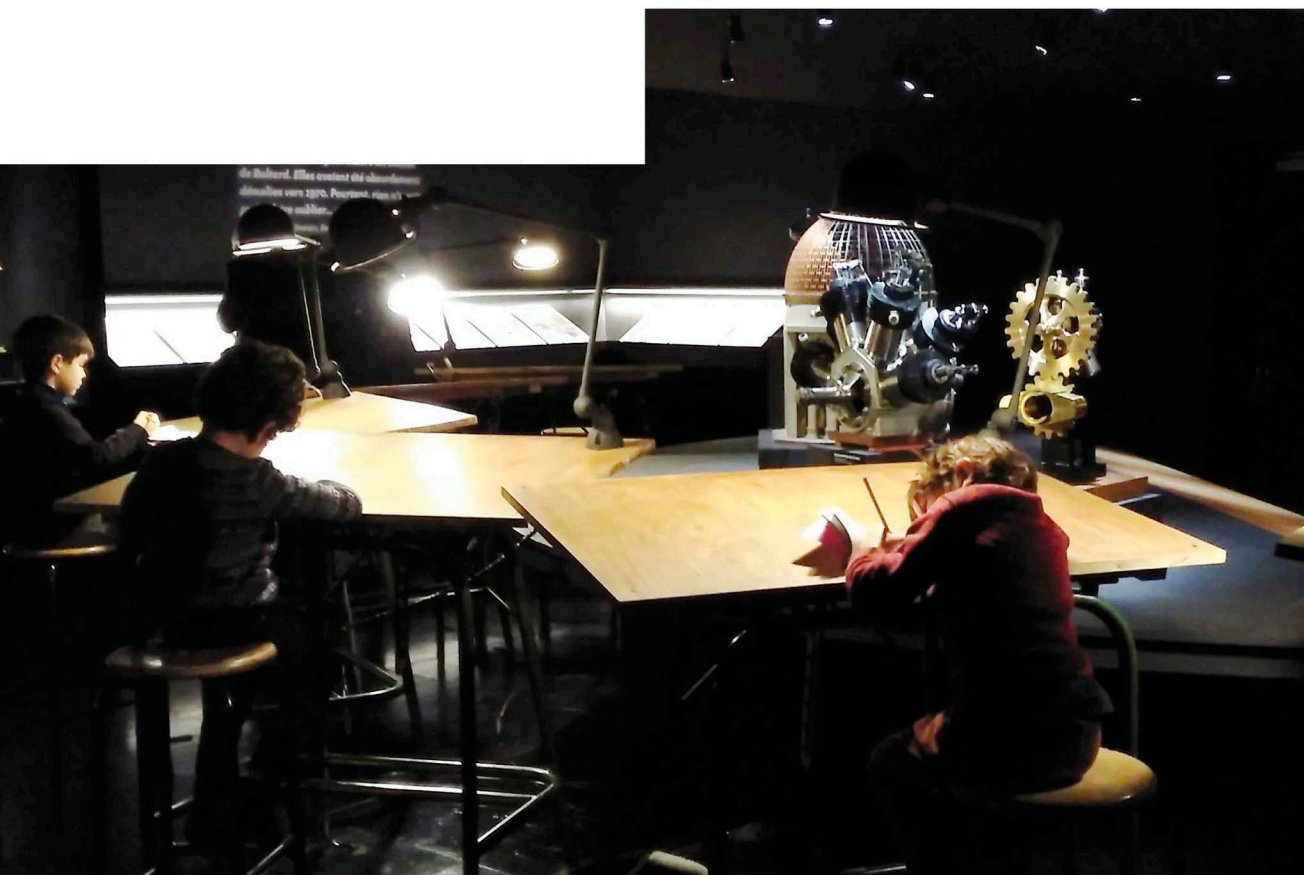


ΔΗΜΗΤΡΗΣ ΚΟΛΙΟΠΟΥΛΟΣ

Η διδακτική προσέγγιση του μουσείου φυσικών επιστημών

ΑΝΑΘΕΩΡΗΜΕΝΗ ΚΑΙ ΕΜΠΛΟΥΤΙΣΜΕΝΗ ΕΚΔΟΣΗ



ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ	XI
ΠΡΟΛΟΓΟΣ ΤΟΥ ΑΡΙΣΤΕΙΔΗ ΜΠΑΛΤΑ	XIII
ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗΝ ΑΝΑΘΕΩΡΗΜΕΝΗ ΚΑΙ ΕΜΠΛΟΥΤΙΣΜΕΝΗ ΕΚΔΟΣΗ	1
1. ΑΠΟ ΤΗΝ ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΗ ΓΝΩΣΗ ΣΤΗΝ ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΗ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ	9
1.1 ΔΥΟ ΘΕΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΗ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΣΤΙΣ ΦΥΣΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ	9
1.2 ΤΟ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΟ ΤΗΣ ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΗΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΙΣ ΦΥΣΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ	14
2 ΜΗ ΤΥΠΙΚΕΣ ΜΟΡΦΕΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ ΣΤΙΣ ΦΥΣΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ	35
2.1 ΟΙ ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ ΔΙΑΔΟΣΗΣ ΤΗΣ ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΗΣ ΓΝΩΣΗΣ ΚΑΙ ΟΙ ΜΗ ΤΥΠΙΚΕΣ ΜΟΡΦΕΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ ΣΤΙΣ ΦΥΣΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ	35
2.2 ΤΟ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΟ ΤΩΝ ΜΗ ΤΥΠΙΚΩΝ ΜΟΡΦΩΝ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ ΣΤΙΣ ΦΥΣΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ	43
• ΕΝΘΕΤΟ ΚΕΙΜΕΝΟ 1 Αριστείδης Μπαλτάς: Η «νοηματική αυτονομία» των θεωριών της φυσικής και το πρόβλημα της εκλαΐκευσης	61
• ΕΝΘΕΤΟ ΚΕΙΜΕΝΟ 2 Δημήτρης Κολιόπουλος, Κώστας Κωνσταντίνου και Μαρία Ευαγόρου: Το «Πανηγύρι της Επιστήμης» στο δημοτικό σχολείο	75
3. ΤΟ ΣΥΓΧΡΟΝΟ ΜΟΥΣΕΙΟ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ	91
3.1 ΓΙΑΤΙ ΕΝΑ ΜΟΥΣΕΙΟ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ	91
3.2 Η ΦΥΣΗ ΚΑΙ ΤΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΣΥΓΧΡΟΝΟΥ ΜΟΥΣΕΙΟΥ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ	96
3.3 ΤΟ ΜΟΥΣΕΙΟ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΚΑΙ Η ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΙΔΙΑΙΤΕΡΟΤΗΤΑ	116
3.4 ΜΟΥΣΕΙΟΛΟΓΙΑ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ	123
• ΕΝΘΕΤΟ ΚΕΙΜΕΝΟ 3 Πόπη Γεωργοπούλου: Μουσεία: Μια σύντομη αναδρομή	133
• ΕΝΘΕΤΟ ΚΕΙΜΕΝΟ 4 Πόπη Γεωργοπούλου: Μουσειολογικές πρακτικές	143
4. Η ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ ΤΟΥ ΜΟΥΣΕΙΟΥ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΑΠΟ ΤΗΝ ΤΥΠΙΚΗ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ	157
4.1 Ο ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟΣ ΡΟΛΟΣ ΤΟΥ ΜΟΥΣΕΙΟΥ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ	157
4.2 ΠΡΟΣΕΓΓΙΖΟΝΤΑΣ ΤΟ ΜΟΥΣΕΙΟ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΑΠΟ ΤΗ ΜΕΡΙΑ ΤΟΥ ΣΧΟΛΕΙΟΥ	159
4.3 ΕΝΑ ΠΛΑΙΣΙΟ ΓΙΑ ΤΟΝ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟ ΚΑΙ ΤΗΝ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΗΣ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗΣ ΤΟΥ ΜΟΥΣΕΙΟΥ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΑΠΟ ΤΗΝ ΤΥΠΙΚΗ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ	176

• ΕΝΘΕΤΟ ΚΕΙΜΕΝΟ 5 Δημήτρης Κολιόπουλος και Ειρήνη Γκούσκου: Ένα εργαλείο περιγραφής του εκπαιδευτικού ρόλου του μουσείου φυσικών επιστημών και τεχνολογίας και η εφαρμογή του σε μουσεία φυσικής ιστορίας	183
• ΕΝΘΕΤΟ ΚΕΙΜΕΝΟ 6 Κώστας Δημόπουλος και Βασίλης Κουλαϊδής: Η επίσκεψη σε ένα ερευνητικό κέντρο ως μη τυπική μορφή εκπαίδευσης στις φυσικές επιστήμες	201
• ΕΝΘΕΤΟ ΚΕΙΜΕΝΟ 7 Δημήτρης Κολιόπουλος και Φραντζέσκα Δούκα: «Από το σταφύλι στο κρασί»: Ένα εκπαιδευτικό πρόγραμμα για την προσχολική ηλικία	227
• ΕΝΘΕΤΟ ΚΕΙΜΕΝΟ 8 Χρυσάνθη Βασιλή, Δήμητρα Νούση, Χριστίνα Πασσαλή και Δημήτρης Κολιόπουλος: Προσεγγίζοντας διδακτικά το Βιομηχανικό Μουσείο Φωταερίου: Αρχές σχεδιασμού μιας διδακτικής παρέμβασης σε παιδιά προσχολικής ηλικίας	239
• ΕΝΘΕΤΟ ΚΕΙΜΕΝΟ 9 Νίκη Σισσαμπέρη και Δημήτρης Κολιόπουλος: Ένα εκπαιδευτικό πρόγραμμα για την ταρίχευση στο μουσείο ζωολογίας: Ενσωματώνοντας μη τυπικές μορφές εκπαίδευσης στο πρόγραμμα σπουδών φυσικών επιστημών της Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης	257
• ΕΝΘΕΤΟ ΚΕΙΜΕΝΟ 10 Δημήτρης Κολιόπουλος: Ένα εκπαιδευτικό πρόγραμμα στην «Πόλη των Επιστημών και της Βιομηχανίας» για μαθητές γυμνασίου	271
ΕΠΙΛΟΓΟΣ: Η ΑΝΑΓΚΗ ΓΙΑ ΕΡΕΥΝΑ	283

