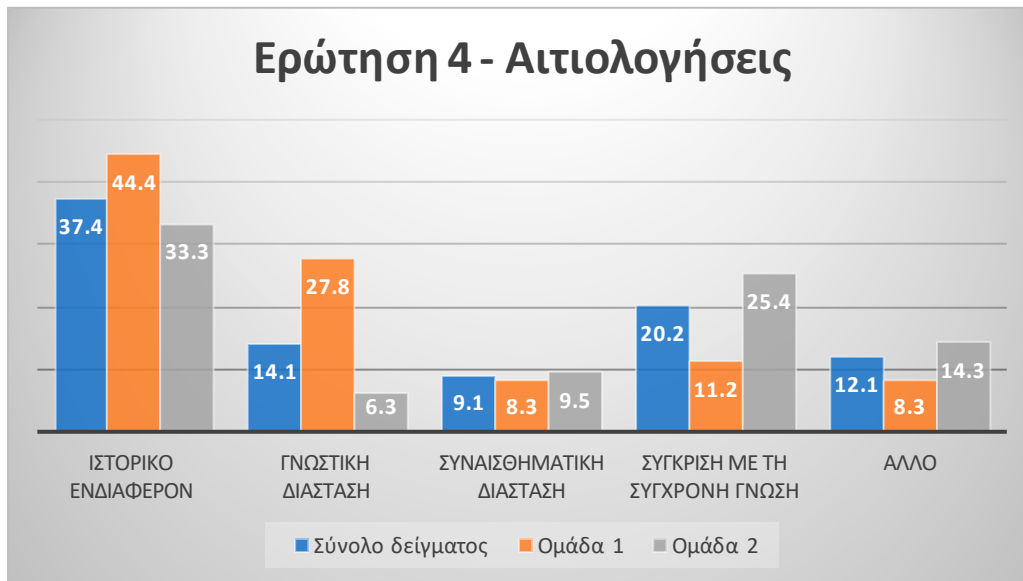
Διάγραμμα 8.3β: Οι αιτιολογήσεις των μαθητών στην ερώτηση 3.

Ερώτηση 4

Η τελευταία ερώτηση αφορά κυρίως το πώς οι μαθητές αντιλαμβάνονται γενικότερα την εισαγωγή ιστορικού υλικού στη διδασκαλία. Όπως φαίνεται από το *Διάγραμμα 8.4α* στην ερώτηση αυτή φαίνεται ότι η πλειονότητα των μαθητών και των δύο ομάδων δεν ενοχλείται από την εισαγωγή υλικού που αφορά την Ιστορία των φυσικών επιστημών. Με ελαφρώς μεγαλύτερα ποσοστά εμφανίζεται η ομάδα 1. Ενδιαφέρον παρουσιάζουν επίσης οι αιτιολογήσεις των μαθητών οι οποίες κατηγοριοποιήθηκαν σε πέντε κατηγορίες (*Διάγραμμα 8.4β*). Η αιτιολόγηση «Ιστορικό ενδιαφέρον» έρχεται πρώτη στις προτιμήσεις των μαθητών και των δύο ομάδων με αιτιολογήσεις του τύπου «ήταν υπέροχο που μάθαμε πώς φτιάχτηκαν όλα όσα γνωρίζουμε σήμερα στη φυσική». Ο τρόπος που κατάφεραν να κάνουν τέτοιες ανακαλύψεις χωρίς τη βοήθεια της τεχνολογίας είναι συναρπαστικός. Η γνωστική διάσταση συνεχίζει να παίζει ιδιαίτερο ρόλο στις προτιμήσεις των μαθητών της ομάδας 1 για λόγους που εξηγήσαμε ήδη. Η ομάδα 2 προτιμά αιτιολογήσεις που εντάσσονται στη νέα κατηγορία απαντήσεων «Σύγκριση με τη σύγχρονη γνώση» («πιστεύω ότι οτιδήποτε σημαντικό έγινε στη φυσική οφείλεται σε ό,τι έγινε τον παλιό καιρό»).



Διάγραμμα 8.4α: Απαντήσεις των μαθητών στην ερώτηση 4.



Διάγραμμα 8.4β: Αιτιολογήσεις των μαθητών στην ερώτηση 4.

Από τα προηγούμενα μπορεί να υποστηριχτεί ότι η εισαγωγή των μικρών ιστοριών στη διδασκαλία του απλού εκκρεμούς φαίνεται να προκαλεί το ενδιαφέρον των μαθητών τόσο στο εννοιολογικό πλαίσιο μελέτης της ισόχρονης κίνησης του απλού εκκρεμούς (σε σύγκριση με άλλα περισσότερο μαθηματικοποιημένα και, συνεπώς, λιγότερο ενδιαφέροντα, εννοιολογικά πλαίσια, όπως η δυναμική ή η ενεργειακή ανάλυση της κίνησης του εκκρεμούς) όσο και στο πολιτισμικό πλαίσιο μελέτης του εκκρεμούς ως ρυθμιστή της ακρίβειας του ρολογιού εκκρεμούς. Συμπερασματικά, λοιπόν, μπορούμε να υποθέσουμε ότι μέσα από αυτή τη μικρή μελέτη περίπτωσης μαθητές της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης είναι σε θέση να εκτιμήσουν συναισθηματικά και γνωστικά την αξία της αφηγηματικής προσέγγισης της διδασκαλίας. Ειδικότερες υποθέσεις μπορεί να προκύψουν από αυτή τη γενική υπόθεση. Μια ειδικότερη υπόθεση την οποία μπορούμε να διατυπώσουμε είναι ότι για να έχουμε αυτού του τύπου τις απόψεις χρειάζεται μια συγκροτημένη αντίληψη για το αναλυτικό πρόγραμμα και τη διδασκαλία των φυσικών επιστημών καθώς και προσεκτικά επιλεγμένους διδακτικούς στόχους, όπως στη συγκεκριμένη περίπτωση. Τέτοιες αντιλήψεις που προσομοιάζουν με την περιγραφόμενη εδώ αντίληψη είναι αυτές των Monk & Osborne (1997) και του ευρωπαϊκού προγράμματος HIPST (Höttecke, Henke & Riess, 2012), οι οποίες εστιάζουν στη γνωστική πρόοδο των μαθητών. Μάλιστα, η γνωστική διάσταση στην εκτίμηση της αξίας της αφηγηματικής μεθόδου φαίνεται να παίζει όλο και μεγαλύτερο ρόλο, όταν οι μαθητές αντιλαμβάνονται άμεσα (με την ανακοίνωση του διδακτικού συμβολαίου από τον εκπαιδευτικό) ή έμμεσα (μέσα από τις προτεινόμενες δραστηριότητες γύρω από την αφήγηση) ότι ο βασικός στόχος της σχετικής διδασκαλίας είναι η οικοδόμηση στοιχείων της σχολικής επιστημονικής γνώσης. Μπορούμε επίσης να υποθέσουμε ότι η αφηγηματική προσέγγιση μέσω μικρών ιστοριών εμπνευσμένων από την Ιστορία των φυσικών επιστημών οδηγεί στην οικοδόμηση απόψεων που σχετίζονται με την πολιτισμική διάσταση αυτής της γνώσης, όπως για παράδειγμα, προτείνεται στο διδακτικό μοντέλο του Wandersee (1992), όταν επιδιώκεται ταυτόχρονα η ανάπτυξη πολιτισμικού και εννοιολογικού ενδιαφέροντος από τη μεριά των μαθητών.

8.4 Επίλογος

Τα περίφημα κείμενα του Γαλιλαίου *Διάλογος αναφορικά με τα δύο βασικά συστήματα του κόσμου και Θεωρίες και μαθηματικές αποδείξεις σχετικές με δύο νέες επιστήμες* τα οποία έχουν διαλογικό χαρακτήρα και θεατρική δομή είναι δύο αρχετυπικά κείμενα της αφηγηματικής προσέγγισης της επιστήμης. Είναι κείμενα επιστημονικά τα οποία θεμελιώνουν τη σύγχρονη επιστήμη της Φυσικής και συγχρόνως κείμενα διάδοσης της επιστήμης στο ευρύ κοινό. Με το πέρασμα του χρόνου, τα επιστημονικά κείμενα, είτε στο επίπεδο της έρευνας είτε στο επίπεδο της εκπαίδευσης, γίνονται ανιστορικά αποκρύπτοντας την επιστήμη εν τω γεννάσθαι, ενώ συγχρόνως αλλάζουν σημειωτικό χαρακτήρα, σταματούν να «αφηγούνται» την επιστήμη και γίνονται περιγραφικά, παρουσιάζοντας ένα ήδη διαρθρωμένο σώμα προβλημάτων, δεδομένων και θεωριών. Στο κεφάλαιο αυτό προ-

σπαθήσαμε να τεκμηριώσουμε την άποψη ότι είναι δυνατή η επαναφορά της αφηγηματικής προσέγγισης της επιστήμης τόσο στον γραπτό όσο και στον προφορικό λόγο στην εκπαίδευση. Οι ερευνητικές εργασίες στις οποίες αναφερθήκαμε προσφέρουν επιστημολογικά (η αφηγηματική προσέγγιση της επιστημονικής γνώσης αποτελεί ενδογενές στοιχείο στη διαδικασία συγκρότησής της), ψυχολογικά (η αφήγηση ως διαδικασία απόδοσης νοήματος στην ανθρώπινη εμπειρία ως τρόπος οργάνωσης των γνώσεων) και παιδαγωγικά (η συμβατότητα της αφηγηματικής πρακτικής με την επιστημονική εξήγηση καθώς και με τη γνωστική και συναισθηματική πρόοδο των μαθητών σε όλα τα επίπεδα της εκπαίδευσης) επιχειρήματα τα οποία συνηγορούν υπέρ αυτής της άποψης. Συγχρόνως, όμως, αναφερθήκαμε και σε επιστημολογικά (κατάρρευση της συστημικής διάστασης του νοήματος της επιστημονικής γνώσης, κυρίως όταν η αφήγηση συνδέεται με την εκλαΐκευσή της) και γνωστικά (ο «αφηγηματικός» τρόπος εξήγησης της πραγματικότητας από τους μαθητές και φοιτητές), εμπόδια τα οποία χρειάζεται να υπερπηδηθούν, ώστε η αφήγηση να αποτελέσει ένα αποτελεσματικό διδακτικό και επικοινωνιακό εργαλείο για τη διάδοση της επιστημονικής γνώσης σε τυπικά και μη τυπικά εκπαιδευτικά περιβάλλοντα.

Βιβλιογραφικές αναφορές

- Antoine, M. (1982). Le niveau qualitatif dans l'initiation aux sciences physiques. *Bulletin de l'Union des Physiciens*, 643, 783-796.
- Astolfi, J.-P., & Develay, M. (1989). *La didactique des sciences*. Paris: Presses Universitaires de France.
- Avraamidou, L. & Osborne, J. (2009). The role of narrative in communicating science. *International Journal of Science Education*, 31, 12, 1683-1707.
- Βελέντζας, Α., Χαλκιά, Κ., & Σκορδούλης, Κ. (2009). Η αξιοποίηση των νοητικών πειραμάτων στη διδασκαλία των θεωριών της Φυσικής του 20ού αιώνα σε μαθητές του Λυκείου. Η περίπτωση του «ανεκκυστήρα του Αϊνστάιν». Στα *Πρακτικά του 9ου Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και εφαρμογής των Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση*, 232-240.
- Bachelard, G. (1980). *La formation de l'esprit scientifique*. Paris: J. Vrin.
- Bensaude-Vincent, B. (2001). A genealogy of the increasing gap between science and the public. *Public Understanding of Science*, 10, 99-113.
- Bruner, J. (1997). *Πράξεις νοήματος*. Αθήνα: Ελληνικά Γράμματα.
- Bruner, J. (2007). *Ο πολιτισμός της εκπαίδευσης*. Αθήνα: Ελληνικά Γράμματα.
- Clough, M.P. (2011). The story behind the science: Bringing science and scientists to life in post-secondary science education. *Science & Education*, 20, 701-717.
- Clough, M.P. (2020). Using stories behind the science to improve understanding of nature of science, science content, and attitudes toward science. In W.F. McComas (Ed.), *Nature of science in science instruction*, Springer, 513-525.
- Δαπόντες, Ν., Κασσέτας, Α., Μουρίκης, Σ., & Σκιαθίτης, Μ. (1984). *Φυσική Ενιαίου Πολυκλαδικού Λυκείου*. Αθήνα: ΟΕΔΒ.
- Δόσης, Σ. (2014). *Σχεδίαση και αξιολόγηση ακολουθίας διδακτικών εννοιών στα πλαίσια της καινοτομικής και εποικοδομητικής αντίληψης για το αναλυτικό πρόγραμμα φυσικών επιστημών: Η περίπτωση της διδασκαλίας του εκκρεμούς στο Γυμνάσιο*. Διδακτορική διατριβή. ΤΕΕΑΠΗ Παν/μίου Πατρών.
- Daane, A.R., Wells, L., & Scherr, R.E. (2014). Energy theatre. *The Physics Teacher*, 52, 291-294.
- Egan, K. (2005). *Ο πεπαιδευμένος νους*. Αθήνα: Ατραπός.
- Egan, K., Cant, A., & Judson, G. (Eds.) (2014). *Wonder-full education. The centrality of wonder in teaching and learning across the curriculum*. Springer.
- Hadzigeorgiou, Y., & Garganourakis, V. (2010). Using Nikola Tesla's story and experiments, as presented in the film "The Prestige", to promote scientific inquiry. *Interchange*, 41, 363-378.
- Hadzigeorgiou, Y. (2014). Reclaiming the value of wonder in science education. In K. Egan, A. Cant & G. Judson (Eds.), *Wonder-full education. The centrality of wonder in teaching and learning across the curriculum*. Springer, 40-65.
- Hadzigeorgiou, Y. (2016). *Imaginative science education. The central role of imagination in science education*. Springer.
- Heering, P. (2010). False friends: What makes a story inadequate for science teaching? *Interchange*, Vol. 41(4), 323-333.
- Hottecke, D, Henke, A., & Riess, F. (2012). Implementing History and Philosophy in science teaching: Strategies, methods, results and experiences from the European HIPST project. *Science & Education*.
- Irwin, A.R. (2000). Historical case studies: Teaching the nature of science in context. *Science Education*, 84, 5-26.
- Jurdant, B. (2009). *Les problèmes théoriques de la vulgarisation scientifique*. Paris: Archives contemporaines.
- Κολιόπουλος, Δ., & Αραπάκη, Ξ. (2013). Αρχές σχεδιασμού εικονογραφημένων κειμένων για τις φυσικές επιστήμες στην προσχολική και πρωτοβάθμια εκπαίδευση. Εργασία στην *Ημερίδα «Η εικονογράφηση των κειμένων»*, Μουσείο Πλινθοκεραμοποιίας Ν. & Σ. Τσαλαπάτα, Βόλος.
- Κολιόπουλος, Δ., Δόσης, Σ., & Σταμούλης, Ε. (2005). Η χρήση κειμένων από την ιστορία των φυσικών επιστημών στη διδασκαλία: Εφαρμογές στα πλαίσια της «καινοτομικής» και της «εποικοδομητικής» αντίληψης για το αναλυτικό πρόγραμμα φυσικών επιστημών, Στο Κ. Σκορδούλης & Ε. Νικολαΐδης (Επιμ.), *Πρακτικά 3ου Πανελληνίου Συνεδρίου Ιστορίας, Φιλοσοφίας και Διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών*. Αθήνα: Ελληνικά Γράμματα, 192-198.

- Κολιόπουλος, Δ. (2006). *Θέματα Διδακτικής Φυσικών Επιστημών. Η συγκρότηση της σχολικής γνώσης*. Αθήνα: Μεταίχμιο.
- Κολιόπουλος, Δ. (2017). *Η διδακτική προσέγγιση του μουσείου φυσικών επιστημών*. Αθήνα: Μεταίχμιο.
- Κουλαϊδής, Β., Αποστόλου, Α., & Καμπουράκης, Κ. (Επιμ.) (2008). *Η φύση των επιστημών. Διδακτικές προσεγγίσεις*. Αθήνα: Child Services.
- Kalogiannakis, M., Nirgianaki, G-M., & Papadakis, S. (2018). Teaching magnetism to preschool children: The effectiveness of picture story reading. *Early Childhood Education Journal*, 46, 535–546.
- Kampeza, M., & Delsérieys, A. (2019). Approaching change of state in early childhood education: the design of a teaching intervention based on storytelling. *Educational Journal of the University of Patras UNESCO Chair*, 6(1), 89-98.
- Kanderakis, N., Dossis, S., & Koliopoulos, D. (2011). Teachers' conceptions about the implementation of a HPS sequence concerning the movement of a simple pendulum, In F. Seroglou, V. Koulountzos & A. Siatras (Eds.), *Proceedings of the 11th International IHPST and 6th Greek History, Philosophy and Science Teaching Joint Conferences*. Thessaloniki: Epikentro 394-396.
- Kapsala, N., & Mavrikaki, E. (2020). Storytelling as a pedagogical tool in nature of science instruction. In W. F. McComas (Ed), *Nature of science in science instruction*, Springer, 485-512.
- Klassen, S. (2006). The science thought experiment: How might it be used profitably in the classroom? *Interchange*, 37(1-2), 77-96.
- Klassen, S. (2010). The relation of story structure to a model of conceptual change in science learning. *Science & Education*, 19, 305–317.
- Koliopoulos, D., Dossis, S., & Stamoulis, E. (2007). The use of history of science texts in teaching science: Two cases of an innovative, constructivist approach, *The Science Education Review*, 6(2), 44-56.
- Koliopoulos, D. (2015). [Book Review] K. Egan, A. Cant & G. Judson (Eds.): Wonder-full education: The centrality of wonder in teaching and learning across the curriculum. *Science & Education*, 24(4), 459-461.
- Λέτση, Α., & Σέρογλου, Φ. (2017). Σχεδιασμός και ανάλυση ενός διαδικτυακού καναλιού με ταινίες slow-mation για τις φυσικές επιστήμες. Στο Φ. Σέρογλου (Επιμ.), *Ανοίγοντας την επιστήμη στην κοινωνία*. Θεσσαλονίκη: University Studio Press, 191-218.
- Lévy-Leblond, J.-M. (2004). *Science in Want of Culture*. Futuribles.
- Μέλη, Κ., & Κολιόπουλος, Δ. (2016). Μια καινοτομική αντίληψη για τη διδασκαλία της Φυσικής: ανάκλαση, φύση και διάδοση του φωτός - ο σεληνιακός ανακλαστήρας. Στο Θ. Πιερράτος, Π. Κουμαράς και Χ. Πολάτογλου (Επιμ), *Πρακτικά Πανελληνίου Συνεδρίου "Διδακτικές προσεγγίσεις και πειραματική διδασκαλία στις Φυσικές Επιστήμες"*, ΠΤΔΕ, Αριστοτέλειο Παν/μιο Θεσσαλονίκης, 579-587.
- Μπαλτάς, Α. (1984). Η "νοηματική αυτονομία" των θεωριών της φυσικής και το πρόβλημα της εκλαΐκευσης. Στο *Αμνητός*. Κέντρο Μικρασιατικών Σπουδών, 111-124.
- Martinand, J-L. (1993). Histoire et didactique de la physique et de la Chimie: quelles relations? *Didaskalia*, 2, 89-99.
- Matthews, M. (2011). *Χρόνος για φυσικές επιστήμες*. Θεσσαλονίκη: Επίκεντρο.
- McComas, W.F. (2020). (Ed) *Nature of science in science instruction*. Springer.
- Millar, R., & Osborne, J. F. (1998). *Beyond 2000: Science education for the future*. London: King's College London, School of Education.
- Monk, M., & Osborn, 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.
- Norris, S.P., Guilbert, S.M., Smith, M.L., Hakimelahi, D., & Phillips, L.M. (2005). A theoretical framework for narrative explanation in science. *Science Education*, 89, 535–563.
- Orange-Ravachol, D., & Triquet, E. (2007). Sciences et récits, des rapports problématiques. *Aster*, 44, 7-22.
- Ποτηριάδου, Ε., & Κολιόπουλος, Δ. (2017). Σχεδιασμός και χρήση κειμένων από την ιστορία της επιστήμης σε μια εισαγωγική διδασκαλία της ραδιενέργειας στο λύκειο. Στο Δ. Πετάκος & Κ. Στεφανίδη (Επιμ.), *Πρακτικά 9ου Πανελληνίου Συνεδρίου Ιστορίας, Φιλοσοφίας και Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών*, 349-357, Τμήμα Ιστορίας και Φιλοσοφίας της Επιστήμης, ΕΚΠΑ.
- Pantidos, P., Spathi, K., & Vitoratos, E. (2001). The use of drama in science education: The case of «Blegdamsvej Faust», *Science and Education*, 10, 107-117.
- Paraskevopoulou, E., & Koliopoulos, D. (2011). Teaching the nature of science through the Millikan-Ehrenhaft dispute. *Science & Education*, 20(10), 943-960.

- Piliouras, P., Siakas, & Seroglou, F. (2011). Pupils produce their own narratives inspired by the History of Science: Animation movies concerning the geocentric–heliocentric debate. *Science & Education*, 20, 761–795.
- Ραβάνης, Κ. (2016). *Εισαγωγή στη διδακτική και τη διδασκαλία των φυσικών επιστημών*. Εκδόσεις Νέων Τεχνολογιών.
- Revue du Palais de la Découverte (1994). La science et le public. Palais de la Découverte, 27-41.
- Σέρογλου, Φ. (2002). Ο Γαλιλαίος, ο Μπρεχτ και οι φυσικές επιστήμες για την εκπαίδευση του πολίτη. *Πρακτικά 3^{ου} Πανελληνίου Συνεδρίου «Διδακτική των φυσικών επιστημών και εφαρμογή νέων τεχνολογικών στην εκπαίδευση»*, ΠΤΔΕ Παν/μίου Κρήτης.
- Σέρογλου, Φ. (2017). Φυσικές επιστήμες και πολιτισμός: Κινηματογραφικές αφηγήσεις στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών. Στο Φ. Σέρογλου (Επιμ.), *Ανοίγοντας την επιστήμη στην κοινωνία*. Θεσσαλονίκη: University Studio Press, 39-63.
- Stinner, A., McMillan, B.A., Metz, D., Jilek, J.M., & Klassen, S. (2003). The renewal of case studies in science education. *Science & Education* 12, 617–643.
- Triquet, E. (2007). Élaboration d'un récit de fiction et questionnement scientifique au musée. *Aster*, 44, 107-134.
- Wandersee, J.H. (1992). The historicity of cognition: Implications for science education research. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(4), 423-434.
- Viennot, L. (2007). La physique dans la culture scientifique: entre raisonnement, récit et rituels. *Aster*, 44, 23-40.
- Χατζηγεωργίου, Γ. (2002). Αφήγηση και μάθηση: Θεωρητική θεμελίωση και πρακτικές ιδέες για τη διδασκαλία. Στο Μ. Καΐλα, Φ. Καλαβάσης & Ν. Πολεμικός (Επιμ.), *Μύθοι, μαθηματικά, πολιτισμοί: Αποσιωπημένες σχέσεις στην εκπαίδευση*. Αθήνα: Ατραπός, 105-129.

Δραστηριότητες

1. Εκπονήστε μια μικρή έρευνα σχετική με αφηγήματα που εμφανίζονται σε παλαιότερα ή νεότερα εγχειρίδια φυσικών επιστημών. Πιο συγκεκριμένα, διερευνήστε το είδος, τους στόχους, το περιεχόμενο και τη μέθοδο εισαγωγής αυτών των αφηγημάτων στη διδασκαλία.
2. Επιλέξτε μια διδακτική ενότητα της αρεσκείας σας και προσπαθήστε, κατά το πρότυπο της ενότητας 8.3, να δημιουργήσετε μια διδακτική παρέμβαση με στοιχεία αφήγησης. Να δικαιολογήσετε την εισαγωγή των αφηγηματικών στοιχείων στο σχέδιο παρέμβασης που θα προτείνετε.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9

Εκπαιδευτικά προγράμματα που περιλαμβάνουν επισκέψεις στο Μουσείο Επιστήμης και Τεχνολογίας: Ένα πλαίσιο έρευνας

Δημήτρης Κολιόπουλος

Σύνοψη

Στο παρόν κεφάλαιο πρόκειται να παρουσιαστούν η δομή, τα χαρακτηριστικά και η λειτουργικότητα ενός πλαισίου έρευνας σχετικής με τον σχεδιασμό και την υλοποίηση εκπαιδευτικών προγραμμάτων τα οποία περιλαμβάνουν επισκέψεις στο μουσείο επιστήμης και τεχνολογίας και τα οποία απευθύνονται κυρίως σε μαθητές προσχολικής και πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης με κύριο στόχο τη γνωστική πρόοδό τους, δηλαδή την οικοδόμηση στοιχείων της επιστημονικής γνώσης. Ουσιαστικά πρόκειται για ένα πλαίσιο ανάλυσης, σχεδιασμού και αξιολόγησης της διδακτικής προσέγγισης του μουσείου επιστήμης και τεχνολογίας από την τυπική εκπαίδευση (πανεπιστήμιο, σχολείο). Καταρχάς, θα παρουσιαστούν συνοπτικά οι μηχανισμοί μετασχηματισμού της επιστημονικής γνώσης αναφοράς σε γνώση προς διάδοση και διδασκαλία στο μουσείο και στο σχολείο. Στη συνέχεια, θα περιγραφούν τα τέσσερα στοιχεία-είσοδοι πληροφοριών στη βάση των οποίων μπορεί να σχεδιαστούν οι στόχοι και το περιεχόμενο αυτών των προγραμμάτων. Τέλος, θα παρουσιαστούν ερευνητικές προσπάθειες σχετικές με τον σχεδιασμό και την αξιολόγηση προγραμμάτων οι οποίες εκπονούνται από το Εργαστήριο Διδακτικής των Θετικών Επιστημών του Τμήματος Επιστημών της Εκπαίδευσης και Αγωγής στην Προσχολική Ηλικία (ΤΕΕΑΠΗ) του Πανεπιστημίου Πατρών.

Προαπαιτούμενη γνώση

Desvallées, A., & Mairesse, F. (2014). *Βασικές έννοιες της Μουσειολογίας*. Armand Colin, ICOM.

Κολιόπουλος, Δ. (2017). *Η διδακτική προσέγγιση του μουσείου φυσικών επιστημών*. Αθήνα: Μεταίχμιο.

9.1 Ο διδακτικός μετασχηματισμός στις τυπικές, άτυπες και μη τυπικές μορφές εκπαίδευσης

Η έννοια του διδακτικού μετασχηματισμού, την οποία συναντάμε και σε άλλα κεφάλαια, σχετίζεται με το σύνολο των τροποποιήσεων που υφίσταται η επιστημονική γνώση, όταν πρόκειται να αποτελέσει αντικείμενο διδασκαλίας στο πλαίσιο ενός τυπικού εκπαιδευτικού συστήματος. Τα βασικά στοιχεία του διδακτικού μετασχηματισμού, ανεξάρτητα από το αν πρόκειται για μια ασυνείδητη διαδικασία, όπως συμβαίνει τις περισσότερες φορές ή, αν το αντικείμενο διδασκαλίας προκύπτει από συστηματική διδακτική ανάλυση, είναι η «αποπλαισίωση» και η «αναπλαισίωση» της επιστημονικής γνώσης (Arsac, Chevallard, Martinand & Tiberghien, 1994; Κολιόπουλος 2006). Το αντικείμενο διδασκαλίας υφίσταται αποπλαισίωση, αφού η γνώση έχει εξαχθεί από το επιστημολογικό περιβάλλον μέσα στο οποίο γεννήθηκε και οι πραγματικές διαδικασίες που οδήγησαν στη συγκρότηση της γνώσης στο επίπεδο της επιστήμης διαγράφονται. Η αναπλαισίωση της επιστημονικής γνώσης έχει σχέση με τις απαιτήσεις και τους περιορισμούς που θέτει το εκπαιδευτικό πλαίσιο, όπως, π.χ. η απαίτηση να οριστεί μια ακολουθία μέσα στον χρόνο για το αντικείμενο διδασκαλίας (σειρά μαθημάτων) και οι προτεραιότητες που θέτει ο εκπαιδευτικός, όταν χειρίζεται το αντικείμενο προς διδασκαλία μέσα στην τάξη. Έτσι, για παράδειγμα, το εννοιολογικό περιεχόμενο μπορεί να μεταβληθεί και οι σχέσεις τους να ανασυντεθούν σε σχέση με το δίκτυο εννοιών που αποτελούν το εννοιολογικό πλαίσιο αναφοράς, αφού πρέπει να κατακερματιστούν σε μια ακολουθία ενοτήτων. Δημιουργείται, λοιπόν, ένα καινούριο τεχνητό επιστημολογικό πλαίσιο, μια «εκπαιδευτική επιστημολογία» με εντελώς διαφορετικά χαρακτηριστικά απ' αυτήν που χαρακτηρίζει την επιστημονική γνώση αναφοράς (Astolfi & Develay 1989). Το αναλυτικό πρόγραμμα φυσικών επιστημών αποτελεί το δομικό στοιχείο αυτού του νέου πλαισίου, δηλαδή της σχολικής επιστημονικής γνώσης και αναλαμβάνει να διατηρήσει τη *συνοχή* και την *επιστημολογική εγκυρότητα* της γνώσης αναφοράς, έστω και αν αυτό μπορεί να επιτευχθεί σε διάφορα επίπεδα διατύπωσης, όπως, π.χ. σε μια πιο ποιοτική μορφή με την απλοποίηση του μαθηματικού υπόβαθρου της (δείτε το κεφάλαιο 8).

Όταν όμως η επιστημονική γνώση αναφοράς καθίσταται αντικείμενο διάδοσης εντός των μουσείων επι-

στήμης και τεχνολογίας, τότε η διαδικασία μετασχηματισμού της λαμβάνει μια διαφορετική μορφή γνωστή, κυρίως στη γαλλόφωνη ερευνητική παράδοση, με το όνομα *διαμεσολαβητικός μετασχηματισμός* (Guichard & Martinand, 2000). Στην περίπτωση αυτή, όπου η αποπλαισιωμένη γνώση εμφανίζεται στα εκθέματα και τις εκθέσεις του Μουσείου Επιστήμης και Τεχνολογίας (MET) τα οποία συνοδεύονται από οπτικοακουστικά και ηλεκτρονικά μέσα επικοινωνίας, μιλάμε για εκλαϊκευτική γνώση η οποία στοχεύει να φέρει σε επαφή το ευρύ κοινό (και συνεπώς εξ' ορισμού μη εξειδικευμένο) με αντικείμενα, φαινόμενα και ιδέες των φυσικών επιστημών. Για να το κατορθώσει αυτό, ένας κατασκευαστής μιας έκθεσης θα πρέπει να μετασχηματίσει με τέτοιο τρόπο το αρχικό επιστημονικό αντικείμενο, ώστε το κοινό να αποδώσει ένα άμεσο νόημα σ' αυτό, κάτι που δεν μπορεί να επιτευχθεί χωρίς αναφορά στις οικείες για το κοινό καθημερινές γνώσεις και κοινωνικές πρακτικές. Επίσης, η γνώση αυτή οφείλει να είναι ανεκδοτολογική και πολλές φορές αφηγηματική (δείτε το κεφάλαιο 8), ώστε να δημιουργηθούν το ενδιαφέρον, η επιθυμία και εν δυνάμει η κινητοποίηση του επισκέπτη στο πλαίσιο μιας δράσης, για να αποδοθεί τελικά το επιδιωκόμενο άμεσο νόημα στα εκθέματα και τις εκθέσεις. Εν τέλει, η επιστημονική γνώση αναπλαισιώνεται στο μουσείο όχι μόνο ως επιστημονικό περιεχόμενο αλλά και ως επικοινωνιακό μέσο και μουσειογραφική δομή/σκηνοθεσία (Guichard & Martinand, 2000; Κολιόπουλος, 2017, σ. 96-97). Αποτέλεσμα του σύνθετου αυτού μετασχηματισμού που υφίσταται η επιστημονική γνώση μέσω του μηχανισμού της εκλαϊκευσης είναι να καθίσταται μια γνώση με εντελώς διαφορετικά επιστημολογικά και μορφολογικά χαρακτηριστικά από αυτά της γνώσης αναφοράς. Πολλές φορές αποβαίνει μια γνώση για την επιστήμη και όχι γνώση περί επιστήμης, μια γνώση *αυτόνομη* σε σχέση με τη γνώση αναφοράς και γι' αυτό διαφορετική από αυτήν. Αυτοί, ενδεχομένως, είναι μερικοί από τους λόγους που νομιμοποιούν τον μηχανισμό της εκλαϊκευσης ως έναν σχετικά αξιόπιστο τρόπο διάδοσης της επιστημονικής γνώσης, για όσους αποδεχόμαστε, βεβαίως, ότι η προκύπτουσα γνώση δεν είναι μια γνώση που παρουσιάζει ορισμένα κενά και αρκεί να διορθωθούν οι ατέλειες και τα λάθη της, ώστε ν' αποκτήσει και αυτή το status της επιστημονικής γνώσης ή της σχολικής εκδοχής της.

Ένα ιδιαίτερο αλλά θεμελιώδες χαρακτηριστικό του διαμεσολαβητικού μετασχηματισμού της επιστημονικής γνώσης στα μουσεία, όπου τα μέσα διάδοσης παίζουν καθοριστικό ρόλο στην πρόσληψή της από το κοινό, είναι ότι δεν υπάρχει, συνήθως, ο ανθρώπινος παράγοντας ως διαμεσολαβητής αυτής της γνώσης, όπως συμβαίνει στην τυπική εκπαίδευση με τον εκπαιδευτικό. Στην περίπτωση, λοιπόν, των ελεύθερων επισκέψεων στο μουσείο ο εκπαιδευτικός χαρακτήρας λαμβάνει τη μορφή της λεγόμενης άτυπης μορφής εκπαίδευσης την οποία συναντούμε και σε άλλου τύπου δραστηριότητες όπου επικοινωνείται η επιστημονική γνώση, όπως η αυθόρμητη ενασχόληση με τεχνολογικά φαινόμενα ή προβλήματα στο σπίτι ή στον χώρο εργασίας, η ανάγνωση επιστημονικών άρθρων στις εφημερίδες ή σε εξειδικευμένα περιοδικά, η παρακολούθηση τηλεοπτικών προγραμμάτων με επιστημονικό περιεχόμενο ή εκλαϊκευτικών διαλέξεων επιστημόνων. Είναι, πάντως, αμφίβολο αν μέσω του διαμεσολαβητικού μετασχηματισμού των μουσειακών εκθέσεων και των άτυπων μορφών εκπαίδευσης είναι δυνατόν να επιτευχθούν αυτά που, καταρχήν, επιδιώκει η εκλαϊκευση, δηλαδή η οικοδόμηση επιστημολογικά έγκυρων στοιχείων της επιστημονικής γνώσης και η ανάπτυξη αποτελεσματικής επιστημονικής καλλιέργειας. Σύμφωνα με τον Μπαλτά (1984), όπως έχουμε επισημάνει και αλλού στο παρόν σύγγραμμα, η εκλαϊκευτική γνώση μπορεί να οδηγεί σε παραδοξολογίες ή να μην είναι καν εφικτή. Ο κίνδυνος, δηλαδή, είναι η επιστημονική γνώση να εμφανιστεί ως νέος μύθος που θα οδηγεί στο δέος, θα καλλιεργεί τη σχέση με την άγνοια, θα δημιουργεί αρνητικές στάσεις προς αυτή ή/και θα παραμένει απλώς ένα πρόσχημα για ψυχαγωγία. Γι' αυτό οι σχεδιαστές εκθέσεων, σε συνεργασία πολλές φορές με ερευνητές της Διδακτικής των φυσικών επιστημών φροντίζουν στον σχεδιασμό να λαμβάνουν υπόψη τους τις γνωστικές ιδιαιτερότητες του κοινού στο οποίο απευθύνονται, όπως για παράδειγμα στον σχεδιασμό εκθέσεων για παιδιά προσχολικής ηλικίας (Guichard, 1998).

Τι συμβαίνει, όμως, όταν οι δυσκολίες της διάδοσης της επιστημονικής γνώσης που απορρέουν από τη φύση της διαδικασίας του διαμεσολαβητικού μετασχηματισμού της επιστημονικής γνώσης αναφοράς σε εκλαϊκευτική γνώση στο μουσείο γίνονται ακόμη μεγαλύτερες στην περίπτωση του σχολικού κοινού, αφού πρόκειται για ένα κοινό το οποίο επισκέπτεται το μουσείο οργανωμένα με στόχο να προσεγγίσει τα εκθέματα και τις εκθέσεις υποχρεούμενο να τη συσχετίσει με την αντίστοιχη σχολική επιστημονική γνώση; Ποια είναι τότε τα χαρακτηριστικά της διαδικασίας μετασχηματισμού της επιστημονικής γνώσης αναφοράς; Ποια μορφή παίρνει η αντίστοιχη διδακτική διαδικασία, ιδιαίτερα στην περίπτωση που αναπτύσσεται μια ουσιαστική συνεργασία ανάμεσα στο σχολείο και το μουσείο; Και ποιες είναι οι θέσεις της έρευνας στο πλαίσιο της Διδακτικής των φυσικών επιστημών για το ζήτημα αυτό; Οι απαντήσεις στα ερωτήματα αυτά δεν είναι εύκολες, ούτε αποτελεί στόχο του παρόντος κεφαλαίου μια διεξοδική συζήτησή τους. Εδώ περιοριζόμαστε να επισημάνουμε ότι για

την πραγμάτευσή τους διάφοροι ερευνητές προχώρησαν σε μια αναδιάρθρωση του περιεχομένου των όρων «διδασκαλικός μετασχηματισμός», ο οποίος αναφέρεται στη διδασκαλία και τη μάθηση της σχολικής επιστημονικής γνώσης σε τυπικά εκπαιδευτικά περιβάλλοντα και «διαμεσολαβητικός μετασχηματισμός» ο οποίος αναφέρεται στη διάδοση μιας εκλαϊκευτικής μορφής της επιστημονικής γνώσης στα μουσεία επιστήμης και τεχνολογίας μέσω των εκθέσεών τους, ώστε να συμπεριλάβουν τις εκπαιδευτικές καταστάσεις και τις παιδαγωγικές προσεγγίσεις εντός των μουσείων. Για παράδειγμα, η ερευνητική ομάδα του εργαστηρίου GREM του πανεπιστημίου UQAM στο Μόντρεαλ⁴⁶ ανέπτυξε ένα μοντέλο χρησιμοποίησης του μουσείου για παιδαγωγικούς σκοπούς (Allard, Boucher & Forest, 1994; Allard, Larouche, Meunier & Thibodeau, 1998) το οποίο, μάλιστα, έχει υιοθετηθεί και στις ερευνητικές εργασίες που θα παρουσιάσουμε στην ενότητα 9.4. Έτσι, ο χώρος του μουσείου εκτός από χώρος επικοινωνίας της επιστήμης και της τεχνολογίας μετατρέπεται, συγχρόνως, και σε χώρο εκπαίδευσης με αποτέλεσμα η έννοια του διδασκαλικού μετασχηματισμού να αποκτήσει νέο περιεχόμενο μέσα σε ένα νέο εκπαιδευτικό περιβάλλον στο οποίο μεταφέρεται, το οποίο αποκαλείται συνήθως «μη τυπικό εκπαιδευτικό περιβάλλον». Ο Triquet (2000, 2005) διερευνώντας αυτό το νέο περιεχόμενο του όρου, υποστηρίζει ότι η συνθήκη της επίσκεψης στο μουσείο καταλήγει στη «συνάντηση» των δύο μορφών μετασχηματισμού της επιστημονικής γνώσης, του διαμεσολαβητικού μετασχηματισμού που προτείνεται ως «εκθεσιακή γνώση» και του διδασκαλικού μετασχηματισμού που απαιτείται από το αναλυτικό πρόγραμμα του σχολείου ως «σχολική γνώση». Καταλυτικός παράγοντας σε αυτήν τη συνάντηση καθίσταται ο εκπαιδευτικός ή ο ερευνητής ο οποίος εκπονεί παιδαγωγική έρευνα⁴⁷ ο οποίος είναι υποχρεωμένος να συνδυάσει τα δύο πλαίσια μετασχηματισμού της γνώσης, ώστε αφενός αυτά να είναι συμβατά μεταξύ τους και αφετέρου να οδηγούν πράγματι στην οικοδόμηση μιας γνώσης που προέρχεται και από τα δύο πλαίσια. Αυτό με τη σειρά του απαιτεί εκ μέρους του εκπαιδευτικού την αποπλαισίωση της ανεκδοτολογικής, τις περισσότερες φορές, γνώσης που προτείνεται από το εκθεσιακό περιβάλλον του μουσείου και ενδεχομένως την αναπλαισίωσή της με τρόπο ώστε να ενταχθεί ομαλά και να συμβαδίσει με τη γνώση του αναλυτικού προγράμματος, η οποία απαιτεί δομημένα περιεχόμενα και γενικεύσεις. Η διαδικασία αυτή είναι δυνατόν να συμβεί κατά τη διάρκεια της επίσκεψης (η οποία πολλές φορές συνοδεύεται από την παρακολούθηση εκ μέρους των μαθητών ενός εκπαιδευτικού προγράμματος το οποίο προσφέρεται από το μουσείο) ή και εκτός του μουσείου στις φάσεις της προετοιμασίας μιας επίσκεψης και της εργασίας που θα πραγματοποιηθεί μετά την επίσκεψη στον σχολικό χώρο. Από την άλλη μεριά, το εγχείρημα της συγκρότησης εκ μέρους του εκπαιδευτικού ή του ερευνητή ο οποίος εκπονεί παιδαγωγική έρευνα των κατάλληλων συνθηκών που θα επιτρέψουν στους μαθητές να εμπλακούν σε μια οικοδόμηση επιστημονικής γνώσης σε σχέση με το μουσείο μπορεί να καταλήξει σε αποτυχία, αν δεν ληφθεί υπόψη το ιδιαίτερο περιεχόμενό του, ούτως ειπείν «διαμεσολαβητικού-διδασκαλικού» μετασχηματισμού της επιστημονικής γνώσης που λαμβάνει χώρα σε μη τυπικά εκπαιδευτικά περιβάλλοντα, όπως αυτό του μουσείου επιστήμης και τεχνολογίας. Η έννοια αυτή αποτελεί, συνεπώς, το βασικό θεωρητικό υπόβαθρο για το βασικό ζήτημα που θα απασχολήσει το παρόν κεφάλαιο, δηλαδή την ανάδειξη ενός πλαισίου σχεδιασμού και αξιολόγησης εκπαιδευτικών προγραμμάτων που περιλαμβάνουν επισκέψεις σε μουσεία επιστήμης και τεχνολογίας και απευθύνονται κυρίως σε παιδιά προσχολικής και πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης.