1.1 ΔΥΟ ΘΕΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΗ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΣΤΙΣ ΦΥΣΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ¹

ΤΙ ΕΝΝΟΥΟΥΜΕ ΜΕ ΤΟΝ ΟΡΟ *ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΗ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ* και ποιο νόημα λαμβάνει ο όρος αυτός σε εκπαιδευτικό περιβάλλον; Θεωρούμε, καταρχήν, ότι πίσω από τον όρο αυτόν κρύβεται μια θεμελιώδης θέση για την επιστημονική γνώση: ότι αυτή αποτελεί βασική συνιστώσα του πολιτισμού μας. Πρόκειται για μια θέση που στηρίζεται περισσότερο σε ανθρωπιστικές αξίες παρά σε κοινωνικές και οικονομικές (Fourrez, 1997). Το κείμενο που ακολουθεί ανήκει στον Γ. Γραμματικάκη (1996), ο οποίος με γλαφυρό τρόπο περιγράφει και σχολιάζει αυτή τη θέση:

Συνεπώς, όσο εξακολουθούμε να μιλούμε για πολιτισμό, υπονοώντας απλώς τη λογοτεχνία, τα έργα τέχνης ή τη μουσική, αφαιρούμε ένα μεγάλο μέρος από τη δυναμική του. Η θεωρία της σχετικότητας, για παράδειγμα, έχει σπάνια αισθητική και ανοίγει στον άνθρωπο διαστάσεις, ακριβώς όπως ένα σπουδαίο έργο τέχνης. Επιπλέον, είναι σε θέση να εξηγήσει γιατί λάμπει ο ήλιος. Για τους ίδιους λόγους η ανακάλυψη της ελικοειδούς δομής στα μόρια της κληρονομικότητας ή η θεωρία των πιθανοτήτων είναι πολιτισμικά γεγονότα, με οποιονδήποτε ορισμό του όρου. Το ότι η πολιτισμική διάσταση της επιστήμης δεν έχει με επάρκεια εκτιμηθεί από τους ανθρώπους της κουλτούρας οφείλεται αφενός στην περιχαράκωση της κουλτούρας αυτής, αφετέρου στην αδυναμία των ανθρώπων της επιστήμης να επικοινωνήσουν. Στο κλασικό του βιβλίο *Οι δύο κουλτούρες*, που διερευνά αυτό το χάσμα, ο φυσικός και μυθιστοριογράφος C.P. Snow παρατηρεί δηκτικά ότι οι άνθρωποι της διανοήσης κοροϊδεύουν έναν επιστήμονα αν αγνοεί τον Σαίξπηρ. Οι ίδιοι όμως αγνοούν τον δεύτερο νόμο της θερμοδυναμικής, που έχει ισοδύναμη αξία. [...] Τα τελευταία ωστόσο χρόνια, η μεγάλη απήχηση που έχουν τα βιβλία εκλαϊκευμένης επιστήμης υποδηλώνει ότι ίσως το χάσμα γεφυρώνεται. (σ. 35-36)

Ωστόσο δεν πρέπει να παραβλέπουμε ότι η θέση αυτή δεν αποτελεί μια παγιωμένη άποψη, αλλά μάλλον έναν κοινωνικό και εκπαιδευτικό στόχο προς επίτευξη στα χρόνια που έρχονται. Έχει επισημανθεί ότι η απόσταση μεταξύ της επιστημονικής γνώσης και της δημόσιας κατανόησής της ολοένα και αυξάνει. Το φαινόμενο αυτό φαίνεται να εμφανίζεται σε τέτοια ένταση τον 20ό αιώνα, στα πλαίσια της ανάπτυξης της μοντέρνας φυσικής (Bensaude-Vincent, 2001). Σύμφωνα μάλιστα με τον γάλλο φυσικό Levy-Leblond (1984), οι φυσικές επιστήμες έχουν προ πολλού απολέσει την επαφή τους με τον πολιτισμό (culture), αφού η επι-

στημονική παραγωγή, σε αντίθεση με την καλλιτεχνική δημιουργία, αναγνωρίζεται από το ευρύ κοινό από λίγο έως καθόλου. Οι λόγοι που εμποδίζουν τις φυσικές επιστήμες να λειτουργήσουν ως πολιτισμικό αντικείμενο εντοπίζονται αφενός στην αποκοπή της επιστημονικής παραγωγής από την ιστορία της («η φρενιτώδης φυγή προς τα εμπρός εμποδίζει την εγκαθίδρυση μιας μόνιμης αναφοράς στο παρελθόν, απαραίτητης για τη δημιουργία μιας παράδοσης» – σ. 91) και αφετέρου στην απόκλιση των γνωστικών στόχων των φυσικών επιστημών από αυτούς της καθημερινής ζωής («με ποια κοινή εμπειρία είναι δυνατόν να συσχετιστούν οι δημόσιες εκλαϊκευτικές συζητήσεις για τις μελανές οπές, τα κουάρκ, το DNA ή την κλωνοποίηση;» – σ. 93). Ο Eco (2003) επισημαίνει, επίσης, τη μαγική εικόνα της επιστήμης που δημιουργούν τα σύγχρονα μέσα μαζικής ενημέρωσης όταν συγχέουν την επιστημονική γνώση με τα τεχνολογικά επιτεύγματα. Για την αποκατάσταση αυτής της στρεβλής εικόνας της επιστήμης στην κοινωνία απευθύνεται κυρίως στον χώρο και στον κόσμο της εκπαίδευσης:

Νομίζω ότι θα πρέπει να επιστρέψουμε στα σχολικά θρανία. Εναπόκειται στο σχολείο και σε όλες τις πρωτοβουλίες που μπορούν να το υποκαταστήσουν να εκπαιδεύσουν σιγά σιγά τους νέους σε μια σωστή κατανόηση των επιστημονικών μεθόδων. [...] Αν πρέπει να επιβάλουμε μια όχι μαγική εικόνα της επιστήμης, δεν θα πρέπει να την περιμένουμε από τα μέσα επικοινωνίας, εσείς είστε αυτοί που θα πρέπει να την οικοδομήσετε σιγά σιγά στη συλλογική συνείδηση, ξεκινώντας από τους πιο νέους. (σ. A40)

Η θέση ότι η επιστημονική γνώση αποτελεί *πολιτισμικό αντικείμενο* και, συνεπώς, αφορά το σύνολο του πληθυσμού μιας κοινωνίας, που οφείλει να ζει ανθρώπινα σ' ένα επιστημονικό-τεχνικό περιβάλλον αλλά και να χειρίζεται αποτελεσματικά το περιβάλλον αυτό, υιοθετείται όλο και περισσότερο από διεθνείς οργανισμούς (π.χ. κείμενο της Ευρωπαϊκής Επιτροπής) και εκπαιδευτικά συστήματα διάφορων χωρών. Στην Ελλάδα, η θέση αυτή δεν υιοθετείται από τα θεσμοθετημένα όργανα του εκπαιδευτικού συστήματος. Ας μην ξεχνάμε ότι η Ελλάδα υπήρξε ιστορικά χώρος υποδοχής και όχι παραγωγής της επιστημονικής γνώσης (Μπαλτάς, 1996), κάτι που συνέβαλλε και συμβάλλει στην καθυστερημένη αναγνώριση της ανάγκης για τη διάδοση της γνώσης αυτής από πολύ μικρή ηλικία και σε όσο το δυνατόν ευρύτερο κοινό. Στις χώρες όπου υπήρξε αυτόχθων επιστημονική παραγωγή καθώς και συγκροτημένες διαδικασίες παραγωγής και ανανέωσης αναλυτικών προγραμμάτων των φυσικών επιστημών αναγνωρίζεται πολύ νωρίτερα η ανάγκη συσχέτισης του αναλυτικού προγράμματος με στόχους που προωθούν τον πολιτιστικό ρόλο των φυσικών επιστημών. Αυτή η συσχέτιση παίρνει διάφορες μορφές, όπως:

- α.** Η εισαγωγή στοιχείων ιστορίας και φιλοσοφίας των φυσικών επιστημών στο αναλυτικό πρόγραμμα. Το αμερικανικό πρόγραμμα διδασκαλίας «Harvard Project Physics» στις αρχές της δεκαετίας του '70, που απευθυνόταν σε μαθητές λυκείου, αποτελεί χαρακτηριστικό παράδειγμα αυτής της προσέγγισης (Holton, 2003). Πιο πρόσφατα, ενδιαφέρουσες επισκοπήσεις (Matthews, 2015· Höttecke, Henke & Riess, 2012· Κολιόπουλος, 2012) κα-

ταδεικνύουν, τόσο με ποσοτικά όσο και με ποιοτικά κριτήρια, την αυξανόμενη απήχηση και επιρροή της ιστορίας και φιλοσοφίας των φυσικών επιστημών στην εκπαίδευση των φυσικών επιστημών τις τελευταίες δεκαετίες. Πρόκειται για μια ουμανιστική προσέγγιση της φυσικής σύμφωνα με την οποία επιδιώκεται να γνωρίσουν οι μαθητές όχι μόνο τις βασικές έννοιες της φυσικής αλλά και τον τρόπο με τον οποίο αυτές οικοδομήθηκαν ιστορικά και χρησιμοποιούνται κοινωνικά. Έτσι, για παράδειγμα, ο δυσνόητος και μαθηματικοποιημένος νόμος της ελεύθερης πτώσης (ένα θέμα που προσεγγίζεται ακόμα και στην προσχολική εκπαίδευση) συνδέεται με την πραγματική διαδικασία οικοδόμησής του από τον Γαλιλαίο, ενώ παράλληλα περιγράφονται οι κοινωνικές συνέπειες αυτής της οικοδόμησης. Στην Ελλάδα, το πρόγραμμα των Δαπόντε και Κασέτα (1997), που εφαρμόστηκε στις πρώτες τάξεις του λυκείου, εισήγαγε στοιχεία ιστορίας των φυσικών επιστημών παράλληλα με την παραδοσιακή φορμαλιστική προσέγγιση. Παράλληλα, επιχειρείται η σταδιακή οργάνωση ενός χώρου ανταλλαγής απόψεων και σχεδιασμού εκπαιδευτικού υλικού στον οποίο θα συμμετέχουν ερευνητές και εκπαιδευτικοί που ασχολούνται με τις προοπτικές της συμβολής της ιστορίας και της φιλοσοφίας των φυσικών επιστημών στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών (Κουμαράς κ.ά., 2001· Κολιόπουλος, 2014α).

- β.** *Η οργανική σύνδεση του περιεχομένου του αναλυτικού προγράμματος με προβλήματα και θέματα της καθημερινής ζωής και της τεχνολογίας.* Η εισαγωγή πειραματικών δραστηριοτήτων των οποίων η υλική βάση είναι τα αντικείμενα της καθημερινής ζωής και όχι εξειδικευμένες συσκευές του σχολικού εργαστηρίου είναι ένα σύνηθες παράδειγμα αυτής της αντίληψης (Κουμαράς, 2002). Το γαλλικό πρόγραμμα «Libres Parcours», που απευθυνόταν σε μαθητές γυμνασίου στα τέλη της δεκαετίας του '70 (Agabra et al., 1979), καθώς και τα σύγχρονα γαλλικά προγράμματα λυκείου, που προβλέπουν θέματα με έντονο κοινωνικό ενδιαφέρον για τους μαθητές των θεωρητικών και οικονομικών κατευθύνσεων, είναι μια άλλη εκδοχή της ίδιας αντίληψης. Χαρακτηριστικό αρκετών εκ των προγραμμάτων αυτών είναι ότι η μελέτη των διάφορων εννοιών των φυσικών επιστημών δεν καταλήγει απλώς σε εφαρμογές της καθημερινής ζωής, αλλά απορρέει από αυτές, δίνοντας έτσι ένα πραγματικό πολιτισμικό περιεχόμενο στη διδασκαλία της έννοιας. Έτσι, χρησιμοποιείται, για παράδειγμα, το πρόβλημα της εξάντλησης των φυσικών πόρων ή της εξοικονόμησης της ηλεκτρικής οικιακής ενέργειας για να μνηθούν οι μαθητές του γυμνασίου στην έννοια της ενέργειας, αντί να ακολουθηθεί η παραδοσιακή πορεία: εισαγωγή στην έννοια και, στη συνέχεια, εφαρμογή της σε καθημερινές καταστάσεις (Κολιόπουλος, 2014β). Επίσης, οι μαθητές του γαλλικού λυκείου της θεωρητικής κατεύθυνσης οικοδομούν έννοιες της φυσικής και της χημείας μέσα από την ενόττητα «Η φυσική και η χημεία της κουζίνας» (Κολιόπουλος και Ραβάνης, 2001). Ένα άλλο παράδειγμα αποτελεί το βρετανικό αναλυτικό πρόγραμμα φυσικών επιστημών για την προσχολική και την πρώτη σχολική ηλικία, όπου εισάγονται θέματα όπως τα «Χρησιμοποιώντας την ενέρ-

γεια» και «Χρόνος και διάστημα» (Nuffield, 1995), που δεν τα συναντάμε σε πιο παραδοσιακές μορφές αναλυτικού προγράμματος και μάλιστα της συγκεκριμένης εκπαιδευτικής βαθμίδας. Στη δεκαετία του '80, επίσης, εμφανίστηκε μια νέα γενιά προγραμμάτων υπό τον τίτλο «Επιστήμη, Τεχνολογία, Κοινωνία». Τα προγράμματα αυτά επιδιώκουν να συμβάλουν στην επιστημονική καλλιέργεια των ατόμων ώστε να αντιλαμβάνονται την περίπλοκη αλληλεπίδραση επιστήμης, τεχνολογίας και κοινωνίας και να είναι ικανά να χρησιμοποιούν επιστημονικές γνώσεις στα πλαίσια της λήψης αποφάσεων στην καθημερινή τους ζωή (Solomon, 2001). Πιο πρόσφατα, υιοθετείται διεθνώς και στην Ελλάδα η εκπαιδευτική προσέγγιση STEM (Science, Technology, Engineering, Mathematics), στα πλαίσια της οποίας προτείνεται μια ενοποιημένη αντίληψη για τη διδασκαλία και διάδοση των συγκεκριμένων πεδίων. Η αντίληψη αυτή βασίζεται στην υπόθεση ότι τα σύγχρονα περιβαλλοντικά και τεχνολογικά προβλήματα είναι τόσο σύνθετα ώστε δεν είναι δυνατόν να αντιμετωπιστεί η λύση τους αποσπασματικά από τις διάφορες επιστήμες και, συνεπώς, οι διεπιστημονικές προσεγγίσεις αυτού του τύπου θα πρέπει ν' αποτελέσουν και αντικείμενα διδασκαλίας και μάθησης στις διάφορες εκπαιδευτικές βαθμίδες (Bybee, 2013).

- Υ. Η δημιουργία παράλληλων προς το επίσημο αναλυτικό πρόγραμμα *δομών υποστήριξης της διδασκαλίας των φυσικών επιστημών* προς την κατεύθυνση της επιστημονικής καλλιέργειας εκπαιδευτικών και μαθητών. Οι δομές αυτές μπορεί να λειτουργούν στο πλαίσιο του επίσημου εκπαιδευτικού συστήματος ή ν' αποτελούν πρωτοβουλίες της ίδιας της επιστημονικής κοινότητας, η οποία νιώθει την ανάγκη να διαδώσει όχι μόνο την επιστημονική γνώση αλλά και τους τρόπους με τους οποίους αυτή παράγεται. Χαρακτηριστικό παράδειγμα δημιουργίας μιας επίσημης δομής υποστήριξης της διδασκαλίας των φυσικών επιστημών αποτελεί το γαλλικό εκπαιδευτικό πρόγραμμα «La main à la pâte» (<http://www.fondation-lamap.org>) και απευθύνεται σε εκπαιδευτικούς της προσχολικής και Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης ευνοώντας παράλληλα διάφορες καινοτόμες δραστηριότητες. Οι εκπαιδευτικοί που συμμετέχουν στο πρόγραμμα αυτό έχουν μια ευρεία υποστήριξη σε επιστημονικό και παιδαγωγικό υλικό μέσω του διαδικτύου και άλλων οργανισμών επιμόρφωσης ή διάδοσης της επιστημονικής καλλιέργειας. Υποστηρίζεται επίσης η ενεργός συμμετοχή της οικογένειας. Η προτεινόμενη παιδαγωγική προσέγγιση ευνοεί την οικοδόμηση επιστημονικών γνώσεων μέσα από δραστηριότητες διερεύνησης, πειραματισμού και συζήτησης όπου συμμετέχουν όλοι οι μαθητές. Στα επόμενα χρόνια, η διεθνοποίηση του προγράμματος αυτού έλαβε τη μορφή του προγράμματος Fibonacci, στο πλαίσιο του οποίου επιχειρήθηκε η δημιουργία και η εξάπλωση ενός πανευρωπαϊκού δικτύου εκπαιδευτικών πρόθυμων να επενδύσουν συστηματικά στην έμφυτη περιέργεια των μαθητών τους για τον φυσικό, τον βιολογικό και τον λογικομαθηματικό κόσμο (<http://www.fibonacci-project.eu/>: <http://www.ecedu.upatras.gr/fibonacci/>).
- δ. Το *άνοιγμα* του σχολείου προς την κοινωνία και, ιδιαίτερα, προς τους ειδικούς οργανισμούς που στοχεύουν στη διάδοση των φυσικών επιστημών, όπως τα μουσεία φυσικών

επιστημών, όπου ευνοούνται η αμφίδρομη ροή πληροφορίας και οι αλληλεπιδράσεις προσώπων, μεθόδων και γνώσεων. Η σύνδεση αυτή άλλοτε επιτυγχάνεται μέσα από θεσμικές αλλαγές (όπως, π.χ., η ένταξη στο ελληνικό αναλυτικό πρόγραμμα των συνθετικών/δημιουργικών εργασιών – ΥΠΕΠΘ, 1998, και στο γαλλικό αναλυτικό πρόγραμμα των Σχεδίων Εκπαιδευτικής Δράσης – BUR, 1992), είτε ύστερα από πρωτοβουλίες των ίδιων των εκπαιδευτικών οι οποίοι σχεδιάζουν, εφαρμόζουν και συμμετέχουν σε εκπαιδευτικά προγράμματα (Μπαγάκης, 2000). Η μελέτη της τελευταίας αυτής μορφής συσχέτισης αναλυτικού προγράμματος με τη διάδοση της επιστημονικής γνώσης και την επιστημονική καλλιέργεια των μαθητών θα μας απασχολήσει ιδιαίτερα σ' αυτό το βιβλίο.