9.2 Ένα πλαίσιο για τον σχεδιασμό και την αξιολόγηση εκπαιδευτικών επισκέψεων στο μουσείο

Το πλαίσιο για τον σχεδιασμό και την αξιολόγηση εκπαιδευτικών επισκέψεων στο μουσείο, όπως έχει ήδη γίνει αντιληπτό, βασίζεται στη γαλλόφωνη παράδοση της Διδακτικής και Μουσειολογίας των φυσικών επιστημών, αν και τα πλεονεκτήματά της συμπληρωματικότητας της διδασκαλίας των φυσικών επιστημών σε τυπικά και μη τυπικά εκπαιδευτικά περιβάλλοντα έχουν αναφερθεί γενικότερα διεθνώς (Guisasola, Morentin & Zuza,

⁴⁶ Τα τελευταία χρόνια η συνεργασία μας με μέλη αυτής της ομάδας έχει γίνει συστηματική. Προϊόν αυτής της συνεργασίας είναι το υπό έκδοση αφιέρωμα *Archeology in the era of scientific mediation* του διεθνούς περιοδικού που εκδίδει το Εργαστήριο Διδακτικής των Θετικών Επιστημών του ΤΕΕΑΠΗ Πανεπιστημίου Πατρών *Review of Science, Mathematics and ICT Education* ([RESMICTE](http://RESMICTE.org), v.16). Το αφιέρωμα αυτό σχετίζεται περισσότερο με το θέμα του κεφαλαίου 10.

⁴⁷ Στο παρόν κεφάλαιο εστιάζουμε, όπως ήδη έχουμε αναφέρει, στη διδακτική προσέγγιση του MET εκ μέρους του τυπικού εκπαιδευτικού συστήματος (σχολείο, πανεπιστήμιο). Συνεπώς, δεν συμπεριλαμβάνονται εδώ ερευνητικές προσεγγίσεις που αφορούν εκπαιδευτικά περιβάλλοντα που διαμορφώνουν τα μουσεία ανεξάρτητα από το σχολείο όπου τον βασικό ρόλο στη διάδοση της επιστημονικής γνώσης έχουν οι επιμελητές εκθέσεων των μουσείων ή μουσειοπαιδαγωγοί.

2005; DeWitt & Osborne, 2007; Achiam & Marandino, 2014; Falomo-Bernarduzzi, Albanesi & Bevilacqua, 2014; Mujtaba, Lawrence, Oliver, & Reiss, 2018). Η ποικιλία των επιδιώξεων ενός σύγχρονου MET αποτελεί έναν βασικό παράγοντα που μπορεί να επηρεάσει τους στόχους και το περιεχόμενο της προσέγγισής του από τη μεριά του τυπικού εκπαιδευτικού συστήματος. Η επαφή με κάποιο τεχνολογικό αντικείμενο ή με ένα επιστημονικό θέμα, η δυνατότητα αυτόνομου χειρισμού τεχνολογικών αντικειμένων και άλλου εποπτικού υλικού, η παρακολούθηση ενός εντυπωσιακού πειράματος από εξειδικευμένο προσωπικό του μουσείου, η δυνατότητα επιλογής μιας συγκεκριμένης διαδρομής στο πλαίσιο της παρακολούθησης μιας έκθεσης, η παρακολούθηση ενός εκπαιδευτικού προγράμματος, είναι διαφορετικές υπηρεσίες τις οποίες τα σύγχρονα μουσεία προσφέρουν στο σχολικό κοινό. Η προσεκτική μελέτη της ποικιλίας εκθεμάτων, αντιλήψεων και εκπαιδευτικών προγραμμάτων υπό το πρίσμα της διαδικασίας του προτεινόμενου διαμεσολαβητικού μετασχηματισμού της επιστημονικής γνώσης από την πλευρά του μουσείου, αποτελεί την πρώτη είσοδο πληροφοριών στην προσπάθεια εκπαιδευτικών και κυρίως ερευνητών να αναλύσουν και αναδείξουν τις *γνωστικές δυνατότητες* που πηγάζουν από αυτή την πολυμορφία μέσω και ιδεών, ώστε να τις χρησιμοποιήσουν στον σχεδιασμό επισκέψεων στο μουσείο και στην αποτελεσματική τους χρήση στη διδασκαλία και μάθηση.

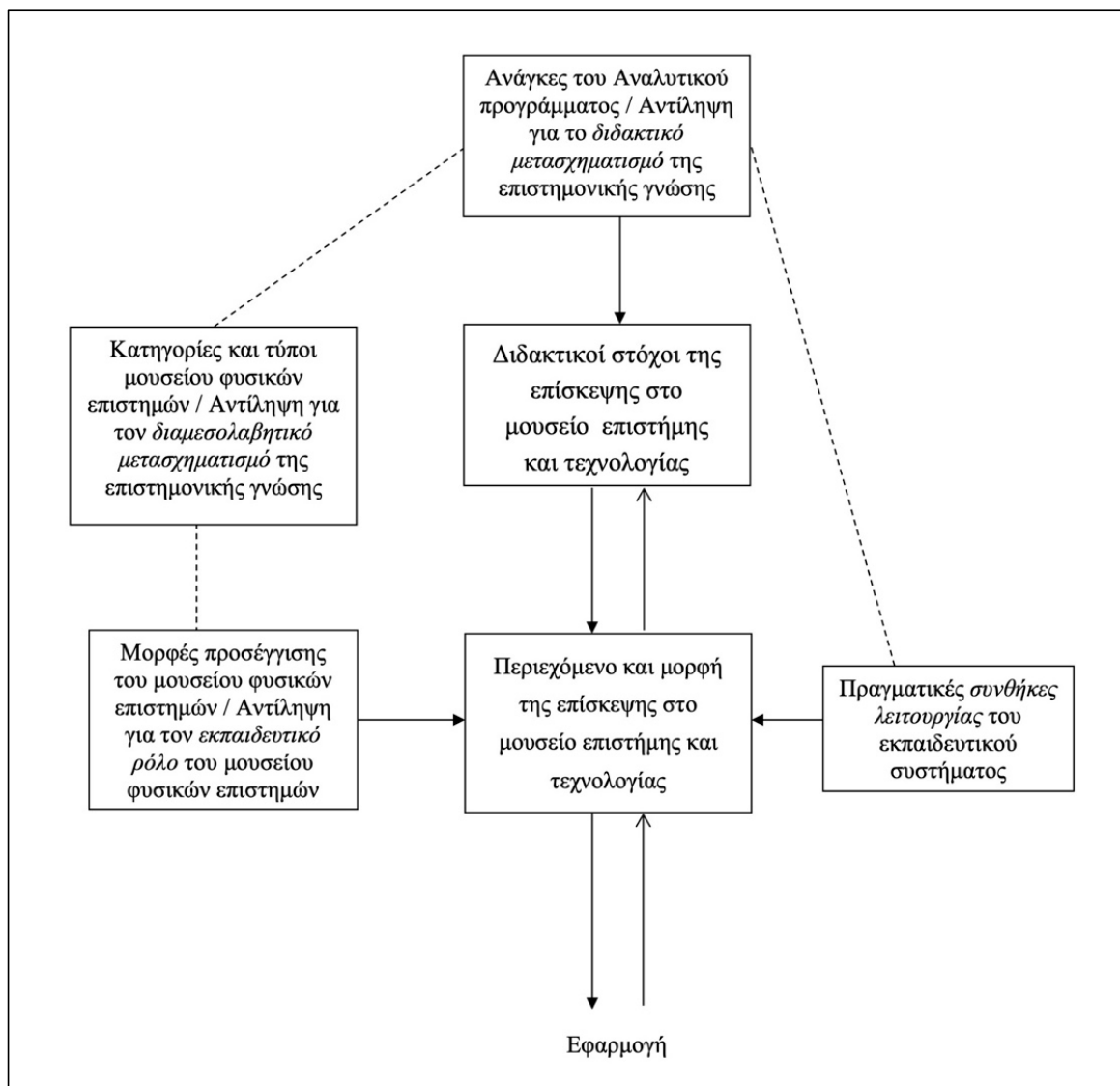
Στην προσπάθεια εκπαιδευτικών και ερευνητών να σχεδιάσουν και αξιολογήσουν επισκέψεις μαθητών στο μουσείο, εκτός από τη διαμόρφωση μιας αντίληψης για το είδος του διαμεσολαβητικού μετασχηματισμού που αυτό προτείνει, είναι η κατανόηση από αυτούς του εκπαιδευτικού ρόλου του μουσείου. Διάφορες τυπολογίες ή μεθοδολογικά εργαλεία που έχουν αναπτυχθεί για τον εντοπισμό του εκπαιδευτικού ρόλου των μουσείων (Bélanger & Meunier, 2011; Gkouskou & Koliopoulos, 2021) μπορούν να βοηθήσουν προς την κατεύθυνση της συλλογής πληροφοριών για αυτό το θέμα. Οι πληροφορίες αυτές είναι σημαντικές, για να προσδιοριστεί ο *βαθμός εμπλοκής* του μουσείου στην επίσκεψη των μαθητών. Για παράδειγμα, εμπλουτισμένες ξεναγήσεις ή εκπαιδευτικά προγράμματα που προσφέρουν τα ίδια τα μουσεία μπορεί να περιορίσουν το πεδίο σχεδιασμού της επίσκεψης από εκπαιδευτικούς και ερευνητές σε αντίθεση με τη μεγαλύτερη ελευθερία σχεδιασμού που προσφέρουν οι ελεύθερες επισκέψεις ή οι επισκέψεις που έχουν προγραμματιστεί σε στενή συνεργασία με το μουσείο (Κολιόπουλος, 1995, 2017).

Μια τρίτη είσοδος πληροφοριών στην προσπάθεια αυτή είναι τα χαρακτηριστικά της σχολικής γνώσης και οι περιορισμοί που τίθενται από το αναλυτικό πρόγραμμα φυσικών επιστημών σε σχέση με την «εκθεσιακή γνώση» που προσφέρει το μουσείο. Ο χειρισμός των περιορισμών αυτών και η συσχέτισή τους με τις ευκαιρίες που αυτό παρέχει από εκπαιδευτικούς και ερευνητές δεν είναι εύκολη υπόθεση, κυρίως, διότι οι εκπαιδευτικοί σκοποί και οι μαθησιακές προσεγγίσεις για καθέναν από τους δύο οργανισμούς (μουσείο/σχολείο) μπορεί άλλοτε να συμπίπτουν, άλλοτε να αλληλοσυμπληρώνονται και άλλοτε να συγκρούονται. Η μελέτη του περιεχομένου του αναλυτικού προγράμματος υπό το πρίσμα της διαδικασίας του διδακτικού μετασχηματισμού της επιστημονικής σε σχολική γνώση είναι αναγκαία για την κατανόηση του *βαθμού συμβατότητας* ανάμεσα στην «εκθεσιακή» και σχολική γνώση.

Τέλος, η συνειδητοποίηση των *πραγματικών συνθηκών λειτουργίας* τόσο του τυπικού εκπαιδευτικού συστήματος όσο και του μουσείου είναι καθοριστικής σημασίας για την αποτελεσματική διδακτική προσέγγιση του μουσείου. Ο παράγοντας «*διδακτικός χρόνος*», για παράδειγμα, μπορεί να ανατρέψει έναν ολοκληρωμένο σχεδιασμό, αν δεν εκτιμηθεί σωστά από εκπαιδευτικούς και ερευνητές. Το ίδιο και η τροποποίηση του διδακτικού συμβολαίου ανάμεσα σε εκπαιδευτικούς και μαθητές που θα προκύψει από τη μετακίνηση σε έναν νέο χώρο εκπαίδευσης όπως είναι το μουσείο (Triquet, 1995). Η ύπαρξη, επίσης, οδηγών μουσείου ή άλλου σχετικού πληροφοριακού και εκπαιδευτικού υλικού εκ μέρους του μουσείου είναι ένας άλλος επιβοηθητικός ή ανασταλτικός παράγοντας στη διδακτική προσέγγιση του μουσείου. Η σχηματική αναπαράσταση αυτού του πλαισίου σχεδιασμού και αξιολόγησης εκπαιδευτικών επισκέψεων στο μουσείο βρίσκεται στο *Σχήμα 9.1*.

Ο συνδυασμός των τεσσάρων αυτών εισόδων πληροφορίας θα επιτρέψει στους παράγοντες του τυπικού εκπαιδευτικού συστήματος να σχεδιάσουν τους διδακτικούς στόχους και να τους μετασχηματίσουν σε διδακτικές δραστηριότητες. Μια ιδιαίτερη κατηγορία επισκέψεων στο MET, η οποία μας ενδιαφέρει στο παρόν κεφάλαιο, είναι οι επισκέψεις που συνδέονται με μια συγκροτημένη μορφή εκπαιδευτικού προγράμματος το οποίο εκπονείται από ερευνητές ή/και φοιτητές στα πλαίσια της ακαδημαϊκής τους εκπαίδευσης σε θέματα μουσειολογίας, για ερευνητικούς λόγους. Τα προγράμματα αυτά βασίζονται σε διάφορα ερευνητικά ερωτήματα σχετικά με τα χαρακτηριστικά του «*διαμεσολαβητικο-διδακτικού*» μετασχηματισμού της επιστημονικής γνώσης αναφοράς σε γνώση προς διδασκαλία, τη γνωστική πρόοδο των μαθητών οι οποίοι θα λάβουν μέρος σε αυτά και την αντίστοιχη επίσκεψη στο μουσείο, την ιδιαίτερη επίδραση που έχουν στη μάθηση το υλικό περιεχόμενο των εκθέσεων και οι ερμηνείες του ή ο ρόλος που παίζει κάποιο ειδικό είδος δραστηριότητας στην οικοδόμηση των

γνώσεων. Πρόκειται, δηλαδή, για προγράμματα που βασίζονται στην έρευνα (research-based teaching) και τα οποία πολλές φορές έχουν ως παράπλευρο κέρδος τη δυνατότητα να λειτουργήσουν ικανοποιητικά, αυτούσια ή με λίγες προσαρμογές, σε κανονικές συνθήκες διδασκαλίας και όχι μόνο εντός του ερευνητικού περιβάλλοντος στο οποίο παρήχθησαν.



Σχήμα 9.1: Το πλαίσιο για τον σχεδιασμό και την αξιολόγηση εκπαιδευτικών επισκέψεων στο μουσείο επιστήμης και τεχνολογίας.

Μπορούμε να διακρίνουμε δύο τύπους προγραμμάτων που συνδέονται με επίσκεψη στο μουσείο. Στον πρώτο τύπο ανήκουν τα προγράμματα εκείνα που πραγματοποιούνται αποκλειστικά στον χώρο του μουσείου στα οποία ταιριάζει ο όρος «*τυπικό μετεγκατεστημένο εκπαιδευτικό περιβάλλον*» για να υπάρξει η διάκριση των συγκεκριμένων προγραμμάτων από αυτά που κατασκευάζουν τα ίδια τα μουσεία (Meunier, 2018). Τα προγράμματα αυτά έχουν ως κύριο στόχο να αναδείξουν την ιδιαιτερότητα ενός μουσειακού χώρου και να επιτύχουν τη με κάθε τρόπο εκμετάλλευση του αυθεντικού, κυρίως, υλικού και άυλου επιστημονικού περιεχομένου του μουσείου και μάλιστα σε σύντομο χρονικό διάστημα, όσο διαρκεί δηλαδή μια σχολική επίσκεψη. Επιδιώκονται ουσιαστικά η αποκρυπτογράφηση των αντικειμένων του μουσείου μέσω της αλληλεπίδρασης με αυτά και η προσέγγιση της αντίστοιχης επιστημονικής γνώσης, κάτι που όμως δεν μπορεί να επιτευχθεί χωρίς τη βοήθεια των σχεδιαστών αυτών των προγραμμάτων μέσω των οποίων θα έχει οργανωθεί το κατάλληλο μαθησιακό περιβάλλον. Στον δεύτερο τύπο ανήκουν τα προγράμματα *τριμερούς πορείας*. Έχει επισημανθεί ότι ο χώρος στον οποίο μπορούν να επενδυθούν οι εμπειρίες του μουσείου, να οικοδομηθούν νέες γνώσεις στη βάση των

ενδιαφερόντων και των συναισθηματικών εμπειριών που έχουν επιτευχθεί κατά τη διάρκεια της επίσκεψης και, τέλος, να δημιουργηθούν οι κατάλληλες συνθήκες για να οικοδομηθεί μια συστηματική, δομημένη και λειτουργική γνώση είναι ο χώρος του σχολείου. Ο σχεδιασμός προγραμμάτων τριμερούς πορείας είναι ίσως μια προνομιακή διαδικασία για την ανάπτυξη και διατήρηση μίας ισότιμης συνεργασίας φορέων ή ατόμων που εκπροσωπούν τους χώρους της τυπικής και μη τυπικής εκπαίδευσης.

Η τριμερής πορεία οργάνωσης του προγράμματος περιλαμβάνει μια σειρά από τρεις φάσεις, η υλοποίηση των οποίων πραγματοποιείται κάθε φορά σε διαφορετική χρονική περίοδο, καθώς και σε διαφορετικό χώρο. Οι τρεις φάσεις περιλαμβάνουν: (α) τη φάση, η οποία προηγείται της επίσκεψης στο μουσείο και υλοποιείται στο σχολείο, (β) τη φάση κατά τη διάρκεια της επίσκεψης στο μουσείο, η οποία λαμβάνει χώρα στον μουσειακό χώρο και (γ) τη φάση, η οποία έπεται της επίσκεψης στο μουσείο και εξελίσσεται εντός της σχολικής τάξης (Allard, Boucher & Forest, 1994; Filippoupoliti & Koliopoulos, 2011; Κολιόπουλος, 2017). Η πρώτη φάση περιλαμβάνει τις δραστηριότητες, οι οποίες υλοποιούνται στο σχολείο, πριν από την επίσκεψη στο μουσείο. Η φάση αυτή συνδέεται (α) με την *ανίχνευση των ιδεών* που έχουν ήδη κατά νου οι μαθητές αναφορικά με έννοιες, μεθόδους και πολιτισμικά χαρακτηριστικά σχετικά με το ιδιαίτερο αντικείμενο διδασκαλίας, (β) με την *εισαγωγή δραστηριοτήτων-προβλημάτων* για τα οποία θα κληθούν οι μαθητές να αναζητήσουν λύσεις, να διατυπώσουν υποθέσεις και να αναπτύξουν προβληματισμό, ο οποίος θα καταλήξει στην *ανάγκη επίσκεψης* ενός μουσειακού χώρου για να συλλέξουν κατάλληλο υλικό για την επίλυση των προβλημάτων που έχουν τεθεί και (γ) με την *προετοιμασία* των μαθητών γι' αυτήν την επίσκεψη, δηλαδή την ανακοίνωση των όρων ενός νέου διδακτικού συμβολαίου διαφορετικού από αυτό που ισχύει στο τυπικό εκπαιδευτικό περιβάλλον. Εν συνεχεία, έπεται η δεύτερη φάση του προγράμματος, η οποία υλοποιείται κατά τη διάρκεια της επίσκεψης στο μουσείο. Πρωτεύων στόχος της συγκεκριμένης διδακτικής φάσης είναι οι μαθητές να παρατηρήσουν τον χώρο του μουσείου και να αλληλεπιδράσουν με τα εκθέματά του, ώστε να *συλλέξουν τα δεδομένα* που χρειάζονται, προκειμένου να αποκτήσουν όλες τις απαραίτητες πληροφορίες και τα στοιχεία, με σκοπό να απαντήσουν στον βασικό προβληματισμό που έχει αναπτυχθεί στην πρώτη φάση του προγράμματος. Η τρίτη φάση της πορείας οργάνωσης της εκπαιδευτικής επίσκεψης στο μουσείο έπεται της επίσκεψης στον μουσειακό χώρο, καθώς υλοποιείται εντός της σχολικής τάξης. Βασικός στόχος της αποτελεί η *αξιοποίηση* από τους μαθητές των δεδομένων και των πληροφοριών που συνέλεξαν στο μουσείο, ώστε να απαντήσουν στα ερωτήματα που ετέθησαν στην πρώτη φάση του προγράμματος και να *οικοδομήσουν* την επιδιωκόμενη σχολική γνώση.

Στο ΤΕΕΑΠΗ του Πανεπιστημίου Πατρών, τα τελευταία είκοσι περίπου χρόνια εκπονείται συστηματική έρευνα σχετική με την εφαρμογή του πλαισίου στο οποίο αναφερθήκαμε. Τα προγράμματα αυτά απευθύνονται κατά κύριο λόγο σε παιδιά προσχολικής ηλικίας. Στην επόμενη ενότητα θα παρουσιαστεί ένα μικρό μέρος της εν λόγω έρευνας.

9.3 Εφαρμογές του πλαισίου σχεδιασμού στην προσχολική και πρωτοβάθμια εκπαίδευση

9.3.1 Το ερευνητικό έργο «Κ. Καραθεοδωρή»

Στόχοι της έρευνας ήταν ο σχεδιασμός, η εφαρμογή και η αξιολόγηση εκπαιδευτικών προγραμμάτων που περιλαμβάνουν σχολικές επισκέψεις για παιδιά της προσχολικής και πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης στους χώρους ενός πανεπιστημιακού μουσείου Φυσικής Ιστορίας και συγκεκριμένα του [Μουσείου Ζωολογίας](#) του Τμήματος Βιολογίας του Πανεπιστημίου Πατρών⁴⁸. Ο σχεδιασμός, η εφαρμογή και η αξιολόγηση των προγραμμάτων αυτών βασίστηκαν:

(α) σε σύγχρονες έρευνες στον τομέα της Διδακτικής των φυσικών επιστημών σχετικές με την εποικοδομητική προσέγγιση της διδασκαλίας και μάθησης στις φυσικές επιστήμες (Κολιόπουλος, 2006; Ραβάνης, 1999, 2017) και

⁴⁸ Το κείμενο αυτής της ενότητας βασίζεται στην τελική αναφορά ερευνητικού έργου το οποίο χρηματοδοτήθηκε από τον ΕΛΚΕ του Πανεπιστημίου Πατρών. Ευχαριστώ θερμά τους τότε υπεύθυνους του μουσείου Ζωολογίας Ευαγγελία Γιαγιά, τ. Καθηγήτρια και Αριστείδη Παπαγιαννόπουλο, τ. ΕΤΕΠ για την πολύτιμη βοήθεια που προσέφεραν, ώστε να υπάρχει εύκολη, ασφαλής και εποικοδομητική πρόσβαση στους χώρους του μουσείου καθ' όλη τη διάρκεια της υλοποίησης του ερευνητικού έργου.

(β) σε σύγχρονες έρευνες που διεξάγονται στο πεδίο της Επιστημονικής Μουσειολογίας, οι οποίες μελετούν την επίδραση που έχουν οι άτυπες και μη τυπικές μορφές εκπαίδευσης στη γνωστική πρόοδο και την ανάπτυξη θετικών στάσεων προς τις φυσικές επιστήμες μαθητών των διάφορων βαθμίδων της εκπαίδευσης (Κολιόπουλος, 2017). Πιο συγκεκριμένα, διατυπώθηκαν μεταξύ άλλων οι εξής επιμέρους στόχοι οι οποίοι, μάλιστα, υλοποιήθηκαν πλήρως κατά τη διάρκεια της εκπόνησης του έργου:

- σχεδιασμός και εφαρμογή διδακτικών δραστηριοτήτων, μέρος των οποίων διεξάγεται στο Μουσείο Ζωολογίας του Πανεπιστημίου Πατρών, στα πλαίσια ολοκληρωμένων εκπαιδευτικών προγραμμάτων συμβατών με τους στόχους και το περιεχόμενο του αναλυτικού προγράμματος για τις φυσικές επιστήμες της προσχολικής και πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης στην Ελλάδα,

- αξιολόγηση της γνωστικής και συναισθηματικής προόδου των παιδιών που εμπλέκονται στα εκπαιδευτικά προγράμματα,

- ανάπτυξη διδακτικού υλικού (έντυπου, οπτικοακουστικού και πολυμεσικού) σχετικού με τα εκθέματα του Μουσείου Ζωολογίας του Παν/μίου Πατρών.

Στη συνέχεια περιγράφονται συνοπτικά τα αποτελέσματα αυτού του ερευνητικού έργου.

(α) Σχεδιασμός και εφαρμογή διδακτικών δραστηριοτήτων στα πλαίσια εκπαιδευτικών προγραμμάτων τριμερούς πορείας για παιδιά προσχολικής και πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης.

Σχεδιάστηκαν και εφαρμόστηκαν τρία εκπαιδευτικά προγράμματα τριμερούς πορείας. Πρόκειται για πολυήμερα εκπαιδευτικά προγράμματα που περιλαμβάνουν τρεις φάσεις οι οποίες εξελίσσονται σε διαφορετικές χρονικές περιόδους και σε διαφορετικούς τόπους (δείτε ενότητα 9.2).

- *Το εκπαιδευτικό πρόγραμμα «Τα πτηνά».* Το πρόγραμμα αυτό απευθύνεται σε παιδιά προσχολικής ηλικίας και στοχεύει στη βελτίωση ή την τροποποίηση των αντιλήψεων που έχουν τα παιδιά αυτής της ηλικίας για τα *μορφολογικά χαρακτηριστικά* ορισμένων δειγμάτων πτηνών (Φλαούνα, 2008). Στην ηλικία αυτή τα παιδιά των κοινωνιών της περιοχής που αποκαλούμε «Δύση» συγκροτούν την πρωτοτυπική έννοια του ζώου με βάση κυρίως τα τετράποδα θηλαστικά (Ζόγκτζα, 2006) και έτσι δεν είναι σε θέση να σχεδιάσουν, ονομάσουν, περιγράψουν ή/και ταξινομήσουν άλλες κατηγορίες ζώων. Διδακτικοί λειτουργικοί στόχοι του προγράμματος είναι (α) να αναγνωρίζουν και να ονομάζουν διάφορα δείγματα πτηνών χρησιμοποιώντας ως κριτήριο τα μορφολογικά χαρακτηριστικά τους και κυρίως αυτά που σχετίζονται με το ράμφος, τα φτερά και τα πόδια και (β) να αναπαριστούν γραφικά διάφορα δείγματα πτηνών με όσο το δυνατόν μεγαλύτερη λεπτομέρεια. Το πρόγραμμα περιλαμβάνει έξι δραστηριότητες είκοσι πέντε λεπτών. Οι δραστηριότητες που αφορούν την επίσκεψη των παιδιών στο μουσείο έχουν ως στόχο την ανάπτυξη της δεξιότητας της *παρατήρησης*, ώστε να μπορούν να απαντήσουν σε ερωτήματα που αφορούν τα μορφολογικά χαρακτηριστικά δειγμάτων ζώων (Guichard, 1998) και, έτσι, να ταυτοποιήσουν τα δείγματα που αναπαρίστανται σε φωτογραφίες με δείγματα ταριχευμένων ζώων με αυτά που βρίσκονται στις βιτρίνες του μουσείου. Η έρευνα πραγματοποιήθηκε με δεκαπέντε παιδιά ενός νηπιαγωγείου της περιοχής Πατρών.
- *Το εκπαιδευτικό πρόγραμμα «Επίσκεψη στο πανεπιστημιακό μουσείο Ζωολογίας».* Το πρόγραμμα αυτό απευθύνεται σε παιδιά προσχολικής ηλικίας και στοχεύει στο να αναγνωρίζουν *κατηγορίες ζώων* ως τυπολογικά είδη⁴⁹ επισημαίνοντας κοινά χαρακτηριστικά κάθε κατηγορίας (Γκούσκου, 2013). Η οικοδόμηση ομάδων κοινών χαρακτηριστικών, αντίστοιχων για κάθε κατηγορία ζώων είναι δυνατόν να οδηγήσει τα παιδιά να ταξινομήσουν και καινούργια δείγματα ζώων. Πιο συγκεκριμένα, οι διδακτικοί λειτουργικοί στόχοι είναι οι εξής: (α) η γνωριμία των παιδιών με διάφορα δείγματα ζώων, (β) η αναγνώριση από τα παιδιά μιας κατηγορίας ζώων από ένα δείγμα ζώου, (γ) η ταυτοποίηση νέων δειγμάτων ζώων με μια

⁴⁹ Η αποδεκτή σήμερα θεωρία της εξέλιξης, έχει οδηγήσει στην ομαδοποίηση των ζώων σύμφωνα με τις σχέσεις ή τη συγγένεια των ειδών (φυλογενετική προσέγγιση) και με την κοινή προέλευσή τους (γενεαλογική προσέγγιση). Στα πλαίσια αυτής της θεώρησης, τα ζωικά είδη θεωρούνται μετασχηματιζόμενες και εξελισσόμενες οντότητες και οι ιεραρχικές ομαδοποιήσεις προκύπτουν από την προσεκτική εξέταση ομοιοτήτων και διαφορών, ώστε να γίνει διάκριση ανάμεσα στα χαρακτηριστικά που οφείλονται στην κοινή προέλευση και όχι στα αναλογικά χαρακτηριστικά που οφείλονται σε ομοιότητα ως προς τη λειτουργία. Στη συγκεκριμένη έρευνα, για λόγους που σχετίζονται με τα γνωστικά όρια των παιδιών προσχολικής ηλικίας, θεωρήθηκε ότι δεν είναι δυνατόν να εισαχθούν οι τύποι των έμβιων όντων (εδώ τα ζώα) ως βιολογικά είδη με το σύγχρονο νόημα της έννοιας. Αντιθέτως, χρησιμοποιήθηκε η έννοια του τυπολογικού είδους η οποία προέρχεται μεν από θεωρητικά πλαίσια όπου η έννοια της κατηγοριοποίησης αναγνωρίζεται και γίνεται αποδεκτή χωρίς την προσφυγή στη θεωρία της εξέλιξης, αλλά δεν έρχεται, κατ' αρχήν, σε ευθεία αντίθεση με την έννοια του βιολογικού είδους.

κατηγορία ζώων και (δ) η δημιουργία μιας νέας κατηγορίας ζώων σε περίπτωση που το δείγμα ζώου δεν ταιριάζει με τα υπάρχοντα. Οι στόχοι αυτοί σχεδιάστηκαν με τρόπο, ώστε να οδηγούν στην υπερπήδηση των νοητικών εμποδίων των παιδιών αυτής της ηλικίας τα οποία ταξινομούν τα ζώα σύμφωνα με μη μορφολογικά κριτήρια, όπως ανθρωπομορφικά κριτήρια ή κριτήρια που σχετίζονται με τη φυσική κίνηση και την κατοικία (Guichard, 1998; Ζόγκζα, 2006). Το πρόγραμμα περιλαμβάνει έντεκα δραστηριότητες είκοσι πέντε λεπτών. Οι δραστηριότητες που αφορούν την επίσκεψη των παιδιών στο μουσείο έχουν ως στόχο μέσω μιας *κατευθυνόμενης παρατήρησης* των εκθεμάτων να αναγνωρίσουν διάφορα δείγματα ζώων και να διατυπώσουν υποθέσεις σχετικά με τις κατηγορίες στις οποίες ανήκουν. Η έρευνα πραγματοποιήθηκε με εννέα παιδιά νηπιαγωγείου της περιοχής Ρίου των Πατρών.

- Το εκπαιδευτικό πρόγραμμα «Το βασίλειο των ζώων... στη βιτρίνα». Το πρόγραμμα αυτό απευθύνεται σε μαθητές της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης και στοχεύει στη γνωστική και συναισθηματική προσέγγιση του θέματος της ταρίχευσης και γενικά της διατήρησης των ζώων και της μετατροπής τους σε μουσειακά εκθέματα (Σισσαμπέρη & Κολιόπουλος, 2008). Πρόκειται για μια μετα-θεώρηση μιας μουσειακής συλλογής, όπου η έμφαση δίνεται όχι στη μελέτη στοιχείων της συλλογής αλλά στην αναγκαιότητα και τα χαρακτηριστικά συγκρότησης αυτής της συλλογής. Πιο συγκεκριμένα, οι διδακτικοί λειτουργικοί στόχοι είναι οι εξής: (α) να κατανοήσουν οι μαθητές τη σπουδαιότητα της ύπαρξης ενός μουσείου Ζωολογίας (τη γενικότερη προσφορά του στην προαγωγή της επιστημονικής γνώσης), (β) να οικοδομήσουν μια γενικότερη θετική στάση προς την εκπαιδευτική αξία των επισκέψεων σε μουσεία επιστήμης και τεχνολογίας εκτιμώντας θετικά τη σπουδαιότητα συμμετοχής σε εκπαιδευτικά προγράμματα μουσείων, (γ) να συγκροτήσουν επιστημονικού τύπου γνώσεις για την τεχνική της ταρίχευσης-διατήρησης (διαδικασία, υλικά, συνθήκες, σκοπιμότητα κ.ά.), (δ) να συνειδητοποιήσουν την ιδιαιτερότητα του μουσείου Ζωολογίας του οποίου τα εκθέματα-ζώα δεν αποτελούν απομίμηση ή αναπαράσταση του ζωντανού, αλλά φέρουν το πλεονέκτημα της διατήρησης του ζωντανού, έστω και σε εξωτερικό-επιφανειακό επίπεδο και (ε) να προβληματιστούν σε θέματα ηθικής σε ό,τι αφορά τη διατήρηση των ζώων και να κατανοήσουν τις σχέσεις αλληλεξάρτησης μεταξύ ανθρώπων και ζώων. Σε αντίθεση με τα δύο προηγούμενα προγράμματα, η έμφαση δίνεται στην πολιτισμική διάσταση της επιστημονικής γνώσης και όχι τόσο στην εννοιολογική ή τη μεθοδολογική διάστασή της (Κολιόπουλος, 2006). Το πρόγραμμα περιλαμβάνει οκτώ δραστηριότητες σαράντα πέντε λεπτών. Οι δραστηριότητες που αφορούν την επίσκεψη των μαθητών στο μουσείο έχουν ως στόχο, μέσω της ελεύθερης παρατήρησης των εκθεμάτων και της συζήτησης με το προσωπικό του μουσείου, αφενός να πληροφορηθούν οι μαθητές για τους στόχους, την αξία και τις τεχνικές της ταρίχευσης και των άλλων μορφών διατήρησης και αφετέρου να προσφέρουν κίνητρα για ανάπτυξη θετικών στάσεων σχετικά με τη συγκέντρωση, διάσωση, διαφύλαξη, τεκμηρίωση και προβολή συλλογών ζώων στα μουσεία Ζωολογίας. Η έρευνα πραγματοποιήθηκε με 28 συνολικά μαθητές της Στ' τάξης του Δημοτικού Σχολείου της Πανεπιστημιούπολης Πατρών.

Ένα βασικό συμπέρασμα της ερευνητικής δραστηριότητας που αναπτύχθηκε κατά τη διάρκεια του σχεδιασμού των τριών εκπαιδευτικών προγραμμάτων είναι ότι στις συλλογές του μουσείου Ζωολογίας του Πανεπιστημίου Πατρών μπορούν να αποδοθούν διαφορετικές *νοηματοδοτήσεις*, οι οποίες να αποτελέσουν εν δυνάμει κατάλληλο εκπαιδευτικό υλικό, το οποίο θα συμβάλλει στη γνωστική και συναισθηματική πρόοδο παιδιών της προσχολικής και πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης. Οι νοηματοδοτήσεις αυτές προέρχονται όχι τόσο από τη φύση και τα χαρακτηριστικά του μουσείου αλλά κυρίως από τους στόχους και το περιεχόμενο των προτεινόμενων εκπαιδευτικών προγραμμάτων. Αυτό σημαίνει ότι τα μουσεία εκθεμάτων *α' γενιάς*, όπως είναι αυτά της Ζωολογίας, τουλάχιστον στον ελληνικό χώρο, είναι δυνατόν, μέσω του μοντέλου του εκπαιδευτικού προγράμματος τριμερούς πορείας, να αναβαθμίσουν τον επικοινωνιακό και εκπαιδευτικό τους ρόλο. Αναγκαία συνθήκη φαίνεται να είναι η δημιουργία *στενών σχέσεων* ανάμεσα στο μουσείο, το σχολείο και το πανεπιστήμιο. Αυτό τουλάχιστον αποδείχτηκε κατά την εφαρμογή των τριών προγραμμάτων όπου οι υπεύθυνοι του μουσείου συνεργάστηκαν με την ομάδα του ερευνητικού προγράμματος, ώστε τα μέλη της να έχουν πλήρη πρόσβαση στους χώρους και τη γνώση του μουσείου, ενώ τα μέλη της ερευνητικής ομάδας συνεργάστηκαν με τους εκπαιδευτικούς που έλαβαν μέρος στα εκπαιδευτικά προγράμματα *συνδιαμορφώνοντάς* τα ως έναν βαθμό. Η σχέση μουσείου - εκπαιδευτικών δεν αναπτύχθηκε επαρκώς. Μια τέτοια σχέση είναι δυνατόν να αποκτήσει σημαίνουσα σημασία, εάν το ίδιο το μουσείο εμπλακεί στη διαδικασία εκπόνησης και διάδοσης εκπαιδευτικών προγραμμάτων.