Η δεύτερη βασική θέση την οποία υποστηρίζουμε αφορά το ακριβές περιεχόμενο του όρου «επιστημονική καλλιέργεια». Ο όρος αποκτά ή θα πρέπει ν' αποκτά το ίδιο περιεχόμενο για έναν εκπαιδευτικό της προσχολικής εκπαίδευσης, για έναν εκπαιδευτικό άλλης βαθμίδας, για ένα παιδί του νηπιαγωγείου, για έναν μαθητή λυκείου της θεωρητικής κατεύθυνσης ή για έναν της θετικής; Το ερώτημά μας περιορίζεται στον χώρο της εκπαίδευσης και, ασφαλώς, το πρόβλημα γίνεται ιδιαίτερα περίπλοκο αν συμπεριλάβουμε και το ευρύ κοινό. Η θέση μας για το πρόβλημα αυτό είναι ότι η επιστημονική καλλιέργεια δεν είναι δυνατόν να έχει την ίδια σημασία για διαφορετικές ομάδες πληθυσμού, αφού η προσέγγιση της επιστημονικής γνώσης γίνεται κάτω από διαφορετικές κοινωνικές ή εκπαιδευτικές συνθήκες και με διαφορετικούς κοινωνικοψυχογενετικούς όρους για κάθε τέτοια ομάδα. Ο Bybee (1997), για παράδειγμα, προτείνει ένα πλαίσιο για την επιστημονική καλλιέργεια το οποίο περιγράφει διάφορες διαστάσεις επιστημονικής και τεχνολογικής καλλιέργειας (κατηγορική, λειτουργική, εννοιολογική, διαδικαστική και πολυδιάστατη επιστημονική και τεχνολογική καλλιέργεια) και ισχυρίζεται ότι καθεμιά από αυτές είναι δυνατόν να σχετίζεται με διαφορετικούς εκπαιδευτικούς πληθυσμούς, με πληθυσμούς δηλαδή που ανήκουν στο ίδιο το πεδίο της εκπαίδευσης, και με τις διαφορετικές ανάγκες και τα ενδιαφέροντα που έχουν. Τι μπορεί να σημαίνει, λοιπόν, ο όρος «επιστημονική καλλιέργεια» για μια (έναν) μέλλουσα (-οντα) ή εν ενεργεία εκπαιδευτικό η (ο) οποία (-ος) διδάσκει φυσικές επιστήμες σ' ένα συγκεκριμένο εκπαιδευτικό επίπεδο; Συμφωνώντας με τον Martinand (1994), θα διατυπώσουμε την αντίληψη περί συσχέτισης της επιστημονικής καλλιέργειας με τις επαγγελματικές γνώσεις και ικανότητες που απαιτούνται για τη διδασκαλία των φυσικών επιστημών στο συγκεκριμένο επίπεδο. Θα μπορούμε λοιπόν να μιλάμε για επιστημονικά καλλιεργημένους εκπαιδευτικούς της προσχολικής εκπαίδευσης αν αυτοί θα έχουν αποκτήσει τις κατάλληλες γνώσεις και ικανότητες έτσι όπως αυτές καθορίζονται στο επίπεδο της αρχικής κατάρτισης ή της επιμόρφωσής τους. Αυτό δεν σημαίνει βέβαια ότι η (ο) εκπαιδευτικός της προσχολικής εκπαίδευσης δεν μπορεί να είναι ταυτόχρονα και επιστημονικά καλλιεργημένη (-ος) με το νόημα που δίνει στον όρο ο Γραμματικάκης. Αντιθέτως, ο *επαγγελματικός χαρακτήρας της επιστημονικής καλλιέργειας* θα πρέπει απαραίτητως να συνδέεται με την αντίληψη ότι η επιστημονική γνώση αποτελεί πολιτισμικό αντικείμενο. Η τελευταία όμως δεν είναι δυνατόν να διαμορφωθεί αποκλειστικά

μέσα στον επαγγελματικό χώρο του σχολείου. Θεωρούμε ότι το περιεχόμενο αυτού του βιβλίου είναι δυνατόν να συμβάλει στη διαμόρφωση μιας αντίληψης για το πώς είναι δυνατόν να ενισχυθεί ο πολιτισμικός χαρακτήρας της επιστημονικής γνώσης μέσα από τη μελέτη της σχέσης του σχολείου με άλλους οργανισμούς διάδοσης της επιστημονικής γνώσης, όπως είναι το μουσείο φυσικών επιστημών.

Σύμφωνα λοιπόν με τα παραπάνω, ο επαγγελματικός χαρακτήρας της επιστημονικής καλλιέργειας για τους εκπαιδευτικούς που διδάσκουν ή πρόκειται να διδάξουν φυσικές επιστήμες, αλλά και για τους ερευνητές οι οποίοι μελετούν ή πρόκειται να μελετήσουν τα αντίστοιχα εκπαιδευτικά φαινόμενα, σχετίζεται κυρίως με το ερώτημα: Τι σημαίνει επιστημονική καλλιέργεια και ποιο περιεχόμενο μπορεί να λάβει ο όρος αυτός στο πλαίσιο ενός συγκεκριμένου εκπαιδευτικού συστήματος; Στην επόμενη ενότητα θα υποστηρίξουμε ότι είναι δυνατόν να δοθεί μια κοινή απάντηση τουλάχιστον για τις βαθμίδες της υποχρεωτικής εκπαίδευσης, όπου οι φυσικές επιστήμες δεν νοούνται ή δεν πρέπει να νοούνται ως επαγγελματικής φύσης εξειδικευμένη γνώση. Η απάντηση αυτή αναφέρεται σ' ένα πλαίσιο κοινών χαρακτηριστικών της επιστημονικής γνώσης το οποίο μπορεί να λειτουργήσει ως περιγραφικό υπόβαθρο για τη συγκρότηση ενός περιεχομένου της έννοιας της επιστημονικής καλλιέργειας, αλλά όχι ως αυτοτελές εργαλείο σχεδιασμού εκπαιδευτικών δραστηριοτήτων και εκπαιδευτικού υλικού, αφού αυτό δεν μπορεί να συμβεί παρά μόνο σε σχέση με τις ιδιαιτερότητες της κάθε εκπαιδευτικής βαθμίδας.

1.2 ΤΟ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΟ ΤΗΣ ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΗΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΙΣ ΦΥΣΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ

Η διάδοση της επιστημονικής γνώσης με στόχο την ανάπτυξη επιστημονικής καλλιέργειας αναφέρεται στη διάδοση τριών βασικών συνιστωσών της: (α) της *εννοιολογικής* συνιστώσας, δηλαδή των εννοιών που συγκροτούν τα διάφορα εννοιολογικά πλαίσια των φυσικών επιστημών, (β) της *μεθοδολογικής* συνιστώσας, δηλαδή των διάφορων επιστημολογικών αρχών, μεθοδολογικών στρατηγικών και τεχνικών με τις οποίες οι φυσικές επιστήμες επιλύουν προβλήματα, και (γ) της *πολιτισμικής* συνιστώσας, δηλαδή του συνόλου των σχέσεων που αναπτύσσουν οι φυσικές επιστήμες ως κοινωνικό φαινόμενο (Bybee και DeBoer, 1994· Millar, 1996· Κολιόπουλος, 2006).

(α) Η διάδοση της εννοιολογικής συνιστώσας των φυσικών επιστημών

Η διάδοση των *εννοιών των φυσικών επιστημών* μπορεί να γίνει σε δύο επίπεδα. Το πρώτο επίπεδο είναι το επίπεδο των *κατηγορικών εννοιών*. Πρόκειται για έννοιες οι οποίες οικοδομούνται μέσα από μια διαδικασία εμπειρικής αφαίρεσης και αναφέρονται σε καθορισμένες κατηγορίες αντικειμένων που ορίζονται μέσα από ένα σύνολο σύμφυτων ιδιοτήτων (Lemeignan και Weil-Barais, 1997). Τέτοιες έννοιες μπορεί να είναι τα γεωμετρικά σχήματα,

οι βοτανικές και ζωολογικές ταξινομήσεις, καθώς και πλήθος τεχνολογικών αντικειμένων, όπως ο λαμπτήρας, μια απλή μηχανή (τροχαλία, κεκλιμένο επίπεδο), ένα ελατήριο, ένας μαγνήτης ή ένα δυναμό ποδηλάτου. Οι έννοιες αυτές εύκολα μπορεί να οικοδομηθούν ακόμα και από παιδιά προσχολικής ηλικίας (Κωνσταντίνου κ.ά., 2001). Οι κατηγορικές έννοιες μπορεί να οριστούν από ιδιότητες και λειτουργίες (π.χ. η διαφορά ενός ηλεκτρικού κινητήρα και ενός δυναμό, δύο κατασκευαστικά όμοιων συσκευών που χρησιμοποιούνται συχνά στο σχολικό εργαστήριο, μπορεί να καθοριστεί μέσω της λειτουργίας τους στο ηλεκτρικό κύκλωμα).

Το δεύτερο επίπεδο είναι το επίπεδο των *τυπικών εννοιών*. Οι τυπικές έννοιες δεν μπορεί να οικοδομηθούν με απευθείας αναφορά στην εμπειρία, αλλά μόνο διά μέσου μιας διαδικασίας επίλυσης προβλήματος. Το νόημα των τυπικών εννοιών απορρέει από τις σχέσεις της έννοιας αυτής με τις υπόλοιπες έννοιες ενός εννοιολογικού συστήματος. Έτσι, η έννοια «δύναμη» λαμβάνει το νόημά της μέσα από τη σχέση της με τις έννοιες «μάζα» και «επιτάχυνση». Το ίδιο και άλλες έννοιες, όπως «ενέργεια», «φωτοσύνθεση», «χημικό στοιχείο», «άτομο» κ.λπ. Αυτό βέβαια δεν σημαίνει ότι κάθε εννοιολογικό σύστημα των φυσικών επιστημών είναι ένα κλειστό σύστημα χωρίς αναφορές στην εμπειρία. Σύμφωνα με τον Μπαλτά (1984), ο οποίος αναφέρεται στη Φυσική, η *συστημική* διάσταση του νοήματος των επιστημονικών εννοιών προσδίδει σ' αυτές «μια ιδιαίτερη νοηματική αυτονομία, πράγμα που σημαίνει ότι το σύνολο των ιδιοτήτων τους και των σχέσεων που συνάπτουν με άλλες φυσικές έννοιες μέσα στο λογικά και πειραματικά ελεγχόμενο πλαίσιο των συσχετίσεων που ορίζει η Φυσική δεν είναι καθόλου υποχρεωτικό να συμπίπτει απόλυτα με τις ιδιότητες, τις συσχετίσεις και το νόημα που αποδίδει στις έννοιες αυτές η καθημερινή χρήση τους» (σ. 112). Παρ' όλα αυτά, κάθε έννοια των φυσικών επιστημών έχει και ένα *εμπειρικό/ιδεολογικό νόημα*, αφού η έννοια αυτή αποδίδεται πάντοτε σε κάποιο πραγματικό φυσικό φαινόμενο. Έτσι, η νοηματική αυτονομία των εννοιών ενός συστήματος δεν είναι απόλυτη. Οι έννοιες «δύναμη» και «μάζα», για παράδειγμα, έχουν «εκ γενετής» αποδοθεί στο πραγματικό αντικείμενο και άρα φέρουν «εκ γενετής» την εμπειρική διάσταση του νοήματός τους. Άλλες, πάλι, όπως η έννοια της ενέργειας, εξασφαλίζουν άμεσα την αγκύρωσή τους στο επιστημονικό αντικείμενο και έμμεσα στο πραγματικό αντικείμενο συνδεδεμένες συστημικά με αυτές που φέρουν «εκ γενετής» ή έχουν ήδη αποκτήσει την εμπειρική διάσταση. Αυτή ακριβώς η εμπειρική διάσταση των τυπικών εννοιών καθιστά δυνατή τη διάδοση διάφορων εννοιολογικών συστημάτων των φυσικών επιστημών τόσο στο ευρύ κοινό όσο και σε σχολικούς πληθυσμούς. Συγχρόνως, όμως, η διάσταση αυτή λειτουργεί και σαν εμπόδιο στην προσπάθεια να κατανοηθούν τα φυσικά φαινόμενα, και γι' αυτό απαιτούνται ειδικές διδακτικές στρατηγικές ώστε να αρθούν τα διάφορα γνωστικά εμπόδια και να επιτευχθεί η συγκρότηση των διάφορων τυπικών εννοιών, ιδιαίτερα από τα παιδιά των μικρότερων εκπαιδευτικών βαθμίδων, τα οποία δεν διαθέτουν ακόμη τους κατάλληλους γνωστικούς μηχανισμούς που θα τους επιτρέψουν να οικοδομήσουν τις έννοιες αυτές (Ραβάνης, 1999, 2016· Κολιόπουλος, 2006).

Η Διδακτική των φυσικών επιστημών έχει δείξει ότι οι τυπικές έννοιες είναι δυνατόν να

διαδοθούν σε διαφορετικές εκπαιδευτικές βαθμίδες και σε διαφορετικούς τύπους κοινού χωρίς να θίγεται η επιστημολογική τους εγκυρότητα αν *διατυπωθούν κατάλληλα*: (Astolfi και Develay, 1989). Έτσι, η δυνατότητα να διατυπώνονται οι τυπικές έννοιες των φυσικών επιστημών σε διάφορα επίπεδα μας επιτρέπει να μιλάμε για οικοδόμηση *πρόδρομων* μοντέλων φυσικών επιστημών από παιδιά της προσχολικής και πρώτης σχολικής ηλικίας (Ραβάνης, 2016). Πρόκειται για συστήματα καθαρά ποιοτικών εννοιών οι οποίες συνδέονται μεταξύ τους με απλές αιτιακές σχέσεις. Για παράδειγμα, γνωρίζουμε ότι νήπια 5-6 ετών είναι σε θέση να προσεγγίσουν την τυπική έννοια της τριβής συγκροτώντας στη σκέψη τους τη σχέση της διανυόμενης απόστασης των κινούμενων σωμάτων με το εκτιμώμενο βάρος τους, σε μια ποιοτική κλίμακα «ελαφρύ-βαρύ», και τη φύση των εφαιπόμενων επιφανειών σώματος και δαπέδου (Ravanis et al., 2004). Επίσης, είναι δυνατόν να εισάγουμε στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών ιδιαίτερα αφηρημένες έννοιες, όπως το μοντέλο θερμότητας-θερμοκρασίας και τα μοντέλα δομής της ύλης,² ακόμα και από τη βαθμίδα της Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης (Tiberghien, 1993· Σταυρίδου, 1995). Σε μεγαλύτερες βαθμίδες, οι τυπικές έννοιες μπορεί ν' αποκτήσουν *ημιποσοτικό* χαρακτήρα, δηλαδή ν' αποκτήσουν ποσοτικές ιδιότητες μέσω μετρήσεων που επιτυγχάνονται στα πλαίσια της πειραματικής διαδικασίας. Τότε, μπορούμε να μιλάμε για την οικοδόμηση από τους μαθητές της Πρωτοβάθμιας και Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης *ημιποσοτικών αιτιακών μοντέλων*, όπου εμφανίζονται σχέσεις ισότητας, εγκλεισμού ή αναλογίας οι οποίες, συνήθως, δεν παίρνουν τη μορφή μαθηματικών σχέσεων. Χαρακτηριστικό παράδειγμα στην περίπτωση αυτή αποτελεί η οικοδόμηση του μοντέλου της ενεργειακής αλυσίδας. Πρόκειται για την οικοδόμηση της έννοιας «ενέργεια» μέσω των ιδιοτήτων της αποθήκευσης, της μεταφοράς, της μετατροπής και της μέτρησης. Το μοντέλο αυτό συνιστάται ως η κατάλληλη επιλογή για τη μύηση στην ιδιαίτερα αφηρημένη αλλά κοινωνικά ενδιαφέρουσα έννοια «ενέργεια» μαθητών της Πρωτοβάθμιας και Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης (Lemeignan και Weil-Barais, 1997· Κολιόπουλος, 2014β) ή εκπαιδευτικών που πρόκειται να διδάξουν ή διδάσκουν φυσικές επιστήμες κυρίως στην Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση. Τέλος, οι τυπικές έννοιες είναι δυνατόν να διαδοθούν ως *συστήματα μαθηματικών οντοτήτων*, κάτι που δεν συνάδει με τους εκπαιδευτικούς στόχους της υποχρεωτικής εκπαίδευσης για την ανάπτυξη της επιστημονικής καλλιέργειας.

(β) Η διάδοση της μεθοδολογικής συνιστώσας των φυσικών επιστημών

Η διάδοση *στοιχείων μεθοδολογίας* των φυσικών επιστημών μπορεί να γίνει σε τρία επίπεδα. Κατ' αρχάς στο επίπεδο των *καταλόγων επιστημονικών διαδικασιών ή δεξιότητων* που πρέπει ν' αποκτήσουν μαθητές ή/και εκπαιδευτικοί. Ένας γνωστός τέτοιος κατάλογος είναι αυτός που αναφέρεται στον Οδηγό του εκπαιδευτικού της UNESCO για τη διδασκαλία των φυσικών επιστημών στο δημοτικό και στο γυμνάσιο (1985) και περιλαμβάνει τις διαδικασίες της παρατήρησης, της ταξινόμησης, της διατύπωσης μαθηματικών σχέσεων, της μέτρησης, της οικοδόμησης χωροχρονικών σχέσεων, της επικοινωνίας, της πρόβλεψης, της

εξαγωγής συμπερασμάτων, της διατύπωσης λειτουργικών ορισμών, της διατύπωσης υποθέσεων, της ερμηνείας δεδομένων, της αναγνώρισης και του ελέγχου μεταβλητών και της εκτέλεσης πειραμάτων. Οι Harlen και Elstgeest (1993), επίσης, προτείνουν σε εκπαιδευτικούς της Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης έναν κατάλογο λειτουργικών δεξιοτήτων τον οποίο οι μαθητές τους θα μπορούσαν ν' αποκτήσουν κατά τη διάρκεια της ενασχόλησής τους με θέματα φυσικών επιστημών. Ακολουθεί ένα ευρύ απόσπασμα αυτού του καταλόγου (Πίνακας 1):

ΠΙΝΑΚΑΣ 1

ΔΕΙΚΤΕΣ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΚΩΝ ΣΚΟΠΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΔΙΑΤΥΠΩΣΗ ΕΡΩΤΗΣΕΩΝ

1. Ο μαθητής θέτει ερωτήσεις που οδηγούν στην ανάληψη κάποιας διερεύνησης
2. Θέτει ερωτήσεις που βασίζονται σε κάποιες υποθέσεις
3. Εντοπίζει ερωτήσεις στις οποίες μπορεί να βρει μόνος του την απάντηση
4. ...

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗ

1. Ο μαθητής χρησιμοποιεί τις αισθήσεις του για να συλλέξει πληροφορίες
2. Εντοπίζει τις διαφορές ανάμεσα σε φυσικά συστήματα ή φαινόμενα
3. Εντοπίζει τις ομοιότητες ανάμεσα σε φυσικά συστήματα ή φαινόμενα
4. Απ' όλα τα παρατηρούμενα γεγονότα αναγνωρίζει αυτά που αναφέρονται στο πρόβλημα ή στο θέμα το οποίο επεξεργάζεται
5. ...

ΔΙΑΤΥΠΩΣΗ ΥΠΟΘΕΣΕΩΝ

1. Ο μαθητής ανακαλεί ορισμένες αρχές ή έννοιες των φυσικών επιστημών για να περιγράψει/ερμηνεύσει κάποιες παρατηρήσεις
2. Ανατρέχει σε έννοιες ή σε γνώσεις των φυσικών επιστημών τις οποίες έχει αποκτήσει σε μια συγκεκριμένη φυσική κατάσταση για να προσπαθήσει να κατανοήσει ή να λύσει ένα πρόβλημα που εμφανίζεται σε μια άλλη φυσική κατάσταση
3. Δέχεται ότι μπορεί να υπάρχουν περισσότερες από μία ερμηνείες για ένα φυσικό φαινόμενο
4. Αναγνωρίζει την ανάγκη να επαληθεύσει μια ερμηνεία συλλέγοντας συμπληρωματικά δεδομένα
5. ...

ΠΡΟΒΛΕΨΗ

1. Ο μαθητής στηρίζεται σε γεγονότα για να διατυπώσει μια πρόβλεψη
2. Στηρίζει ρητά τις προβλέψεις του πάνω σε κανονικότητες ή σε συσχετίσεις που παρατήρησε
3. Επικαλείται με βάση τις προβλέψεις του τα γεγονότα που παρατηρεί ή παρατήρησε
4. Κάνει επεκτάσεις με βάση κανονικότητες, όταν λείπουν δεδομένα

ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΙΚΗΣ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΣ

1. Ο μαθητής χρησιμοποιεί τη γραφή ή τον λόγο για να βάλει σε τάξη τις ιδέες του
 2. Ακούει τους άλλους να εκθέτουν τις ιδέες τους και τις σχολιάζει
 3. Καταγράφει όλες τις παρατηρήσεις και τα πειράματα
 4. Παρουσιάζει σωστά τα αποτελέσματα της εργασίας του με τη μορφή γραφικών παραστάσεων, πινάκων κ.λπ.
 5. Αναφέρεται σε πηγές πληροφοριών
 6. Σκέφτεται να παρουσιάσει τις ιδέες του με τρόπο ώστε να είναι κατανοητές από άλλους
 7. ...
-