(β) Αξιολόγηση της γνωστικής και συναισθηματικής προόδου των παιδιών που εμπλέκονται στα εκπαιδευτικά προγράμματα.

Στο εκπαιδευτικό πρόγραμμα «Τα πτηνά» τα αποτελέσματα της ανάλυσης των αντιλήψεων των παιδιών για τα διάφορα μορφολογικά στοιχεία των πτηνών που μελέτησαν, προήλθαν από την αξιολόγηση (α) συνεντεύξεων που πραγματοποίησε η ερευνήτρια πριν και μετά την εκτέλεση του προγράμματος με όλα τα παιδιά που πήραν μέρος σε αυτό και (β) σχεδίων δειγμάτων ζώων που δημιούργησαν τα παιδιά πριν και μετά την εκτέλεση του προγράμματος. Ο συνδυασμός των δύο ειδών δεδομένων μας οδήγησε στο συμπέρασμα πως οκτώ από τα δεκαπέντε παιδιά είχαν την πρόθεση να αλλάξουν διάφορα μορφολογικά στοιχεία στα σχέδιά τους μετά την πραγματοποίηση του προγράμματος σε σχέση με τα σχέδια που δημιούργησαν πριν από αυτή. Εξαιτίας όμως του σχεδιαστικού σταδίου εξέλιξης στο οποίο βρίσκονταν τα παιδιά (τυχαίος, ελλιπής ή διανοητικός ρεαλισμός) αυτή η πρόθεση δεν συνοδευόταν πάντοτε από την ανάλογη απεικόνιση των μορφολογικών στοιχείων των δειγμάτων ζώων (Koliopoulos, Gkouskou & Arapaki, 2012). Επίσης, από το ημερολόγιο που κράτησε η ερευνήτρια προκύπτει ότι τα παιδιά στην πλειονότητά τους έδειξαν ιδιαίτερο ενδιαφέρον για τις διάφορες δραστηριότητες, τόσο στον χώρο του σχολείου όσο και σε αυτόν του μουσείου.

Στο εκπαιδευτικό πρόγραμμα «Επίσκεψη στο πανεπιστημιακό μουσείο Ζωολογίας» τα αποτελέσματα της ανάλυσης των αντιλήψεων των παιδιών για τις κατηγοριοποιήσεις των ζώων προήλθαν κυρίως από την αξιολόγηση συνεντεύξεων που πραγματοποίησε η ερευνήτρια μετά την εκτέλεση του προγράμματος με όλα τα παιδιά που πήραν μέρος σε αυτό. Τα βασικά συμπεράσματα που εξήχθησαν μετά την τελική συνέντευξη έχουν ως εξής: Τρία από τα εννέα παιδιά θεωρείται ότι οικοδόμησαν μια αντίληψη ταξινόμησης των ζώων με βάση αμιγώς μορφολογικά κριτήρια αφού ήταν σε θέση να αναγνωρίσουν, ονομάσουν και κατηγοριοποιήσουν όλα τα δείγματα ζώων που τους υπεδείχθησαν και, παράλληλα, να υποδείξουν μία νέα κατηγορία ζώων εκτός από αυτές τις οποίες μελέτησαν στο μουσείο και να αιτιολογήσουν την παρουσία της με τη χρήση μορφολογικών στοιχείων. Πέντε από τα εννέα παιδιά βρέθηκαν σε πορεία οικοδόμησης μιας αντίληψης ταξινόμησης των ζώων με βάση μορφολογικά κριτήρια. Τα παιδιά αυτά κατάφεραν να υποδείξουν δύο τουλάχιστον κατηγορίες ζώων, αλλά δεν χρησιμοποίησαν πάντοτε αμιγώς μορφολογικά κριτήρια (εισήγαγαν, π.χ. και το κριτήριο της κατοικίας). Αναγνώρισαν, επίσης, μια νέα κατηγορία ζώων, χωρίς όμως να το αιτιολογούν. Τέλος, μόνο ένα παιδί φαίνεται να μην σημείωσε γνωστική πρόοδο παραμένοντας στις αρχικές του ιδέες. Τα παραπάνω αποτελέσματα φαίνεται να είναι ιδιαίτερα ενθαρρυντικά, αφού δεν έχουν εντοπιστεί στη βιβλιογραφία εργασίες που να αναδεικνύουν την αντίληψη της ταξινόμησης ζώων με βασικό κριτήριο τα μορφολογικά στοιχεία σε παιδιά προσχολικής ηλικίας. Από το ημερολόγιο που κράτησε η ερευνήτρια προκύπτει ότι τα παιδιά στην πλειονότητά τους καθ' όλη τη διάρκεια του προγράμματος έδειξαν ιδιαίτερο ενδιαφέρον για τις διάφορες δραστηριότητες, τόσο στον χώρο του σχολείου όσο και σε αυτόν του μουσείου.

Στο εκπαιδευτικό πρόγραμμα «Το βασίλειο των ζώων ... στη βιτρίνα» τα αποτελέσματα της διερεύνησης της εξέλιξης των αντιλήψεων και στάσεων των μαθητών για την ταρίχευση και διατήρηση των ζώων σε μουσεία ζωολογίας προήλθαν κυρίως από γραπτό ερωτηματολόγιο που δόθηκε στους μαθητές πριν από και μετά την πραγματοποίηση του προγράμματος από την ερευνήτρια. Διερευνήθηκαν συγκεκριμένα η αλλαγή στάσεων των μαθητών για τα μουσεία γενικά και για τα μουσεία ζωολογίας ειδικότερα, καθώς και η αλλαγή αντιλήψεων σχετικά με τη σημασία, το περιεχόμενο και τις επιπτώσεις της έννοιας της ταρίχευσης και διατήρησης των ζώων σε μουσεία. Μερικά βασικά συμπεράσματα από την ανάλυση και σύγκριση των απαντήσεων των μαθητών είναι τα εξής: (α) η πλειονότητα των μαθητών (19/28) δεν είχε επισκεφτεί περισσότερα από δύο μουσεία, (β) αυξήθηκε κατά πολύ ο αριθμός των μαθητών (από 3/28 στους 12/28) που θεώρησαν ότι, μετά από τη συμμετοχή τους στο πρόγραμμα, το μουσείο Ζωολογίας αποτελεί, εκτός από χώρο θεάματος και εντυπωσιασμού, έναν χώρο στον οποίο μπορούν να αντλήσουν και να οικοδομήσουν γνώσεις σχετικά με τα ταριχευμένα ζώα και τα ζώα γενικότερα, (γ) η πλειονότητα των μαθητών (από 0/28 σε 20/28) μετακινήθηκε από την άποψη ότι η ταρίχευση είναι το λεγόμενο βαλσάμωμα, χωρίς να μπορούν να αποδώσουν κάποια σημασία στη λέξη αυτή προς την αντίληψη ότι η ταρίχευση είναι μια διαδικασία συντήρησης των ζώων την οποία περιγράφουν με σχετική επιστημονική επάρκεια και (δ) αυξήθηκε ο αριθμός των μαθητών (από 15/28 σε 22/28) που αιτιολόγησαν τη θετική στάση τους προς την ταρίχευση ζώων για επιστημονικούς και κοινωνικούς σκοπούς με σαφή επιχειρήματα. Τέλος, η πλειονότητα των μαθητών, απαντώντας σε ερωτήσεις φυλλαδίου αξιολόγησης του όλου προγράμματος, αξιολόγησε τις περισσότερες δραστηριότητες στο σχολείο και το μουσείο ως ενδιαφέρουσες. Με βάση τα προηγούμενα, μπορούμε να ισχυριστούμε ότι η προσπάθεια μετουσίωσης της εξωσχολικής μουσειακής εμπειρίας σε έναυσμα για δημιουργία κινήτρων για οικοδόμηση συγκεκριμένων γνώσεων και στάσεων κατέστη δυνατή μέσω του προτύπου αυτού εκπαιδευτικού προγράμματος.

Συγκρίνοντας τα αποτελέσματα των τριών εκπαιδευτικών προγραμμάτων παρατηρούμε ότι η ίδια εμπειρική βάση (τα εκθέματα του μουσείου ζωολογίας) είναι δυνατόν να δημιουργήσουν για τα παιδιά της προσχολικής και πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης *ποικίλα δίκτυα σημασιών* με ορισμένους κανόνες λειτουργίας και ερμηνευτικά πρότυπα, με βάση τα οποία «μεταφράζονται» οι εμπειρίες και αφομοιώνονται οι προσλαμβανόμενες πληροφορίες από αυτά (Ραβάνης, 2016). Ορισμένα μάλιστα από τα δίκτυα αυτά, όπως στην περίπτωση του προγράμματος «Επίσκεψη στο πανεπιστημιακό μουσείο Ζωολογίας», φαίνεται να συγκροτούνται ακριβώς λόγω της συστηματικής και λειτουργικής διασύνδεσης των διδακτικών δραστηριοτήτων στο σχολείο και στο μουσείο. Πρέπει δε να επισημανθεί η *αναγκαιότητα* αυτής της διασύνδεσης, αφού η μετακίνηση των παιδιών στο μουσείο προήλθε από το ότι ο συγκεκριμένος μουσειακός χώρος είναι ο κατεξοχήν χώρος ανάδειξης, μέσω των εκθέσεων του, της έννοιας της ταξινόμησης τυπολογικών ειδών. Η αναγκαιότητα αυτή προέκυψε, επίσης, από τη φύση του εκπαιδευτικού προγράμματος τριμερούς πορείας το οποίο απαιτεί οι διδακτικές δραστηριότητες που διεξάγονται στο μουσείο να συμπληρώνουν και να μην ταυτίζονται με αυτές του σχολείου.

Η *θετική ανταπόκριση* της πλειονότητας των παιδιών που έλαβαν μέρος στα συγκεκριμένα προγράμματα δεν είναι ένα πρωτόγνωρο εύρημα, καθώς το ίδιο το μουσείο Φυσικής Ιστορίας με τις συλλογές του «παραμένει ένα διδακτικό πλεονέκτημα που θα κάνει [τους επισκέπτες] να θαυμάσουν, να εκπλαγούν και να αναρωτηθούν» (Van Praet, 1989). Το σημαντικό ερώτημα που ανακύπτει είναι αν αυτή η ανταπόκριση συνδέεται και πώς με τη *γνωστική λειτουργία* που με προνομιακό τρόπο εισάγεται στο προτεινόμενο μοντέλο του εκπαιδευτικού προγράμματος τριμερούς πορείας, μελέτες περιπτώσεων του οποίου παρήχθησαν στο παρόν ερευνητικό πρόγραμμα.

(γ) Ανάπτυξη διδακτικού υλικού (έντυπου, οπτικοακουστικού και πολυμεσικού) σχετικού με τα εκθέματα του Μουσείου Ζωολογίας του Παν/μίου Πατρών.

Η αναπτυξιακή φύση της παρούσας έρευνας επέτρεψε τη δημιουργία εκπαιδευτικού υλικού, το οποίο συνίσταται (α) σε ακολουθίες διδακτικών δραστηριοτήτων στις οποίες παρέχονται λεπτομερείς περιγραφές των στόχων, του περιεχομένου, της διδακτικής προσέγγισης και των μέσων που απαιτούνται για την υλοποίησή τους και (β) σε εργαλεία αξιολόγησης της γνωστικής και συναισθηματικής αξιολόγησης των παιδιών που συμμετέχουν στις προτεινόμενες δραστηριότητες.

9.3.2 Το πρόγραμμα «Διακρίνοντας τα ορυκτά από τις πέτρες»

Στα επόμενα κεφάλαια θα περιγράψουμε στοιχεία σχεδιασμού και αξιολόγησης ενός εκπαιδευτικού προγράμματος το οποίο πραγματοποιείται αποκλειστικά στον χώρο του μουσείου. Το [Μουσείο Ορυκτολογίας και Πετρολογίας](#) του Πανεπιστημίου Αθηνών προσέγγισε το ΤΕΕΑΠΗ του Πανεπιστημίου Πατρών με στόχο τη συνεργασία των δύο φορέων εκπαίδευσης, για να παραχθεί ένα εκπαιδευτικό πρόγραμμα για παιδιά προσχολικής ηλικίας τα οποία θα επισκέπτονταν το μουσείο ως γενικό κοινό. Έτσι, αποφασίστηκε ο σχεδιασμός ενός εκπαιδευτικού προγράμματος που θα λαμβάνει υπόψη τόσο τις ιδιαιτερότητες του συγκεκριμένου μουσείου όσο και τις ανάγκες και γνωστικές ιδιαιτερότητες των παιδιών προσχολικής ηλικίας (Παρίση, Λαουρδέκη & Κολιόπουλος, 2019). Το μουσείο αυτό ανήκει στην κατηγορία μουσείων α' γενιάς, όπως το Μουσείο Ζωολογίας του Πανεπιστημίου Πατρών και διαθέτει μια μεγάλη αυθεντική συλλογή πετρωμάτων και ορυκτών από την Ελλάδα και από πολλές χώρες του εξωτερικού. Στην «αίθουσα της φωταύγειας», ο επισκέπτης μπορεί να παρατηρήσει τη συμπεριφορά ορισμένων ορυκτών όταν φωτίζονται από υπεριώδη ακτινοβολία.

Το συγκεκριμένο εκπαιδευτικό πρόγραμμα σχεδιάστηκε και υλοποιήθηκε για τις ανάγκες της εκδήλωσης *Πρωινό Κυριακής στο Μουσείο Ορυκτολογίας*. Έλαβαν μέρος 16 παιδιά προσχολικής και πρώτης σχολικής ηλικίας (5,5-6,5 ετών). Επιλέχθηκαν αίθουσες όπου υπάρχουν προθήκες με εκθέματα σε χαμηλό ύψος προς διευκόλυνση παιδιών προσχολικής ηλικίας. Κατά τη διάρκεια του προγράμματος, τα παιδιά εργάστηκαν σε τετραμελείς ομάδες. Η κάθε ομάδα είχε στη διάθεσή της δύο ορυκτά (συγκεκριμένα φθορίτη, αραγωνίτη, χαλαζίτη και ασβεστίτη), δύο πέτρες, αυτοκόλλητα συγκεκριμένου χρώματος και κουβαδάκια, τα οποία χρησιμοποίησαν για την κατηγοριοποίηση των υλικών τους (κουβαδάκι για ορυκτά, κουβαδάκι για πέτρες). Το πρόγραμμα είχε διάρκεια 80-90 λεπτά.

Οι γνωστικοί διδακτικοί στόχοι του συγκεκριμένου εκπαιδευτικού προγράμματος ήταν οι εξής:

- να είναι σε θέση τα παιδιά να κατηγοριοποιούν ορυκτά και πετρώματα, διαχωρίζοντας τη μία κατηγορία από την άλλη με κριτήριο τις φυσικές ιδιότητες των ορυκτών,

- να αντιληφθούν το μουσείο ως χώρο αναζήτησης και άντλησης πληροφοριών.

Για την κινητοποίηση του ενδιαφέροντος των παιδιών αξιοποιήθηκε ως επικοινωνιακό πλαίσιο η ιστορία ενός τυφλοπόντικα, ο οποίος συνεργάζεται με το μουσείο και προσπαθεί να φέρει τα παιδιά σε επαφή με τα ορυκτά μέσα από την αφήγησή του για τις διαδρομές που πραγματοποιεί κάτω από τη Γη. Το πρόγραμμα ανέλαβαν να υλοποιήσουν οι δύο ερευνήτριες οι οποίες είχαν και την κύρια ευθύνη για τον σχεδιασμό του προγράμματος. Η μία ανέλαβε τον ρόλο του «γεωλόγου» και η δεύτερη τον ρόλο του «μουσειολόγου». Η διάκριση αυτή που αφορά τους δύο ρόλους είναι σημαντική, καθώς στόχος του προγράμματος ήταν τα παιδιά όχι μόνο να προσεγγίσουν και να διαφοροποιήσουν τις έννοιες «ορυκτά» και «πετρώματα» αλλά και να εξοικειωθούν με την έννοια «μουσείο». Το πρόγραμμα περιλάμβανε δύο δραστηριότητες οι οποίες φαίνονται στους Πίνακες 9.1 και 9.2.

Στην πρώτη δραστηριότητα τα παιδιά κλήθηκαν να κατηγοριοποιήσουν τα αντικείμενα που τους δόθηκαν μέσα από την αφήγηση μιας ιστορίας και σχετικών ερωτημάτων. Στη δεύτερη δραστηριότητα, κατά τη διάρκεια της ελεύθερης περιήγησης, τα παιδιά εντοπίζουν μεταξύ των εκθεμάτων μόνο τα ορυκτά. Το γεγονός αυτό συντελεί στην ομαλή μετάβαση προς την ενασχόληση με τις φυσικές ιδιότητες που εμφανίζουν, καθώς προκύπτουν ερωτήματα όπως «Τι διαφοροποιεί τα υλικά-αντικείμενα που εντοπίσαμε στο μουσείο από εκείνα που δεν εντοπίσαμε;», «Υπάρχουν διαφορές μεταξύ των υλικών μας; Και αν ναι, ποιες;». Στη συζήτηση που ακολουθεί, αναγνωρίζονται από τα παιδιά με τη βοήθεια των ερευνητριών το χρώμα, η διαφάνεια και η ιδιότητα της φωταύγειας ως κριτήρια διαφοροποίησης των δειγμάτων που ταυτοποίησαν στις βιτρίνες του μουσείου από τα δείγματα που δεν ταυτοποίησαν («πέτρες»).

Έννοια που προσεγγίζεται	Γεωλογικά αντικείμενα στο υπέδαφος
Ερωτήματα προς διερεύνηση	-Χωρίστε σε δύο ομάδες τα αντικείμενα που βρίσκονται μπροστά σας. -Γιατί τα χωρίσατε έτσι; -Πώς θα βρούμε πληροφορίες για αυτά τα αντικείμενα;
Τρόπος διερεύνησης	Παρατήρηση αντικειμένων και κατηγοριοποίησή τους
Μαθησιακοί στόχοι	<i>Σε σχέση με το γνωστικό αντικείμενο</i> Να παρατηρήσουν γεωλογικά αντικείμενα. Να εκφράσουν κριτήρια σχετικά με τη διάκριση ορυκτών και συνηθισμένων πετρώων. <i>Σε σχέση με το μουσείο</i> Να δημιουργηθεί η ανάγκη και το ενδιαφέρον αναζήτησης πληροφοριών στον χώρο του μουσείου.
Περιγραφή δραστηριότητας	Με αφορμή την ιστορία που έχει ακουστεί, μια ερευνήτρια παρουσιάζει στα παιδιά ένα μικρό κουτί όπου υπάρχουν μέσα ανάμεικτα ορυκτά και πέτρες. Στη συνέχεια τα παιδιά χωρίζονται σε ομάδες (4 ατόμων) και δίνονται στην κάθε ομάδα 4 αντικείμενα, εκ των οποίων τα δύο είναι ορυκτά (λ.χ. αμέθυστος, φθορίτης) και τα άλλα δύο συνηθισμένες πέτρες, τις οποίες τα νήπια συναντούν συχνά στην καθημερινότητά τους. Στη συνέχεια, η ερευνήτρια (μέσω μιας γαντόκουκλας, του τυφλοπόντικα Λαγούμη) εξηγεί στα παιδιά πως πάντοτε τακτοποιεί τα υλικά που βρίσκει και δεν τα αφήνει ποτέ ανακατεμένα. Έτσι, τα παιδιά καλούνται να προβληματιστούν και να προτείνουν μια κατηγοριοποίηση των υλικών τους χρησιμοποιώντας κάποιο κριτήριο. Στο σημείο αυτό συγκροτούνται κατηγορίες από τα παιδιά, αξιοποιώντας «αυθόρμητα» κριτήρια.

Πίνακας 9.1: Η πρώτη δραστηριότητα του προγράμματος.

Τέλος, σε μια τρίτη δραστηριότητα, τα παιδιά συγκεντρώθηκαν σε μια αίθουσα, όπου η κάθε ομάδα κλήθηκε να συγκροτήσει δύο κατηγορίες αντικειμένων και να τις παρουσιάσει στις υπόλοιπες ομάδες αιτιολογώντας την επιλογή τους. Με τον τρόπο αυτόν αξιολογήθηκε αν κατάφεραν να χρησιμοποιήσουν ως κριτήρια για τη συγκρότηση κατηγοριών τις φυσικές ιδιότητες των ορυκτών.

Έννοια που προσεγγίζεται	Το μουσείο ως σημείο άντλησης πληροφοριών και βασικές ιδιότητες ορυκτών
Ερώτημα προς διερεύνηση	- Σε ποια σημεία του μουσείου μπορούμε να εντοπίσουμε τα συγκεκριμένα αντικείμενα και να μάθουμε πληροφορίες; - Τι διαφοροποιεί τα υλικά-αντικείμενα που εντοπίσαμε στο μουσείο από εκείνα που δεν εντοπίσαμε;
Τρόπος διερεύνησης	Περιήγηση στο μουσείο και ταυτοποίηση αντικειμένων με εκθέματα του μουσείου
Μαθησιακοί στόχοι	<i>Σε σχέση με το γνωστικό αντικείμενο</i> Να παρατηρήσουν και να συγκρίνουν γεωλογικά αντικείμενα, να αναζητήσουν πληροφορίες. <i>Σε σχέση με το μουσείο</i> Να μάθουν να κινούνται στον χώρο του μουσείου αναζητώντας πληροφορίες. Να αναπτύξουν θετική στάση προς ένα μουσείο Ορυκτολογίας.
Περιγραφή δραστηριότητας	<p>Τα παιδιά καλούνται σε μια <i>περιήγηση</i> μέσα στο μουσείο, όπου θα αναζητήσουν πληροφορίες για τα αντικείμενά τους.</p> <p>Τα παιδιά κινούνται στον χώρο της έκθεσης, παρατηρούν και προσπαθούν να εντοπίσουν τα υλικά τους. Μία από τις ερευνήτριες διαβάζει τις ετικέτες για να διευκολύνει τα παιδιά, όταν της ζητηθεί. Τα παιδιά επισημαίνουν με κάποιον τρόπο (π.χ. με τη χρήση αυτοκόλλητων) τον εντοπισμό του ορυκτού-υλικού τους. Στο σημείο αυτό η ερευνήτρια εστιάζει στο γεγονός ότι τα παιδιά δεν έχουν καταφέρει να ταυτοποιήσουν όλα τα αντικείμενα (πέτρες και ορυκτά), που η κάθε ομάδα έχει στη διάθεσή της, με τα εκθέματα του μουσείου.</p> <p>Ακολουθεί προσπάθεια αναζήτησης κριτηρίων που δικαιολογούν τη συγκρότηση των κατηγοριών (<i>αυτά που εντοπίσαμε στο μουσείο και αυτά που δεν εντοπίσαμε</i>). Τα κριτήρια αφορούν τις φυσικές ιδιότητες των ορυκτών.</p> <p>Η ενασχόληση με τις φυσικές ιδιότητες ξεκινά με συζήτηση αναφορικά με το χρώμα που εμφανίζουν τα δείγματα που ταυτοποιήθηκαν με τα εκθέματα του μουσείου και ακολουθεί η κατηγοριοποίηση των δειγμάτων με κριτήριο το παράξενο <i>χρώμα</i> που τα αξιοποιούμενα στο πρόγραμμα ορυκτά εμφανίζουν συγκρινόμενα με τις «πέτρες».</p> <p>Έπειτα πραγματοποιείται τόσο πειραματισμός των ομάδων με τους φακούς με σκοπό τον έλεγχο της διαπερατότητας του φωτός με διαισθητικό τρόπο, όσο και συγκρότηση κατηγοριών ή αναδιαμόρφωση αυτών με κριτήριο τη <i>διαφάνεια</i>.</p> <p>Μετά τον έλεγχο της διαφάνειας, εξετάζεται η ιδιότητα της <i>φωταύγειας</i> στην ειδικά διαμορφωμένη αίθουσα του μουσείου και τα παιδιά προχωρούν στις αντίστοιχες κατηγοριοποιήσεις. Στη συγκεκριμένη αίθουσα τα παιδιά παρατηρούν τα ορυκτά που υπάρχουν εκεί και με τη βοήθεια της ερευνήτριας προσπαθούν να ανακαλύψουν αν και τα δικά τους υλικά παρουσιάζουν το συγκεκριμένο φαινόμενο.</p>

Πίνακας 9.2: Η δεύτερη δραστηριότητα του προγράμματος.

Από τα δεδομένα που συλλέχθηκαν κατά τη διάρκεια της συζήτησης φαίνεται το συγκεκριμένο εκπαιδευτικό πρόγραμμα να επηρεάζει τη γνωστική πρόοδο των παιδιών, αφού αρκετά από αυτά τροποποίησαν τα αρχικά κριτήρια που χρησιμοποίησαν για να κατηγοριοποιήσουν τα αντικείμενα που τους δόθηκαν αρχικά (χρώμα, λάμψη, μέγεθος, τυχαία) κάνοντας πλέον αναφορές σε γεωλογικά κριτήρια. Ιδιαίτερο ρόλο σε αυτό φαίνεται να έπαιξαν οι δραστηριότητες ελέγχου των διάφορων αντικειμένων σε σχέση με τις ιδιότητες της διαφάνειας και φωταύγειας. Ενδεικτικά παραδείγματα διαλόγων μεταξύ των μελών των ομάδων είναι τα ακόλουθα:

Εξετάζοντας το δείγμα του αραγωνίτη και εστιάζοντας στο χρώμα, ένα παιδί ισχυρίστηκε ότι το συγκεκριμένο δείγμα «έχει μπλε και άσπρο [χρώμα]» με αποτέλεσμα να το τοποθετεί σε διαφορετικό κουβαδάκι από τις δύο πέτρες. Την απόφαση αυτή υποστήριξαν και τα άλλα μέλη της συγκεκριμένης ομάδας, κάνοντας διάκριση μεταξύ του «απλού» χρώματος της πέτρας σε σύγκριση με το «παράξενο» χρώμα του ορυκτού. Ακολουθεί ο διάλογος:

Ερευνήτρια (E): Γιατί τα χωρίσατε έτσι;

Αγόρι 1 (A1): Αυτά [δείχνει το κουβαδάκι με τα ορυκτά] έχουν παράξενο χρώμα!

E: Στο άλλο κουβαδάκι;

A2: Απλό [χρώμα]! Έχω και στο σπίτι μου πέτρες!

Κορίτσι 2 (K2): Είναι απλό, είναι πέτρα!

Εστιάζοντας στην ιδιότητα της διαφάνειας μία ομάδα κατά τη διάρκεια του πειραματισμού με τους φακούς, εξετάζοντας ένα δείγμα χαλαζία διαπιστώνει ότι:

K3: Περνάει από μέσα το φως.

A4: Ναι, περνάει!

E: Τι παρατηρείτε;

K4: Βλέπουμε μέσα ακτίνες.

Η ίδια ομάδα έχοντας συγκροτήσει τις κατηγορίες με κριτήριο τη διαφάνεια και σχολιάζοντας το κουβαδάκι όπου τοποθέτησε τις πέτρες, ισχυρίζεται ότι:

E: Περνάει από μέσα το φως;

A4: Όχι, γιατί είναι κανονική πέτρα, δεν είναι γυαλιστερή.

Αναφορικά με την ιδιότητα της φωταύγειας όλες οι ομάδες παρατήρησαν την εμφάνιση του φαινομένου στα εκθέματα της συγκεκριμένης αίθουσας και στη συνέχεια με τη βοήθεια των ερευνητριών τοποθέτησαν τα υλικά που είχαν στη διάθεσή τους κάτω από τις λυχνίες υπεριώδους ακτινοβολίας παρατηρώντας αν και αυτά εμφανίζουν τη συγκεκριμένη ιδιότητα. Κατά τη διάρκεια αυτής της διαδικασίας χαρακτηριστικός είναι ο διάλογος μεταξύ των μελών μίας ομάδας που κατηγοριοποιούν με κριτήριο τη συγκεκριμένη ιδιότητα.

A3: Να τα βάλουμε μαζί [δείχνει τον φθορίτη και τον ασβεστίτη] γιατί αυτά φωτίζουν.

K5: Στο άλλο κουβαδάκι, βάζουμε τις πέτρες.

K6: Οι πέτρες δεν φωτίζουν καθόλου!

Τέλος, κατά τη διάρκεια της τελικής συζήτησης αρκετά παιδιά φάνηκε να αντιλαμβάνονται τη διαφορά μεταξύ ορυκτών και «πετρών» που συναντούν στην καθημερινή τους ζωή, επισημαίνοντας τη δυσκολία εύρεσης των πρώτων στο άμεσο περιβάλλον τους. Όσον αφορά την προσφερόμενη μουσειακή εμπειρία, επιδιώχθηκε οι συμμετέχοντες στο πρόγραμμα να αντιληφθούν το μουσείο ως χώρο αναζήτησης και άντλησης πληροφοριών. Δεν συλλέχθηκαν πληροφορίες ελέγχου της υλοποίησης αυτού του στόχου, αλλά η απλή παρατήρηση εκ μέρους των ερευνητριών έδειξε ότι τα παιδιά αυτής της ηλικίας αντιλήφθηκαν πλήρως τον στόχο της περιήγησης μέσα σε αυτό.

9.4 Επίλογος

Τα εκπαιδευτικά προγράμματα που περιλαμβάνουν επισκέψεις στο ΜΕΤ παρουσιάζουν ιδιαιτερότητες τέτοιες που τα διαφοροποιούν επιστημολογικά και διδακτικά τόσο από τα προγράμματα που σχεδιάζονται αποκλειστικά από παράγοντες των μουσείων (Κολιόπουλος & Γκούσκου, 2013) όσο και από τα κλασικά προγράμματα διδασκαλίας που σχεδιάζονται εντός του τυπικού συστήματος εκπαίδευσης. Τα πλέον πρόσφατα παραδείγματα ερευνών οι οποίες εκπονήθηκαν στο Εργαστήριο Διδακτικής των θετικών επιστημών του ΤΕΕΑΠΗ του Πανεπιστημίου Πατρών και συνδέονται με την εφαρμογή του πλαισίου σχεδιασμού και αξιολόγησης επισκέψεων σε μουσεία επιστήμης και τεχνολογίας το οποίο περιγράψαμε στο παρόν κεφάλαιο, αφορούν προγράμματα που σχετίζονται με επισκέψεις παιδιών προσχολικής ηλικίας στο [Βιομηχανικό Μουσείο Φωταερίου Αθηνών](#) (Βασίλη, Νούση, Πασσαλή & Κολιόπουλος, 2017), στην [Αίθουσα Οδοντιατρικής Σχολής](#) του Μουσείου Ιστορίας του Πανεπιστημίου Αθηνών (Βαρβουτσή, Γιαχαλή & Κολιόπουλος, 2019) και στο Εργαστήριο Ορυκτολογίας του Γεωλογικού Τμήματος του Πανεπιστημίου Πατρών (Papissi, Laourdeki & Koliopoulos, 2019). Οι έρευνες αυτές έχουν ως στόχο τον προσδιορισμό των *παραγόντων* που ευνοούν τη *γνωστική πρόοδο* παιδιών κυρίως προσχολικής και πρώτης σχολικής ηλικίας σε αντικείμενα φυσικών επιστημών και τεχνολογίας, σε συνθήκες εμπλοκής των μη τυπικών μορφών εκπαίδευσης, όπως είναι οι επισκέψεις στα μουσεία (Filippourpoliti & Koliopoulos, 2012). Μέσω των δύο συγκεκριμένων μελετών περίπτωσης που παρουσιάσαμε εδώ επιβεβαιώνεται ότι η καταλληλότητα του μουσειακού χώρου (όπως διαμορφώθηκε από τον τρόπο με τον οποίον οι ερευνητριες χειρίστηκαν και τροποποίησαν τον διαμεσολαβητικό μετασχηματισμό της επιστημονικής γνώσης που προτεινόταν από τα δύο πανεπιστημιακά μουσεία), ο προσδιορισμός των γνωστικών αναγκών και δυνατοτήτων παιδιών μικρής ηλικίας (στις οποίες στηρίχθηκε ο διδακτικός μετασχηματισμός της επιστημονικής γνώσης και σχεδιάστηκαν οι διδακτικές δραστηριότητες των προγραμμάτων οι οποίες οδήγησαν σε όλες τις περιπτώσεις σε αποσταθεροποίηση των αρχικών νοητικών παραστάσεων των παιδιών) και ο τύπος του εκπαιδευτικού προγράμματος (πρόγραμμα τριμερούς πορείας και πρόγραμμα σε τυπικό μετεγκατεστημένο εκπαιδευτικό περιβάλλον) αποτελούν σημαντικούς παράγοντες στη διαμόρφωση μουσειακών εκπαιδευτικών προγραμμάτων τα οποία οδηγούν σε γνωστική πρόοδο παιδιά προσχολικής και πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης.

Βιβλιογραφικές αναφορές

- Achiam, M., & Marandino, M. (2014). A framework for understanding the conditions of science representation and dissemination in museums. *Museum Management and Curatorship*, 29(1), 66–82.
- Achiam, M., Simony, L., & Lindow, B.E.K. (2016). Objects prompt authentic scientific activities among learners in a museum programme. *International Journal of Science Education*, 38(6), 1012-1035.
- Arsac, G., Chevillard, Y., Martinand, A., & Tiberghien, A. (1994). *La transposition didactique à l'épreuve*. Lyon: La Pensée Sauvage.
- Allard, M., Boucher, S., & Forest, L. (1994). The museum and the school. *McGill Journal of Education*, 29(2), 197-212.
- Allard, M., Larouche, M.C., Meunier, A., & Thibodeau, P. (1998). *Guide de planification et d'évaluation des programmes éducatifs*. Montréal: Les Éditions logiques.
- Astolfi, J.-P., & Develay, M. (1989). *La didactique des sciences*. Paris: Presses Universitaires de France.
- Βαρβουτσή, Ν., Γιαχαλή, Θ., & Κολιόπουλος, Δ. (2019). Σχεδιάζοντας ένα εκπαιδευτικό πρόγραμμα για παιδιά προσχολικής ηλικίας στην Αίθουσα Οδοντιατρικής Σχολής του Μουσείου Ιστορίας του Πανεπιστημίου Αθηνών: Θεωρητικές και μεθοδολογικές παράμετροι. *Διδασκαλία Φυσικών Επιστημών. Έρευνα και Πράξη*, 68-69, 20-36.
- Βασιλή, Χ., Νούση, Δ., Πασσαλή, Χ., & Κολιόπουλος, Δ. (2016). Προσεγγίζοντας διδακτικά το Βιομηχανικό Μουσείο Φωταερίου: Αρχές σχεδιασμού μιας διδακτικής παρέμβασης σε παιδιά προσχολικής ηλικίας. Στο Β. Τσελφές (Επιμ.), *Προσχολική Ηλικία: Οι φυσικές επιστήμες στην εκπαιδευτική σχέση παιδιών και εκπαιδευτικών*. Αθήνα: Άρτεμις Πετροπούλου, 231-247.
- Bélanger, C., & Meunier, A. (2008). *Une approche muséologique de la visite scolaire au musée*. Cahiers du GREM, no 19. Université de Québec à Montréal.
- Γκούσκου, Ε. (2013). *Δυνατότητες εκπαιδευτικής αξιοποίησης εκ μέρους της τυπικής εκπαίδευσης του Μουσείου Φυσικής Ιστορίας α' γενιάς. Η επίδραση εκπαιδευτικών δραστηριοτήτων που λαμβάνουν χώρα στο Μουσείο Ζωολογίας του Πανεπιστημίου Πατρών στην οικοδόμηση της έννοιας της ταξινόμησης από παιδιά προσχολικής ηλικίας*. Διδακτορική διατριβή. ΤΕΕΑΠΗ Πανεπιστημίου Πατρών.
- DeWitt, J., & Osborne, J. (2007). Supporting teachers on science focused school trips: Towards an integrated framework of theory and practice. *International Journal of Science Education*, 29(6), 685–710.
- Desvallées, A., & Mairesse, F. (2014). *Βασικές έννοιες της Μουσειολογίας*. Armand Colin, ICOM.
- Falomo Bernarduzzi, L., Albanesi, G., & Bevilacqua, F. (2014). Museum heroes all: The Pavia approach to school-science museum interactions. *Science & Education*, 23, 761–780.
- Filippoupoliti, A., & Koliopoulos, D. (2012). Science museums/centres and early childhood education: Some possible factors that should affect the conceptual dimension of educational programs. Paper presented in the *CIMUSET 2012 Conference, Tampere/Helsinki*, 28-31/8.
- Gkouskou, E., & Koliopoulos, D. (2021). Describing the educational role of Natural History museums: An analysis tool for pre-service and in-service teachers. *European Journal of Educational Studies*, 8(1), 217-234.
- Guichard, J. (1998). *Observer pour comprendre les sciences de la vie et de la terre*. Paris : Hachette.
- Guichard, J., & Martinand, J. L. (2000). *Médiatique des sciences*. Paris: Presses Universitaires de France.
- Guisasola, J., Morentin, M., & Zuza, K. (2005). School visits to science museums and learning sciences: A complex relationship. *Physics Education*, 40(6), 544-549.
- Ζόγκζα, Β. (2006). *Η Βιολογική γνώση στην παιδική ηλικία. Ιδέες των παιδιών και διδακτικές προσεγγίσεις*. Αθήνα: Μεταίχμιο.
- Κολιόπουλος, Δ. (1995). Ταξίδι στη Scienceland. *Εκπαιδευτική Κοινότητα*, 33, 14-18.
- Κολιόπουλος, Δ. (2006). *Θέματα διδακτικής των φυσικών επιστημών. Η συγκρότηση της σχολικής γνώσης*. Αθήνα: Μεταίχμιο.
- Κολιόπουλος, Δ. (2017). *Η διδακτική προσέγγιση του Μουσείου Φυσικών Επιστημών*. Αθήνα: Μεταίχμιο.
- Koliopoulos, D., Gkouskou, E., & Arapaki, X. (2012). Organizing principles of a school-museum teaching intervention for pre-school children. *Skholé*, 17, 21-25.
- Μπαλάς, Α. (1984). Η «νοηματική αυτονομία» των θεωριών της φυσικής και το πρόβλημα της εκλαΐκευσης. Στο *Αμητός*. Αθήνα: Κέντρο Μικρασιατικών Σπουδών, 111-124.

- Meunier, A. (2018). L'éducation dans les musées: Une forme d'éducation non formelle. In D. Jacobi (Ed.), *Culture et éducation non formelle*. Montréal: Presses de l'Université du Québec, 15-32.
- Mujtaba, T., Lawrence, M., Oliver, M., & Reiss, M.J. (2018). Learning and engagement through natural history museums. *Studies in Science Education*, 54(1), 41-67.
- Parissi, A., Laourdeki, A., & Koliopoulos, D. (2019). Characterization of minerals based on geological criteria by children in early school years in a non-formal educational setting. *Educational Journal of the University of Patras UNESCO Chair*, 6(1), 380-386.
- Ραβάνης, Κ. (1999). *Οι φυσικές επιστήμες στην προσχολική εκπαίδευση*. Αθήνα: Εκδόσεις Τυπωθήτω.
- Ραβάνης, Κ. (2016). *Εισαγωγή στη Διδακτική και διδασκαλία των φυσικών επιστημών*. Αθήνα: Εκδόσεις Νέων Τεχνολογιών.
- Σισσαμπέρη, Ν., & Κολιόπουλος, Δ. (2008). Ενσωματώνοντας τις μη τυπικές μορφές εκπαίδευσης στο αναλυτικό πρόγραμμα σπουδών των φυσικών επιστημών του Δημοτικού Σχολείου: Η περίπτωση του μουσείου ζωολογίας. Στο Π. Κουμαράς & Φ. Σέρογλου (Επιμ.), *Πρακτικά 4ου Συνεδρίου ΕΔΙΦΕ*. Θεσσαλονίκη: Χριστοδουλίδης, 306-311.
- Triquet, E. (2000). *La relation école - musée*. *Grand N*, 44, 93-106.
- Triquet, E. (2005). *Note de synthèse pour l'habilitation à diriger des recherches*. Université de Bourgogne.
- Φλαούνα, Μ. (2008). *Ο σχεδιασμός, η εφαρμογή και η εκτέλεση ενός προγράμματος ζωολογίας με έμφαση στα πτηνά*. Προπτυχιακή εργασία. ΤΕΕΑΠΗ Πανεπιστημίου Πατρών.
- Van Praet, M. (1989). Contradictions des musées d'histoire naturelle et évolution de leurs expositions. In B. Schiele (Ed.), *Faire voir, faire savoir. La muséologie scientifique au présent*. Musée de la Civilisation, 25-34.

Δραστηριότητες

1. Περιγράψτε τις εκπαιδευτικές δραστηριότητες από μερικά μουσεία φυσικής ιστορίας που θα εντοπίσετε στο διαδίκτυο. Ποιες από αυτές νομίζετε ότι ταιριάζουν στους δύο τύπους εκπαιδευτικών προγραμμάτων που αναλύθηκαν στο παρόν κεφάλαιο;
2. Εντοπίστε ένα έκθεμα από τη [Διαδραστική Έκθεση Επιστήμης και Τεχνολογίας](#) του Ιδρύματος Ευγενίδου. Αφού απαντήσετε στα ερωτήματα που τίθενται, σχεδιάστε ένα πρόγραμμα του εκπαιδευτικού επιπέδου της αρεσκείας σας της μορφής «τυπικού μετεγκατεστημένου εκπαιδευτικού περιβάλλοντος». Αιτιολογήστε τις επιλογές σας. Προαιρετικά υλοποιήστε το πρόγραμμα και διατυπώστε τα συμπεράσματά σας όσον αφορά τη γνωστική συμπεριφορά των μαθητών.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10

Η διαθεματικότητα στο μουσείο: Φυσικές επιστήμες *out of context*

Πόπη Γεωργοπούλου και Δημήτρης Κολιόπουλος

Σύνοψη

Στο παρόν κεφάλαιο διερευνούμε την τάση διαθεματικών ερμηνευτικών προσεγγίσεων σε μουσειακά περιβάλλοντα και ειδικότερα τη σχέση μεταξύ των δύο επιστημονικών πεδίων, της αρχαιολογίας και των φυσικών επιστημών. Πιο συγκεκριμένα, αναφερόμαστε στις εξής τέσσερις βασικές (επιστημολογικά υπαρκτές) περιπτώσεις γεφύρωσης των φυσικών επιστημών και της αρχαιολογίας: (α) αρχαιομετρία, (β) συντήρηση αρχαιοτήτων, (γ) αρχαία ελληνική επιστήμη και (δ) αρχαία ελληνική τεχνολογία και τέχνη. Μέσα από την ομαδοποιημένη αναφορά σε μουσειακές πρακτικές της Ελλάδας και χωρών του εξωτερικού, σκιαγραφούνται οι μορφές αυτής της διαλογικής προσέγγισης. Στη συνέχεια, περιγράφεται και αναλύεται η έννοια της Εκπαιδευτικής Νησίδας Φυσικών Επιστημών (ΕΝΦΕ), ως μέθοδος διάδοσης στοιχείων φυσικών επιστημών, αξιοποιώντας εκθέματα αρχαιολογικής συλλογής ενός μουσείου, ως αποτέλεσμα ταυτόχρονα διδακτικού και διαμεσολαβητικού μετασχηματισμού χρησιμοποιώντας ως παράδειγμα την περιπτώσιολογική μελέτη ΕΝΦΕ για το Αρχαιολογικό Μουσείο Θηβών.

Προαπαιτούμενη γνώση

Desvallées, A., & Mairesse, F. (2014). *Βασικές έννοιες της Μουσειολογίας*. Arm and Colin, ICOM.
Κολιόπουλος, Δ. (2017). *Η διδακτική προσέγγιση του μουσείου φυσικών επιστημών*. Αθήνα: Μεταίχμιο.

10.1 Διαμόρφωση μιας διαλογικής προσέγγισης στα μουσειακά περιβάλλοντα

Κυβερνήσεις και οργανισμοί, εκπαιδευτικά ιδρύματα και ιδρύματα προβάλλουν σήμερα τη σημασία της κατανόησης της επιστήμης και της επιστημονικής έρευνας. Τα μουσεία Επιστημών και Τεχνολογίας, συμπεριλαμβανομένων των μουσείων Φυσικής Ιστορίας είναι τα μη τυπικά εκπαιδευτικά ιδρύματα, παραδοσιακά κατεξοχήν υπεύθυνα για τη διάδοση των φυσικών επιστημών, λόγω της φύσης των συλλογών τους (Guichard & Martinand, 2000; Schiele, 2001; Dierking et al., 2003; Friedman, 2010). Στο παρόν κεφάλαιο εξετάζεται εάν και πώς μπορεί να διαδοθεί το επιστημονικό περιεχόμενο, δηλαδή στοιχεία των φυσικών επιστημών, στο περιβάλλον μουσειακών εκθέσεων διαφορετικού αντικειμένου και ειδικότερα του αρχαιολογικού μουσείου. Ισχύει ότι, με βάση τις συλλογές τους, τα μουσεία χωρίζονται γενικά σε κατηγορίες, όπως αρχαιολογικά μουσεία, μουσεία επιστήμης και τεχνολογίας, μουσεία τέχνης κ.λπ. (Poulot, 2009), ακολουθώντας την παραδοσιακή θεματική τυπολογία, διαρθρωμένη γύρω από το τρίπτυχο Τέχνη-Επιστήμη-Ιστορία (Edson & Dean, 1996), αντικατοπτρίζοντας γενικότερες πολιτισμικές ζυμώσεις επιστημονικών κύκλων (Gob & Drouguet, 2003; Schaer, 1993). Η παραδοσιακά κλειστή σχέση μεταξύ της διάδοσης των φυσικών επιστημών και των μουσείων ή κέντρων επιστημών και τεχνολογίας ορίζεται από την ξεχωριστή υποκατηγορία της «Επιστημονικής Μουσειολογίας» (Scientific Museology), καθώς η επιστημονική περιοχή των εκπαιδευτικών φαινομένων λαμβάνει χώρα στα μουσεία των επιστημών (Clement, 1993; Schiele & Koster, 1998).

Ωστόσο, σε διάφορους τύπους εκθέσεων μουσείων μπορούν να αποκαλυφθούν σχέσεις διαφορετικών επιστημονικών πεδίων. Πλέον διεπιστημονικές εκθέσεις οργανώνονται σε διάφορα είδη μουσείων (π.χ. στο Μουσείο Μοντέρνας Τέχνης και στο Μητροπολιτικό Μουσείο Τέχνης), όπου η τέχνη συνυπάρχει με τεχνολογικά εργαλεία, συλλογές φυσικής ιστορίας και άλλες (Abadi, 2008; Blatchford & Blyth, 2019; Filippoupoliti, 2010). Σε αυτόν τον τύπο εκθεσιακού σχεδιασμού, ακόμη και στο αρχαιολογικό μουσείο, μπορεί να τονιστεί η πολιτιστική πτυχή της επιστήμης (Copley, 2010), μέσα από τη σύγκλιση περισσότερων επιστημών (Fourrez, 1997; Maingain & Dufour, 2003). Πράγματι, τα αρχαιολογικά μουσεία συλλέγουν, μελετούν και εκθέτουν αυθεντικά αρχαία αντικείμενα και ανθρώπινα κατάλοιπα (Bounia, 2004), αλλά η αξία των αντικειμένων ως εκθεμάτων αποτελείται από πολλά επίπεδα ερμηνείας (Hooper-Greenhill, 1992; Lord & Lord, 1997; Pearce, 1995), που περιλαμβάνει επίσης την πολιτιστική διάσταση των φυσικών επιστημών (Lévy-Leblond, 2004; Meunier & Luckerthoff, 2012).

Τα μουσεία επιχειρούν ολοένα και συχνότερα μια *ολιστική* προσέγγιση του φυσικού κόσμου (Olmi, 2004), επιτρέποντας την ευρύτερη ερμηνεία της καλλιτεχνικής και άυλης πολιτιστικής κληρονομιάς και των ανθρώ-

πινων καταλοίπων (Desvallées & Mairesse, 2014). Ο πλουραλισμός των μουσείων από την άποψη της αρχιτεκτονικής, της διοίκησης και της λειτουργίας ενισχύει τη συμβολική φύση και την κοινωνική διάσταση της αποστολής του μουσείου, πέραν των παραδοσιακών υποχρεώσεων διατήρησης, επικύρωσης και εμπλουτισμού της πολιτιστικής κληρονομιάς (Ambrose & Paine, 2012; Burton & Scott, 2007; Grenier, 2013, Tobelem, 2010). Τόσο η επικαιροποίηση και οι τροποποιήσεις του ορισμού των μουσείων από το *Διεθνές Συμβούλιο Μουσείων (International Council of Museums - ICOM)*, όσο και η ιεραρχία των μουσείων που προτάθηκε από την *Αμερικανική Ένωση Μουσείων (American Alliance of Museums)* αντικατοπτρίζουν τη μετατόπιση του ενδιαφέροντος σε περισσότερους τρόπους ερμηνείας των συλλογών, την εκπαίδευση και τη μάθηση. Όλο και περισσότερα νέα πεδία ανοίγουν λόγω νέων ιδεών στα σύγχρονα μουσεία (Overskaug, 2012).

10.2 Διάδοση στοιχείων φυσικών επιστημών *out of their context*

Παρά το γεγονός ότι η έκθεση των συλλογών των πινάκων της *Πινακοθήκης Brera* στο Μιλάνο ([Pinacotheca di Brera](#)) δεν ξεφεύγει από τον γενικό κανόνα των περισσότερων παραδοσιακού τύπου πινακοθηκών, ωστόσο σε μία από τις αίθουσες της έκθεσης, εν μέσω της ροής της πορείας, ο επισκέπτης συναντά ένα ενεργό εργαστήριο συντήρησης. Η τοποθέτηση του εργαστηρίου συντήρησης, ως μίας από τις παραδοσιακά αθέατες λειτουργίες του μουσείου, όχι μόνο επιτρέπει, αλλά προτρέπει τη συνειρμική σύνδεση της υλικής διάστασης του έργου τέχνης με τη σύγχρονη επιστημονική γνώση φυσικών επιστημών που απαιτείται για τη διατήρηση και συντήρησή του. Αντίστοιχο παράδειγμα αποτελεί η περίπτωση του *Μουσείου Van Gogh* στο Άμστερνταμ ([Van Gogh Museum](#)), όπου μικρό τμήμα της έκθεσης είναι αφιερωμένο στις τεχνικές που χρησιμοποιήθηκαν τόσο για τη συντήρηση όσο και για την ενδεδειγμένη εξέταση έργων για την πιστοποίηση ή μη της γνησιότητάς τους (κυρίως ακτίνες X). Στην περίπτωση αυτού του μουσείου, το θέμα αυτής της διαδικασίας είναι ενταγμένο οργανικά στην έκθεση και πλαισιώνεται από ερμηνευτικά εργαλεία (επεξηγηματικά κείμενα και φωτογραφίες του έργου τέχνης από το μικροσκόπιο). Στην άλλη πλευρά του Ατλαντικού, στην περίπτωση του *Μουσείου Τέχνης* στο Ντάλας ([Dallas Museum of Art](#)), συναντούμε μια πιο εξελιγμένη μορφή αυτής της συναρμογής των δύο πεδίων, της τέχνης και των φυσικών επιστημών, μέσω των τεχνικών της συντήρησης. Εκεί, η αίθουσα συντήρησης δεν είναι μια κλειστή, εγκλωβισμένη αίθουσα, που επιτρέπει την οπτική μόνο επαφή, αλλά ισότιμα αντιμετωπιζόμενο τμήμα της έκθεσης, ως αυτόνομο μεν αλλά και αναπόσπαστο μέρος του εκθεσιακού αφηγήματος του συγκεκριμένου μουσείου. Μάλιστα, η ύπαρξη αυτού του μέρους της έκθεσης πλαισιώνεται με δράσεις εκπαιδευτικού χαρακτήρα που λαμβάνουν χώρα εντός του εργαστηρίου.

Αλλά και αντίστροφα, μουσειακοί χώροι των φυσικών επιστημών, προσεγγίζουν τις τέχνες και τις ανθρωπιστικές επιστήμες. Με βάση την πεποίθηση ότι μερικοί από τους στόχους της διεπιστημονικής προσέγγισης της πραγματικότητας μπορούν να επιτευχθούν καλύτερα σε μουσειακούς χώρους όπου οι μαθητές και άλλες ομάδες επισκεπτών μπορούν να κερδίσουν από πρώτο χέρι την εμπειρία των φυσικών φαινομένων (Oppenheimer, 1972), το *Exploratorium* στο Σαν Φρανσίσκο, το πρωτοπόρο επιστημονικό κέντρο στις ΗΠΑ και διεθνώς, σχεδίασε τον εκθεσιακό του χώρο με τέτοιο τρόπο, ώστε η τέχνη σε συνδυασμό με την ατμόσφαιρα του παιχνιδιού να ενισχύουν τους μηχανισμούς της ανθρώπινης αισθητήριας αντίληψης. Το μεγαλύτερο μουσείο επιστήμης στην Ευρώπη, η *Cité des Sciences et de l'Industrie* στο Παρίσι, με την έκθεση *Quoi de neuf au Moyen Age? Tout ce que l'archéologie nous relève*, παρουσιάζει διάφορες πτυχές της ζωής αυτής της συγκεκριμένης ιστορικής περιόδου και του κοινωνικοπολιτιστικού πλαισίου. Έτσι, οι τεχνολογίες των μεσαιωνικών χρόνων που μπορούν να συνεπάγονται στοιχεία φυσικής επιστήμης ως μέρος της ιστορίας της επιστήμης συνυπάρχουν με την τέχνη και την αισθητική της εποχής. Στην πραγματικότητα, η έκθεση δεν διαφέρει από τις σύγχρονες εκθέσεις μουσείων ιστορίας που προσφέρουν ευκαιρίες αλληλεπίδρασης και διασκέδασης με εκθέματα ειδικά σχεδιασμένα για τα μικρότερα παιδιά. Όμως, η επιλογή ενός ιδρύματος επιστήμης και τεχνολογίας για να διαχειριστεί ζητήματα ιστορίας είναι αυτό που έχει σημασία.

Πράγματι, πολύ συχνά, πολλά μουσεία επιστημών εισάγουν έργα καλλιτεχνών, είτε σε ατομικές εκθέσεις είτε ως μέρος επιστημονικών εκθέσεων. Για παράδειγμα, στη διάλεξη «Τέχνη και Αστρονομία: Συνάντηση Δύο Κόσμων», ο καλλιτέχνης Απόστολος Κιλεόπουλος και ο καθηγητής Αστροφυσικής στο Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης Ιωάννης Σεραδάκης διεξήγαγαν έναν πρωτότυπο διάλογο που επιχειρούσε να παρουσιάσει τη δημιουργική συνέργεια μεταξύ επιστήμης και τέχνης, με αφορμή την έκθεση τέχνης με πίνακες με αστερισμούς, νεφελώματα και χάρτες του ουρανού το 2018 στο [Τελλόγλειο Ίδρυμα Τέχνης Θεσσαλονίκης](#). Εξάλλου, ακόμη και η φυσική του Αϊνστάιν αγγίζει τα βαθιά υπαρξιακά ερωτήματα που επίσης κατοικούν στις τέχνες (Østergaard, 2006). Ο Østergaard μας θυμίζει τη γνώμη πολλών καλλιτεχνών και επιστημόνων ότι:

«Η τέχνη και η επιστήμη μπορούν να θεωρηθούν ως δύο διαφορετικοί αλλά συμπληρωματικοί τρόποι να κατανοήσουμε τη σχέση της ανθρωπότητας με τον κόσμο και τη φύση... Αυτό επιτρέπει μια διπλή προοπτική για την τέχνη και την επιστήμη ως διαφορετική όσον αφορά τη δραστηριότητα και τη γλώσσα, αλλά παρόμοια σε σχέση με τους αμοιβαία συμπληρωματικούς τους χαρακτήρες» (Østergaard, 2006, σ. 11).

Εξετάζοντας πιο συγκεκριμένα τη διάδοση στοιχείων φυσικών επιστημών σε αρχαιολογικά μουσεία και χώρους, διαπιστώνεται μία πύκνωση τέτοιων ερμηνευτικών πρωτοβουλιών. Στη μόνιμη έκθεση του *Αρχαιολογικού Μουσείου* της Λυών (*Lugdunum*) παρουσιάζεται, μεταξύ άλλων, όχι μόνο το ιστορικό πλαίσιο των ρωμαϊκών κατασκευών και ειδικά των υδραγωγείων, αλλά και ο τρόπος λειτουργίας τους και οι αρχές, βάσει των οποίων σχεδιάστηκαν και κατασκευάστηκαν. Ωστόσο, παρά το γεγονός ότι τα αρχαιολογικά κατάλοιπα πλαισιώνονται από μακέτες αυτών των υδραγωγείων (*Εικόνα 10.1*), που προσομοιώνουν τη λειτουργία τους, με την κίνηση του νερού μέσω των αγωγών τους, η οποία ενεργοποιείται με το πάτημα ενός κουμπιού από τον επισκέπτη, δεν φτάνουν την παρεχόμενη πληροφορία στον επιστημονικό της πυρήνα. Έτσι, για παράδειγμα, η μακέτα-έκθεμα που παρουσιάζει τη λειτουργία του υδραγωγείου βασίζεται εντέλει σε μια συμπεριφοριστική αντίληψη που δεν οδηγεί οπωσδήποτε στην κατανόηση, αλλά μάλλον θεωρεί δεδομένη τη γνώση της θεωρίας των συγκοινωνούντων δοχείων και του θεμελιώδους θεωρήματος της υδροδυναμικής του Bernoulli. Εκθέματα-κατασκευές αντίστοιχης λογικής, που βρίσκονται σε εκθέσεις μουσείων διάφορων ειδών (από μουσεία φυσικών επιστημών και τεχνολογίας μέχρι αρχαιολογικά και λαογραφικά) δεν φτάνουν στο βάθος της εξήγησής του, αλλά εξαντλούνται στον εντυπωσιασμό του αποτελέσματος μιας μηχανιστικής συμμετοχής του επισκέπτη, χωρίς συνήθως να γίνεται συστηματικός μουσειογραφικός μετασχηματισμός των αρχών και των θεωρημάτων που βρίσκονται πίσω από αυτά. Στην περιοδική έκθεση του ίδιου μουσείου, με τίτλο *Το νερό, η εφεύρεση των Ρωμαίων* (*L' aqua, l' invention de Romains*), όπου οι υδραυλικές κατασκευές της ρωμαϊκής περιόδου αποτελούν το θεματικό επίκεντρο, το ερμηνευτικό πλαίσιο είναι πιο πλούσιο. Οι αναπαραγωγές των υδραυλικών συστημάτων ή των σχετικών οργάνων μετρήσεων που χρησιμοποίησαν οι Ρωμαίοι κατασκευαστές, συνοδεύονται από σκίτσα, βίντεο και επεξηγηματικά κείμενα, που παρέχουν ένα πρώτο επίπεδο εξήγησης των σχετικών φυσικών νόμων. Ένα παράδειγμα θεματικού μουσείου με ιστορικο-χρονολογική αφήγηση και παράλληλες νύξεις από την επιστήμη της χημείας είναι το *Μουσείο Αρωμάτων* στο Παρίσι (*Le Grand Musée du Parfum*)⁵⁰, το οποίο παρουσιάζει την ιστορία της αρωματοποιίας. Μία από τις θεματικές του ενότητες είναι αφιερωμένη στην εξήγηση της όσφρησης ως βιοχημικής διεργασίας. Ωστόσο, και σε αυτή την περίπτωση η γνώση για την «ανάγνωση» των χημικών ενώσεων είναι προϋπόθεση για την εις βάθος κατανόηση των εκθεμάτων και των εποπτικών μέσων.



Εικόνα 10.1: Όψη της έκθεσης με θέμα την κατασκευή και τη λειτουργία των ρωμαϊκών υδραγωγείων στο αρχαιολογικό μουσείο στη Λυών (Φωτ. Π. Γεωργοπούλου).

⁵⁰ Το μουσείο αυτό δεν βρίσκεται πλέον σε λειτουργία.

Στην ελληνική μουσειακή πραγματικότητα συναντά κανείς αντίστοιχες περιπτώσεις μουσειακών περιβαλλόντων. Σε γενικές γραμμές, ακολουθώντας το διεθνές κλίμα, όπως αυτό περιγράφεται παραπάνω, στα ελληνικά πράγματα, διαφαίνονται αφενός μια τάση εμπλουτισμού των μουσειακών δραστηριοτήτων και αφετέρου διεύρυνση των θεματικών πολλών εκθέσεων και εκπαιδευτικών προγραμμάτων, μεταξύ των οποίων και προς θέματα τεχνολογίας και φυσικών επιστημών. Η κίνηση αυτή ακολουθεί τη διεθνή τάση θεματικής διεύρυνσης και διαθεματικής ερμηνείας των μουσειακών συλλογών και τροφοδοτείται πολλές φορές από δράσεις εκλαϊκευσης της επιστημονικής γνώσης ανεξάρτητων φορέων που δίνουν άμεσα ή έμμεσα ερεθίσματα, τα οποία αξιοποιούνται ενίοτε από το ολοένα και πιο εξειδικευμένο προσωπικό των μουσείων. Έτσι, διαπιστώνεται και μια προσπάθεια ερμηνευτικής πλαισίωσης αρχαιολογικών, ιστορικών, λαογραφικών και λοιπών εκθεμάτων, επιχειρώντας προεκτάσεις σε έννοιες και στοιχεία φυσικών επιστημών. Ωστόσο, στις περισσότερες περιπτώσεις η πρόθεση αυτή δεν αποτελεί αποτέλεσμα εφαρμογής μουσειογραφικού μετασχηματισμού, με αποτέλεσμα, ενώ παρουσιάζονται έτσι, να μην ακουμπούν τον πυρήνα των φυσικών επιστημών.

Θα πρέπει, βέβαια, να ληφθεί υπόψη ότι η ιδιαιτερότητα της ελληνικής περίπτωσης καθορίζεται εν πολλοίς από το είδος της συντριπτικής πλειονότητας των δημόσιων συλλογών. Η συγκέντρωση, προστασία και φύλαξη των αρχαιοτήτων αποτέλεσε εξαρχής μέλημα των δημόσιων κεντρικών ή κατά τόπους αρχαιολογικών μουσείων (τα τελευταία αποτελούν συνήθως μέρος του αρχαιολογικού χώρου) με σκοπό τη διαφύλαξη της αρχαίας κληρονομιάς και κατ' επέκταση την εδραίωση της εθνικής ταυτότητας, γεγονός που επηρέασε και συνεχίζει να επηρεάζει το ύφος και το περιεχόμενο των εκθέσεων στα ελληνικά αρχαιολογικά και ιστορικά μουσεία. Από το 1829, έτος ίδρυσης του Εθνικού Αρχαιολογικού Μουσείου στην Αθήνα, μέχρι και σήμερα, παλιές και νέες εκθέσεις των αρχαιολογικών μουσείων σε όλη την Ελλάδα ακολουθούν την ίδια εκθετική φιλοσοφία, που υπόκειται σε αισθητικά και ιστορικά κριτήρια. Σε σχετική έρευνα (Γκαζή, 2007), έξι αρχαιολογικά μουσεία κλήθηκαν να απαντήσουν σε ερωτήματα σχετικά με (α) την κεντρική φιλοσοφία και την ερμηνευτική προσέγγιση, η οποία υιοθετήθηκε κατά την προετοιμασία μιας νέας μόνιμης έκθεσης στο μουσείο, (β) τη διαφορά στην προσέγγιση από παλαιότερες εκθέσεις του μουσείου και τον τρόπο που εξυπηρετούνται οι διαφορετικές ομάδες κοινού και (γ) στο πώς γίνεται αντιληπτός ο ρόλος του μουσείου σήμερα. Το συμπέρασμα, όμως, που προέκυψε από την ποιοτική ανάλυση των εκθέσεων είναι ότι οι αναφορές των απαντήσεων στη μουσειολογία, δεν συνοδεύονται πάντα από σαφή επίγνωση του περιεχομένου της και των δυνατοτήτων τις οποίες προσφέρει. Δηλαδή, όπως διατυπώνει η ερευνήτρια, εξακολουθεί, ως έναν βαθμό, να αναπαράγεται μια στερεοτυπική ρητορική περί νέων μουσειολογικών αντιλήψεων και επιταγών, οι οποίες όμως δεν ορίζονται με ακρίβεια ούτε συσχετίζονται με συγκεκριμένες ερμηνευτικές προτάσεις μέσα στην έκθεση, είτε στο επίπεδο της διάρθρωσης των θεματικών εννοιών της είτε σε εκείνο της επιλογής ποικίλων ερμηνευτικών μέσων που εξυπηρετούν τις ανάγκες διαφορετικών επισκεπτών. Καταλήγει, εντοπίζοντας μεγάλο περιθώριο για την ανάπτυξη ευρύτερων διαθεματικών συνεργασιών, ειδικά όσον αφορά το ζήτημα της ερμηνευτικής προσέγγισης του αρχαιολογικού υλικού, που συχνά αντιμετωπίζεται με αμηχανία ή ίσως με κάποιον συντηρητισμό.

Παράλληλα με τη νοηματική ανάλυση, η κατανόηση των συνεπειών συγκεκριμένων αποφάσεων σχετικών με τον σχεδιασμό του κτηρίου και της έκθεσης για τη λειτουργία και τη χρήση του χώρου μπορεί να αποτελέσει χρήσιμο εργαλείο, τόσο από την αρχιτεκτονική πλευρά και τη διευθέτηση του χώρου όσο και από την πλευρά της αξιολόγησης στρατηγικών σχεδιαστικών επιλογών σε συνάρτηση με δεδομένες απαιτήσεις (Τζώρτζη, 2006). Χαρακτηριστική είναι η περίπτωση του νέου Μουσείου της Ακρόπολης, του οποίου η έκθεση, αν και σχεδιάστηκε το 2000, αντιμετωπίζει τις συλλογές μονοθεματικά, ως «αριστουργήματα», χωρίς να προσφέρει *πολυπρισματικό* ερμηνευτικό πλαίσιο. Μετά την ολοκλήρωση των εργασιών του Συμποσίου *Με αφορμή το Μουσείο Ακρόπολης. Ιδεολογία, Μουσειολογία, Αρχιτεκτονική* και την ενδελεχή συζήτηση που πραγματοποιήθηκε σχετικά με όλες τις παραμέτρους του εν λόγω μουσείου, διαπιστώθηκαν ελλείψεις και προστέθηκαν μοντέλα, αντίγραφα και ψηφιακές αναπαραστάσεις, που λειτουργούν έστω ως νύξεις για το *τεχνολογικό* και *επιστημονικό υπόβαθρο* της εποχής που σχεδιάστηκαν και κατασκευάστηκαν. Η περιοδεύουσα έκθεση *Μύρτις, πρόσωπο με πρόσωπο με το παρελθόν* που σχεδιάστηκε το 2010 από ομάδα του Εθνικού και Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών (*Εικόνα 10.2*), όμως, διαφοροποιήθηκε από κάθε άλλη μόνιμη ή περιοδική έκθεση αρχαιολογικού μουσείου μέχρι τότε (Παπαρηγοράκης, 2010; Paragrigorakis et al., 2011). Η έκθεση δεν στόχευε στην ανασύσταση της εποχής που έζησαν το κορίτσι (στο οποίο συμβατικά δόθηκε το αρχαίο όνομα Μύρτις) και τα υπόλοιπα άτομα που βρέθηκαν σε ομαδικό τάφο στον Κεραμεικό στην Αθήνα. Στη συγκεκριμένη περίπτωση, τα ανασκαφικά ευρήματα, σε συνδυασμό με τις πληροφορίες από τις αρχαίες πηγές, αποτέλεσαν την αφορμή για να αναδειχτούν επιστημονικές θεωρίες, πρακτικές και τεχνολογικά μέσα της σύγχρονης εποχής. Η ιδιαιτερότητα της συγκεκριμένης έκθεσης έγκειται στο ότι αναπτύχθηκε γύρω από δύο μόνο αυθεντικά αντι-

κείμενα: (α) το κρανίο, χάρη στην ακεραιότητα της οδοντοστοιχίας του οποίου κατέστη δυνατή η εξακρίβωση της αιτίας θανάτου, που συνδέθηκε με τον θανατηφόρο παράγοντα του Λοιμού του 5ου αιώνα π.Χ. και (β) το αναπλασμένο πρόσωπο, που δημιουργήθηκε προσεγγιστικά, με βάση τα χρονικο-γεωγραφικά ανθρωπολογικά χαρακτηριστικά. Στόχος της έκθεσης ήταν να αφηγηθεί τη διεπιστημονική πορεία από την ανασκαφή μέχρι και την έκθεση, φωτίζοντας κυρίως το γεγονός ότι η διεξαγωγή συμπερασμάτων για το πρόσφατο και απώτερο παρελθόν είναι απόρροια της συνεργασίας πολλών επιστημόνων διαφορετικών ειδικοτήτων. Την περίοδο 2012-2014, στο πλαίσιο της περιοδικής έκθεσης του Εθνικού Αρχαιολογικού Μουσείου [Το ναυάγιο των Αντικυθήρων, το Πλοίο, οι Θεσαυροί, ο Μηχανισμός](#), παρουσιαζόταν εκτενώς όχι μόνο ο τρόπος εύρεσης των τμημάτων του λεγόμενου Μηχανισμού των Αντικυθήρων, αλλά και οι προσπάθειες μιας διεθνούς ομάδας ειδικών επιστημόνων για την κατανόηση του σχεδιασμού και των λειτουργιών του (ΥΠΠΟ, 2012). Ο επισκέπτης μπορούσε να παρακολουθήσει βίντεο στα οποία οι ειδικοί επιστήμονες της ομάδας έρευνας εξηγούσαν σε έναν βαθμό τις κινήσεις των ουράνιων σωμάτων που ήταν σε θέση να προβλέπει ο μηχανισμός, ωστόσο απαιτούνται γνώσεις αστροφυσικής και αστρονομίας, οι οποίες δεν μεταφέρονταν μετασηματισμένες στο μουσειακό πλαίσιο.



Εικόνα 10.2: Άποψη της έκθεσης «Μύρτις: πρόσωπο με πρόσωπο με το παρελθόν», από την ενότητα της παρουσίασης των βιολογικών αναλύσεων που έγιναν στον πολφό των δοντιών του κρανίου. Από τη φιλοξενία της έκθεσης στο Μουσείο Γουλανδρή Φυσικής Ιστορίας (Φωτ. Π. Γεωργοπούλου).

Στην έκδοση του Μουσείου Γουλανδρή Κυκλαδικής Τέχνης το 2015, με τίτλο *Πώς κατασκευάζονταν; Υλικά και τεχνικές κατεργασίας αρχαίων αντικειμένων* (Παπαδημητρίου, 2015), ο συγγραφέας διαπιστώνει τη μέχρι στιγμής μονόπλευρη αντιμετώπιση των αρχαιολογικών εκθεμάτων με αισθητικά και ιστορικά κριτήρια. Χωρίς να γίνεται επέμβαση στην έκθεση, ένα έντυπο ή ένα εκπαιδευτικό πρόγραμμα μπορεί να οδηγήσει σε μια διαφορετική ερμηνευτική κατεύθυνση. Το έντυπο αυτό αποτελεί ένα διαφορετικό είδος διάδοσης στοιχείων φυσικών επιστημών από αρχαιολογικό μουσείο. Χαρακτηριστικό απόσπασμα από την εισαγωγή του εν λόγω εντύπου είναι το παρακάτω:

«Τα αρχαιολογικά εκθέματα προσεγγίζονται κατά κανόνα με όρους αισθητικούς (ως έργα τέχνης), ιστορικούς (ως υλικά τεκμήρια του παρελθόντος) ή λειτουργικούς (π.χ. μελετάμε όπλα για να κατανοήσουμε τις πολεμικές τακτικές). Αντιθέτως, σπανίως ασχολούμαστε με το πώς κατασκευάζονταν τα διάφορα

αντικείμενα. Αυτό μας στερεί από μια σημαντική πηγή γνώσης. Διότι η τεχνολογία της κάθε εποχής εξαρτάται από το επίπεδο της τεχνογνωσίας, τις συνθήκες παραγωγής και τα διαθέσιμα υλικά και εργαλεία. Για παράδειγμα, ένα κυκλαδικό ειδώλιο της 3ης χιλιετίας π.Χ. και ένα μαρμάρινο άγαλμα του 5ου αιώνα π.Χ., αν και από παρόμοιο υλικό, είχαν διαφορετικές τεχνικές κατεργασίας διότι τα εργαλεία των δύο περιόδων διέφεραν. [...] Μελετώντας την τεχνολογία των διάφορων υλικών μπορούμε να εκτιμήσουμε καλύτερα την αξία και τη σημασία των αρχαίων τεχνέργων, να κατανοήσουμε την εποχή τους και να προσεγγίσουμε τον κόσμο των αρχαίων τεχνιτών».

Επομένως, κατ' επέκταση της ανάδειξης των εργαλείων και τεχνικών κατασκευής των τεχνέργων, θα ήταν χρήσιμο να αναδειχτεί και η αρχαία επιστημονική γνώση, η εξέλιξή της και η αποτύπωσή της στην κατασκευή νέων ή και βελτιωμένων εργαλείων και τεχνικών, ως βασικό και αναπόσπαστο τμήμα της δημιουργίας όλων των καταλοίπων της παρουσίας των ανθρώπων.

Ιδιαίτερη αναφορά θα πρέπει να γίνει στην περίπτωση του ιδιωτικού [Μουσείου Αρχαίας Ελληνικής Τεχνολογίας](#) με τη συλλογή δεκάδων λειτουργικών αντιγράφων αρχαιοελληνικής τεχνολογίας στο Κατάκολο, την Ολυμπία και την Αθήνα (Κοτσανάς, 2015). Τα δύο πρώτα αποτελούν χαρακτηριστικά παραδείγματα έκθεσης παραδοσιακού τύπου. Πυκνή διάταξη, μακροσκελή και δυσνόητα κείμενα με τεχνική και επιστημονική ορολογία, είναι τα χαρακτηριστικά ενός μουσειακού περιβάλλοντος που βασίζεται κυρίως στην παρουσίαση μηχανισμών της αρχαιότητας (*Εικόνα 10.3*). Βέβαια, αποτελεί μουσείο τεχνολογίας και όχι φυσικών επιστημών, κατά συνέπεια οι στόχοι του είναι η διάδοση της κατασκευής, της λειτουργίας και της λειτουργικότητας αυτών των μηχανισμών και όχι των αρχών φυσικών επιστημών που βρίσκονται πίσω από αυτούς. Δεν παύει όμως να αποτελεί ένα από τα πιο *πρόσφορα εδάφη*, όπου συνδυάζονται η αρχαιολογία με τις φυσικές επιστήμες, για τη διάδοση και τη διδακτική εννοιών των φυσικών επιστημών, με την προϋπόθεση ότι η συλλογή θα είχε ενταχθεί σε ένα ενιαίο μουσειολογικό σκεπτικό, με ποικίλο ερμηνευτικό πλαίσιο. Μέχρι στιγμής, τον ερμηνευτικό ρόλο έχει αναλάβει το ανθρώπινο δυναμικό (εθελοντές και προσωπικό) του μουσείου, που είναι πρόθυμο να ξεναγήσει τους επισκέπτες, εξηγώντας τη λειτουργία των διάφορων μηχανισμών. Στο τρίτο και πιο πρόσφατο μουσείο του Κώστα Κοτσανά, το οποίο ιδρύθηκε στην Αθήνα το 2017, διαφαίνεται η πρόθεση η έκθεση να ανταποκρίνεται ολοένα και περισσότερο στη σύγχρονη γραφιστική επιμέλεια των εκθέσεων. Σε αυτήν τη βελτιωμένη, πράγματι, περίπτωση, το προσωπικό του μουσείου δίνει επεξηγηματικές πληροφορίες σχετικά με τη λειτουργία των μηχανισμών, ενώ ταυτόχρονα τα αντίγραφα-εκθέματα πλαισιώνονται από εποπτικό και [ψηφιακό υλικό](#) με τεχνολογικό προσανατολισμό.

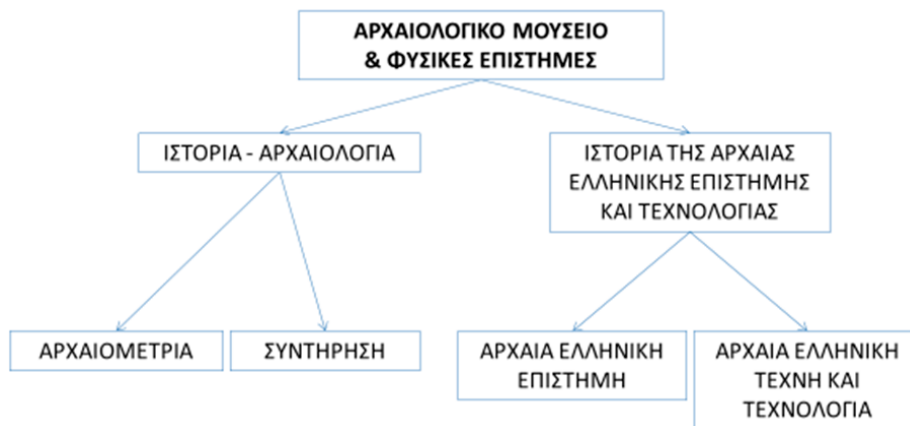
Παρόμοια περίπτωση αποτελεί η έκθεση [Αρχαία Ελληνική Τεχνολογία](#) που περιλαμβάνεται στο Κέντρο Επιστημών και Τεχνολογίας Θεσσαλονίκης [Νόησις](#). Αντίγραφα μηχανισμών αρχαίας ελληνικής τεχνολογίας, σχετικά πυκνά τοποθετημένα, συνοδεύονται από γραφιστικές αναπαραστάσεις, βίντεο, κείμενα αλλά και πληροφοριακό πλαίσιο μέσω του ιστοχώρου του μουσείου. Στο ιδιωτικό [Κέντρο Ιστορίας και Επιστήμης Γραμμή του χρόνου](#) στην Κόρινθο το οποίο ιδρύθηκε το 2018, παρουσιάζεται το χρονικό της κατασκευής της διώρυγας της Κορίνθου. Στο πλαίσιο αυτό και λόγω του ότι πρόκειται για ένα τεχνολογικό επίτευγμα της εποχής του, στην υποενότητα της έκθεσης που αφορά το τεχνικό κομμάτι της κατασκευής, δίνονται πληροφορίες γεωλογικού ενδιαφέροντος, σχετικά με τα χαρακτηριστικά των πετρωμάτων που αποτελούν τη στρωματογραφία του εδάφους της Κορίνθου. Επίσης, ο αρχαίος [Διολκος](#), δηλαδή, ένας ειδικά πλακοστρωμένος δρόμος με κυβόλιθους από πωρόλιθο, που συνέδεε τον Κορινθιακό με τον Σαρωνικό κόλπο και πάνω στον οποίο σύρονταν τα πλοία και προς τις δύο κατευθύνσεις, ανάλογα με τον προορισμό τους, λειτουργεί ως αφόρμηση για ένα διαδραστικό πειραματικό έκθεμα μηχανικής. Οι επισκέπτες (στη συντριπτική τους πλειονότητα μαθητές) ελέγχουν πειραματικά την απαραίτητη δύναμη που χρειάζεται να εφαρμόσουν στο σχοινί συνυπολογίζοντας την τριβή και άλλες παραμέτρους. Θα πρέπει να διευκρινιστεί ότι οι τελευταίες περιπτώσεις αποτελούν εκθέσεις οι οποίες δεν διαθέτουν αυθεντικό αρχαιολογικό υλικό. Τόσο το θέμα όσο και η οποιαδήποτε ερμηνευτική τους πλαισίωση είναι αποτέλεσμα μελέτης των αρχαίων και νεότερων πηγών, γεγονός που είναι απολύτως θεμιτό, αλλά διακριτό από τις περιπτώσεις αρχαιολογικών μουσείων, τα οποία διαθέτοντας τις αυθεντικές αρχαιολογικές συλλογές ανασκαφικών ευρημάτων, θα μπορούσαν να υποστηρίξουν μουσειακά ερμηνευτικά περιβάλλοντα, αναπτυσσόμενα γύρω από τα υλικά κατάλοιπα της εποχής που τα γέννησε.