ΑΝΑΚΑΛΥΨΗ ΚΑΝΟΝΩΝ ΚΑΙ ΣΧΕΣΕΩΝ

1. Ο μαθητής εντοπίζει κανονικότητες ή γενικές τάσεις με βάση ορισμένες πληροφορίες, μετρήσεις ή παρατηρήσεις
 2. Διακρίνει τις σχέσεις ανάμεσα σε δύο μεταβλητές
 3. Διαχωρίζει μεταξύ του συμπεράσματος που προκύπτει όταν ληφθούν υπόψη όλα τα δεδομένα και του αυθαίρετου συμπεράσματος
 4. Επαληθεύει πειραματικά την εγκυρότητα μιας σχέσης ανάμεσα σε μεταβλητές
 5. ...
-

ΟΡΘΗ ΧΡΗΣΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟΥ ΥΛΙΚΟΥ

1. Ο μαθητής μεταφέρει και χρησιμοποιεί το πειραματικό υλικό με τέτοιο τρόπο ώστε να μην κινδυνεύει ο ίδιος και να μην προκαλεί φθορές στο υλικό
 2. Δεν βασανίζει τα ζώα
 3. Γνωρίζει να συναρμολογεί τα μέρη συσκευών με βάση τις οδηγίες χρήσης του κατασκευαστή
 4. ...
-

ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ

1. Ο μαθητής χρησιμοποιεί τις κατάλληλες μονάδες μέτρησης για να πραγματοποιεί συγκρίσεις και μετρήσεις
 2. Πραγματοποιεί όλες τις μετρήσεις που απαιτεί η πειραματική άσκηση
 3. Χρησιμοποιεί τα όργανα μέτρησης σωστά και με μια αποδεκτή ακρίβεια
 4. Επαληθεύει τις μετρήσεις και τους υπολογισμούς του
 5. ...
-

ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΗ ΣΤΑΣΗ

1. Ο μαθητής φαίνεται έτοιμος να επανεξετάσει την εργασία του ώστε να διαπιστώσει τι χρειάζεται για να τη βελτιώσει
 2. Μελετά και άλλες μεθόδους εκτός από αυτές που χρησιμοποίησε
 3. Εξετάζει πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της μεθόδου που έχει υιοθετήσει
 4. Διερωτάται αυθόρμητα αν θα ήταν δυνατόν να βελτιώσει την ακολουθούμενη διαδικασία
 5. ...
-

Ένα σημαντικό στοιχείο αυτού του καταλόγου είναι ότι κάθε δεξιότητα περιγράφεται από ορισμένους δείκτες μέσω των οποίων αναγνωρίζεται η δεξιότητα, ενώ συγχρόνως καταδεικνύεται ο πλουραλισμός των προσεγγίσεων για την ίδια δεξιότητα. Κατάλογοι σαν τον προηγούμενο χρησιμοποιούνται, συνήθως, χωρίς να συσχετίζονται με συγκεκριμένα θεματικά πεδία, αν και αμφισβητείται πλέον η ίδια η δυνατότητα αυτόνομης διδασκαλίας τους (Wellington, 1989). Οι Millar και Driver (1987) επισημαίνουν ότι πίσω από τη διάδοση των στοιχείων μεθοδολογίας των φυσικών επιστημών μέσω των *καταλόγων επιστημονικών διαδικασιών ή δεξιοτήτων* («process» view) κρύβεται η λεγόμενη *εμπειριστική* επιστημολογική αντίληψη για τις φυσικές επιστήμες, η οποία συνοψίζεται στα εξής: (α) αποκτούμε αξιόπιστη γνώση (επιστημονική γνώση) για τον φυσικό κόσμο μόνο μέσω των εμπειριών που αποκτούμε από το φυσικό περιβάλλον και (β) οι επιστημονικές διαδικασίες ή δεξιότητες είναι γενικεύσιμες, δηλαδή ανεξάρτητες από το θεματικό πεδίο στο οποίο παράγονται ή εφαρμόζονται. Οι ίδιοι ερευνητές επικαλούνται επιχειρήματα από το πεδίο της φιλοσοφίας των φυσικών επιστημών για να υποστηρίξουν ότι η αυτόνομη διδασκαλία των επιστημονικών διαδικασιών ή δεξιοτήτων είναι αδύνατη και ότι θα πρέπει να συνδέεται με μια βαθύτερη κατανόηση των εννοιών και των στόχων των φυσικών επιστημών.

Ένα άλλο παράδειγμα καταλόγου επιστημονικών διαδικασιών είναι αυτό που παρατίθεται στον Πίνακα 2, όπου συγκεκριμενοποιείται η μορφή που μπορούν να πάρουν αυτές οι διαδικασίες/δεξιότητες στο νηπιαγωγείο (Coquidé-Cantor και Giordan, 1997). Στην περίπτωση αυτή, οι διαδικασίες/δεξιότητες ομαδοποιούνται σε ευρύτερες κατηγορίες.

Σ' ένα δεύτερο επίπεδο, τα στοιχεία μεθοδολογίας των φυσικών επιστημών μπορεί να διατυπωθούν ως *ταξινομήσεις ή συστήματα διαδικασιών ή δεξιοτήτων*. Οι ταξινομήσεις ή τα συστήματα διαδικασιών ή δεξιοτήτων διαφέρουν από τους καταλόγους μεθοδολογικών δεξιοτήτων κατά το ότι υπονοούν ή δηλώνουν ρητά τον τρόπο με τον οποίο θα χρησιμοποιηθούν τα στοιχεία μεθοδολογίας των φυσικών επιστημών.

Ο Πίνακας 3 αποτελεί παράδειγμα μιας ιεραρχημένης ταξινόμησης διαδικασιών ή δεξιοτήτων όπου αναγνωρίζεται η πρωταρχική σημασία η οποία αποδίδεται στις διαδικασίες που σχετίζονται με την ανάδειξη, την αναγνώριση και τη διατύπωση ενός προβλήματος.

Σύμφωνα με τον Bachelard (1980),

Το επιστημονικό πνεύμα μας απαγορεύει να έχουμε μια γνώμη στα ζητήματα που δεν κατανοούμε, στα ζητήματα που δεν μπορούμε να τα διατυπώσουμε με σαφήνεια. Πρώτα απ' όλα πρέπει να γνωρίζουμε να θέτουμε τα προβλήματα. Και ό,τι κι αν λέγεται, στην επιστημονική ζωή τα προβλήματα δεν τίθενται από μόνα τους. Είναι ακριβώς αυτή η *αίσθηση του προβλήματος* που δίνει το στίγμα στο πραγματικό επιστημονικό πνεύμα. Για το επιστημονικό πνεύμα, κάθε γνώση είναι μια απάντηση σ' ένα πρόβλημα. Αν δεν υπάρχει πρόβλημα, δεν είναι δυνατόν να υπάρξει επιστημονική γνώση. Τίποτε δεν είναι αυτόνομο. Τίποτε δεν είναι δεδομένο. Τα πάντα είναι κατασκευασμένα.³ (σ. 14)

ΠΙΝΑΚΑΣ 2

Η επιστημονική μέθοδος στο Νηπιαγωγείο	Ο ρόλος της εκπαιδευτικού	Δραστηριότητες για το παιδί
Ελεύθερη παρατήρηση – δραστηριότητα	<ul style="list-style-type: none"> – Προσφέρει ένα πλούσιο και δημιουργικό υλικό – Ζητά να γίνουν διάφορες εξερευνήσεις – Οργανώνει και ανανεώνει το περιβάλλον της τάξης 	<ul style="list-style-type: none"> – Παρατηρεί και πειραματίζεται ελεύθερα
Αυθόρμητη έκφραση	<ul style="list-style-type: none"> – Ευνοεί τη λεκτική αλληλεπίδραση και διορθώνει τα λάθη διατύπωσης – Παρατηρεί τη νοητική συμπεριφορά και ζητά να εκφραστούν οι αντιλήψεις των παιδιών – Ταξινομεί τις αντιλήψεις των παιδιών και προτείνει ένα θέμα το οποίο θα διεγείρει την περιέργεια και το ενδιαφέρον τους 	<ul style="list-style-type: none"> – Επικοινωνεί με αυθόρμητο τρόπο
Διατύπωση ενός προβλήματος	<ul style="list-style-type: none"> – Θέτει το πρόβλημα αν το παιδί δεν είναι σε θέση να το κάνει 	<ul style="list-style-type: none"> – Αντιλαμβάνεται (συνειδητοποιεί, οικειοποιείται) το πρόβλημα που τίθεται από την εκπαιδευτικό – Το συγκεκριμενοποιεί με τον δικό του τρόπο
Διερεύνηση πιθανών λύσεων	<ul style="list-style-type: none"> – Διατυπώνει εκ των προτέρων ένα αποτέλεσμα σε σχέση με μια δραστηριότητα – Προτείνει περισσότερες από μία λύσεις 	<ul style="list-style-type: none"> – Προτείνει λύσεις στο πρόβλημα
Διερεύνηση των στοιχείων της απάντησης ή υποβολή σε δοκιμασία των διάφορων προτάσεων μέσα από μια κατάλληλη γι' αυτό διαδικασία	<ul style="list-style-type: none"> – Προσφέρει το κατάλληλο υλικό – Προτείνει δραστηριότητες με συγκεκριμένες οδηγίες – Παρεμβαίνει για να βοηθήσει το παιδί όταν αντιμετωπίζει δυσκολίες 	<ul style="list-style-type: none"> – Πειραματίζεται με περισσότερο συστηματικό τρόπο – Πραγματοποιεί τις δραστηριότητες που προτείνει η εκπαιδευτικός – Παρατηρεί
Παρουσίαση των αποτελεσμάτων	<ul style="list-style-type: none"> – Ευνοεί την παρουσίαση των αποτελεσμάτων (διαπιστώσεων) – Προτρέπει να παρουσιαστούν τα αξιόλογα συμπεράσματα με την κατάλληλη επικοινωνιακή μορφή 	<ul style="list-style-type: none"> – Παρουσιάζει τα αποτελέσματα (διαπιστώσεις) που προκύπτουν από τις παρατηρήσεις και τον πειραματισμό (λεκτικά, σχεδιαστικά κ.ά.)