Εικόνα 10.3: Υδραυλικό ρολόι. Μέρος της έκθεσης Κοτσανά η οποία πραγματοποιήθηκε στο πλαίσιο του 8ου Πανελληνίου Συνεδρίου Ιστορίας, Φιλοσοφίας και Διδακτικής των Φυσικών Επιστήμων (Φωτ. Δ. Κολιόπουλος).

10.3 Φυσικές επιστήμες και Αρχαιολογία: διαθεματική ώσμωση στο μουσειακό περιβάλλον

Από την εξέταση της βιβλιογραφίας αποκαλύπτεται ότι η διαθεματική σχέση μεταξύ συλλογών αρχαιολογικών μουσείων και φυσικών επιστημών είναι υπαρκτή στις εξής τέσσερις παρακάτω περιπτώσεις: (α) αρχαιομετρία, (β) συντήρηση, (γ) αρχαία ελληνική επιστήμη και (δ) αρχαία ελληνική τεχνολογία και τέχνη (Georgorouli, Koliopoulos & Meunier, 2021). Έτσι, τα εκθέματα ενός αρχαιολογικού μουσείου είναι *δυναμικά κατάλληλο υλικό* και για τη διάδοση των γνώσεων που προέρχονται από σαφώς καθορισμένους τομείς διεπιστημονικών γνώσεων αναφοράς. Στο παρακάτω *Σχήμα 10.1* αποτυπώνονται τα τέσσερα προαναφερθέντα διαθεματικά πεδία, τα οποία ανήκουν με τη σειρά τους σε δύο μεγαλύτερα επιστημονικά πεδία, της Ιστορίας-Αρχαιολογίας και της Ιστορίας της Αρχαίας Ελληνικής Επιστήμης και Τεχνολογίας.



Σχήμα 10.1: Επιστημονικά πεδία διεπαφής μεταξύ αρχαιολογικών συλλογών και των φυσικών επιστημών.

Η αρχαιομετρία είναι ένα σύνολο εννοιών και μεθόδων των φυσικών επιστημών που βοηθούν τους αρχαιολόγους να μελετήσουν και να ερμηνεύσουν αρχαία μνημεία και αντικείμενα και επομένως ανθρώπινους πολιτισμούς (Leute, 1987; Liritzis et al., 2020). Όπως διατυπώνουν οι Liritzis et al., (όπ. π.):

«Η αρχαιομετρία είναι ένα διεθνές επιστημονικό πεδίο που διερευνά θέματα πολιτιστικής κληρονομιάς. Είναι μια διαθεματική επιστήμη που αναπτύσσει έρευνα και επιλύει αρχαιολογικά προβλήματα ... Τα αποτελέσματα της αρχαιομετρίας αποτελούνται από δεδομένα (όπως γραφήματα, στατιστικές πληροφορίες κ.λπ.) τα οποία απλοποιούν και διευκολύνουν τη δυνατότητα σύγκρισης πολιτιστικών δειγμάτων και ανάκτησης μέγιστων πληροφοριών από τη μικροκλίμακά τους, εξάγοντας έτσι ασφαλή συμπεράσματα, τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν παγκοσμίως από ερευνητές, επιστήμονες και κυβερνητικούς φορείς» (σ. 81).

Η *αρχαιομετρία* αποτελείται από ένα ευρύ φάσμα επιστημονικών πεδίων που προέκυψαν από την ανάγκη επίλυσης προβλημάτων αρχαιολογικής έρευνας σχετικά με τη μελέτη και την ανασύσταση του παλαιο-περιβάλλοντος και του παλαιο-οικοσυστήματος σε διαφορετικές εποχές και τον προσδιορισμό των οικονομικών, κοινωνικών ή αρχιτεκτονικών δομών του παρελθόντος. Συγκεκριμένα, η χρονολόγηση, σύνθεση και προέλευση των υλικών (Artioli, 2010) μπορεί να είναι προνομιακά πεδία ερμηνείας για αρχαιολογικές συλλογές που αποτελούνται κυρίως από αυτόνομες αρχαιολογικές μονάδες (π.χ. κεραμικά, μεταλλικά ή ξύλινα αντικείμενα). Η καταλληλότητα των δεδομένων της αρχαιομετρίας (όπως γραφήματα, στατιστικές πληροφορίες κ.λπ.) και η δυνατότητα διάδοσης της επιστήμης αναφέρονται πρόσφατα ακόμη και ως παράγοντες βιωσιμότητας, καθώς η πολιτιστική κληρονομιά αποτελεί ισχυρό μέρος των κοινοτικών ταυτοτήτων (Liritzis & Korka, 2019). Η εισαγωγή αυτών των ειδικών πεδίων της αρχαιολογικής γνώσης φαίνεται να είναι μεθοδολογικά κατάλληλη και πρακτικά εφικτή και να ταιριάζει με την ιδιαιτερότητα των εκθεμάτων ενός αρχαιολογικού μουσείου (Georgoroulou, Meunier & Koliopoulos, 2020). Μπορούμε να διακρίνουμε τρία συστατικά από τα οποία αποτελείται γενικά η αρχαιομετρική γνώση: (α) το εννοιολογικό στοιχείο, π.χ. τα εννοιολογικά δίκτυα για χρονολόγηση με ραδιοάνθρακα (^{14}C) (πυρηνικές αντιδράσεις, ραδιενεργά ισότοπα, χρόνος ημιζωής κ.λπ.) (Liritzis et al., 2020), (β) το μεθοδολογικό στοιχείο που περιλαμβάνει μεθοδολογικές στρατηγικές, τεχνικές και εργαστηριακό εξοπλισμό και απαιτείται για την απάντηση ερωτήσεων αρχαιολογικής έρευνας (π.χ. διατύπωση υποθέσεων, φυσικές, χημικές ή ραδιοχημικές τεχνικές σχετικά με την ποιοτική και ποσοτική ανάλυση κεραμικών αντικειμένων και χρωστικών για τον προσδιορισμό της προέλευσής τους ή της καλλιτεχνικής τους αξίας και του σχετικού τεχνολογικού εξοπλισμού (Maggetti, 2001; Mommsen, 2001) και (γ) το πολιτιστικό στοιχείο που περιλαμβάνει στοιχεία της ιστορικής εξέλιξης των αρχαιομετρικών μεθόδων ή την πραγματοποίηση της αξιοποίησης των στοιχείων της πολιτιστικής κληρονομιάς, που καθιστούν την Αρχαιομετρία μια από τις κορυφαίες προτεραιότητες για τη βιωσιμότητα κοινοτήτων σε εθνικό και περιφερειακό επίπεδο (Liritzis et al., 2020).

Η *συντήρηση* αρχαιοτήτων και έργων τέχνης είναι ένα εφαρμοσμένο επιστημονικό πεδίο που μελετά κυρίως τους μηχανισμούς υλικής φθοράς με σκοπό την εφαρμογή κατάλληλων μεθόδων για τη διατήρησή τους (Amoroso, Fassina & Lewin, 1983; Lampropoulos, 2017a, 2017b). Αυτό το πεδίο μπορεί να θεωρηθεί μέρος του ευρύτερου πεδίου της Αρχαιομετρίας. Σύμφωνα με τους Liritzis et al., (2020):

«Η σύγχρονη επιστήμη συντήρησης αναπτύχθηκε ακολουθώντας, γενικά, δύο κύριες ροές... (i) την ανάπτυξη μεθόδων για τον προσδιορισμό υλικών σε αντικείμενα πολιτιστικής και καλλιτεχνικής αξίας και τη διερεύνηση και παρακολούθηση των διαδικασιών αποδόμησής τους, που αναπτύχθηκαν λόγω της γήρανσης και (ii) την έρευνα για νέες επιστημονικές μεθόδους και υλικά για αποτελεσματικές και βιώσιμες στρατηγικές παρεμβατικής και προληπτικής συντήρησης» (σ. 74-75).

Αυτά τα δύο πεδία αλληλοσυνδέονται, αφού πριν από τη διαδικασία συντήρησης (η οποία συχνά απαιτεί την εφαρμογή εξειγμένων και υψηλής τεχνολογίας επιστημονικών μεθόδων), είναι σημαντικό να γνωρίζουμε τα υλικά του αντικειμένου και τις διαδικασίες αποδόμησής του. Αυτή η διαθεματική γνώση συνήθως απαιτεί διεπιστημονικές ομάδες εργασίας (Korpes, 1991). Το ερώτημα είναι, ωστόσο, τι είδους διαθεματική γνώση είναι κατάλληλη για ένα αρχαιολογικό μουσείο. Επειδή τα ερωτήματα και οι προβληματισμοί που οδηγούν στην εφαρμογή αυτής της γνώσης είναι κυρίως τεχνολογικά και όχι επιστημονικά (δηλαδή η χρήση επιστημονικών γνώσεων εξυπηρετεί μια δραστηριότητα που στοχεύει στην παραγωγή ενός επισκευασμένου πολιτιστικού προ-

ϊόντος), αυτή η γνώση δεν φαίνεται να αποκτά προτεραιότητα στην εισαγωγή της σε αρχαιολογικά μουσεία, εκτός εάν αυτά τα μουσεία έχουν δημιουργήσει εργαστήρια συντήρησης σε εκθεσιακούς χώρους με σκοπό τη διάδοση αυτής της εξειδικευμένης γνώσης.

Σε ό,τι αφορά την *αρχαία ελληνική φιλοσοφία και επιστήμη*, μπορούν να μελετηθούν ακόμη και αγνοώντας τη σύγχρονη επιστήμη, στην ιστορική τους διάσταση (Lindberg, 1997; Lloyd, 2013). Στον πρόλογο του βιβλίου του *Αρχαία Ελληνική επιστήμη* ο Lloyd σημειώνει ότι:

«Η επιστήμη είναι μια σύγχρονη κατηγορία, χωρίς αντίστοιχο στην αρχαιότητα: δεν υπάρχει στην αρχαία ελληνική γλώσσα όρος που να ταυτίζεται μονοσήμαντα με τη δική μας «επιστήμη». Οι όροι *φιλοσοφία* (αγάπη για τη σοφία), *επιστήμη* (γνώση), και *θεωρία* (θεωρητική ενατένιση, στοχασμός) και *περί φύσεως ιστορία* (μελέτη της φύσης), με τον τρόπο που χρησιμοποιούνται στα αρχαία κείμενα, εύλογα αποδίδονται με τον όρο «επιστήμη» χωρίς να δημιουργούνται παρερμηνείες. Αλλά παρόλο που οι όροι αυτοί μπορεί να αναφέρονται σε ορισμένα πεδία σκέψης που θα θεωρούσαμε επιστημονικά, σημαίνουν όλοι κάτι πολύ διαφορετικό από την «επιστήμη» όπως την εννοούμε σήμερα» (Lloyd, 2013, σελ. xiii).

Ταυτόχρονα, διαπιστώνεται ότι η σύνδεση του πεδίου της αρχαίας ελληνικής επιστήμης με τη σύγχρονη επιστήμη αποτελεί αντικείμενο έρευνας των σύγχρονων επιστημονικών πεδίων της Ιστορίας και της Φιλοσοφίας των Φυσικών Επιστημών. Η περιγραφή της σύγκρουσης μεταξύ της αριστοτελικής εκδοχής και της σύγχρονης εκδοχής της επιστήμης ή η απόρριψη του πολεμιακού αστρονομικού μοντέλου ως χαρακτηριστική περίπτωση μεταβαλλόμενου επιστημονικού παραδείγματος (Kuhn, 1981) είναι τυπικά παραδείγματα της συμμετοχής της αρχαίας ελληνικής επιστήμης στη μελέτη και διάδοση της σύγχρονης επιστημονικής γνώσης. Έχει επισημανθεί ότι η Ιστορία και η Φιλοσοφία της Επιστήμης είναι επιστημονική γνώση που μπορεί να εισαχθεί σε μουσεία και επιστημονικά κέντρα είτε ως εκθέματα και επικοινωνιακό στοιχείο, είτε ως εκπαιδευτικό εργαλείο (Filippoupoliti & Koliopoulos, 2014; Koliopoulos & Filippoupoliti, 2014). Κατά συνέπεια, η αρχαία ελληνική επιστήμη ως στοιχείο της Ιστορίας και της Φιλοσοφίας των φυσικών επιστημών θα μπορούσε να είναι ένα είδος εννοιολογικής γέφυρας μεταξύ εκθεμάτων αρχαιολογικού μουσείου που σχετίζονται με την αρχαία ελληνική επιστήμη και τη σύγχρονη επιστημονική γνώση.

Σε αντίθεση με την αρχαία ελληνική επιστήμη, η *αρχαία ελληνική τεχνολογία* σχετίζεται αμεσότερα με αρχαία ελληνικά αντικείμενα ή συλλογές (Liritzis & Panou, 2017) και ως εκ τούτου αποτελεί μια πιθανή εννοιολογική γέφυρα μεταξύ εκθεμάτων αρχαιολογικού μουσείου και σύγχρονης επιστημονικής γνώσης. Τα αρχαιολογικά μουσεία στην Ελλάδα τείνουν να αποφεύγουν την έκθεση αυθεντικών ευρημάτων συνοδευόμενων από την τεχνολογική τους επιστημονική ερμηνεία (π.χ. τεχνολογία αργίλου για κεραμικά χειροτεχνήματα). Κάποια αρχαιολογικά μουσεία, οι εκθέσεις των οποίων σχεδιάστηκαν ή επανασχεδιάστηκαν πρόσφατα, παρέχουν ενίοτε κάποια επιπλέον στοιχεία (π.χ. [Αρχαιολογικό Μουσείο Θηβών](#), [Διαχρονικό Μουσείο Λάρισας](#)). Ο *Μηχανισμός των Αντικυθήρων*, ένας προηγμένος αστρολάβος από το 100 π.Χ., με χάλκινα γρανάζια για αστρονομικούς υπολογισμούς με βάση τους κύκλους του Ηλιακού Συστήματος (Jones, 2017) είναι ένα ήδη αναφερθέν αξιοσημείωτο παράδειγμα. Οι διοργανωτές ενός επιστημονικού συμποσίου αφιερωμένου στη μελέτη του Μηχανισμού των Αντικυθήρων περιγράφουν τους στόχους του συμποσίου ως εξής:

«Τον Ιούνιο του 2012 σκοπεύουμε να πραγματοποιήσουμε ένα εργαστήριο που θα συνδέει τη σύγχρονη και την αρχαία αστρονομική τεχνολογία μέσω του Μηχανισμού των Αντικυθήρων. Θα διερευνήσουμε την εξέλιξη της αστρονομίας και της πληροφορικής από την αρχαία Ελλάδα έως σήμερα, θα συγκρίνουμε τις τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται για να αποκαλύψουμε τα μυστικά του μηχανισμού των Αντικυθήρων με τα εργαλεία απεικόνισης της σύγχρονης αστρονομίας, και το πιο σημαντικό, καθώς συνεχίζουμε το όραμά μας για ένα συναρπαστικό επιστημονικό μέλλον με τηλεσκόπια όπως το Square Kilometer Array, μπορούμε να σκεφτούμε γιατί η τεχνολογία των Αντικυθήρων χάθηκε για περισσότερα από χίλια χρόνια και αν αυτό μπορεί να συμβεί ξανά» (Ekers, 2012).

Οι παραπάνω στόχοι εκφράζουν τη διεπιστημονική φύση της γνώσης. Αυτοί οι στόχοι αντικατοπτρίζουν τον χαρακτήρα της γνώσης που μπορεί να αναπτυχθεί στη διερεύνηση και ερμηνεία του Μηχανισμού των Αντικυθήρων, αλλά και οποιουδήποτε άλλου τεχνολογικού αντικειμένου της αρχαιότητας. Μια σημαντική διάσταση, για παράδειγμα, αυτής της γνώσης είναι η σύγχρονη επιστημονική γνώση που απαιτείται για την ερμηνεία της δομής και του περιεχομένου ενός (αρχαιολογικού) τεχνολογικού τεχνουργήματος.

Η *αρχαία ελληνική τέχνη* ως εννοιολογική γέφυρα μεταξύ αρχαιολογικών εκθεμάτων και σύγχρονης επιστημονικής γνώσης έχει να κάνει περισσότερο με την Ιστορία της Τεχνολογίας παρά με την Ιστορία της Τέχνης, όπως φαίνεται και στο *Σχήμα 10.1*. Σίγουρα η αισθητική αξία των αρχαιολογικών αντικειμένων είναι το κύριο αντικείμενο της έρευνας της Ιστορίας της Τέχνης, σε συνδυασμό με την επιστήμη της Αρχαιολογίας, και αυτός είναι ο κανόνας για τα περισσότερα ελληνικά αρχαιολογικά μουσεία (Smith & Planzos, 2012; Stansbury-O'Donnell, 2015). Σε ορισμένες περιπτώσεις, ωστόσο, φαίνεται δυνατό να συνδυαστούν η τέχνη, η τεχνολογία και η σύγχρονη επιστήμη, καθώς αυτή η σχέση έχει κοινωνική διάσταση, όχι ως ξεχωριστό ακαδημαϊκό πεδίο, αλλά σε περιπτώσεις όπως εκθέσεις τέχνης (Blatchford & Blyth, 2019), συντήρηση τέχνης (Mohen, 1996), επιστημολογία (Lévy-Leblond, 2010; Panofsky, 1956) και εκπαίδευση ([Science, Art & Technology](#) project; Arapaki & Koliopoulos, 2011). Από τα παραπάνω μπορεί να συναχθεί το συμπέρασμα ότι είναι δυνατό να συνδυαστούν η αρχαία ελληνική τέχνη, η αρχαία ή η σύγχρονη τεχνολογία και η σύγχρονη επιστήμη σε ένα αρχαιολογικό μουσείο, υπό την προϋπόθεση ότι αναπτύσσεται μια κατάλληλη ερμηνευτική/εκπαιδευτική μουσειολογική αφήγηση για να τονίσει την αναγκαιότητα αυτής της σύνδεσης.

10.4 Η έννοια της Εκπαιδευτικής Νησίδας Φυσικών Επιστημών σε αρχαιολογικό μουσείο

Η Εκπαιδευτική Νησίδα Φυσικών Επιστημών (ΕΝΦΕ)⁵¹ είναι μια *μουσειογραφική δομή* που περιλαμβάνει, αφενός, πρωτότυπα αρχαιολογικά αντικείμενα που αποτελούν ταυτόχρονα μουσειακά εκθέματα και, αφετέρου, μια κινητή μονάδα με κατάλληλο επιστημονικό εξοπλισμό που λειτουργεί ως διαθεματικό εκπαιδευτικό μικροπεριβάλλον στο αρχαιολογικό μουσείο για τη διεξαγωγή ενός δομημένου εκπαιδευτικού προγράμματος (*Εικόνα 10.4*). Αυτή η δομή παρέχει πολυαισθητηριακά επικοινωνιακά εργαλεία καθώς και διδακτικές ακολουθίες που μπορούν να οδηγήσουν τους συμμετέχοντες στην κατασκευή στοιχείων κατάλληλων επιστημονικών γνώσεων. Μπορεί να συμβάλει στην παραγωγή επιστημονικής καλλιέργειας και κριτικής σκέψης, μέσω των προσφερόμενων εργαλείων ανάλυσης και ερμηνείας ενός σύνθετου κόσμου, αλλά και εργαλείων κατανόησης του παρελθόντος και του παρόντος (Georgoroulou & Koliopoulos, 2017). Διαφέρει από ειδικά σχεδιασμένες εκπαιδευτικές αίθουσες που δημιουργήθηκαν σε διάφορες μορφές από τα μέσα του 20ού αιώνα σε πολλά μουσεία Επιστημών ή Τέχνης, καθώς δεν είναι ξεχωριστή από την κύρια έκθεση, αλλά αποτελεί αναπόσπαστο μέρος αυτής. Η ΕΝΦΕ μπορεί να συμβάλει στην εξοικείωση του κοινού και ιδιαίτερα του σχολικού κοινού με την κύρια έκθεση παρέχοντας επιστημονικό περιεχόμενο και ταυτόχρονα απρόσκοπτη οπτική επαφή με αυθεντικά αρχαία αντικείμενα, χρησιμοποιώντας στοιχεία από τις ενεργές μεθόδους μάθησης και απτικά εκθέματα (Meunier, 2011).

⁵¹ Τα παραδείγματα ΕΝΦΕ στην παρούσα ενότητα προέρχονται από τον σχεδιασμό μιας πραγματικής ΕΝΦΕ η οποία έχει σχεδιαστεί ειδικά για ένα συγκεκριμένο αρχαιολογικό έκθεμα του Αρχαιολογικού Μουσείου Θηβών. Η πλήρης περιγραφή της πραγματικής αυτής μουσειογραφικής δομής και του αντίστοιχου εκπαιδευτικού προγράμματος το οποίο τη συνοδεύει δεν αποτελεί αντικείμενο του παρόντος κεφαλαίου, αλλά περιγράφονται στο Γεωργοπούλου, 2022. Έχει όμως ενδιαφέρον να επισημανθούν ορισμένα στοιχεία που οδήγησαν στην επιλογή του συγκεκριμένου μουσείου. Το Αρχαιολογικό Μουσείο Θηβών επελέγη ως ένα από τα μεγαλύτερα αρχαιολογικά μουσεία στην Ελλάδα, το οποίο καλύπτει ένα χρονικό εύρος από την προϊστορία έως το 1830, μέσω των συλλογών του. Διαθέτει εκθεσιακό χώρο εμβαδού 1.000 τ.μ. και στεγάζει πλήθος αντικειμένων, αντιπροσωπευτικών των χιλιετιών της συνεχούς ανθρώπινης δραστηριότητας στη Βοιωτία. Η νέα έκθεση σχεδιάστηκε για να είναι προσβάσιμη και να καλύπτει τις φιλοδοξίες ενός ευέλικτου κοινού με ποικίλες απαιτήσεις. Οι επισκέπτες έχουν την ευκαιρία να ακολουθήσουν τη μακρά ιστορία της Βοιωτίας μέσω μοναδικών ευρημάτων, ψηφιακών εφαρμογών, ειδικών κατασκευών, αλλά και μέσω των ίδιων των μνημείων. Ο πρόσφατος επανασχεδιασμός της έκθεσης, οι θεματικές ενότητες, οι χώροι και οι αρχαιομετρικές μελέτες που σχετίζονται με ορισμένα από τα εκθέματα που πραγματοποιήθηκαν από το [Εργαστήριο Fitch της Βρετανικής Σχολής Αθηνών](#) αποτέλεσαν τους κύριους λόγους για την επιλογή αυτού του μουσείου.



Εικόνα 10.4: Φωτορεαλιστικές απεικονίσεις της διαμόρφωσης του εκπαιδευτικού περιβάλλοντος γύρω από τη μουσειογραφική δομή μίας ΕΝΦΕ. Το κινητό τμήμα της μουσειογραφικής δομής της ΕΝΦΕ, ενσωματωμένου στο μουσειακό περιβάλλον της αίθουσας του Χαλκού του Αρχαιολογικού Μουσείου Θηβών.

Οι χωροταξικές αρχές βάσει των οποίων γίνεται ο σχεδιασμός μιας ΕΝΦΕ είναι οι εξής:

(α) Φορητότητα: Η ΕΝΦΕ μετακινείται εύκολα. Δεν αποτελεί πάγιο τμήμα της έκθεσης, αλλά μεταφέρεται προσωρινά και απομακρύνεται-αποθηκεύεται μετά το πέρας του εκπαιδευτικού προγράμματος, χωρίς να επεμβαίνει μόνιμα στην υπάρχουσα έκθεση, ώστε να μην δημιουργεί ερμηνευτική παραφωνία, όταν δεν διεξάγεται το εκπαιδευτικό πρόγραμμα (Merriman, 2000).

(β) Οπτική επαφή με το εξεταζόμενο έκθεμα και απρόσκοπτη οπτική επαφή με τις προθήκες και τα υπόλοιπα ευρήματα του ανασκαφικού περιβάλλοντος: Η ανάπτυξη της εκπαιδευτικής συνθήκης της νησίδας εντός του εκθεσιακού χώρου ενισχύει την αξία της αυθεντικότητας των αρχαιολογικών αντικειμένων και της πολυαισθητηριακής εμπλοκής του κοινού με αυτά, ενώ παράλληλα επιτρέπει την εξοικείωση με τον μουσειακό χώρο και τις λειτουργίες του, που αποτελεί πάγιο στόχο των οργανισμών των μουσείων (Chaitas & Kalou, 2007; Beck & Kable, 2002; Neal, 1976).

(γ) Συμπαγής δομή: Το φορητό μέρος της ΕΝΦΕ αποτελείται από ένα διακριτό υλικό στοιχείο, με ειδικά σχεδιασμένο εσωτερικό, ώστε να τοποθετούνται όλα τα εκπαιδευτικά εργαλεία με κατάλληλο τρόπο και να συμβάλλουν έτσι στην οικονομία χώρου και χρόνου (Merriman, 2000).

(δ) Δομική ανάπτυξη των επιμέρους στοιχείων: Μια μικρότερη φόρμα, όπως ο κύβος, αποτελεί το βασικό δομικό στοιχείο, το οποίο πολλαπλασιαζόμενο καθ' ύψος ή κατά πλάτος, δημιουργεί την τελική ολοκληρωμένη δομή. Το στοιχείο αυτό επιτρέπει ευελιξία και σχεδιαστική προσαρμογή στα εκάστοτε χωρικά χαρακτηριστικά (στενότητα, δρομικότητα κ.λπ.). Παράλληλα, επιτυγχάνεται ισορροπία στην ανάπτυξη της δομής κατά πλάτος και καθ' ύψος, τόσο σε σχέση με το ύψος των χρηστών όσο και για την ασφάλεια οποιουδήποτε αντικειμένου-εργαλείου-εκθέματος που χρησιμοποιείται στη διάρκεια του εκπαιδευτικού προγράμματος (Chaitas & Tsolaki, 2009; McLean, 1993; Witterborg & Stevens, 1981).

(ε) Λειτουργικότητα και εργονομία: Η ΕΝΦΕ είναι έτσι σχεδιασμένη ώστε να εξυπηρετεί τις κινήσεις τόσο του μουσειοπαιδαγωγού-διαμεσολαβητή όσο και των παιδιών-συμμετεχόντων, βάσει της διδακτικής ακολουθίας του εκπαιδευτικού προγράμματος (Neufert, Neufert & Kister, 2012; Tillman, Tillman, Renee Rose & Woodson, 2018).

(στ) Ευχρηστία: Η ΕΝΦΕ δεν παρουσιάζει υπερβολική πολυπλοκότητα, ώστε να μην δημιουργεί σύγχυση στους χρήστες και να μην μετατοπίζει το ενδιαφέρον από το γνωστικό περιεχόμενο στο υλικό μέρος (Chaitas & Tsolaki, 2009; Merriman, 2000).

Η έννοια της ΕΝΦΕ συνδυάζει, όπως αναφέρθηκε παραπάνω, τον σχεδιασμό κατάλληλης μουσειακής δομής για τη διάδοση μορφών διαθεματικής επιστημονικής γνώσης που σχετίζεται με κάποιο/-α έκθεμα/-τα ενός αρχαιολογικού μουσείου και τον σχεδιασμό ενός σχετικού εκπαιδευτικού προγράμματος για την υποστήριξη της γνωστικής και συναισθηματικής προόδου των παιδιών που θα παρακολουθήσουν το πρόγραμμα. Με την ΕΝΦΕ δημιουργείται μια συνθήκη εντός της μουσειακής έκθεσης όπου προτείνεται ένα διαφορετικό ερμηνευτικό πλαίσιο για εκθέματα αρχαιολογικών συλλογών και, ταυτόχρονα, προσφέρεται μια υποστηρικτική εκπαιδευτική φόρμα, ώστε οι συμμετέχοντες να προσεγγίσουν τον σκοπό, την πρόθεση και το περιεχόμενό της.

Οι αρχές σχεδιασμού του εκπαιδευτικού προγράμματος είναι οι παρακάτω:

(α) Τα ερμηνευτικά πλαίσια που τίθενται από το μουσείο. Εάν, για παράδειγμα, το μουσείο ενδιαφέρεται ιδιαίτερα για εμπορικά δίκτυα ή κινητικότητα πληθυσμών στην αρχαία Ελλάδα, ένα ενδιαφέρον εκπαιδευτικό θέμα θα μπορούσε να είναι η προέλευση και η τοπική τεχνολογία ενός τεχνουργήματος (Liritzis et al., 2020; Sarri, 2004; Xanthopoulou, Piropoulos, & Liritzis, 2020).

(β) Το περιεχόμενο της προς διάδοση επιστημονικής γνώσης το οποίο στην προκειμένη περίπτωση έχει διαθεματικό χαρακτήρα, αφού σχετίζεται τόσο με το αντικείμενο της αρχαιολογίας όσο και με τη σύγχρονη γνώση των φυσικών επιστημών (δείτε και το κεφάλαιο 7). Πιο συγκεκριμένα, το περιεχόμενο αυτό αφορά τον μετασχηματισμό της διαθεματικής επιστημονικής γνώσης αναφοράς (η οποία συνδέεται άμεσα με τα επιστημονικά πεδία διεπαφής μεταξύ αρχαιολογικών συλλογών και των φυσικών επιστημών (Σχήμα 10.1) σε περιεχόμενο που απευθύνεται σε συγκεκριμένη ηλικιακή ομάδα του κοινού. Ο καθορισμός των στόχων της μετασχηματισμένης αυτής διαθεματικής γνώσης, το ακριβές περιεχόμενό της (έννοιες, μέθοδοι και πολιτισμικά χαρακτηριστικά) και η συγκεκριμένη «αφήγηση», δηλαδή ο τρόπος παρουσίασής της στο κοινό εξαρτώνται από: (α) τα επιστημονικά ερωτήματα που σχετίζονται με τα αρχαιολογικά εκθέματα, (β) τη φύση και τα χαρακτηριστικά του περιεχομένου της γνώσης που αντιστοιχεί σε κάθε συγκεκριμένο πεδίο γνώσης (δείτε την ενότητα 10.3) και (γ) το γνωστικό και συναισθηματικό προφίλ της στοχευόμενης ομάδας κοινού. Στο συγκεκριμένο παράδειγμα εκπαιδευτικού προγράμματος έχει επιλεγεί ως βασικό στοιχείο της υπό διάδοση επιστημονικής γνώσης (στοιχεία αρχαιομετρίας) η μεθοδολογική συνιστώσα της (δηλαδή, μεθοδολογικά βήματα τα οποία ακολουθούνται από έναν επιστήμονα αρχαιομετρίας κατά τη μελέτη της προέλευσης ενός αρχαιολογικού αντικειμένου). Η επιλογή αυτή αποτελεί το αντικείμενο μιας αφηγηματικής βάσης για τη διάδοση στοιχείων της φύσης της επιστήμης η οποία όλο και περισσότερο, τα τελευταία χρόνια, απασχολεί εκπαιδευτικά συστήματα και ομάδες ερευνητών της Διδακτικής των φυσικών επιστημών (Κουλαϊδής, Αποστόλου & Καμπουράκης, 2008).

(γ) Η πολιτιστική, ηλικιακή και γνωστική ομοιογένεια της ομάδας ατόμων που συμμετέχουν. Εάν, για παράδειγμα, το εκπαιδευτικό πρόγραμμα απευθύνεται σε μαθητές υποχρεωτικής εκπαίδευσης (11-13 ετών), τότε το εννοιολογικό περιεχόμενο του προγράμματος σπουδών πρέπει να είναι συμβατό με τις γνωστικές ικανότητες και τις ανάγκες αυτών των μαθητών. Έτσι, στην περίπτωση διερεύνησης της προέλευσης ενός κεραμικού υλικού, οι μαθητές θα πρέπει να είναι σε θέση να κατανοήσουν μακροσκοπικές και μεσοσκοπικές μεθόδους παρατήρησης και ανάλυσης πρώτων υλών. Αντίθετα, η συμμετοχή μικροσκοπικών μεθόδων ανάλυσης ή η χρήση της συμβολικής γλώσσας του ατομικού επιπέδου θα μπορούσε να δημιουργήσει μεγάλες γνωστικές δυσκολίες σε μαθητές αυτού του εύρους ηλικιών (Besson & Viennot, 2004; Purzer, Krause & Kelly, 2009).

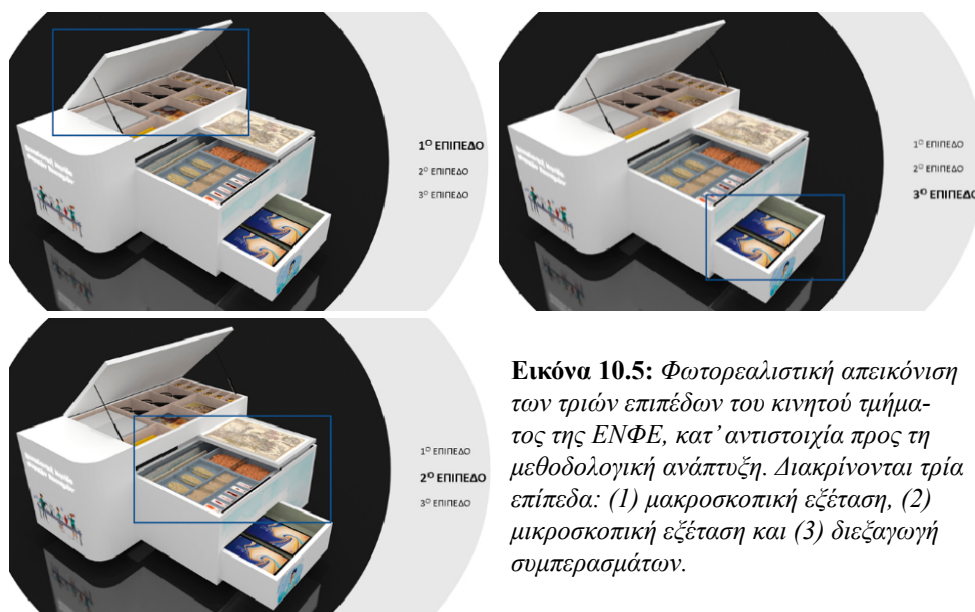
(δ) Ο τύπος του προγράμματος και της χρονικής διάρκειας που απαιτείται για την εφαρμογή του. Τα εκπαι-

δευτικά προγράμματα που προσφέρονται σε περιβάλλον μουσείων μπορούν να ανήκουν σε διάφορες μορφές άτυπης, μη τυπικής ή επίσημης - μετεγκατεστημένης εκπαίδευσης (Allard, Boucher & Forest, 1994; Κολιόπουλος, 2017; Meunier, 2018; Gkouskou & Koliopoulos, 2021). Τα προγράμματα που προτείνουν τα ίδια τα μουσεία είναι συνήθως βραχυπρόθεσμα προγράμματα, ενώ τα προγράμματα που έχουν σχεδιαστεί στο πλαίσιο της συνεργασίας μουσείου-σχολείου απαιτούν μεγαλύτερο χρονικό διάστημα υλοποίησης. Και στις δύο περιπτώσεις, έχει επισημανθεί ότι η εφαρμογή διδακτικών προσεγγίσεων που βασίζονται στην έρευνα μπορεί να οδηγήσει σε αποτελεσματική μάθηση (Gutwill & Allen, 2010).

Είναι σημαντικό να επισημανθεί ότι το εκπαιδευτικό πρόγραμμα δεν συνοδεύει απλώς, αλλά αποτελεί αναπόσπαστο *εργενές τμήμα* της ΕΝΦΕ. Έτσι, η τοποθέτηση και η διάταξη εσωτερικά των εργαλείων, εικόνων, αντικειμένων και επιστημονικών οργάνων δεν είναι τυχαίες, αλλά αποτέλεσμα χωρικής μελέτης κατ' αντιστοιχία της μεθοδολογικής πορείας της αρχαιομετρικής επιστήμης. Όπως φαίνεται στην *Εικόνα 10.5*, το κινητό τμήμα της ΕΝΦΕ του Αρχαιολογικού μουσείου Θηβών έχει σχεδιαστεί με τέτοιον τρόπο, ώστε να διακρίνονται τρία επίπεδα κατ' αντιστοιχία προς τη μεθοδολογική προσέγγιση των δραστηριοτήτων-προβλημάτων (Boilevin, 2005; Κολιόπουλος, 2006) που τίθενται κατά τη διάρκεια του προγράμματος.

Πιο συγκεκριμένα, στο πρώτο επίπεδο, αφού έχουν προηγηθεί η ανάδειξη, αναγνώριση και διατύπωση ενός ή περισσότερων ερωτημάτων σχετικών με την ταυτότητα και την προέλευση του αρχαιολογικού ευρήματος-εκθέματος (δραστηριότητες-προβλήματα), παρουσιάζεται υλικό (φυλλάδιο τεκμηρίωσης, κάρτες με εικόνες για την ανασύνθεση της γραμμής του χρόνου) το οποίο θα βοηθήσει τους μαθητές να διατυπώσουν και να ελέγξουν υποθέσεις σχετικά με την επίλυση του προβλήματος της ταυτότητας (μέγεθος, τοποθέτηση στον χρόνο) του αντικειμένου. Ο έλεγχος των διάφορων υποθέσεων απαιτεί μια μακροσκοπική εξέταση του αντικειμένου η οποία θα βασίζεται κυρίως στην καθοδηγούμενη παρατήρησή του.

Στο δεύτερο επίπεδο, παρουσιάζεται υλικό (είδη αργιλοχώματος, πήλινα ψημένα τεμάχια, μικροσκόπιο) το οποίο θα βοηθήσει τους μαθητές να διατυπώσουν και να ελέγξουν υποθέσεις σχετικά με την επίλυση του προβλήματος της προέλευσης του αντικειμένου μέσω κυρίως μιας μικροσκοπικής παρατήρησης του αντικειμένου.



Εικόνα 10.5: Φωτορεαλιστική απεικόνιση των τριών επιπέδων του κινητού τμήματος της ΕΝΦΕ, κατ' αντιστοιχία προς τη μεθοδολογική ανάπτυξη. Διακρίνονται τρία επίπεδα: (1) μακροσκοπική εξέταση, (2) μικροσκοπική εξέταση και (3) διεξαγωγή συμπερασμάτων.

Στο τρίτο επίπεδο, παρουσιάζεται υλικό (χάρτες, βίντεο αρχαιομετρικού εργαστηρίου) το οποίο θα βοηθήσει τους μαθητές να εξάγουν τα τελικά συμπεράσματα της όλης διαδικασίας, τα οποία συγχρόνως θα δίνουν απαντήσεις στις δραστηριότητες-προβλήματα που έχουν τεθεί αρχικά, αφού συνθέσουν όλα τα δεδομένα που έχουν παραχθεί στην παιδαγωγική αυτή πορεία. Βεβαίως, οι διδακτικοί στόχοι του εκπαιδευτικού προγράμματος δεν περιορίζονται στη μεθοδολογική διάσταση της επιδιωκόμενης διαθεματικής επιστημονικής (αρχαιομετρικής) γνώσης. Οι μεθοδολογικοί στόχοι πλαισιώνονται από εννοιολογικούς στόχους (φυσικές και χημικές ιδιότητες και πηλού) καθώς και από πολιτισμικούς στόχους (γεωγραφική κατανομή πήλινων αντικειμένων στην αρχαία Ελλάδα, σύγχρονο εργαστήριο αρχαιομετρίας) οι οποίοι διαχέονται σε όλα τα επίπεδα.

Τέλος, ένα βασικό χαρακτηριστικό της ΕΝΦΕ είναι η *ευελιξία* της, δηλαδή η ικανότητα προσαρμογής της σε ικανό αριθμό αρχαιολογικών εκθεμάτων ανάλογα με το/τα επιστημονικό/ά πεδίο/α διεπαφής αρχαιολογικών συλλογών και φυσικών επιστημών που εξυπηρετεί και ανάλογα με τις γνωστικές απαιτήσεις του κοινού το οποίο στοχεύει. Έτσι, στο συγκεκριμένο παράδειγμα της ΕΝΦΕ του Αρχαιολογικού Μουσείου Θηβών, το αρχαιομετρικό υλικό μπορεί να προσαρμοστεί στην περίπτωση άλλων κεραμικών αγγείων (π.χ. με την προσθήκη ή αλλαγή αρχαιολογικών χαρτών) ή/και να βελτιωθεί (π.χ. να υπάρχει η δυνατότητα λήψης καλύτερα ποιοτικών αποτελεσμάτων με στερεοσκόπιο ή ποσοτικών δεδομένων), ενώ το εκπαιδευτικό πρόγραμμα μπορεί να αναδιρθωθεί κατά τέτοιον τρόπο, ώστε είτε να στοχεύει ένα νέο φάσμα μαθητικού κοινού είτε να ενσωματώνει νέα ερευνητικά δεδομένα σχετικά με τις αντιλήψεις των μαθητών για τις έννοιες και τις μεθόδους της αρχαιολογίας και των φυσικών επιστημών.

10.5 Επίλογος

Στο συγκεκριμένο κεφάλαιο σχολιάστηκε η κοινωνικοπολιτισμική, επιστημολογική και εκπαιδευτική διάσταση της διαθεματικής ώσμωσης των δύο επιστημονικών πεδίων, της αρχαιολογίας και των φυσικών επιστημών, στο πλαίσιο της μουσειακής ερμηνευτικής προσέγγισης των αρχαιολογικών συλλογών. Υποστηρίχθηκε ότι αυτή η διαθεματική σχέση είναι υπαρκτή και αναδείχθηκαν τέσσερις διαθεματικές γέφυρες, από όπου μπορούν να αντληθούν στοιχεία φυσικών επιστημών προς διάδοση μέσω καινοτόμων εκπαιδευτικών δομών. Περιγράψαμε τις αρχές σχεδιασμού και τα βασικά χαρακτηριστικά της έννοιας της Εκπαιδευτικής Νησίδας Φυσικών Επιστημών αναφέροντας παραδείγματα από μία σε εξέλιξη μελέτη περίπτωσης σχετικής με το Αρχαιολογικό Μουσείο Θηβών. Η ανάπτυξη, εφαρμογή και αξιολόγηση τέτοιων καινοτόμων μεθόδων προάγουν τη λειτουργία και τον ρόλο των αρχαιολογικών μουσείων, ως θεσμικών δομών, προς την κατεύθυνση της βελτιστοποίησης των παρεχόμενων υπηρεσιών πρόσβασης στο γνωστικό απόθεμα που απορρέει από τις συλλογές υλικής και άυλης πολιτιστικής κληρονομιάς. Συγχρόνως, συμβάλλουν στη διεύρυνση του πεδίου της παιδαγωγικής έρευνας η οποία διεξάγεται στα πλαίσια της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών τόσο σε θεωρητικό όσο και μεθοδολογικό επίπεδο.

Βιβλιογραφικές αναφορές

- Abadi, E. (2008). Un parcours artistique à la Cité des Sciences et de l'Industrie. *La Lettre de l'OCIM*, 120, 20–27.
- Allard, M., Boucher, S., & Forest, L. (1994). The museum and the school. *McGill Journal of Education*, 29(2), 197–212.
- Ambrose, T., & Paine, C. (2012). *Museum basics. The international handbook*. Routledge.
- Amoroso, G.G., Fassina, V. & Lewin, S. (1983). *Stone decay and conservation: Atmospheric pollution, cleaning, consolidation and protection*. Amsterdam: Elsevier Publishing.
- Arapaki, X., & Koliopoulos, D. (2011). Popularization and teaching of the relationship between visual arts and natural sciences: historical, philosophical and didactical dimensions of the problem. *Science & Education*, 20(7-8), 797–803.
- Artioli, G. (2010). *Scientific methods and cultural heritage: An introduction in the application of materials science to archaeometry and conservation science*. Oxford University Press.
- Beck, L., & Cable, T. (2002). *Interpretation for the 21st Century, Fifteen guiding principles for interpretation nature and culture*. Urbana, US. Sagamore Publishing.
- Besson, U., & Viennot, L. (2004). Using models at the mesoscopic scale in teaching physics: Two experimental interventions in solid friction and fluid statics. *International Journal of Science Education*, 26(9), 1083–1110.
- Blatchford, I., & Blyth, T. (2019). *The Art of innovation: From enlightenment to dark matter*. Science Museum. Bantam Press.
- Boilevin, J-M. (2005). Enseigner la physique par situation problème ou par problème ouvert. *Aster*, 40, 13–37.
- Bounia, A. (2004). *The nature of classical collecting: Collectors and collections 100 BCE-100 CE*. London: Routledge.
- Burton, C., & Scott, C. (2007). *Museums challenges for the 21st century. Museum management and marketing*. Routledge.
- Γεωργοπούλου, Π. (2022). Σχεδιασμός και αξιολόγηση «εκπαιδευτικών νησίδων» φυσικών επιστημών και τεχνολογίας ως περιβάλλοντος άτυπης και μη τυπικής μορφής εκπαίδευσης σε αρχαιολογικό μουσείο. Διδακτορική διατριβή. ΤΕΕΑΠΗ Παν/μίου Πατρών.
- Γκαζή, Α. (2007). Δημόσια Αρχαιολογικά Μουσεία: Νέες μόνιμες εκθέσεις και επανεκθέσεις. *Τετράδια Μουσειολογίας* 4, 45–56.
- Chaitas, C., & Kalou, A. (2007). People and things. A temporary exhibition fully accessible to sighted and non-sighted people. *Design for All*, 12(8), 65–73.
- Chaitas, C., & Tsolaki, D. (2009). Stand alone designer? Thoughts on the accessible spaces design process. In *International Conference Proceedings "Accessibility and Safety for All"*. Aristotle University Publications, 75–86.
- Clement, P. (1993). La spécificité de la muséologie des sciences, et l'articulation nécessaire des recherches en muséologie et en didactique des sciences, notamment sur les publics et leurs représentations/conceptions. *Actes du colloque «La Muséologie des Sciences et des Techniques»*. Paris: Palais de La Découverte, 128–165.
- Copley, M.S. (2010). Towards presenting scientific research in archaeology museums. *Museum Management and Curatorship*, 25(4), 383–398.
- Desvallées, A., & Mairesse, F. (2014). *Βασικές έννοιες της Μουσειολογίας*. Armand Colin, [ICOM](#).
- Dierking, L. D., Falk, J. H., Rennie, L., Anderson, D., & Ellenbogen, K. (2003). Policy statement of the “Informal Science Education”. *Journal of Research in Science Teaching*, 40(2), 108–111.
- Edson, G., & Dean, D. (1996). *The Handbook for Museums*. Routledge.
- Ekers, R. (2012). Linking modern and ancient technology. In [PoS-Proceedings of Science](#) “From Antikythera to the Square Kilometre Array: Lessons from the Ancients”.
- Filippoupoliti, A. (2010). *Science Exhibitions: Communication and Evaluation*. Edinburgh: Museums Etc.
- Filippoupoliti, A., & Koliopoulos, D. (2014). Informal and non-formal education: History of science in museums. In M. Matthews (Ed.), *International Handbook of Research in History, Philosophy and Science Teaching*, Springer, 1565–1582.

- Fourez, G. (1997). Qu'entend par îlot de rationalité? et par îlot interdisciplinaire de rationalité? *Aster*, 25, 217–225.
- Friedman, A. (2010). The evolution of the science museum. *Physic Today*, 63(10), 45-51.
- Georgopoulou, P., & Koliopoulos, D. (2017). Archaeological museums as environments of in-formal and non-formal science and technological education: The case of Educative Islets. In V. Ferrara (Ed.), *Proceedings of the EdMuse Conference "Education and Museum: Cultural Heritage and Learning"*. Rome: Sapienza Università di Roma, 100–103.
- Georgopoulou, P., Meunier, A., & Koliopoulos, D. (2020). Archaeometry as an interdisciplinary field of exhibition design and non-formal education in the archaeological museum. Paper presented in the *13th International Conference on the Inclusive Museum, 3-5 September, Lisbon Portugal*.
- Georgopoulou, P., Koliopoulos, D., & Meunier, A. (2021). The dissemination of elements of scientific knowledge in archaeological museums in Greece: Socio-cultural, epistemological and communicational/educational aspects. *Scientific Culture*, 7(1), 31-44.
- Gkouskou, E., & Koliopoulos, D. (2021). Describing the educational role of Natural History museums: An analysis tool for pre-service and in-service teachers. *European Journal of Educational Studies*, 8(1), 217-234.
- Gob, A., & Drouguet, N. (2003). *La Muséologie: Histoire, développements, enjeux actuels*. Paris: Armand Colin.
- Grenier, C. (2013). *La fin des musées?* Paris: Editions du Gerard.
- Guichard, J., & Martinand, J. L. (2000). *Médiatique des sciences*. Paris: Presses Universitaires de France.
- Gutwill, J.P., & Allen, S. (2010). *Group inquiry at science museum exhibits*. Routledge.
- Hooper-Greenhill, E. (1992). *Museums and the shaping of knowledge*. Routledge.
- Jones, A. (2017). *A Portable cosmos: Revealing the Antikythera mechanism. Scientific wonder of the ancient world*. Oxford University Press.
- Κολιόπουλος, Δ. (2006). *Θέματα Διδακτικής των φυσικών επιστημών. Η συγκρότηση της σχολικής γνώσης*. Αθήνα: Μεταίχμιο.
- Κοτσανάς, Κ. (2015). *Αρχαία ελληνική τεχνολογία. Οι εφευρέσεις των αρχαίων Ελλήνων*. Πύργος: Έκδοση συγγραφέα.
- Κουλαϊδής, Β., Αποστόλου, Α., & Καμπουράκης, Κ. (2008). *Η φύση των επιστημών. Διδακτικές προσεγγίσεις*. Αθήνα: Έκδοση Εκπαιδευτηρίων Γείτονα.
- Koliopoulos, D., & Filippopoliti, A. (2014). History of science in museums. Introduction. *Science & Education*, 23(4), 715–718.
- Korres, M. (1991). Collaboration in the conservation of the Parthenon. In N. Baer, A. Sors & B. Salbioni (Eds), *Science, technology and European cultural heritage*. Commission of the European Communities, 331-334.
- Kuhn, T. (1981). *Η δομή των επιστημονικών επαναστάσεων*. Αθήνα: Σύγχρονα Θέματα.
- Lampropoulos, V.N. (2017a). *Ceramics, technology erosion and conservation*. Athens.
- Lampropoulos, V.N. (2017b). *Environment of monuments, museums and archaeological sites*. Athens.
- Leute, L. (1987). *Archaeometry: An introduction to physical methods in archaeology and the history of art*. Wiley-VCH.
- Lévy-Leblond, J-M. (2004). *Science in want of culture*. Paris: Futuribles.
- Lévy-Leblond, J-M. (2010). *La science n'est pas l'art. Brèves rencontres*. Paris: Hermann.
- Lindberg, D.C. (1997). *Οι απαρχές της δυτικής επιστήμης*. Αθήνα: Πανεπιστημιακές Εκδόσεις ΕΜΠ.
- Liritzis, I., Laskaris, N., Vafiadou, A., Karapanagiotis, I., Volonakis, P., Papageorgopoulou, C. & Bratitsi, M. (2020). Archaeometry: An overview. *Scientific Culture*, 6(1), 49–98.
- Liritzis, I., & Panou, A. (2017). [Tower of the Winds. Portal to the Heritage of Astronomy](#). UNESCO, Portal to the heritage of astronomy.
- Liritzis, I., & Korca, E. (2019) Archaeometry's role in cultural heritage sustainability and development. [Sustainability](#), 11(7), 1972.
- Lloyd, G.E.R. (2013). *Αρχαία ελληνική επιστήμη*. Ηράκλειο: Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης.
- Lord, B., & Lord, G.D. (1997). *The manual of museum exhibitions*. New York & Oxford: Altamira Press.
- Maggetti, M. (2001). Chemical analyses of ancient ceramics: What for? *CHIMIA International Journal for Chemistry*, 55(11), 923–930.

- Maingain, A., & Dufour, B. (2003). *Διδακτικές προσεγγίσεις της διαθεματικότητας*. Αθήνα: Εκδόσεις Πατάκη.
- McLean, K. (1993). *Planning for people in museum exhibitions*. Washington DC: US. Association of Science-Technology Center.
- Merriman, N. (2000). *Beyond the glass case. The past, the heritage and the public*. London: Institute of Archaeology, University of College of London.
- Meunier, A. (2011). Les outils pédagogiques dans les musées: Pour qui, pour quoi ? *La Lettre de l'OCIM*, 133, 5–12.
- Meunier, A. (2018). L'éducation dans les musées: Une forme d'éducation non formelle. In D. Jacobi (Ed.) *Culture et éducation non-formelle*. Montréal: Presses de l'Université du Québec, 35–52.
- Meunier, A., & Luckerhoff, J. (2012). *La muséologie, champ de théories et de pratiques*. Montréal: Presses de l'Université du Québec.
- Mohen, J-P. (1996). *L'art et la science. L'esprit des chefs-d'œuvre*. Paris: Gallimard.
- Mommsen, H. (2001). Provenance determination of pottery by trace element analysis: Problems, solutions and applications. *Journal of Radio analytical and Nuclear Chemistry*, 247(3), 657-662.
- Neal, A. (1976). *Exhibits for the small museum. A Handbook*. US. American Association for State and Local History
- Neufert, E., Neufert, P., & Kister, J. (2012). *Architects' data*. Chichester: Wiley-Blackwell.
- Olmi, G. (2004). Science, honour, metaphor: Italian cabinets of the sixteenth and seventeenth century. In D. Preziosi & C. Farago (Eds), *Grasping the world: The idea of the museum*, 129–143.
- Oppenheimer, F. (1972). The Exploratorium: A playful museum combines perception and art in science education. *American Journal of Physics*, 40(7), 978–984.
- Østergaard, E. (2006). Composing Einstein: Exploring the kinship of art and science. *Interdisciplinary Science Reviews*, 31(3), 261–274.
- Overskaug, K. (2012). Homage to Marcel Proust-Aspects of dissemination and didactic in a museum and a science centre: Science communication visions for the third-generation museums. In I. Ollich-Castanyer (Ed.), *Archaeology: New approaches in theory and techniques*. Croatia: In-Tech, 279–292.
- Παπαρηγοράκης, Μ. Ι. (Επιμ) (2010). *Μύρτις: Πρόσωπο με πρόσωπο με το παρελθόν*. Αθήνα: Μεταίχιμο.
- Παπαδημητρίου, Ν. (2015). *Πώς κατασκευάζονταν; Υλικά και τεχνικές κατεργασίας αρχαίων αντικειμένων*. Αθήνα: Ίδρυμα Ν.Π. Γουλανδρή, Μουσείο Κυκλαδικής Τέχνης.
- Panofsky, E. (1956). Galileo as a critic of the arts: Aesthetic attitude and scientific thought. *Isis*, 47(1), 3–15.
- Papagrigrorakis, M.J., Synodinos, P.N., Antoniadis, A., Maravelakis, E. Toulas, P., Nilsson, O., & Baziotopoulou-Valavani, E. (2011). Facial reconstruction of an 11-year-old female resident of 430 BC Athens. *Angle Orthodontist*, 81(1), 169-177.
- Pearce, S. (1995). *On collecting*. Routledge.
- Poulot, D. (2009). *Musée et muséologie*. Paris: La Découverte.
- Purzer, S., Krause, S., & Kelly, J. (2009). What lies beneath the Materials Science and engineering misconceptions of undergraduate students? *In Annual Conference & Exposition*. Austin, Texas. Retrieved from <https://peer.asee.org/4974>
- Sarri, K. (2004). Aeginetan matt-painted pottery in Boeotia. In F. Felten, W. Gauss & R. Smetana (Eds.) *Proceedings of the International Workshop "Middle Helladic Pottery and Synchronisms"*. OAW, 151–165.
- Schaer, R. (1993). *L'invention des musées*. Paris: Gallimard.
- Schiele, B. (2001). *Le musée des sciences*. Paris: L'Harmattan.
- Schiele, B., & Koster, E. (1998). *La révolution de la muséologie des sciences: Vers les musées du XXIe siècle?* Lyon: Presses Universitaires de Lyon.
- Smith, T.J., & Planzos, D. (Eds.) (2012). *A companion to Greek art*. Wiley-Blackwell.
- Stansbury-O' Donnell, M. (2015). *A history of Greek art*. Wiley-Blackwell.
- Τζώρτζη, Κ. (2006). Κτιριακός και εκθεσιακός σχεδιασμός μουσείων. *Τετράδια Μουσειολογίας*, 3, 16-23.
- Tillman, B., Tillman, P., Renee Rose, R., & Woodson, W. (2018). *Human factors and ergonomics design handbook*. Mc Graw Hill Education.
- Tobelem, J.-M. (2010). *Le nouvel âge des musées: Les institutions culturelles au défi de la gestion*. Paris: Armand Colin.
- ΥΠΠΟ (2012). *Το ναύαγιο των Αντικυθήρων. Το πλοίο, οι θησαυροί, ο μηχανισμός*. Οδηγός έκθεσης. Εθνικό-Αρχαιολογικό Μουσείο.

- Witterborg, L., & Stevens, A. (1981). *Good show, a practical guide for temporary exhibitions*. Washington DC: Smithsonian Institution.
- Xanthopoulou, V., Iliopoulos, I., & Liritzis, I. (2020). Characterization techniques of clays for the archaeometric study of ancient ceramics: A review. *Scientific Culture*, 6(2), 73–86.

Δραστηριότητες

1. Επιλέξτε ένα αρχαιολογικό μουσειακό έκθεμα (πήλινο, λίθινο, μεταλλικό κ.λπ.) από αρχαιολογικό μουσείο της αρεσκείας σας και εφαρμόστε τη μεθοδολογία σχεδιασμού και ανάπτυξης μιας ΕΝΦΕ για μία από τις διαθεματικές γέφυρες (βλ. Σχήμα 10.1), όπως περιγράφεται στην ενότητα 10.4.
2. Σχεδιάστε μια έρευνα διερεύνησης των νοητικών παραστάσεων παιδιών συγκεκριμένης ηλικιακής βαθμίδας για την περίπτωση της ΕΝΦΕ του Αρχαιολογικού Μουσείου Θηβών η οποία περιγράφεται στην ενότητα 10.5. Καταγράψτε και αναλύστε τα αποτελέσματά σας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 11

Το φεστιβάλ επιστήμης και η διδασκαλία φυσικών επιστημών

Ελπινίκη Παππά και Δημήτρης Κολιόπουλος

Σύνοψη

Στο κεφάλαιο αυτό πρόκειται να διερευνήσουμε τον θεσμό του φεστιβάλ επιστήμης ως μια μη τυπική μορφή εκπαίδευσης στις φυσικές επιστήμες. Αρχικά θα παρουσιάσουμε την ιστορική εξέλιξη του θεσμού αυτού και εν συνεχεία θα περιγράψουμε τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά που διακρίνουν το πλαίσιο, με βάση τα οποία θα τα ταξινομήσουμε σε δύο μεγάλες κατηγορίες: α) φεστιβάλ επιστήμης για το ευρύ κοινό, β) μαθητικά φεστιβάλ επιστήμης (μαθητικές εκθέσεις επιστήμης). Τέλος, θα περιγράψουμε διεθνείς και ελληνικές ερευνητικές εργασίες που έχουν ασχοληθεί με τη μελέτη των χαρακτηριστικών του φεστιβάλ επιστήμης ως ενός μη τυπικού περιβάλλοντος μάθησης και θα δώσουμε έμφαση στο τμήμα εκείνο της έρευνας το οποίο πραγματεύεται τον ρόλο των σχεδιαστών δραστηριοτήτων σε φεστιβάλ επιστήμης των δύο κατηγοριών που αναφέρθηκαν.

Προαπαιτούμενη γνώση

Κολιόπουλος, Δ. (2017). *Η διδακτική προσέγγιση του μουσείου φυσικών επιστημών*. Αθήνα: Μεταίχμιο.

11.1 Ιστορική εξέλιξη του φεστιβάλ επιστήμης

Ο θεσμός του φεστιβάλ επιστήμης συνδέεται άμεσα με την ιστορική αναγκαιότητα που αναδείχτηκε στις αρχές του 19^{ου} αιώνα, στο Ηνωμένο Βασίλειο, για τη διάδοση των επιστημονικών ευρημάτων, προκειμένου να λάβουν μεγαλύτερη προσοχή και αποδοχή σε εθνικό επίπεδο, καθώς και την έναρξη ενός διεπιστημονικού διαλόγου, που θα συνέβαλλε στην ταχύτερη επιστημονική πρόοδο. Το 1830, δημοσιεύεται το άρθρο *Reflections on the Decline of Science in England* του Charles Babbage, καθηγητή Πανεπιστημίου του Cambridge, στο οποίο αναδεικνύεται η κατάπτωση των επιστημών και της έρευνας που επικράτησε στην Αγγλία μετά την ήττα του Ναπολέοντα (1815). Το 1831, προκειμένου να αποκατασταθεί η ισορροπία στον χώρο των επιστημών, ιδρύεται η *Βρετανική Επιστημονική Ένωση (BSA)* με πρωταρχικό σκοπό την προώθηση της επιστήμης. Το παραδοσιακό συνέδριο της Βρετανικής Επιστημονικής Ένωσης, που αρχικά αφορούσε κυρίως στην ενημέρωση της επιστημονικής κοινότητας σε σχέση με νέα ερευνητικά αποτελέσματα, μετεξελίχθηκε την περίοδο 1980-2000 σε μια εκδήλωση για το ευρύ κοινό και μετονομάστηκε στο γνωστό *British Science Festival (BSF)*. Το BSF έχει ως κύριο μέλημά του την επικοινωνία της επιστήμης με διασκεδαστικά και οικεία προς το κοινό μέσα. Μερικά τέτοια παραδείγματα είναι θεατρικές παραστάσεις με επιστημονικό περιεχόμενο, απογευματινές εκδηλώσεις όπου η επιστήμη «συναντά» την τέχνη, καθώς και διάφορες δραστηριότητες για μαθητές, οικογένειες αλλά και για το ευρύ κοινό (BSA n.d.).

Μικρά και μεγάλα φεστιβάλ επιστήμης ξεκίνησαν να εμφανίζονται τη δεκαετία του '90 μετά την ίδρυση του *Edinburgh International Science Festival* (1989), που ήταν το πρώτο φεστιβάλ επιστήμης με τα χαρακτηριστικά του θεσμού όπως τον γνωρίζουμε σήμερα (Cassidy, 2006). Μόλις το 2006 παρατηρήθηκε μια μεγάλη αύξηση των φεστιβάλ επιστήμης που διεξάγονται παγκοσμίως. Χαρακτηριστικά, οι Bultitude, McDonald & Custead (2011) σε μια έρευνα που διεξήγαγαν μεταξύ του 2008 και 2009, αναφέρουν ότι: «Πριν το 1995 υπήρχαν μόλις 5 φεστιβάλ επιστήμης, την περίοδο 1996-2000 εμφανίστηκαν 11 φεστιβάλ, μεταξύ 2001-2005 13 νέα φεστιβάλ, ενώ 27 νέα φεστιβάλ επιστήμης δημιουργήθηκαν μέσα στην τριετία 2006-2009» (σ.175). Σε σχέση με τη γεωγραφική κατανομή των φεστιβάλ που συμμετείχαν στην παραπάνω έρευνα, το ποσοστό των φεστιβάλ που εδρεύουν στην Ευρώπη ήταν σχετικά υψηλό καθ' όλη τη διάρκεια του υπό διερεύνηση χρονικού διαστήματος. Συγκεκριμένα, εντός των τριών πρώτων περιόδων φάνηκε ότι τουλάχιστον το 80% των φεστιβάλ που εμφανίστηκαν βρίσκονταν στην Ευρώπη, ενώ το ποσοστό αυτό μειώθηκε την περίοδο 2006-2009 στο 57%. Κατά τη διάρκεια του 21^{ου} αιώνα τα φεστιβάλ επιστήμης γνώρισαν πολύ γρήγορη αύξηση και πολλές ενώσεις ιδρύθηκαν με σκοπό να συνδέσουν τα υπάρχοντα φεστιβάλ επιστήμης ή να προωθήσουν την ίδρυση νέων. Σε ευρωπαϊκό επίπεδο, το αυξημένο ενδιαφέρον και η ταχεία επέκταση των φεστιβάλ επιστήμης αναγνωρίστηκε και επίσημα με την ίδρυση της ένωσης *European Science Events Association (EUSEA)*, το 2002. Η EUSEA έχει

ως βασικό στόχο την ανταλλαγή ιδεών, εμπειριών και καλών πρακτικών σε σχέση με εκδηλώσεις επικοινωνίας της επιστήμης, οι οποίες λαμβάνουν χώρα σε πανευρωπαϊκό επίπεδο, και σήμερα μετράει 118 μέλη-ιδρύματα (όχι μεμονωμένα φεστιβάλ) σε 32 χώρες (<https://eusea.info/members>, 23.3.21). Αντίστοιχα, η Βρετανική Επιστημονική Ένωση δημιούργησε το δίκτυο *UK Science Festival Network*, προκειμένου να αναπτύξει διαύλους επικοινωνίας και συνεργασίας μεταξύ των ανεξάρτητων φεστιβάλ επιστήμης που δραστηριοποιούνται στο Ηνωμένο Βασίλειο και να υποστηρίξει τη δημιουργία νέων. Σύμφωνα με πρόσφατα στοιχεία, το δίκτυο αυτό αποτελείται από 42 μέλη-φεστιβάλ επιστήμης, ενώ μέχρι το 2017 περισσότεροι από ένα εκατομμύριο άνθρωποι είχαν παρακολουθήσει με φυσική παρουσία κάποιο φεστιβάλ επιστήμης ανά το Ηνωμένο Βασίλειο (UKSFN, 2017). Στις Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής, ο οργανισμός *Science Festival Alliance (SFA)* ιδρύθηκε το 2012 για να υποστηρίξει τη δημιουργία νέων και καλύτερη διοργάνωση των υπάρχοντων φεστιβάλ επιστήμης. Το πρώτο έτος λειτουργίας του καταγράφηκε η συμμετοχή 13 μελών- φεστιβάλ επιστήμης, τα οποία παρακολούθησαν συνολικά 756.000 επισκέπτες (SFA, 2012). Οι αριθμοί αυτοί παρουσίασαν σταθερή ανοδική αύξηση και το 2018 ο αριθμός των μελών είχε αυξηθεί στο τετραπλάσιο, ενώ ο αριθμός των επισκεπτών στο τριπλάσιο, σε σχέση με την αρχική καταγραφή (SFA, 2018). Αν και η πλήρης εμβέλεια των εκδηλώσεων επικοινωνίας της επιστήμης είναι πολύ δύσκολο να καταγραφεί με βεβαιότητα, τα παραπάνω παραδείγματα επιστημονικών φεστιβάλ και ενώσεων αναφέρουν ετησίως τον αντίκτυπό τους και επιβεβαιώνουν ότι τα φεστιβάλ επιστήμης έχουν αποκτήσει μια σημαντική θέση στην κοινωνική ζωή. Συγκεκριμένα, τα φεστιβάλ επιστήμης έχουν αναγνωριστεί ως η «επικρατούσα μέθοδος επικοινωνίας της επιστήμης» (Bultitude, McDonald & Custead, 2011; Kim, 2007, σ. 307) και ως «καθοριστικό μέσο παρέμβασης σε θέματα επιστημονικής κουλτούρας» (Quaranta, 2007, σ. 5).

Στην Ελλάδα, ο τομέας της επικοινωνίας της επιστήμης αναπτύχθηκε στα τέλη του 20^{ού} αι. όταν τα μουσεία άρχισαν να δημιουργούν εκπαιδευτικές δραστηριότητες με στόχο να κάνουν τα επιστημονικά θέματα πιο προσιτά στους νέους και το ευρύ κοινό. Την ίδια περίοδο τα ερευνητικά κέντρα άρχισαν να επιδιώκουν την παρουσίαση της δουλειάς τους στους πολίτες, προκειμένου να αυξήσουν την εξωστρέφειά τους. Το 1993 το *Εθνικό Ίδρυμα Ερευνών (ΕΙΕ)* διοργάνωσε για πρώτη φορά ένα πρόγραμμα επικοινωνίας της επιστήμης με το όνομα *Επιστήμη Επικοινωνία*. Το πρόγραμμα αυτό είχε ως στόχο να μεταδώσει την επιστημονική γνώση στο ευρύ κοινό⁵². Στα πλαίσια του προγράμματος αυτού και κατά την περίοδο 1993-2008 το ΕΙΕ πραγματοποίησε 89 κύκλους ομιλιών στους οποίους συμμετείχαν ως ομιλητές περισσότεροι από 750 ερευνητές, διακεκριμένοι επιστήμονες, καλλιτέχνες και λογοτέχνες από την Ελλάδα και το εξωτερικό (Καινοτομία, Έρευνα και Τεχνολογία, 2010). Από το 2000 και έπειτα, η Γενική Γραμματεία Έρευνας και Τεχνολογίας πραγματοποίησε αρκετές πρωτοβουλίες για την ενημέρωση του κοινού σε θέματα επιστήμης και τεχνολογίας, μεταξύ των οποίων η *Εβδομάδα Επιστήμης και Τεχνολογίας*. Την ίδια περίοδο, ερευνητικά κέντρα, επιστημονικές ενώσεις, μουσεία και εκπαιδευτικοί φορείς ξεκίνησαν να διοργανώνουν τις δικές τους δράσεις για την επικοινωνία της επιστήμης, όπως δημόσιους διαλόγους, καφέ της επιστήμης, διαδραστικές εκθέσεις και προβολή επιστημονικών ταινιών (Καινοτομία, Έρευνα και Τεχνολογία, 2010). Αρκετά χρόνια αργότερα, μόλις το 2011, εισήχθη στον ελληνικό χώρο για πρώτη φορά ο όρος του «φεστιβάλ επιστήμης», με τη διοργάνωση του *Φεστιβάλ Επιστήμης και Τεχνολογίας* από το ΕΙΕ σε συνεργασία με το Βρετανικό Συμβούλιο, το οποίο έλαβε χώρα στις εγκαταστάσεις του πρώτου. Ωστόσο, το πρώτο φεστιβάλ επιστήμης που εδραιώθηκε στην ελληνική κοινωνία ως πολιτιστικό γεγονός ήταν το *Φεστιβάλ Επιστήμης και Καινοτομίας*, ευρύτερα γνωστό ως *Athens Science Festival (ASF)*. Το ASF, ιδρύθηκε το 2014 και από τότε διοργανώνεται κάθε χρόνο από τον εκπαιδευτικό οργανισμό Επικοινωνία Επιστήμη-SciCo, το Βρετανικό Συμβούλιο και την Τεχνόπολη του Δήμου Αθηναίων, με τη συμμετοχή περισσότερων από 120 ακαδημαϊκών, ερευνητικών και εκπαιδευτικών ιδρυμάτων.

Ενώ τα φεστιβάλ επιστήμης για το ευρύ κοινό ιδρύθηκαν αρχικά στην Ευρώπη, ο θεσμός των *μαθητικών εκθέσεων επιστήμης* εμφανίστηκε στις Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής (ΗΠΑ). Οι πρώτες αναφορές για τη διεξαγωγή μαθητικών εκθέσεων επιστήμης χρονολογούνται το 1828, όταν το Αμερικανικό Ινστιτούτο της πόλης της Νέας Υόρκης φιλοξένησε τον πρώτο διαγωνισμό στο Αμερικανικό Μουσείο Φυσικής Ιστορίας. Από εκεί και πέρα ο θεσμός άρχισε να εδραιώνεται σε τοπικό και εθνικό επίπεδο στην Αμερική, με το πρώτο εθνικό μαθητικό φεστιβάλ επιστήμης να λαμβάνει χώρα το 1950 (McComas, 2011). Σήμερα, περισσότερες από 74 πολιτείες των ΗΠΑ διοργανώνουν τέτοιου είδους φεστιβάλ επιστήμης, τα οποία καταλήγουν σε εθνικούς και διεθνείς

⁵² Οι πληροφορίες ανασύρθηκαν από μία άτυπη συνέντευξη με την υπεύθυνη του προγράμματος *Science Society* για τα έτη 1993-2013.

διαγωνισμούς και προσελκύουν μαθητές από 9 ετών και πάνω. Στην Ελλάδα, ο θεσμός των μαθητικών εκθέσεων επιστήμης εδραιώθηκε το 2003, μέσα από το ευρωπαϊκό πρόγραμμα *Οι Φυσικές Επιστήμες στο Προσκήνιο (Science on Stage)*. Στις εκθέσεις Φυσικών Επιστημών και Τεχνολογίας που διοργανώνονται στο πλαίσιο του προγράμματος αυτού έχουν δικαίωμα συμμετοχής όλοι οι μαθητές Γυμνασίων, Γενικών Λυκείων και ΕΠΑΛ της Γ' Διεύθυνσης Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης Αθήνας (Τσιτοπούλου-Χριστοδουλίδη, 2007).

11.2 Περιγραφή και κατηγοριοποίηση των φεστιβάλ επιστήμης

11.2.1 Φεστιβάλ επιστήμης για το ευρύ κοινό

Ο όρος «φεστιβάλ επιστήμης για το ευρύ κοινό» περιλαμβάνει ένα ευρύ φάσμα εκδηλώσεων με διακριτά χαρακτηριστικά. Το πλαίσιο αυτό που αποτελεί ένα ανομοιογενές μείγμα δραστηριοτήτων, προκειμένου να μελετηθεί, θα πρέπει πρώτα να διαχωριστεί στα επιμέρους μοντέλα που περιλαμβάνει. Ο προσδιορισμός «για το ευρύ κοινό» χρησιμοποιείται για να τονίσει πως οι εκδηλώσεις αυτές απευθύνονται σε ένα πολύ μεγάλο και ανομοιογενές φάσμα ανθρώπων και όχι σε μία ειδική κατηγορία, όπως οι μαθητές. Στην ενότητα αυτή θα γίνει μια συστηματική περιγραφή των χαρακτηριστικών των φεστιβάλ επιστήμης ευρέος κοινού. Σύμφωνα με την πρότυπη μελέτη που έγινε το 2005 από τον *Ευρωπαϊκό Οργανισμό Εκδηλώσεων Επικοινωνίας της Επιστήμης (European Science Communication Events Association-EUSCEA)* για την περιγραφή και κατηγοριοποίηση εκδηλώσεων επικοινωνίας της επιστήμης (EUSEA, 2005), τα βασικά χαρακτηριστικά ενός φεστιβάλ επιστήμης ευρέος κοινού είναι: (1) οι βασικοί στόχοι, (2) ο χώρος διεξαγωγής, (3) οι διοργανωτές, (4) οι σχεδιαστές/παρουσιαστές δραστηριοτήτων, (5) το κοινό-στόχος και (6) ο τύπος δραστηριοτήτων.

Βασικοί στόχοι. Ο ευρύτερα γνωστός στόχος μιας εκδήλωσης επικοινωνίας της επιστήμης είναι η «εισθητοποίηση του κοινού» σε θέματα επιστήμης. Ο στόχος αυτός είτε διατυπώνεται ρητά είτε υπονοείται κατά την παρουσίαση των σκοπών και της φιλοσοφίας των εκδηλώσεων αυτών. Οι επόμενοι πιο σημαντικοί στόχοι είναι «η προώθηση του διαλόγου μεταξύ της επιστήμης και της κοινωνίας» και «η ενθάρρυνση των νέων να ασχοληθούν με την επιστήμη». Η έννοια της *επιστημονικής καλλιέργειας* αναφέρεται επίσης ως βασικός στόχος των εκδηλώσεων αυτών, σύμφωνα με τον οποίο είναι σημαντικό να επικοινωνήσουμε και να συζητήσουμε όχι μόνο τα αποτελέσματα της επιστημονικής εργασίας αλλά και τον τρόπο με τον οποίο η επιστήμη διεξάγεται ως μια ευρύτερη έννοια.

Χώρος διεξαγωγής. Ο χώρος διεξαγωγής ενός φεστιβάλ επιστήμης για το ευρύ κοινό είναι συνήθως το στοιχείο που διαφοροποιεί τις εκδηλώσεις αυτές από άλλες μορφές επικοινωνίας της επιστήμης. Η επιλογή του χώρου έχει στόχο την προσέλκυση ανθρώπων που πιθανά να μην επισκέπτονταν συνειδητά ένα επιστημονικό μουσείο ή πανεπιστήμιο, αλλά θα ενδιαφερθούν για κάποιο είδος επιστημονικού θεάματος που διαδραματίζεται σε ένα κεντρικό σημείο της πόλης. Η επιλογή αυτή συνήθως επηρεάζεται από το προφίλ τόσο των διοργανωτών όσο και του κοινού που στοχεύει να προσελκύσει, ενώ καθορίζει τον τύπο των δραστηριοτήτων και το προφίλ των σχεδιαστών/παρουσιαστών των παρεχόμενων δραστηριοτήτων. Μπορούμε να διακρίνουμε τρεις βασικούς τύπους χώρων διεξαγωγής:

(α) Κεντρικά σημεία στην πόλη, τα οποία δεν συνδέονται με την επιστημονική δραστηριότητα. Η επιλογή τέτοιων χώρων γίνεται συνήθως όταν στους διοργανωτές βρίσκεται κάποιος μη κερδοσκοπικός οργανισμός (π.χ. επιστημονικές ενώσεις, φορείς επικοινωνίας της επιστήμης) και τοπικές αρχές (π.χ. δημοτικά συμβούλια). Η επιλογή της χρήσης χώρων που δεν σχετίζονται με την επιστήμη αποσκοπεί στην προσέλκυση του μη-επιστημονικού κοινού σε έναν πολυσύχναστο χώρο της πόλης, όπως πολιτιστικοί χώροι, καφετέριες, μπαρ ή ακόμα και υπαίθριοι χώροι, όπως πάρκα, πλατείες και πεζόδρομοι.

(β) Ερευνητικά ιδρύματα και πανεπιστημιακές εγκαταστάσεις, που χρησιμοποιούνται με ασυνήθιστο τρόπο για τη διεξαγωγή εκδηλώσεων που αφορούν το ευρύ κοινό, όταν μεταξύ των κύριων διοργανωτών βρίσκονται ερευνητικά κέντρα ή πανεπιστήμια.

(γ) Σχολεία, τα οποία μπορεί να αποτελέσουν μέρος ενός μεγαλύτερου φεστιβάλ επιστήμης για το ευρύ κοινό και να συμμετάσχουν, διοργανώνοντας κάποιες δραστηριότητες στο σχολείο τους. Σε αυτές τις περιπτώσεις τα σχολεία οργανώνουν τις δικές τους δραστηριότητες, ως μέρος της συνολικής εκδήλωσης.