ΠΙΝΑΚΑΣ 3

ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ	
Ανάδειξη, αναγνώριση και διατύπωση ενός προβλήματος	<ul style="list-style-type: none"> • «Τι, Πώς, Γιατί;» • «Τι θα συνέβαινε αν...;» • «Πώς κατασκευάζεται;» • Διατύπωση υποθέσεων
Συλλογή πληροφοριών	<ul style="list-style-type: none"> • Συστηματικές παρατηρήσεις • Απλές πειραματικές δραστηριότητες • Άλλες πηγές πληροφοριών
Επεξεργασία πληροφοριών	<ul style="list-style-type: none"> • Ταξινόμηση • Σύγκριση • Αναγνώριση και έλεγχος παραγόντων που επηρεάζουν μια φυσική μεταβολή • Μετρήσεις και υπολογισμοί • Ορθή χρήση πειραματικού υλικού
Ερμηνεία και παρουσίαση πληροφοριών	<ul style="list-style-type: none"> • Εξαγωγή συμπερασμάτων • Ικανότητα αποτελεσματικής επικοινωνίας με τον προφορικό ή τον γραπτό λόγο • Παρουσίαση αποτελεσμάτων με κωδικοποιημένη μορφή (σχέδια, διαγράμματα κ.λπ.)

Στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών το προς επίλυση πρόβλημα είναι δυνατόν να απορρέει είτε από μια επαγωγική διαδικασία, με την παράθεση μιας σειράς εντολών τις οποίες οι μαθητές πρέπει να εκτελέσουν πιστά ώστε «να πετύχει το πείραμα» (συνήθης στο ελληνικό αναλυτικό πρόγραμμα), είτε από τη λεγόμενη «διδακτική κατάσταση-πρόβλημα» (situation-problème), όπου οι μαθητές καλούνται να αναγνωρίσουν, να διατυπώσουν και να επιλύσουν ένα πρόβλημα διατυπώνοντας υποθέσεις και προτείνοντας μια πειραματική διαδικασία η οποία θα οδηγήσει στην επίλυσή του (Robardet, 2001). Ένα παράδειγμα εφαρμογής της προηγούμενης ταξινόμησης στην ελληνική πραγματικότητα μπορεί να βρει κανείς στη λεγόμενη «ανακαλυπτική επίδειξη», δηλαδή στη διδακτική αυτή μέθοδο με την οποία επιδιώκεται η ενεργοποίηση μεγάλου αριθμού μαθητών μέσα από μια διαδικασία αλληλεπίδρασης με τα πειράματα επίδειξης (Καριώτογλου και Κολιόπουλος, 1993). Οι μεθοδολογικοί στόχοι που ετέθησαν αφορούσαν τη διδασκαλία της έννοιας της ελαστικότητας στη β' γυ-

μνασίου και ήταν οι εξής: (α) Να διατυπώσουν οι μαθητές υποθέσεις σχετικά με το πώς βαθμολογείται ένα δυναμόμετρο, (β) να προτείνουν μια πειραματική διαδικασία για να επιβεβαιώσουν ή να απορρίψουν τις υποθέσεις τους, (γ) να μετρήσουν επιμηκύνσεις ελατηρίων, (δ) να αναγνωρίσουν πιθανά σφάλματα κατά τη διάρκεια των μετρήσεων και να προτείνουν τρόπους ελάττωσής τους, (ε) να εξαγάγουν ένα γενικό συμπέρασμα –τον νόμο της ελαστικότητας του Hooke– και να τον συσχετίσουν με την κατασκευή των δυναμόμετρων και, τέλος, (στ) να διατυπώσουν υποθέσεις για τα όρια γενίκευσης του νόμου.⁴

Τέλος, τα στοιχεία μεθοδολογίας των φυσικών επιστημών μπορεί να διαδοθούν με τη μορφή πλήρως *συγκροτημένων επιστημολογικών αντιλήψεων* για τη φύση και το περιεχόμενο των φυσικών επιστημών. Τα τελευταία χρόνια διευρύνεται όλο και περισσότερο η συζήτηση για τη διάδοση μεθοδολογικών στοιχείων σε σχέση με τη λεγόμενη «φύση» των φυσικών επιστημών (Matthews, 1998· Κουλαϊδής, Αποστόλου & Καμπουράκης, 2008). Για παράδειγμα, σε μια σειρά άρθρων του ο Hodson (1988a· 1988b) προτείνει την ανάπτυξη περισσότερο έγκυρων επιστημολογικά αναλυτικών προγραμμάτων φυσικών επιστημών τα οποία θα λαμβάνουν υπόψη τους τις σύγχρονες αντιλήψεις για την ανάπτυξη των φυσικών επιστημών, όπως την οικοδομιακή προσέγγιση του T. Kuhn. Αυτό θα είχε ως συνέπεια να αποκτήσουν οι μαθητές μεθοδολογικές δεξιότητες στο πλαίσιο της οικοδόμησης μιας συγκεκριμένης αντίληψης για τον ρόλο του πειράματος στις φυσικές επιστήμες (Hodson, 1988a). Όμως, η περαιτέρω μελέτη αυτού του επιπέδου διάδοσης των στοιχείων μεθοδολογίας των φυσικών επιστημών ξεφεύγει από τις επιδιώξεις αυτού του βιβλίου, αφού αφορά κυρίως τις υψηλότερες βαθμίδες της Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης.

(γ) Η διάδοση της πολιτισμικής συνιστώσας των φυσικών επιστημών

Η διάδοση των *πολιτισμικών χαρακτηριστικών* των φυσικών επιστημών μπορεί να συσχετιστεί, καταρχήν, με τα *προβλήματα και τις εμπειρίες της καθημερινής ζωής*. Αυτά τα προβλήματα και οι εμπειρίες μπορεί να αντιστοιχούν στο προσωπικό επίπεδο (π.χ. προσωπική στάση προς την εξοικονόμηση οικιακής ηλεκτρικής ενέργειας), στο κοινωνικό επίπεδο μιας κοινότητας (π.χ. υγεία και διατροφικές επιλογές) ή στο παγκόσμιο επίπεδο (π.χ. έλεγχος της ρύπανσης του διοξειδίου του άνθρακα). Η UNESCO με το Project 2000+ προτείνει σε εκπαιδευτικούς διάφορων βαθμίδων μια σειρά από θεματικές ενότητες και αντίστοιχες δραστηριότητες στα πλαίσια των οποίων είναι δυνατόν να επιτευχθεί αυτή η σύνδεση. Στον Πίνακα 4 παρατίθενται οι συγκεκριμένες θεματικές ενότητες.⁵ Η πραγμάτευση αυτών των εννοιών είναι δυνατόν να οδηγήσει στην κατανόηση της σχέσης φυσικών επιστημών και καθημερινής ζωής, των κινδύνων της καθημερινής ζωής και των διαδικασιών με τις οποίες συλλέγονται αξιόπιστες και έγκυρες πληροφορίες, αλλά και στο να εκτιμηθούν η φύση των φυσικών επιστημών και ο ρόλος τους στην κοινωνική και οικονομική ανάπτυξη (Project 2000+, 1999).

ΠΙΝΑΚΑΣ 4

A/a	Ενότητα	Θεματικό πεδίο
1	Αυτοκίνητα και ενέργεια	Μεταφορές
2	Πηγαίνοντας στο σχολείο	
3	Καύσιμα για το μέλλον	Καύσιμα
4	Προβλήματα με τα ορυκτά καύσιμα	
5	Εξόρυξη ορυκτών	
6	Ο κύκλος του νερού	Υδάτινοι πόροι
7	Πηγές πόσιμου νερού	
8	Διαχείριση υδάτινων πόρων	
9	Δάση για το μέλλον	Δασικοί πόροι
10	Τροπικά δάση	
11	Το ξύλο ως καύσιμο	
12	Το ξύλο ως δομικό υλικό	
13	Εργαλεία φτιαγμένα από ξύλο	
14	Βιοποικιλότητα	Γενετικές μεταβολές
15	Το κλωνοποιημένο πρόβατο	
16	Έρευνα για τη ρύπανση	Ρύπανση
17	Ανακύκλωση των σκουπιδιών	
18	Ηχορύπανση	
19	Συνδυάζοντας τη θερμότητα και την ισχύ	Παραγωγή ηλεκτρισμού
20	Ηλιακοί θερμοσίφωνες	
21	Φωτοβολταϊκά στοιχεία	
22	Αιολική ισχύς	
23	Οινόπνευμα στον οργανισμό σας	Διατροφή
24	Ελέγχοντας την ποιότητα των τροφίμων	
25	Η κατανόηση των ηλιακών εκλείψεων	Αστρονομία
26	Δουλεύοντας με αριθμούς	Μαθηματικά

Οι θεματικές αυτές ενότητες δεν είναι δυνατόν να αποτελούν πεδία συσχέτισης των φυσικών επιστημών με την καθημερινή ζωή για όλες τις βαθμίδες της εκπαίδευσης ούτε για όλα τα αντικείμενα διδασκαλίας. Οι Coquidé-Cantor και Giordan (1997), για παράδειγμα, προτείνουν μια σειρά από θεματικά πεδία τα οποία θεωρούν κατάλληλα περιβάλλοντα καθημερινών δραστηριοτήτων στα πλαίσια των οποίων θα μπορούσε να καλλιεργηθεί η επιστημονική γνώση στο επίπεδο της προσχολικής εκπαίδευσης. Τα πεδία αυτά είναι τα ακόλουθα: (α) «Ένα τεχνολογικό αντικείμενο: το φορητό μαγνητόφωνο», όπου είναι δυνατόν να μελετηθούν