Διοργανωτές. Η διοργάνωση και υλοποίηση εκδηλώσεων επικοινωνίας της επιστήμης, όπως τα φεστιβάλ επιστήμης για το ευρύ κοινό, μπορεί να πραγματοποιούνται από διαφορετικούς φορείς, κυβερνητικούς (π.χ. υπουργεία, ερευνητικά συμβούλια κ.λπ.) και μη κυβερνητικούς (π.χ. μη κερδοσκοπικοί οργανισμοί, επιστημο-

νικές ενώσεις κ.λπ.), από την τοπική διοίκηση ή από πανεπιστήμια. Η οργανωτική επιτροπή μπορεί να είναι ένα ολιγάριθμο σύνολο ανθρώπων χωρίς ιδιαίτερη δομή ή να αποτελείται από μια καλά οργανωμένη ομάδα με πολύ προσωπικό. Ανεξάρτητα όμως από τον διοργανωτή, τα φεστιβάλ αυτά έχουν έναν κοινό μη κερδοσκοπικό χαρακτήρα.

Σχεδιαστές/παρουσιαστές δραστηριοτήτων. Οι σχεδιαστές και παρουσιαστές των δραστηριοτήτων οι οποίες πραγματοποιούνται στα φεστιβάλ επιστήμης συνήθως είναι ερευνητές και επιστήμονες που έχουν ως στόχο να επικοινωνήσουν στο ευρύ κοινό επιστημονικά θέματα που σχετίζονται με το ερευνητικό τους έργο. Σε αυτή την περίπτωση οι δραστηριότητες έχουν μικρό βαθμό αλληλεπίδρασης με το κοινό και η επιστημονική πληροφορία παρουσιάζεται με πιο αυστηρό τρόπο (π.χ. ομιλίες, καφέ επιστήμης). Όταν οι δραστηριότητες είναι λιγότερο επίσημες και τα στοιχεία της διαδραστικότητας και της ψυχαγωγίας πρωταγωνιστούν, συχνά βλέπουμε να συμμετέχουν στον σχεδιασμό και στην παρουσίαση δραστηριοτήτων φοιτητές σχολών θετικών επιστημών και τεχνολογίας, καθηγητές φυσικών επιστημών της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης και οι μαθητές τους, καθώς και εκπρόσωποι επιστημονικών ενώσεων και εκπαιδευτικών οργανισμών. Είναι σημαντικό να αναφέρουμε ότι συνήθως οι σχεδιαστές και παρουσιαστές των δραστηριοτήτων αυτών δεν έχουν δεχτεί καμία ειδική εκπαίδευση σε θέματα επικοινωνίας της επιστήμης ή/και σχεδιασμού δραστηριοτήτων με εκπαιδευτικό χαρακτήρα εκτός τυπικών περιβαλλόντων μάθησης (σχολεία, πανεπιστήμια), αλλά ούτε γίνεται κάποια διαλογή των δραστηριοτήτων και των παρουσιαστών τους με βάση την παιδαγωγική τους επάρκεια και τις επικοινωνιακές τους δεξιότητες. Έτσι, πολύ συχνά, σε τέτοιου είδους εκδηλώσεις που το βασικό τους χαρακτηριστικό είναι η επαφή του κοινού με τους επιστήμονες και τον κόσμο των επιστημών, συναντάμε δραστηριότητες με αστοχίες στον σχεδιασμό και την παρουσίαση, οι οποίες οδηγούν σε μία μέτρια εμπειρία για τον επισκέπτη.

Κοινό-στόχος. Αν και ο όρος «ευρύ κοινό» χρησιμοποιείται πολύ συχνά για να περιγράψει το κοινό των εκδηλώσεων επικοινωνίας της επιστήμης, ο όρος αυτός περιέχει πολλά διαφορετικά κοινά, καθένα από τα οποία έχει τα δικά του χαρακτηριστικά. Συνήθως, διακρίνονται δύο μεγάλες κατηγορίες κοινού: το μαθητικό κοινό και το ενήλικο κοινό, οι οποίες περιλαμβάνουν πολλές υποκατηγορίες (παιδιά διαφορετικών ηλικιών και κοινωνικο-οικονομικής κατάστασης, φοιτητές, ενήλικες με ή χωρίς ακαδημαϊκή εκπαίδευση, γυναίκες, άλλες ειδικές ομάδες κ.ά.). Στην περίπτωση των φεστιβάλ επιστήμης προσφέρεται πληθώρα δραστηριοτήτων, καθμία από τις οποίες απευθύνεται σε διαφορετικό κοινό-στόχο. Έτσι, για παράδειγμα, δραστηριότητες όπως εργαστήρια, διαδραστικές εκθέσεις, hands-on δραστηριότητες και εντυπωσιακά επιστημονικά δρώμενα απευθύνονται σε σχολικό κοινό και σε ομάδες νέων, ενώ οι διαλέξεις και τα καφέ επιστήμης απευθύνονται στο ενήλικο κοινό. Μερικές φορές οι σχεδιαστές επιδιώκουν να συνδέσουν τις δραστηριότητές τους με το πρόγραμμα διδασκαλίας του σχολείου και οι εκπαιδευτικοί συχνά ελπίζουν ότι οι δραστηριότητες θα συμπληρώσουν τα δικά τους μαθήματα και ότι οι ίδιοι θα μάθουν για διαφορετικές μεθόδους για τη διδασκαλία συγκεκριμένων θεμάτων. Πάντως, το συνηθέστερο κοινό-στόχος εκδηλώσεων επικοινωνίας της επιστήμης είναι οι νέοι, καθώς αποτελούν το μεγαλύτερο ποσοστό επισκεπτών. Σύμφωνα με το *White Book* της EUSCEA, το πιο σημαντικό κοινό-στόχος εκδηλώσεων επικοινωνίας της επιστήμης είναι παιδιά προσχολικής ηλικίας και μαθητές της πρωτοβάθμιας και δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης, ενώ υπάρχουν εκδηλώσεις που στοχεύουν αποκλειστικά σε αυτές τις ομάδες.

Δραστηριότητες. Παρακάτω παρατίθενται όλες οι δραστηριότητες που έχουν εμφανιστεί σε φεστιβάλ επιστήμης ευρέος κοινού (EUSCEA, 2005):

Ξεναγήσεις: Σε περιπτώσεις που τα ερευνητικά κέντρα και πανεπιστήμια ανοίγουν τις πόρτες τους στο κοινό, οι ξεναγήσεις αποκτούν μεγάλο ενδιαφέρον, αφού το κοινό μπορεί να περιηγηθεί στις εργαστηριακές εγκαταστάσεις, να ενημερωθεί για τον τρόπο χρήσης του ερευνητικού εξοπλισμού και για την έρευνα σε εξέλιξη από το ίδιο το ερευνητικό προσωπικό. Πάντως, οι ξεναγήσεις συνήθως δεν προτιμώνται σε τέτοιου είδους εκδηλώσεις, οι οποίες στοχεύουν στην ενθάρρυνση του επισκέπτη να ανακαλύψει, παρά να καθοδηγηθεί. Ακόμα, τα άτομα που επισκέπτονται τα ερευνητικά κέντρα στις ημέρες που είναι ανοιχτά για το κοινό (open house day), έχουν ήδη μια θετική στάση προς την επιστήμη και πιθανά αυξημένες γνώσεις γύρω από τέτοια θέματα.

Εργαστήρια: Τα εργαστήρια αποτελούν μία από τις βασικές και πιο δημοφιλείς δραστηριότητες ενός φεστιβάλ επιστήμης. Τα εργαστήρια που πραγματοποιούνται σε φεστιβάλ επιστήμης απευθύνονται συχνά σε ολιγάριθμες ομάδες μαθητών πρωτοβάθμιας και δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης, από 6 έως 16 ετών, ή σε άλλες ειδικές ομάδες -όπως οι εκπαιδευτικοί- ενώ είναι λιγότερο πιθανό να προσφερθούν σε μεμονωμένους επισκέπτες, οικογένειες ή άλλες ομάδες. Ο σχεδιασμός και το περιεχόμενο των εργαστηρίων απευθύνονται σε πολύ ειδικές ομάδες-στόχους και, προκειμένου να είναι επιτυχημένα, είναι απαραίτητη η παιδαγωγική αρτιότητά τους.

Επιστημονικά δρώμενα: Στην κατηγορία αυτή περιλαμβάνονται όλες οι δραστηριότητες που απευθύνονται σε μεγάλο αριθμό επισκεπτών και προσφέρουν κάποιο είδος θέαμα. Σε αυτές τις δραστηριότητες συνήθως

επιχειρείται κάποιος βαθμός συμμετοχής του κοινού, ενώ οι επιστημονικές πληροφορίες που παρέχονται αναλύονται σε μικρότερο βάθος. Σε αυτήν την κατηγορία των δραστηριοτήτων περιλαμβάνονται η παρατήρηση ουράνιων σωμάτων με τηλεσκόπιο, δρώμενα που συνδυάζουν την τέχνη με την επιστήμη, κ.λπ.

Διαλέξεις/ομιλίες: Είναι ο πιο κοινός τύπος δραστηριότητας που χρησιμοποιείται από επιστήμονες και άλλους ειδικούς. Ωστόσο, οι διαλέξεις ενδιαφέρουν συχνά μόνο τους ενήλικες και απαιτούν επίσης από το κοινό να έχει βασικές γνώσεις επί του θέματος.

Επιστημονικό θέατρο: Θεατρικές παραστάσεις που πραγματεύονται θέματα επιστήμης ή ιστορίας της επιστήμης είναι πολύ δημοφιλείς στο κοινό και συχνά περιλαμβάνονται στις δραστηριότητες των φεστιβάλ επιστήμης. Οι παραστάσεις αυτές συνήθως πραγματοποιούνται από μαθητικές θεατρικές ομάδες ή από ερασιτεχνικές ομάδες ηθοποιών που στόχο έχουν να επικοινωνήσουν την επιστήμη μέσα από το θέατρο.

Επιδείξεις εργαστηριακών δραστηριοτήτων: Η επίδειξη εργαστηριακών δραστηριοτήτων («πειραμάτων») είναι μία πολύ συχνή δραστηριότητα που λαμβάνει χώρα σε φεστιβάλ επιστήμης. Στην περίπτωση αυτή, οι παρουσιαστές της δράσης επιδεικνύουν κάποιες εργαστηριακές δραστηριότητες χωρίς να επιδιώκεται συμμετοχή του κοινού, είτε γιατί είναι πολύ επικίνδυνες είτε λόγω χρονικού περιορισμού.

Δημόσιοι διάλογοι: Στόχος τέτοιου είδους συζητήσεων δεν είναι η ανταλλαγή γνώσεων αλλά η έκθεση διαφορετικών απόψεων και η προαγωγή της συζήτησης μεταξύ του κοινού και των επιστημόνων.

Καφέ της επιστήμης: Η βασική προϋπόθεση αυτού του τύπου των δράσεων είναι ο χώρος φιλοξενίας να μην ακολουθεί την τυπική και αυστηρή διάταξη ενός αμφιθεάτρου ή ενός εργαστηρίου, προκειμένου να επιτρέψει στους επιστήμονες και στο κοινό να συναντιούνται στην άνετη, ανεπίσημη ατμόσφαιρα ενός καφέ. Σε μια σύντομη εισήγηση (μέγιστο 10 λεπτά) ο ομιλητής παρουσιάζει τον τομέα εργασίας του και συνοψίζει τα κεντρικά θέματα της έρευνάς του, ενώ στη συνέχεια δίνεται η δυνατότητα για ερωτήσεις και συζήτηση.

Προβολή Ταινιών: Ορισμένα φεστιβάλ επιστήμης περιλαμβάνουν στο πρόγραμμά τους την προβολή ταινιών με επιστημονική θεματολογία. Ωστόσο, αν οι ταινίες αυτές έχουν κυκλοφορήσει στο εμπόριο πολύ πριν από την ημερομηνία προβολής τους, δεν λαμβάνουν μεγάλη προσοχή από το κοινό. Επιστημονικά ντοκιμαντέρ μικρού μήκους, τα οποία δημιουργούνται με αποκλειστικό σκοπό την επικοινωνία της επιστήμης στο ευρύ κοινό, πολλές φορές παρουσιάζονται στα φεστιβάλ επιστήμης.

Διαγωνισμοί: Οι διαγωνισμοί χρησιμοποιούνται ως μέσο προσέλκυσης των νέων που αγαπούν τις προκλήσεις, ειδικά αν υπάρχει και ένα ελκυστικό έπαθλο για να κερδίσουν. Πολλές φορές στα πλαίσια ενός φεστιβάλ επιστήμης πραγματοποιούνται διαγωνισμοί με επιστημονική ή τεχνολογική θεματολογία που διοργανώνονται από ανεξάρτητους φορείς.

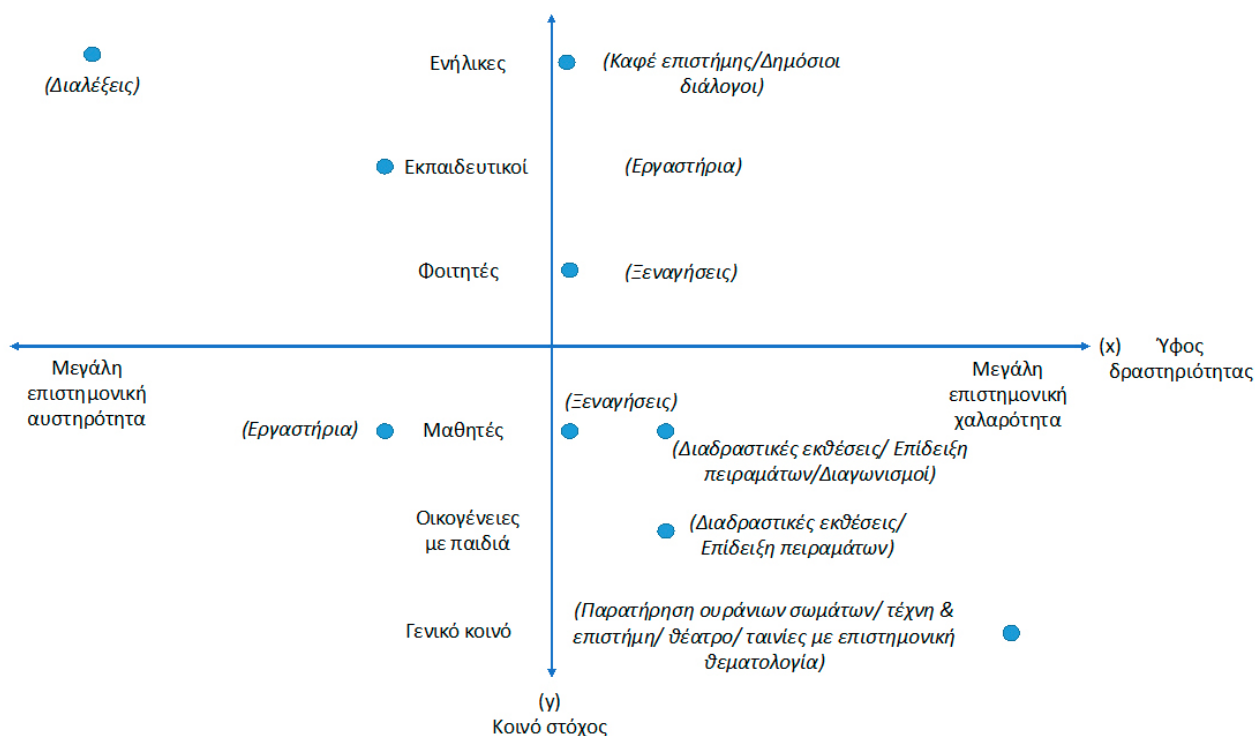
Εκθέσεις: Η ανταπόκριση του κοινού σε μία έκθεση εξαρτάται αρκετά από το: (α) αν είναι διαδραστική ή στατική έκθεση, (β) αν υπάρχουν ειδικοί ξεναγοί ή εκθέτες που επεξηγούν τα διάφορα εκθέματα και (γ) αν είναι μόνιμη ή προσωρινή έκθεση. Αν και υπάρχει δυνατότητα να συμπεριληφθούν μόνιμες εκθέσεις σε εκδηλώσεις επικοινωνίας της επιστήμης, αυτές δεν προσελκύουν μεγάλο αριθμό επισκεπτών. Η πιο κοινή δραστηριότητα στα φεστιβάλ επιστήμης είναι οι διαδραστικές εκθέσεις με πολλές αλληλεπιδραστικές δραστηριότητες που ανανεώνονται κάθε χρόνο και παρουσιάζονται μόνο κατά τη διάρκεια του φεστιβάλ. Τις περισσότερες φορές, αυτές οι δραστηριότητες αν και εκτίθενται σε μεγάλους, ενιαίους εκθεσιακούς χώρους δεν συνδέονται μεταξύ τους ως προς το περιεχόμενο, τους στόχους, την ομάδα σχεδιασμού.

Στο διάγραμμα που ακολουθεί έχει γίνει κατηγοριοποίηση των συχνότερων δραστηριοτήτων που εντοπίζονται στα φεστιβάλ επιστήμης, σύμφωνα με τον βαθμό τυπικότητας⁵³ που παρουσιάζουν (με βάση τον πίνακα της σελίδας 40 στο *White Book* της EUSCEA (2005) και το κοινό στο οποίο απευθύνονται. Όπως φαίνεται στο *Σχήμα II.1*, οι δραστηριότητες ενός φεστιβάλ επιστήμης μπορούν να κατηγοριοποιηθούν σύμφωνα με τον βαθμό τυπικότητάς τους σε: (α) δράσεις με πολύ αυστηρό επιστημονικό ύφος, που ασχολούνται με την παρουσίαση επιστημονικών θεμάτων με έναν τρόπο που πλησιάζει τον επιστημονικό λόγο και σε χώρους που διατηρούν μια αυστηρή διάταξη. Χαρακτηριστικό παράδειγμα δραστηριοτήτων με μεγάλη επιστημονική αυστηρότητα είναι οι διαλέξεις, (β) δράσεις με λιγότερο αυστηρό επιστημονικό ύφος, που μπορεί να διατηρούν κάποια επι-

⁵³ Η έννοια της τυπικότητας συνδέεται κυρίως με την τυπικότητα του γλωσσικού κώδικα που χρησιμοποιείται σε κείμενα των φυσικών επιστημών και της τεχνολογίας στο σχολείο ή/και στον δημόσιο χώρο (π.χ. σε σχολικά εγχειρίδια, εκθέσεις φυσικών επιστημών). Εκφραστικά μέσα υψηλής τυπικότητας επιτρέπουν την κατά το δυνατόν αμφιμονοσήμαντη σχέση σημαίνοντος-σημαινομένου και συνεπώς την ακριβέστερη και αποτελεσματικότερη απόδοση των επιστημονικών εννοιών (Κουλαϊδής, Δημόπουλος, Σκλαβενίτη & Χρηστίδου, 2001). Για τον λειτουργικό χαρακτήρα που λαμβάνει η έννοια στην ανάλυση μουσειακών εκθέσεων δείτε και το Anyfanti, Koulaïdis & Dimopoulos, 2014.

στημονική ορολογία ή/ και να έχουν σαφείς διδακτικούς στόχους, αλλά πραγματοποιούνται σε πιο χαλαρό πλαίσιο. Τέτοιες είναι τα εργαστήρια, τα καφέ επιστήμης, οι δημόσιοι διάλογοι και οι ξεναγήσεις σε χώρους ερευνητικών κέντρων και πανεπιστημίων, (γ) δράσεις με σχετικά χαλαρό επιστημονικό ύφος που διατηρούν μία δομή στην παρουσίαση επιστημονικών εννοιών και μεθοδολογιών, αλλά στόχος τους είναι να συνδυάσουν τη μετάδοση γνώσης με την ψυχαγωγία και τον εντυπωσιασμό, ενώ λαμβάνουν χώρα σε περιβάλλοντα που δεν συνδέονται με την επιστήμη. Τέτοιες δράσεις είναι οι διαδραστικές εκθέσεις, η επίδειξη πειραμάτων και οι διαγωνισμοί, και (δ) δράσεις με πολύ χαλαρό επιστημονικό ύφος, που θυμίζουν περισσότερο πολιτιστικά δρώμενα παρά επιστημονικές εκδηλώσεις και η επιστημονική γνώση παρουσιάζεται ως μια δευτερεύουσα πληροφορία που αναλύεται σε πολύ μικρό βαθμό. Τέτοιες δραστηριότητες είναι αυτές που συνδυάζουν την τέχνη με την επιστήμη, θεατρικές παραστάσεις, ταινίες με επιστημονική θεματολογία και άλλα επιστημονικά δρώμενα.

Ανάλογα με τα χαρακτηριστικά κάθε δραστηριότητας που περιλαμβάνει ένα φεστιβάλ επιστήμης, στοχεύει στην προσέλκυση συγκεκριμένων ομάδων στόχων. Το βασικό κοινό-στόχος μιας δραστηριότητας μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την κατηγοριοποίηση των δραστηριοτήτων αυτών. Έτσι, τα καφέ επιστήμης, οι δημόσιοι διάλογοι και οι διαλέξεις απευθύνονται στο ενήλικο κοινό. Τα εργαστήρια ανάλογα με τη θεματολογία τους αφορούν ειδικές κατηγορίες κοινού, όπως οι μαθητές και οι εκπαιδευτικοί. Οι ξεναγήσεις σε χώρους ερευνητικών κέντρων και πανεπιστημίων στοχεύουν κυρίως στην προσέλκυση μαθητών και φοιτητών, ενώ οι διαδραστικές εκθέσεις και η επίδειξη πειραμάτων αφορούν κυρίως μαθητές και οικογένειες με παιδιά. Τέλος, υπάρχουν αρκετές δραστηριότητες, όπως διάφορα επιστημονικά δρώμενα τέχνης και επιστήμης, φεστιβάλ κινηματογράφου και θεατρικές παραστάσεις με επιστημονική θεματολογία, οι οποίες δεν στοχεύουν σε κάποιο ειδικό κοινό.



Σχήμα 11.1: Διαγραμματική παρουσίαση των δραστηριοτήτων φεστιβάλ επιστήμης σε σχέση με τον βαθμό τυπικότητας (άξονας x) και το κοινό-στόχο (άξονας y) (Parras & Koliopoulos, 2021a).

Λαμβάνοντας υπόψη όλα τα παραπάνω χαρακτηριστικά των διαφορετικών τύπων φεστιβάλ επιστήμης ευρέος κοινού που έχουν επικρατήσει και των δραστηριοτήτων που αυτά περιλαμβάνουν, μπορούμε να διακρίνουμε δύο μεγάλες κατηγορίες:

(α) Φεστιβάλ που διοργανώνονται από τα πανεπιστήμια και τα ερευνητικά κέντρα με βασικό στόχο την ανάδειξη του ερευνητικού τους έργου και την ενθάρρυνση των νέων να ακολουθήσουν καριέρα στον τομέα της έρευνας. Τα φεστιβάλ αυτά λαμβάνουν χώρα στις εγκαταστάσεις των ιδρυμάτων που τα διοργανώνουν. Οι δραστηριότητες που περιλαμβάνονται σε αυτά τα φεστιβάλ υλοποιούνται από ειδικούς επιστήμονες και ερευνητές

που εργάζονται σε αυτά και συνήθως είναι διαλέξεις, δημόσιοι διάλογοι, καφέ επιστήμης, εκθέσεις και ξεναγήσεις. Το βασικό κοινό που στοχεύουν αυτά τα φεστιβάλ είναι το ενήλικο κοινό, οι φοιτητές και οι μαθητές.

(β) Φεστιβάλ που λαμβάνουν χώρα σε κεντρικά σημεία της πόλης και μεταξύ των βασικών διοργανωτών βρίσκονται μη κερδοσκοπικοί φορείς που ασχολούνται με την επικοινωνία της επιστήμης. Σε αυτόν τον τύπο του φεστιβάλ επιστήμης, υπάρχει μεγάλη ποικιλομορφία όσον αφορά τους σχεδιαστές των δραστηριοτήτων, αφού μπορεί να συμμετέχουν από ειδικοί ερευνητές και επιστήμονες μέχρι φοιτητές σχολών θετικών επιστημών και τεχνολογίας, καθηγητές φυσικών επιστημών της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης και οι μαθητές τους, καθώς και εκπρόσωποι επιστημονικών ενώσεων και εκπαιδευτικών οργανισμών. Σε αυτά τα φεστιβάλ μπορούμε να συναντήσουμε όλες τις κατηγορίες των δραστηριοτήτων που περιγράφηκαν παραπάνω, ενώ το κοινό ποικίλλει ανάλογα με τη δραστηριότητα από ενήλικες, φοιτητές, μαθητές, οικογένειες με παιδιά, σε πιο ειδικά κοινά, όπως οι εκπαιδευτικοί.

11.2.2 Οι μαθητικές εκθέσεις επιστήμης: Μια ειδική κατηγορία φεστιβάλ επιστήμης

Οι μαθητικές εκθέσεις επιστήμης, γνωστές και ως *Πανηγύρι Επιστήμης (Science Fair)* είναι μία εκτός αναλυτικού προγράμματος δραστηριότητα (που μπορεί, όμως, να σχετίζεται με αυτό) στην οποία εμπλέκονται ενεργά μαθητές, εκπαιδευτικοί και, ενδεχομένως, γονείς ή/και ερευνητές με στόχο να προετοιμάσουν τη διεξαγωγή μίας έκθεσης φυσικών επιστημών (Κολιόπουλος & Τσώνου-Πολλάτου, 1989; Tsagliotis, 2008). Η έκθεση αυτή μπορεί να απευθύνεται σε άλλους μαθητές, σε γονείς ή στο ευρύτερο κοινό μίας τοπικής ή περιφερειακής δομής. Στις εκθέσεις αυτές μαθητές διαφορετικών σχολικών βαθμίδων (τελευταίες τάξεις Δημοτικού, Γυμνάσιο, Λύκειο) αναλαμβάνουν την παρουσίαση ερευνητικών εργασιών που έχουν υλοποιηθεί από τους ίδιους, σε ατομικό ή ομαδικό επίπεδο. Άλλοι τύποι δραστηριοτήτων που παρουσιάζονται μπορεί να είναι κατασκευές που δημιούργησαν στην τάξη οι μαθητές ή επίδειξη πειραμάτων που υλοποιήθηκαν πρώτα στο σχολικό πλαίσιο (Τσιτοπούλου-Χριστοδουλίδη, 2007). Οι εκδηλώσεις αυτές συνήθως έχουν διαγωνιστικό χαρακτήρα, με κάθε μαθητή (ή ομάδα μαθητών) να αναλαμβάνει την παρουσίαση μίας ερευνητικής εργασίας για την οποία αξιολογείται. Η συμμετοχή των μαθητών σε ένα Πανηγύρι Επιστήμης είναι δυνατόν να συμβάλει αφενός στη δημιουργία ενδιαφέροντος και κινήτρων για τη μελέτη των Φυσικών Επιστημών και αφετέρου να οδηγήσει στην οικοδόμηση λειτουργικών γνώσεων, γνώσεων δηλαδή που είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθούν στο κοινωνικό και όχι μόνο στο σχολικό επίπεδο. Επιπρόσθετα, μέσα από την όλη διαδικασία, ενισχύεται η κατανόηση διάφορων εννοιών και καλλιεργούνται η συνεργατικότητα, η δημιουργικότητα και η αισθητική αγωγή (Κολιόπουλος, Κωνσταντίνου & Ευαγόρου, 2017).

Ένας άλλος κεντρικός στόχος των μαθητικών φεστιβάλ επιστήμης είναι να ενισχυθούν η διερευνητική μάθηση και οι δεξιότητες διερεύνησης στο πλαίσιο των φυσικών επιστημών, δίνοντας την ευκαιρία στους μαθητές να αντιληφθούν μέσα από την προσωπική τους εμπειρία τι είναι και πώς γίνεται η επιστημονική έρευνα (McComas, 2011). Η εμπλοκή των μαθητών σε μια αυθεντική ερευνητική διαδικασία αποτελεί μοναδική ευκαιρία για να κατανοήσουν οι μαθητές «από πρώτο χέρι» τη φύση της επιστήμης. Ο McComas εξηγεί ότι προκειμένου ο μαθητής να εμπλακεί σε μία αυθεντική διαδικασία επιστημονικής διερεύνησης, θα πρέπει να συμμετάσχει σε όλο το φάσμα των μεθόδων⁵⁴ που εφαρμόζουν οι επιστήμονες για να διερευνήσουν και να κατανοήσουν τον φυσικό κόσμο. Το φάσμα αυτό αποτελείται από: (α) τον σχεδιασμό ερευνητικών ερωτήσεων, (β) την επιλογή της κατάλληλης ερευνητικής μεθόδου για τη διερεύνηση του ερωτήματος, (γ) τη συλλογή των δεδομένων και (δ) την ανάλυση και παρουσίασή τους με πειστικό τρόπο και επιχειρήματα για το τι σημαίνουν τα δεδομένα αυτά. Επιπρόσθετα, η διαδικασία της παραγωγής και διάδοσης της επιστημονικής γνώσης από τους μαθητές μέσω μίας μαθητικής έκθεσης επιστήμης μπορεί να καταστήσει την οικοδόμηση της επιστημονικής γνώσης μια περισσότερο αυθεντική διαδικασία και όχι μια απλή τεχνητή εκπαιδευτική κατασκευή. Τέλος, σε τέτοιου είδους εκδηλώσεις αναδεικνύεται η πολιτισμική διάσταση της διάδοσης των φυσικών επιστημών η οποία, συνήθως, είναι υποβαθμισμένη στο τυπικό αναλυτικό πρόγραμμα (Κολιόπουλος, 2006; Κολιόπουλος, Κωνσταντίνου & Ευαγόρου, 2017).

⁵⁴ Μιλώντας εδώ για επιστημονικές μεθόδους, είναι καλό να διευκρινίσουμε ότι δεν αναφερόμαστε σε μια καθολική επιστημονική μέθοδο, όπως λανθασμένα έχει επικρατήσει σε πολλά σχολικά βιβλία, αλλά στο σύνολο των διαφορετικών προσεγγίσεων που χρησιμοποιούν οι επιστήμονες για να επιλύσουν ένα πρόβλημα. Για τους μύθους σε σχέση με τη φύση της επιστήμης δείτε και το Mc Comas, 2008.

Στον ελλαδικό χώρο, εκτός από τις δύο μεγάλες κατηγορίες φεστιβάλ επιστήμης στις οποίες αναφερθήκαμε, εμφανίζεται και μια τρίτη κατηγορία, τα φεστιβάλ επιστήμης μεικτού προφίλ. Στην κατηγορία αυτή βρίσκονται φεστιβάλ που διοργανώνονται από σχολικούς φορείς (όπως στην περίπτωση των μαθητικών φεστιβάλ επιστήμης) σε συνεργασία με άλλους φορείς, αλλά απευθύνονται και στο ευρύ κοινό και περιέχουν δραστηριότητες που σχεδιάζονται και υλοποιούνται όχι μόνο από μαθητές αλλά και από ειδικούς επιστήμονες (όπως στην περίπτωση των φεστιβάλ επιστήμης για το ευρύ κοινό). Τα φεστιβάλ αυτά συνήθως υλοποιούνται εκτός σχολικών μονάδων σε πολιτιστικούς χώρους εύκολα προσβάσιμους στο ευρύ κοινό. Λεπτομέρειες για τα διάφορα φεστιβάλ επιστήμης που έχουν κατά καιρούς εμφανιστεί ή λειτουργούν ακόμη στον ελληνικό χώρο υπάρχουν στον Πίνακα 11.1. Παρατηρώντας τα χαρακτηριστικά τους, βλέπουμε ότι η οργάνωση των εκδηλώσεων αυτών δεν έχει κάποιο κεντρικό σχεδιασμό ούτε ένα σχεδιαστικό πρότυπο που να ακολουθείται. Ακόμα και τα μαθητικά φεστιβάλ επιστήμης, που οργανώνονται σε ένα δομημένο εκπαιδευτικό πλαίσιο, διαφέρουν αρκετά ως προς τις εκπαιδευτικές τους προσεγγίσεις (π.χ. ύπαρξη ή όχι διαγωνιστικού χαρακτήρα) και τον τύπο των δραστηριοτήτων που περιλαμβάνουν (π.χ. παρουσίαση ερευνητικού project που σχεδιάστηκε από τους μαθητές, αναπαραγωγή πειραμάτων που έγιναν στην τάξη, δημιουργία και παρουσίαση κατασκευών). Η διοργάνωση τέτοιων εκδηλώσεων, σε σχολικό επίπεδο, αν και αρκετά διαδεδομένη, έχει καθαρά προαιρετικό χαρακτήρα. Έτσι, η συμμετοχή των μαθητών σε ένα φεστιβάλ επιστήμης εναπόκειται καθαρά στη διάθεση αλλά και την εμπειρία των εκπαιδευτικών, αφού δεν τους παρέχεται καθοδήγηση για το πώς να προσεγγίσουν εκπαιδευτικά τον σχεδιασμό τέτοιων δράσεων με τους μαθητές τους, ώστε να τεθούν και να επιτευχθούν κάποιοι εκπαιδευτικοί στόχοι.

11.3 Ερευνητικές δραστηριότητες σχετικές με τα φεστιβάλ επιστήμης

11.3.1 Βιβλιογραφική ανασκόπηση σε σχέση με τα φεστιβάλ επιστήμης για το ευρύ κοινό

Παρά τη δημοτικότητα των φεστιβάλ επιστήμης, η συστηματική μελέτη του πλαισίου αυτού βρίσκεται σε πολύ πρώιμο στάδιο (Rose et al., 2017), ενώ οι περισσότερες ερευνητικές προσπάθειες είναι μεθοδολογικά περιορισμένες και έχουν μικρή αξιοπιστία (Yasar & Baker, 2003; Jensen & Buckley, 2014).

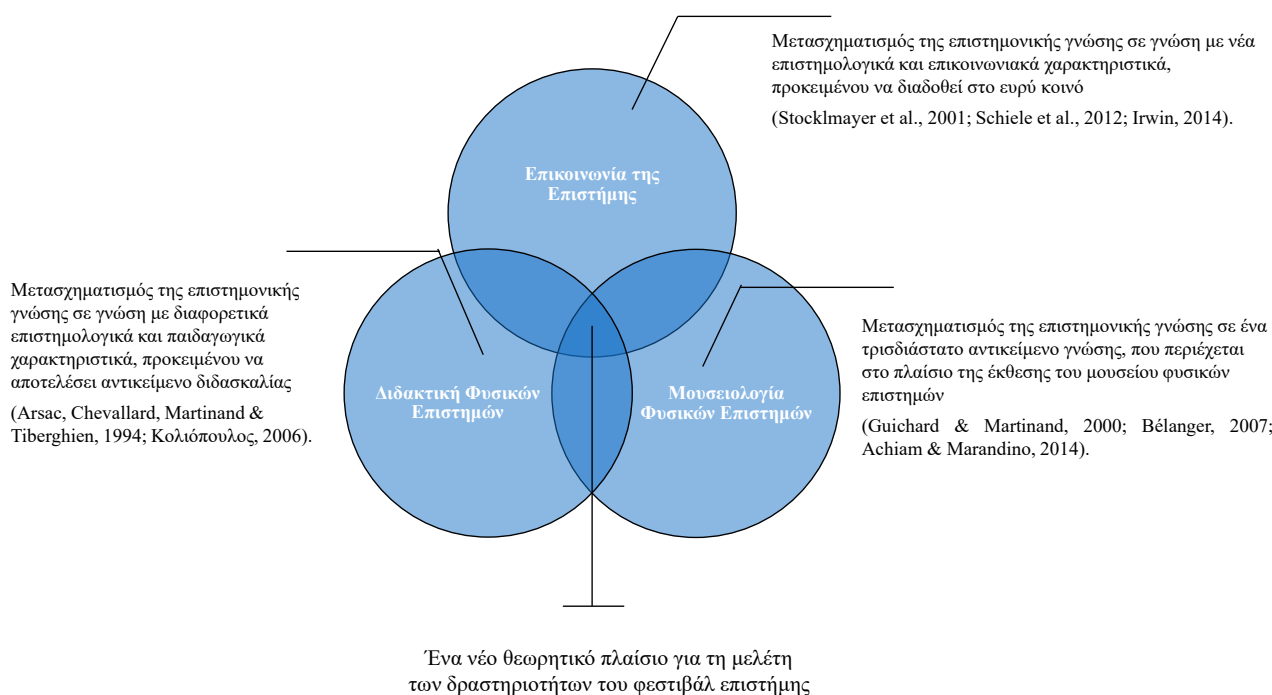
Η ερευνητική κοινότητα έχει ασχοληθεί ελάχιστα με τη μελέτη των φεστιβάλ επιστήμης για το ευρύ κοινό, ως ενός μη τυπικού εκπαιδευτικού περιβάλλοντος μάθησης (Goujon, 2016; Stefanidou & Panagoroulou, 2019). Οι ερευνητικές προσπάθειες για τη μελέτη του πλαισίου αυτού έχουν επικεντρωθεί στη διερεύνηση αλλαγών της στάσης των επισκεπτών απέναντι στην επιστήμη, ενώ όσες μελέτες έχουν ασχοληθεί με τα μαθησιακά οφέλη των επισκεπτών βασίστηκαν στην καταγραφή των προσδοκιών και εμπειριών των συμμετεχόντων (π.χ. DSC, 2016; BOP Consulting, 2016; Sardo & Grand, 2016; Fogg Rogers, 2017). Από μεθοδολογικής πλευράς, οι περισσότερες ερευνητικές προσπάθειες σε σχέση με τα φεστιβάλ επιστήμης για το ευρύ κοινό βασίζονται σε αυτοαναφορές (self-reports), σε ερωτηματολόγια κλειστού τύπου ή αναφορές που έχουν δημιουργηθεί από τους διοργανωτές των εκδηλώσεων αυτών (π.χ. DSC, 2016), με αποτέλεσμα να μην παρουσιάζουν μεγάλο ερευνητικό ενδιαφέρον.

Ένα άλλο κρίσιμο ζήτημα, που δεν έχει ακόμη επισημανθεί στη σύγχρονη βιβλιογραφία, είναι η πτυχή του σχεδιασμού των δραστηριοτήτων ενός φεστιβάλ επιστήμης και ο μετασχηματισμός της επιστημονικής γνώσης σε μορφές γνώσης που είναι προσβάσιμες στο κοινό. Μία πρώτη προσέγγιση του θέματος έγινε από τη Goujon (2016). Η ερευνήτρια, στο πλαίσιο της διδακτορικής διατριβής της, μελέτησε τον μετασχηματισμό της γνώσης (ερευνητικές πρακτικές και ερευνητικά ευρήματα) που παράγεται στα εργαστήρια ερευνητών, προκειμένου να αποτελέσει θέμα παρουσίασης στο ευρύ κοινό και σε σχολικές ομάδες. Σύμφωνα με την Goujon, κατά τη διάρκεια ενός φεστιβάλ επιστήμης, οι παρουσιαστές των δράσεων της διαδραστικής έκθεσης αναλαμβάνουν έναν διδακτικό ρόλο, εκείνο του εκπαιδευτικού. Αντίστοιχα το κοινό, ακόμα και το μη μαθητικό, λαμβάνει τον ρόλο του εκπαιδευόμενου. Η έρευνα αυτή αποτελεί μια πρώτη προσπάθεια για τον προσδιορισμό του τρόπου και των προσεγγίσεων με βάση τις οποίες οι επιστήμονες μεταφέρουν τη γνώση που παράγεται στον χώρο του εργαστηρίου στο πλαίσιο ενός φεστιβάλ επιστήμης. Παρόλ' αυτά, η συγκεκριμένη μελέτη είναι πολύ περιγραφική και δεν επιτρέπει γενίκευση των αποτελεσμάτων της.

Τα τελευταία χρόνια, οι συγγραφείς του παρόντος κεφαλαίου, στο πλαίσιο του μετασχηματισμού της επιστημονικής γνώσης αναφοράς σε μορφές κατάλληλες αφενός προς τη διδασκαλία της σε τυπικά ή/και μη τυπικά περιβάλλοντα και αφετέρου προς την επικοινωνία της στο ευρύ κοινό με στόχο τη δημόσια κατανόησή της, μελετούν τις αντιλήψεις των σχεδιαστών δράσεων που αποτελούν μέρος μίας διαδραστικής έκθεσης φεστιβάλ

επιστήμης, σχετικά με τη διαδικασία σχεδιασμού δραστηριοτήτων και την επιλογή των επιμέρους χαρακτηριστικών της προς διάδοση γνώσης (Pappa & Koliopoulos, 2021a, 2021b, 2021c). Όμως, η πρώτη απαραίτητη προϋπόθεση για τη συστηματική διερεύνηση αυτού του ζητήματος είναι η ανάπτυξη ενός συγκεκριμένου θεωρητικού υποβάθρου το οποίο να βασίζεται στο πλαίσιο μετασχηματισμού της επιστημονικής γνώσης αναφοράς.

Ελλείψει ενός τέτοιου θεωρητικού υποβάθρου, προχωρήσαμε στη συγκρότησή του (Pappa & Koliopoulos, under review). Η διαδραστική έκθεση ενός φεστιβάλ επιστήμης μοιράζεται τον ίδιο πρωταρχικό στόχο, τον οποίο μπορούμε να εντοπίσουμε σε τρεις τουλάχιστον τομείς έρευνας οι οποίοι πραγματεύονται τη διάδοση των φυσικών επιστημών, τον τομέα της Μουσειολογίας φυσικών επιστημών, της Επικοινωνίας της επιστήμης και της Διδακτικής των φυσικών επιστημών: να εξαχθεί η επιστημονική γνώση από το πλαίσιο στο οποίο έχει παραχθεί και να παρουσιαστεί σε ένα μη ειδικό κοινό, σε ένα μη επιστημονικό περιβάλλον. Το κοινό στοιχείο αυτών των τριών τομέων και η κύρια έννοια που χαρακτηρίζει τη διασταύρωσή τους είναι ο μηχανισμός του μετασχηματισμού της γνώσης. Ο όρος αυτός αναφέρεται στην αποπλαισίωση του επιστημονικού αντικειμένου της γνώσης και την αναπλαισίωσή του σε μια νέα μορφή γνώσης με διαφορετικά χαρακτηριστικά (Κολιόπουλος, 2006; 2017).

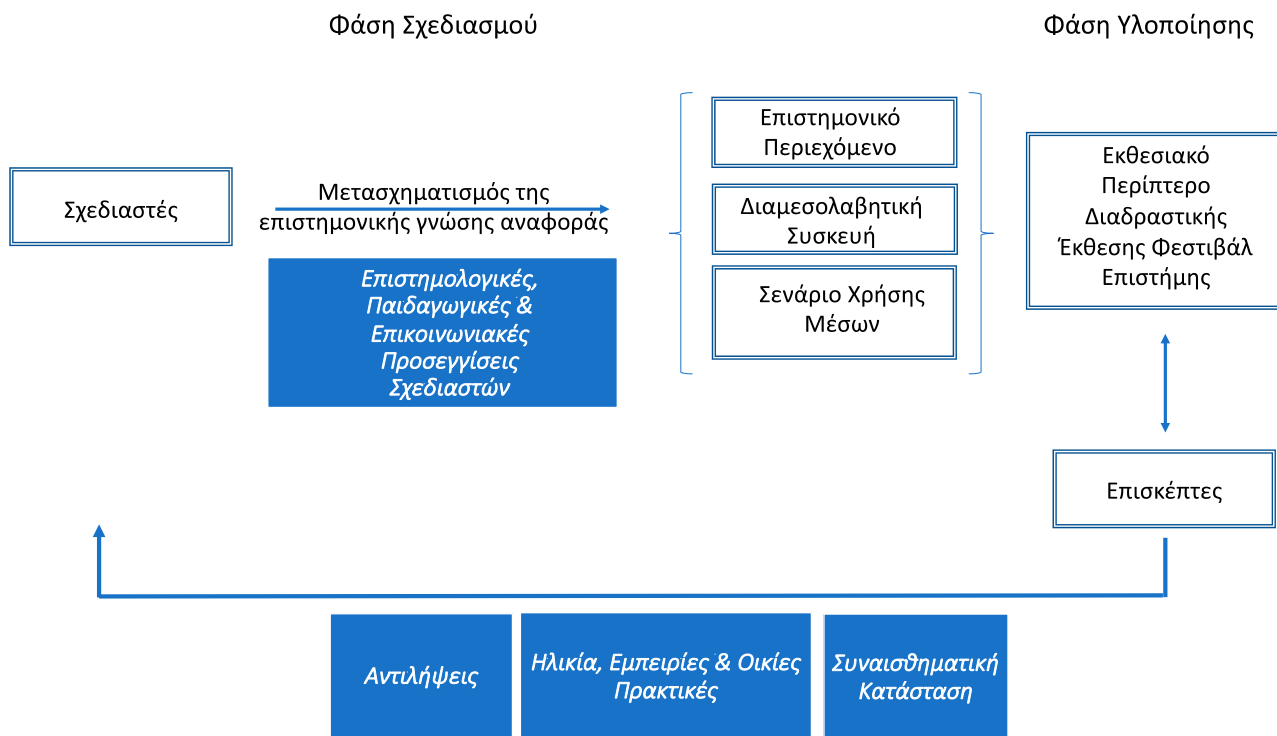


Σχήμα 11.2: Το θεωρητικό πλαίσιο για τη μελέτη του φεστιβάλ επιστήμης.

		Φεστιβάλ. Επιστήμης για το Ευρύ Κοινό				Μαθητικά Φεστιβάλ. Επιστήμης				Φεστιβάλ. Επιστήμης Μαικτού Προφύ.			
Επιλέξιμα Παράρτημα Ελληνικών Φεστιβάλ. Επιστήμης	Βραδιά Ερευνητή	Φεστιβάλ. Επιστήμης και Τεχνολογίας (FEST)	Athens Science Festival (ASF)	Γιορτή Επιστήμης Περιβάλλοντος	Print of Science Festival-Greece	Έκθεση Φυσικών Επιστημών και Τεχνολογίας	Φεστιβάλ Φυσικών Επιστημών και Τεχνολογίας	Lesvos STEM Festival	Φεστιβάλ. Επιστημών και Τεχνολογίας	Φεστιβάλ-Παινήρι Φυσικών Επιστημών	Φεστιβάλ. Φυσικών Επιστημών	Παινήρι Φυσικών Επιστημών: «Η Φυσική μας γίνεται... μικρούς και μεγάλους»	
Βασικοί στόχοι	Να εφοικασθεί το κοινό με τον επιστημονικό λόγο και να το ενημερώσει για την έρευνα που γίνεται στην Ελλάδα.	Να εφοικασθεί το κοινό με τον επιστημονικό λόγο και τις φρενιαιτικές δραστηριότητες στην καθημερινή ζωή.	Να εφοικασθεί το κοινό με τον επιστημονικό λόγο.	Να εφοικασθεί το κοινό με τον επιστημονικό λόγο.	Να εφοικασθεί το κοινό με τον επιστημονικό λόγο και με τη διασκέδαση.	Να εφοικασθεί το κοινό με τον επιστημονικό λόγο και με τη διασκέδαση.	Να εφοικασθεί το κοινό με τον επιστημονικό λόγο και με τη διασκέδαση.	Να εφοικασθεί το κοινό με τον επιστημονικό λόγο και με τη διασκέδαση.	Να εφοικασθεί το κοινό με τον επιστημονικό λόγο και με τη διασκέδαση.	Να εφοικασθεί το κοινό με τον επιστημονικό λόγο και με τη διασκέδαση.	Να εφοικασθεί το κοινό με τον επιστημονικό λόγο και με τη διασκέδαση.	Να εφοικασθεί το κοινό με τον επιστημονικό λόγο και με τη διασκέδαση.	
Χώρος διεξαγωγής εκδηλώσεων	Εγκαταστάσεις διαφόρων Πανεπιστημίων και Ερευνητικών Κέντρων	Εγκαταστάσεις διαφόρων Πανεπιστημίων και Ερευνητικών Κέντρων	Πολύ-χώρος πολιτιστικών εκδηλώσεων (Περιοχή Δήμου Αθηνών)	Παράλια	Σε πάρκα και μέρη της πόλης	Σχολικές Εγκαταστάσεις	Σχολικές Εγκαταστάσεις	Σχολικές Εγκαταστάσεις	Χώρος Πολιτιστικών Εκδηλώσεων	Αθλητικός/Πολιτιστικός χώρος	Δημογχείο		
Κεντρικοί διοργανωτές	Συμπράξη Ελληνικών Πανεπιστημίων και Ερευνητικών Κέντρων	Συμπράξη Ελληνικών Πανεπιστημίων και Ερευνητικών Κέντρων	Εκπαιδευτικός/Μη Κερδοσκοπικός Οργανισμός Πολιτιστικής Δραστηριότητας, Δημοτική Αρχή	Πολιτιστικός Οργανισμός, Δημοτική Αρχή	Ομάδα επιστημόνων	Διεύθυνση Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης, ΕΚΦΕ Αιγάλεω	Διεύθυνση Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης, ΕΚΦΕ Αιγάλεω	Διεύθυνση Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης, ΕΚΦΕ Αιγάλεω	Διεύθυνση Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης, Δημοτική Αρχή	Διεύθυνση Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης, ΕΚΦΕ Αγρινίου, Δημοτική Αρχή, Σχολή Θετικών Επιστημών-ΕΛΠ	Διεύθυνση Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης, ΕΚΦΕ Αγρινίου, Δημοτική Αρχή	Διεύθυνση Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης, ΕΚΦΕ Αγρινίου, Δημοτική Αρχή	
Σχολιαστές/παρουσιαστές δραστηριοτήτων	Επιστήμονες-Ερευνητές, Φοιτητές Σχολικών Φυσικών Επιστημών	Επιστήμονες-Ερευνητές, Εκπαιδευτικοί με ομάδα μαθητών, Φοιτητές, Εκπαιδευτικοί Οργανισμών και Επιστημονικών Ενώσεων	Επιστήμονες-Ερευνητές, Εκπαιδευτικοί με ομάδα μαθητών, Φοιτητές, Εκπαιδευτικοί Οργανισμών και Επιστημονικών Ενώσεων	Επιστήμονες-Ερευνητές, Μαθητές, Γονείς, Εκπαιδευτικοί αντιστοιχών Σχολείων	Επιστήμονες-Ερευνητές	Μαθητές και Καθηγητές αντιστοιχών Σχολείων	Μαθητές και Καθηγητές αντιστοιχών Σχολείων	Μαθητές και Καθηγητές αντιστοιχών Σχολείων	Επιστήμονες-Ερευνητές, Μαθητές, Εκπαιδευτικοί αντιστοιχών Σχολείων	Επιστήμονες-Ερευνητές, Μαθητές, Εκπαιδευτικοί αντιστοιχών Σχολείων	Επιστήμονες-Ερευνητές, Μαθητές, Εκπαιδευτικοί αντιστοιχών Σχολείων	Επιστήμονες-Ερευνητές, Μαθητές, Εκπαιδευτικοί αντιστοιχών Σχολείων	
Κοινό στόχος	Φοιτητές, Μαθητές, Εκπαιδευτικοί, Οικογένειες με παιδιά, Ευρύ κοινό	Μαθητές, Φοιτητές, Εκπαιδευτικοί, Οικογένειες με παιδιά, Ευρύ κοινό	Ενήλικο κοινό	Μαθητές, Εκπαιδευτικοί, Γονείς, Ευρύ κοινό	Ενήλικο κοινό	Μαθητές, Εκπαιδευτικοί, Γονείς	Μαθητές, Εκπαιδευτικοί, Γονείς	Μαθητές, Εκπαιδευτικοί, Γονείς	Μαθητές, Εκπαιδευτικοί, Γονείς, Ευρύ κοινό	Μαθητές, Εκπαιδευτικοί, Γονείς, Ευρύ κοινό	Μαθητές, Εκπαιδευτικοί, Γονείς, Ευρύ κοινό	Μαθητές, Εκπαιδευτικοί, Γονείς, Ευρύ κοινό	
Δραστηριότητες	Ομιλίες, Εκθέσεις, Παραμάτευση, Εργαστήρια, Εξοικειώσεις, Επιστημονικό Θέατρο, Προβολή ταινιών, Επιστημονικά Δρώμενα	Ομιλίες, Εκθέσεις, Παραμάτευση, Εργαστήρια, Εξοικειώσεις, Επιστημονικό Θέατρο, Προβολή ταινιών, Επιστημονικά Δρώμενα	Ομιλίες, Καφέ-επιστήμη, Εργαστήρια, Διαγωνισμοί, Επιδείξεις Παραμάτευση, Εργαστήρια, Εξοικειώσεις, Επιστημονικό Θέατρο, Προβολή ταινιών, Επιστημονικά Δρώμενα	Εργαστήρια, Επιδείξεις Παραμάτευση, Επιστημονικά Δρώμενα, Ομιλίες	Ομιλίες	Εκθέσεις	Εκθέσεις	Εκθέσεις	Εκθέσεις, Παραμάτευση, Ομιλίες	Εργαστήρια	Εργαστήρια	Ομιλίες, Εργαστήρια, Επιδείξεις Παραμάτευση, Επιστημονικά Δρώμενα	

Πίνακας 11.1: Κατηγοριοποίηση ελληνικών φεστιβάλ επιστήμης.

Η επιστημονική γνώση που παρουσιάζεται σε μια διαδραστική εκθεσιακή μονάδα ενός φεστιβάλ επιστήμης υπόκειται επίσης σε μια διαδικασία μετασχηματισμού, αφού η γνώση αναφοράς προσαρμόζεται σε νέο πλαίσιο και κοινό. Αυτή η διαδικασία αποτελεί το βασικό συστατικό του πλαισίου που προτείνεται για τη μελέτη των διαδραστικών εκθέσεων φεστιβάλ επιστήμης, ενώ μοιράζεται στοιχεία και με τα τρία παραπάνω πεδία έρευνας, όπως απεικονίζεται στο Σχήμα 11.2.



Σχήμα 11.3: Το προτεινόμενο θεωρητικό πλαίσιο για τη μελέτη των δραστηριοτήτων του φεστιβάλ επιστήμης.

Σύμφωνα με το θεωρητικό αυτό πλαίσιο, κατά τον μετασχηματισμό της γνώσης που λαμβάνει χώρα στη διαδραστική έκθεση ενός φεστιβάλ επιστήμης, το επιστημονικό αντικείμενο μετατρέπεται σε ένα προϊόν διαμεσολάβησης που αποτελείται από τρία στοιχεία: (i) το επιστημονικό περιεχόμενο, (ii) τα μέσα που συνθέτουν το περίπτερο της έκθεσης και (iii) το σενάριο χρήσης μέσων, που εκτελείται από τους παρουσιαστές των δράσεων (Σχήμα 11.3).

Όσον αφορά το πρώτο στοιχείο, το περιεχόμενο και τα μηνύματα που επιλέγονται από τους σχεδιαστές δεν είναι μια απλή μετάφραση επιστημονικών ή διδακτικών μηνυμάτων. Η επιστημολογική προσέγγιση που χρησιμοποιείται για τη δημιουργία της νέας μορφής γνώσης λαμβάνει υπόψη: (α) τους περιορισμούς του επικοινωνιακού περιβάλλοντος, (β) τη φύση και τα χαρακτηριστικά του περιεχομένου της γνώσης, (γ) τα γνωστικά χαρακτηριστικά του κοινού-στόχου και τη (δ) συναισθηματική κατάσταση του κοινού όταν επισκέπτεται ένα μαθησιακό περιβάλλον ελεύθερης επιλογής.

Το περίπτερο της έκθεσης αποτελεί τη δεύτερη και πιο σημαντική πτυχή του διαμεσολαβητικού προϊόντος, καθώς επιτρέπει τη ζωντανή αναπαράσταση του αντικειμένου της γνώσης με τρισδιάστατα συνήθως μέσα και την αλληλεπίδραση του επισκέπτη με αυτά. Το περίπτερο της έκθεσης μπορεί να αποτελείται από: (α) αντικείμενα έκθεσης (π.χ. πραγματικά ζώα και φυτά, συσκευές υψηλής τεχνολογίας, απλά υλικά της καθημερινής ζωής που χρησιμοποιούνται για την εκτέλεση πειραμάτων), (β) μέσα επικοινωνίας (όπως οπτικοακουστικό υλικό, γραπτές ετικέτες και κουμπιά) και (γ) μια συγκεκριμένη και προσχεδιασμένη διάταξη των παραπάνω μέσων στον χώρο του περιπτέρου.

Το τελευταίο αλλά όχι και λιγότερο σημαντικό χαρακτηριστικό είναι το σενάριο χρήσης της γνώσης και της υλικής της υπόστασης που χρησιμοποιεί ο παρουσιαστής, ο οποίος έχει πρωταρχικό ρόλο για την εξέλιξη της δραστηριότητας και την εξερεύνηση των μέσων από τους επισκέπτες. Τις περισσότερες φορές ο παρουσιαστής είναι το ίδιο άτομο που έχει σχεδιάσει τη δραστηριότητα και έχει βαθιά γνώση του θέματος που παρουσιάζεται.

Οι στρατηγικές επικοινωνίας και το επικοινωνιακό/παιδαγωγικό σενάριο που χρησιμοποιούν οι παρουσιαστές για τη διάδοση του επιστημονικού περιεχομένου καθορίζουν το επίπεδο αλληλεπίδρασης μεταξύ επισκεπτών, μέσων και εκθετών και παίζουν καθοριστικό ρόλο στην τελική κατασκευή του διαμεσολαβητικού προϊόντος.

Η διαδικασία μετασχηματισμού της γνώσης στο περιβάλλον ενός φεστιβάλ επιστήμης εξαρτάται κυρίως από τις ιδέες των σχεδιαστών σχετικά με τις επιστημολογικές, παιδαγωγικές και επικοινωνιακές πτυχές που αποδίδονται σε μια διαδραστική εκθεσιακή μονάδα του πλαισίου αυτού. Εκτός από τις αντιλήψεις των σχεδιαστών, τα χαρακτηριστικά των επισκεπτών επηρεάζουν επίσης τον σχεδιασμό μιας διαδραστικής εκθεσιακής μονάδας. Το κοινό «κατασκευάζει» το δικό του νόημα με ενεργό τρόπο, σε σχέση με (α) τις προηγούμενες γνώσεις και αντιλήψεις του, (β) την ηλικία και τις προηγούμενες εμπειρίες του, (γ) τη συναισθηματική του κατάσταση κατά την επίσκεψη του φεστιβάλ επιστήμης. Επομένως, το αρχικό μήνυμα, τα μέσα επικοινωνίας και οι στρατηγικές μπορεί να προσαρμοστούν στις απαιτήσεις του επισκέπτη, σε μια συνειδητή ή ασυνείδητη διαδικασία διαλόγου μεταξύ των σχεδιαστών και του κοινού.

11.3.2 Βιβλιογραφική ανασκόπηση σε σχέση με τα μαθητικά φεστιβάλ (μαθητικές εκθέσεις επιστήμης)

Σε σχέση με τις μαθητικές εκθέσεις επιστήμης, αν και υπάρχει μεγαλύτερο πεδίο έρευνας, οι μελέτες που έχουν διεξαχθεί είναι μικρής κλίμακας και περιορίζονται κυρίως σε επίπεδο ποιοτικών μελετών και μελέτης μεμονωμένων εκδηλώσεων. Παλαιότερες κυρίως έρευνες διερευνούν τον τρόπο αξιολόγησης των μαθητών που συμμετέχουν σε εκθέσεις επιστήμης, με κάποιους ερευνητές να εισηγούνται τρόπους βελτίωσης ως προς την καλλιέργεια θετικών στάσεων προς τις φυσικές επιστήμες (Burtch, 1983; Laguex & Amols, 1986; Carlisle & Deeter, 1989). Άλλες εισηγήσεις περιορίζονται σε θέματα που αφορούν τη διοργάνωση αυτής της δραστηριότητας, όπως την ενίσχυση του αλληλεπιδραστικού χαρακτήρα των δραστηριοτήτων, σε αντίθεση με την παρουσίαση σε μορφή αφίσας (Lamb & Brown 1984), καθώς και το ενδεχόμενο συμπερίληψής του στο Αναλυτικό Πρόγραμμα, ώστε να είναι εφικτές η καθοδήγηση των παιδιών από τους εκπαιδευτικούς και η αφιέρωση ειδικού διδακτικού χρόνου (Fort, 1985). Νεότερες μελέτες ισχυρίζονται ότι η συμμετοχή των μαθητών στις εκδηλώσεις αυτές συντελεί στην καλλιέργεια δεξιοτήτων επίλυσης προβλημάτων και κριτικής σκέψης, καθώς επίσης αυξάνει την κατανόηση της επιστημονικής έρευνας και δημιουργεί θετική στάση των μαθητών απέναντι στα μαθήματα Φυσικών Επιστημών και στην επιλογή επαγγελματιών STEM (Mc Comas, 2011). Μια άλλη μελέτη διαπίστωσε ότι σε σύγκριση με άλλες εξωσχολικές δραστηριότητες, οι μαθητές ενός σχολείου που συμμετείχαν στις εκθέσεις επιστήμης ήταν πιο πιθανό να ακολουθήσουν σπουδές σε τομείς STEM μετά το Λύκειο (Sahin, 2013).

Ιδιαίτερα ενδιαφέρουσες φαίνεται να είναι οι μελέτες που διερευνούν τη φύση και τα χαρακτηριστικά του περιεχομένου των μαθητικών φεστιβάλ επιστήμης και τις επιπτώσεις στη γνωστική ανάπτυξη των μαθητών. Οι Κολιόπουλος, Κωνσταντίνου & Ευαγόρου (2017), περιγράφουν πώς δίνεται έμφαση κατά τη διάρκεια του σχεδιασμού της μαθητικής έκθεσης σε γνωστικούς στόχους. Δίνεται δηλαδή έμφαση στη δυνατότητα οικοδόμησης εννοιών και ανάπτυξης πειραματικών και κατασκευαστικών δεξιοτήτων από τους μαθητές (εν προκειμένω μαθητές μιας τάξης δημοτικού σχολείου). Αυτό είχε ως αποτέλεσμα να προταθούν δραστηριότητες οι οποίες μπορούσαν να ομαδοποιηθούν κάτω από τον τίτλο «Μορφές και μετατροπές ενέργειας». Με αυτόν τον τρόπο, αν και οι εκθεσιακές δραστηριότητες παρουσίαζαν ποικιλία μορφών, και συνεπώς εμφανίζονταν εν δυνάμει επικοινωνιακά ενδιαφέρουσες, όλοι οι μαθητές είχαν τη δυνατότητα να οικοδομήσουν ένα γενικευμένο πρότυπο αποθήκευσης και μεταφοράς της ενέργειας, παράλληλα με την ανάπτυξη ειδικών σε κάθε εκθεσιακή δραστηριότητα μεθοδολογικών και τεχνικών δεξιοτήτων. Μια άλλη μικρή ποιοτική μελέτη εξέτασε το ενδιαφέρον των μαθητών για το STEM και την κατανόηση ερευνητικών πρακτικών μετά τη συμμετοχή τους σε μία μαθητική έκθεση επιστήμης (Schmidt & Kelter, 2017),

Τέλος, ενδιαφέρον παρουσιάζουν οι έρευνες για τη διερεύνηση των αντιλήψεων και την κατανόηση του ρόλου των εκπαιδευτικών οι οποίοι καθοδηγούν μαθητές διάφορων εκπαιδευτικών βαθμίδων να σχεδιάζουν δραστηριότητες σε μαθητικές εκθέσεις και συμβάλλουν στο να αναπτύξουν δεξιότητες ερευνητικών πρακτικών και να οικοδομήσουν στοιχεία της εννοιολογικής, μεθοδολογικής και πολιτισμικής συνιστώσας της επιστημονικής γνώσης (Grote, 1995; Kook, DeLisi, Fields & Levy, 2020; De Lisi et al., 2021). Η έρευνα των De Lisi et al., (2020) ανέδειξε την ύπαρξη συγκεκριμένων τύπων προσέγγισης 21 μαθητικών επιστημονικών εκθέσεων από τους εκπαιδευτικούς. Συγκεκριμένα, στην πλειονότητά τους οι εκπαιδευτικοί (σε 14 από 21 σχολεία) παρείχαν υποστήριξη στο κομμάτι της επιλογής και διερεύνησης των αρχικών ερωτημάτων (διατύπωση ερευνητικού ερωτήματος, σχεδιασμός έρευνας, συλλογή δεδομένων), ενώ λιγότεροι εκπαιδευτικοί (σε 7 από 21 σχολεία)

παρείχαν υποστήριξη στην ερμηνεία των αποτελεσμάτων και την κριτική ανασκόπησή τους. Τα ποσοτικά ευρήματα της έρευνας δείχνουν ότι η υποστήριξη των εκπαιδευτικών για την ανάπτυξη από τους μαθητές πρακτικών κριτικής αξιολόγησης και επικοινωνίας των αποτελεσμάτων, αν και λιγότερο κοινά, μπορεί να αποτελούν μία σημαντική εμπειρία για την ανάπτυξη της κατανόησης των μαθητών σε σχέση με τις επιστημονικές και τεχνολογικές έννοιες και πρακτικές. Επιπλέον, τα παραδείγματα μελέτης περίπτωσης που περιλαμβάνονται στην έρευνα αυτή δείχνουν ότι, αν και το είδος της υποστήριξης που παρέχουν οι εκπαιδευτικοί και οι επιστημονικές πρακτικές με τις οποίες εμπλέκονται οι μαθητές στα πλαίσια μίας μαθητικής έκθεσης επιστήμης ποικίλλουν, οι εκδηλώσεις αυτές μπορούν να παρέχουν σημαντικές ευκαιρίες για την εμπλοκή των μαθητών σε πληθώρα επιστημονικών πρακτικών (π.χ. ανάπτυξη επιστημονικών ερωτήσεων, ανάλυση και ερμηνεία δεδομένων, υποστήριξη και επικοινωνία των αποτελεσμάτων της έρευνας). Συνολικά, τα δεδομένα της έρευνας αυτής δείχνουν ότι όταν οι μαθητές προετοιμάζονται για να παρουσιάσουν την έρευνά τους σε άλλους και συμμετέχουν στην αξιολόγηση του έργου των συμμαθητών τους, εμπλέκονται σε μια διαδικασία που απαιτεί να σκεφτούν σε βάθος και να προβληματιστούν για τις συνδέσεις μεταξύ του σχεδιασμού της έρευνας, των δεδομένων, των συμπερασμάτων και των επιχειρημάτων.

11.4 Επίλογος

Τα φεστιβάλ επιστήμης είναι κυρίως ένας πολιτιστικός θεσμός μέσω του οποίου επιδιώκονται η ανάδειξη και επικοινωνία των φυσικών επιστημών ως πολιτισμικό προϊόν, και όχι ως εξειδικευμένη γνώση και εν τέλει η δημόσια κατανόησή της. Ο θεσμός αυτός, παράλληλα ή συνεργαζόμενος με άλλους θεσμικούς χώρους διάδοσης και επικοινωνίας της σύγχρονης επιστήμης, όπως τα μουσεία φυσικών επιστημών και τεχνολογίας, συμβάλλει μεταξύ άλλων στον κατά το δυνατόν περιορισμό του ολοένα διευρυνόμενου επικοινωνιακού χάσματος μεταξύ επιστήμης και δημόσιας κατανόησής της (Bensaude-Vincent, 2001; Lévy-Leblond, 2004). Το φεστιβάλ επιστήμης αποτελεί ήδη έναν καταξιωμένο κοινωνικό θεσμό, ενώ μικρότερη αλλά σταθερά ανοδική απήχηση έχει η μορφή της σχολικής μαθητικής έκθεσης την οποία λαμβάνει ο θεσμός εντός της τυπικής εκπαίδευσης. Σε αντίθεση, όμως, με την ποικιλομορφία και τη διεθνή αναγνώριση του θεσμού, παραμένει σχετικά αδύναμο το πεδίο διερεύνησης και αξιολόγησης της εκπαιδευτικής του λειτουργίας. Στο παρόν κεφάλαιο παρουσιάζεται, κυρίως, μια πρώτη προσέγγιση της έννοιας του φεστιβάλ επιστήμης ως περιβάλλοντος μη τυπικής εκπαίδευσης του ευρέος κοινού, συμπεριλαμβανομένου και του σχολικού κοινού. Και ενώ η όποια βιβλιογραφική δραστηριότητα αφορά περισσότερο την αξιολόγηση της απήχησης που έχει το φεστιβάλ επιστήμης στα διάφορα είδη κοινού ή/και στη διερεύνηση των στάσεων και γνώσεων των μαθητών που λαμβάνουν μέρος σε αυτά, είναι πολύ πιο ισχνή η παρουσία αναφορών σχετικών με τη φύση, τα χαρακτηριστικά, τις αρχές σχεδιασμού και το περιεχόμενο των διάφορων μορφών του φεστιβάλ επιστήμης. Τελευταία, έχουν εμφανιστεί κάποιες έρευνες σχετικές με τον ρόλο των εκπαιδευτικών στην προώθηση των σχολικών μαθητικών εκθέσεων, αλλά είναι σχεδόν μηδενική η διερεύνηση των απόψεων και στάσεων των εκθετών διαδραστικών δραστηριοτήτων στα φεστιβάλ επιστήμης για το ευρύ κοινό, συμπεριλαμβανομένου του σχολικού κοινού. Στο παρόν κεφάλαιο δίνεται έμφαση σε αυτό το τμήμα της έρευνας η οποία, από την πλευρά των συγγραφέων, βρίσκεται σε εξέλιξη.


Βιβλιογραφικές αναφορές

- Achiam, M., & Marandino, M. (2014). A framework for understanding the conditions of science representation and dissemination in museums. *Museum Management and Curatorship*, 29(1), 66–82.
- Anyfandi, G., Koulaïdis, V., & Dimopoulos, K. (2014). A Socio-semiotic framework for the analysis of exhibits in a science museum. *Semiotica*, 200, 229-254.
- Bélangier, C. (2007). *Le projet de rénovation de l'exposition permanente de la Cité des enfants 5-12 ans à la Cité des sciences et de l'industrie de Paris*. [Rapport de stage](#). Université du Québec à Montréal.
- Bensaude-Vincent, B. (2001). A genealogy of the increasing gap between science and the public. *Public Understanding of Science*, 10(1), 99-113.
- BOP Consulting (2016). *Edinburgh festivals 2015 impact study*. [Technical report](#). Edinburgh Festivals City.
- BSA (n.d.). *The history of the festival*. British Science Association.
- Bultitude, K., McDonald, D., & Custead, S. (2011). The rise and rise of science festivals: an international review of organized events to celebrate science. *International Journal of Science Education, Part B*, 1(2), 1651–1688.
- Burtch, B. (1983). Who needs the competitive edge? *Science and Children*, 20(4), 12-14.
- Carlisle, R., & Deeter, B. (1989). A research study of science fairs. *Science and Children*, 26(4), 24-26.
- Cassidy, A. (2006). Evolutionary psychology as public science and boundary work. *Public Understanding of Science*, 15(2), 175–205.
- DeLisi, J., Kook, J.F., Levy, A.J., Fields, E., & Winfield, L. (2021). An examination of the features of science fairs that support students' understandings of science and engineering practices. *Journal of Research in Science Teaching*, 58(4), 1–29.
- DSC (2016). *Dundee Science Festival*. [Evaluation report](#). Dundee Science Centre.
- EUSCEA (2005). *Science communication events in Europe: White book*. Germany: EUSCEA.
- Fogg Rogers, L. (2017). *UK Science Festival Network pilot evaluation 2017*. UK Science Festival Network.
- Fort, D. (1985). Getting a jump on the science fair. *Science and Children*, 23(2), 20-23.
- Goujon, C. (2018). *Didactisation de pratiques de savoir scientifiques, transactions avec des publics scolaires et non scolaires. Des scientifiques, de leur laboratoire à la fête de la science*. Doctoral dissertation. Université de Bretagne Occidentale.
- Grote, M.G. (1995). Teacher opinions concerning science projects and science fairs. *The Ohio Journal of Science*, 95(4), 274-277.
- Guichard, J., & Martinand, J-L. (2000). *Médiatique des Sciences*. Paris: Presses Universitaires de France.
- Καινοτομία, Έρευνα & Τεχνολογία (2010). *Επιστήμη στην Κοινωνία*, 78, 18-23.
- Irwin, A. (2014). Risk, science and public communication: Third-order thinking about scientific culture. In M. Bucchi & B. Trench (Eds) *Routledge Handbook of Public Communication of Science and Technology*, 160-172.
- Kim, H-S. (2007). PEP/IS: A new model for communicative effectiveness of science. *Science Communication*, 28(3), 287–313.
- Κολιόπουλος, Δ., & Τσώνου-Πολλάτου, Μ. (1989). Ιδέες για τη μελέτη του φυτικού κόσμου μέσα από μια Έκθεση Βοτανικής. *Φυσικός Κόσμος (Απόψεις)*, 1, 42-49.
- Κολιόπουλος, Δ., Κωνσταντίνου, Κ., & Ευαγόρου, Μ. (2017). Το «Πανηγύρι της Επιστήμης» στο Δημοτικό σχολείο. Στο Δ. Κολιόπουλος, *Η διδακτική προσέγγιση του μουσείου φυσικών επιστημών*. Αθήνα: Μεταίχμιο, 75-90.
- Κολιόπουλος, Δ. (2006). *Θέματα διδακτικής φυσικών επιστημών. Η συγκρότηση της σχολικής γνώσης*. Αθήνα: Μεταίχμιο.
- Κολιόπουλος, Δ. (2017). *Η διδακτική προσέγγιση του μουσείου φυσικών επιστημών*. Αθήνα: Μεταίχμιο.
- Κουλαϊδής, Β., Δημόπουλος, Κ., Σκλαβενίτη, Σ. & Χρηστίδου, Β. (2001). *Τα κείμενα της τεχνολογίας στον δημόσιο χώρο*. Αθήνα: Μεταίχμιο.
- Kook, J.F., De Lisi, J., Fields, E.T., & Levy, A.J. (2020). Approaches for conducting middle school science fairs: A landscape study. *Science Educator*, 27(2), 71-80.
- Laguex, B.J., & Amols, H.I. (1986). Make your science fair fairer. *The Science Teacher*, 53(2), 24-28.
- Lamb, W., & Brown, P. (1984). Meet at the fair. *The Science Teacher*, 51(8), 32-35.

- Lévy-Leblond, J.-M. (2004). *Science in want of culture*. Paris: Futuribles.
- McComas, W.F. (2008). Τα κυριότερα στοιχεία της φύσης της επιστήμης: Καταρρίπτοντας τους μύθους. Στο Β. Κουλαϊδής, Α. Αποστόλου & Κ. Καμπουράκης (Επιμ.), *Η φύση των επιστημών. Διδακτικές προσεγγίσεις*. Αθήνα: Εκδόσεις Εκπαιδευτηρίων Γείτονα.
- McComas, W.F. (2011). A new look at an old tradition. *The Science Teacher*, 78(8), 34-38.
- Pappa, E., & Koliopoulos, D. (2021a). Attempts to categorize and evaluate science festivals, a 30-year-old science communication event: the case of Greece. In B. Schiele, X. Liu & M.W. Bauer (Eds.), *Science Cultures in a Diverse World: Knowing, Sharing, Caring*. Springer.
- Pappa, E., & Koliopoulos, D. (2021b). Analysis and assessment of the designing process of Science Festival activities. A Greek case study. [Paper](#) presented in *Science & You Conference, Metz, 16-19 November 2021*.
- Pappa, E., & Koliopoulos, D. (2021c). Developing a methodological tool to analyze and evaluate the design of Science Festival activities. Theoretical considerations and practical implications. [Paper](#) presented in *Virtual PCST Conference, 24-27 May 2021*.
- Pappa, E., & Koliopoulos, D. (Under Review). Seeking a theoretical framework to study science festival activities: A proposal. *Research for All*. UCL Press.
- Quaranta, G. (2007). Knowledge, responsibility and culture: Food for thought on science communication. *JCOM Journal of Science Communication*, 6(4), 1–5.
- Rose, K.M., Korzekwa, K., Brossard, D., Scheufele, D. A. & Heisler, L. (2017). Engaging the public at a science festival: Findings from a panel on human gene editing. *Science Communication*, 39(2), 2502–2577.
- Sahin, A. (2013). STEM clubs and science fair competitions: Effects on post-secondary matriculation. *Journal of STEM Education*, 14(1), 7–13.
- Sardo, A.M., & Grand, A. (2016). Science in culture: Audiences' perspective on engaging with science at a summer festival. *Science Communication*, 38(2), 2512–2560.
- Schiele, B., Claessens, M., & Shi, S. (2012). *Science communication in the world*. Springer.
- Schmidt, K., & Kelter, P. (2017). Science fairs: A qualitative study of their impact on student science inquiry learning and attitudes toward STEM. *Science Educator*, 25(2), 126–132.
- SFA (Science Festival Alliance) (2012). Ετήσια έκθεση 2012. [Science Festival Alliance](#)
- SFA (Science Festival Alliance) (2018). Ετήσια έκθεση 2018. [Science Festival Alliance](#)
- Stefanidou, C., & Panagopoulou, M. (2019). Informal science education in the footsteps of Galileo's dialogue. *Advances in Historical Studies*, 8(5), 175-191.
- Stocklmayer, S., Gore, M., & Bryant, C. (2001). *Science communication in theory and practice*. Kluwer Academic Publishers.
- Τσιτοπούλου-Χριστοδουλίδη, Ε. (2007). Οι Φυσικές Επιστήμες στο Προσκήνιο (Science on Stage). *Πρακτικά 5^{ου} Πανελληνίου Συνεδρίου «Διδακτική Φυσικών Επιστημών και Νέες Τεχνολογίες στην Εκπαίδευση»*, Τεύχος Α', 366-373.
- Tsagliotis, N. (2008). A science fair on solar energy with 6th Grade primary school children in Greece. In M.F.P. Costa, J.B.V. Dorio, P. Michaelides & S. Divjak (Eds.), *Selected papers on Hands-on Science*. Braga: Hands-on Science Network, 54-68.
- UKSFN (2017). [Members of Science Festivals Network](#) UK Science Festival Network.
- Yasar, S., & Baker, D. (2003). The impact of involvement in a science fair on seventh grade students. [Paper](#) presented at the *Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching*. Philadelphia, March 23-26.
- Jensen, E., & Buckley, N. (2014). Why people attend science festivals: Interests, motivations, and self-reported benefits of public engagement with research. *Public Understanding of Science*, 23(5), 557–573.

Δραστηριότητες

1. Διερευνήστε την περίπτωση του Athens Science Festival για μία συγκεκριμένη χρονική περίοδο. Περιγράψτε τα είδη των δραστηριοτήτων που προτείνονται με βάση το *White Book* της EUSCEA και τα είδη του κοινού στα οποία απευθύνεται. Ειδικότερα, περιγράψτε το περιεχόμενο και τα χαρακτηριστικά των αλληλεπιδραστικών δραστηριοτήτων. Διατυπώστε τα συμπεράσματά σας.
2. Να διεξάγετε μια βιβλιογραφική έρευνα σχετική με τις μαθητικές εκθέσεις επιστήμης την τελευταία δεκαετία. Κατηγοριοποιήστε τα ευρήματά σας. Διατυπώστε τα συμπεράσματά σας.

An abstract painting featuring a complex, layered composition. The background is a light, off-white or pale beige color. Overlaid on this are various shapes and textures in muted colors: a prominent yellow, a soft blue, and a dusty grey. The colors are applied in thick, textured strokes, some of which are layered on top of each other, creating a sense of depth and movement. The overall effect is that of a collage or a multi-layered artistic expression.

Το παρόν σύγγραμμα χρηματοδοτήθηκε από το Πρόγραμμα Δημοσίων
Επενδύσεων του Υπουργείου Παιδείας.