τα χαρακτηριστικά και οι λειτουργίες διάφορων οικογενειών αντικειμένων από τα οποία αποτελείται ένα τεχνολογικό αντικείμενο, (β) «Η γωνιά της βοτανικής», όπου είναι δυνατόν να οργανωθούν δραστηριότητες σχετικές με διαδικασίες φυσικών επιστημών και να συζητηθούν θέματα μορφολογίας, τροφής, αναπνοής, ανάπτυξης και αναπαραγωγής των φυτών, (γ) «Ένα περιβαλλοντικό θέμα: το νερό», όπου η συζήτηση είναι δυνατόν να δομηθεί γύρω από την έννοια του κύκλου του νερού και όπου θα μελετηθούν θέματα όπως η τήξη του πάγου, η πήξη, η καθαρότητα και η ρύπανση του νερού, καθώς και η διαπνοή των φυτών, (δ) «Μια κατάσταση της καθημερινής ζωής: Σώμα και υγεία», όπου είναι δυνατόν τα παιδιά να ανακαλύψουν το σώμα τους αλλά και να οικοδομήσουν έννοιες για τη μορφολογία και τη φυσιολογία του εσωτερικού του σώματος μέσα από συζητήσεις και δραστηριότητες για την υγεία, και (ε) «Ένα πρόγραμμα: η διευθέτηση του χώρου της αυλής», όπου είναι δυνατόν να τεθούν προς επίλυση προβλήματα και να προταθούν λύσεις που απαιτούν γνώσεις φυσικών επιστημών και τεχνολογίας (π.χ. κατασκευή ενός ανεμόμυλου, χρήση της τεχνικής του κοσκινίσματος κ.λπ.). Ένα τελευταίο παράδειγμα όπου αναδεικνύεται η πολιτισμική διάσταση των φυσικών επιστημών είναι η διδασκαλία του εκκρεμούς. Πρόκειται για μια θεματική ενότητα η πολιτισμική διάσταση της οποίας απουσιάζει εν γένει από την παραδοσιακή διδασκαλία. Στον Πίνακα 5 παρουσιάζεται μια ακολουθία διδακτικών ενοτήτων για το εκκρεμές η οποία βασίζεται στο πρόβλημα της μέτρησης του χρόνου, που αναγορεύεται σε αναγκαίο στοιχείο της εκπαιδευτικής διαδικασίας (Κολιόπουλος, 2003: Δόσης, 2014). Στην πρόταση αυτή, η πολιτισμική συνιστώσα της επιστημονικής γνώσης όχι μόνο αποτελεί την καθοδηγητική αρχή μιας ευρείας θεματικής ενότητας, αλλά, συγχρόνως, λειτουργεί ως στοιχείο προσέγγισης της καθημερινής / τεχνολογικής πραγματικότητας και γνωριμίας με την επιστημονική/τεχνολογική παράδοση (π.χ. γνωριμία με το ηλιακό ρολόι και τον μηχανισμό των Αντικυθήρων) και αποκτά οργανική σχέση με την εννοιολογική (επιλέγεται να οικοδομηθεί η έννοια «περίοδος εκκρεμούς») και μεθοδολογική συνιστώσα (επιχειρείται μια υποθετικοπαραγωγική προσέγγιση της σχέσης ανάμεσα στην περίοδο του απλού εκκρεμούς, στο μήκος του νήματος του εκκρεμούς και στην επιτάχυνση της βαρύτητας), προσδίδοντας νόημα στη μελέτη αυτών των δύο συνιστωσών.

Τα τελευταία χρόνια, όλο και περισσότερο υποστηρίζεται η ιδέα τα προβλήματα και τα θέματα του καθημερινού και τεχνολογικού περιβάλλοντος να αποτελούν το σημείο εκκίνησης των εκπαιδευτικών προγραμμάτων των φυσικών επιστημών (context-based approach). Το ολλανδικό πρόγραμμα «PLON» (Lijnse et al., 1990) και το βρετανικό «Salters' Science» (Campbell et al., 1994) αποτελούν δύο χαρακτηριστικά παραδείγματα αυτής της προσέγγισης. Σε όλα τα προαναφερθέντα παραδείγματα η πολιτισμική συνιστώσα προηγείται της εννοιολογικής και μεθοδολογικής συνιστώσας της επιστημονικής γνώσης και εν πολλοίς τις καθορίζει, ενώ, συγχρόνως, φαίνεται ότι η προσέγγιση αυτή επηρεάζει θετικά τη μάθηση εννοιών και μεθόδων (Ramsden, 1997: Klassen, 2006).

ΠΙΝΑΚΑΣ 5

Δραστηριότητα-πρόβλημα	Εννοιολογικό πλαίσιο	Μεθοδολογικό πλαίσιο	Πολιτισμικό πλαίσιο
Γιατί υπάρχει ανάγκη η μέτρηση του χρόνου να είναι ακριβής;	– περιοδικότητα	– ακρίβεια μέτρησης	ηλιακό ρολόι, μηχανισμοί στην αρχαία Ελλάδα και στην Κύπρο, ρολόι-εκκρεμές, σύγχρονα ρολόγια
Πώς γίνεται η μέτρηση του χρόνου στο ρολόι-εκκρεμές;	– περίοδος/συχνότητα	– ακρίβεια μέτρησης – μέτρηση περιόδου εκκρεμούς, σφάλματα μέτρησης	
Πώς θα κατασκευάσουμε ένα ρολόι-εκκρεμές;	– περίοδος/συχνότητα – σχέση περιόδου/μήκους νήματος	– ακρίβεια μέτρησης – μέτρηση περιόδου εκκρεμούς, σφάλματα μέτρησης – ανάδειξη παραγόντων από τις οποίες εξαρτάται η περίοδος του εκκρεμούς	
Γιατί το εκκρεμές του Richer έχανε 2,5 λεπτά την ημέρα στην Cayenne;	– περίοδος/συχνότητα – σχέση περιόδου/βαρύτητας	– ανάδειξη παραγόντων από τις οποίες εξαρτάται η περίοδος του εκκρεμούς	Παραδείγματα από την ιστορία της επιστήμης (οι διαφορές στη μέτρηση του χρόνου)

Ένα δεύτερο επίπεδο στη διάδοση των πολιτισμικών χαρακτηριστικών των φυσικών επιστημών είναι το επίπεδο της συσχέτισής τους με την τεχνολογία. Η συσχέτιση αυτή γίνεται όλο και περισσότερο αναγκαία όχι μόνο επειδή η καθημερινή ζωή απαιτεί όλο και περισσότερο τη χρήση τεχνικών και τεχνολογιών αλλά και επειδή τεχνολογικά αντικείμενα, τεχνικές και τεχνολογίες συνιστούν κατάλληλα πεδία ανάπτυξης ενδιαφερόντων και δημιουργίας θετικών στάσεων για μαθητές και εκπαιδευτικούς, που μπορούν να οδηγήσουν στην οικοδόμηση της επιστημονικής γνώσης. Ακόμα και για την προσχολική εκπαίδευση φαίνεται ότι η γνωριμία με την ιστορία, τα χαρακτηριστικά, τις λειτουργίες και τις συνθήκες της κατασκευής διάφορων τεχνολογικών αντικειμένων είναι δυνατόν να συσχετιστεί ικανοποιητικά με την οικοδόμηση εννοιών των φυσικών επιστημών και την ανάπτυξη μεθοδολογικών δεξιοτήτων των φυσικών επιστημών και της τεχνολογίας. Ο Πίνακας 6 θεωρούμε ότι αποδίδει λεπτομερώς αυτή τη συσχέτιση (Martinand, 1995).

ΠΙΝΑΚΑΣ 6

ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ	ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ	ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ	ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ	ΠΡΟΪΟΝΤΑ
ΠΩΣ ΕΙΝΑΙ	– Μαγνητόφωνο	– Ποιες είναι οι διαστάσεις; – Υπάρχει σε άλλα σχήματα ή μορφές; – Υπάρχει περιβλημα;	– Συγκρίσεις – Ταξινομήσεις – Διαλογή – Εκθέσεις	– Εικονικές αναπαραστάσεις (σχέδια) – Ετικέτες «μουσείου» – Ταυτότητα του αντικειμένου
Η ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ – Σχέσεις με τον χρήστη		– Πώς το χρησιμοποιούμε; – Υπάρχουν συγκεκριμένοι κανόνες; – Πώς το εγκαθιστούμε; – Πώς το τοποθετούμε;	– Δοκιμή, ψηλάφισμα – Δοκιμασίες: όριο θραύσης, διάρκεια ζωής	– Κανόνες χρήσης – Οδηγίες συναρμολόγησης
Η ΙΣΤΟΡΙΑ ΤΟΥ		– Από πότε υπάρχει; – Ποιος το ανακάλυψε; – Πώς εξελίχθηκε;	– Συγκέντρωση στοιχείων – Έκθεση – Στήσιμο ενός «μουσείου» – Επισκέψεις (μουσείων κ.λπ.)	– Αφίσες – Το βιβλίο του ...
Η ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΤΟΥ – Διαδικασία – Τεχνικές – Τόπος παραγωγής		– Πώς κατασκευάζεται; – Πού; – Τρόποι κατασκευής (βιοτεχνία, βιομηχανία)	– Συγκέντρωση στοιχείων – Επισκέψεις στους χώρους κατασκευής	– Κατασκευές αντικειμένων – Εικονικές αναπαραστάσεις (οργανογράμματα)
ΤΑ ΥΛΙΚΑ		– Από τι είναι φτιαγμένο; – Φύση και χαρακτηριστικά των υλικών – Ιδιότητες των υλικών	– Αναγνώριση των υλικών – Δοκιμασίες ιδιοτήτων – Συγκέντρωση στοιχείων – Επισκέψεις χώρων παρασκευής υλικών	– Πίνακες – Αφίσες
Η ΔΟΜΗ ΤΟΥΣ – Σύσταση – Μηχανισμοί – Λειτουργία		– Από τι αποτελείται; – Από πόσα μέρη αποτελείται; – Σε τι χρησιμεύουν; – Πώς λειτουργεί;	– Αποσυναρμολόγηση – Περιγραφές	– Μακέτες για περιγραφή και κατανόηση

Το τεχνολογικό πρόβλημα διαφέρει πλήρως από το επιστημονικό πρόβλημα. Η κατασκευή ενός υλικού τεχνήματος απαιτεί γνώσεις και δεξιότητες που αντιστοιχούν όχι μόνο σε γνώσεις διάφορων φυσικών επιστημών αλλά και σε κοινωνικές πρακτικές που σχετίζονται με την αξιολογία, τη λειτουργικότητα, την ενεργειακή ή/και την οικονομική απόδοση κ.λπ. Για παράδειγμα, το πρόβλημα της ενεργειακής απόδοσης των οικιακών ηλεκτρικών συσκευών δεν είναι πρόβλημα των φυσικών επιστημών, αλλά κοινωνικό πρόβλημα. Κατά συνέπεια, το όλο εγχείρημα απαιτεί μια διαθεματική προσέγγιση η οποία καθοδηγείται από τη φύση και τα χαρακτηριστικά του προς επίλυση κατασκευαστικού προβλήματος. Στην περίπτωση αυτή πρόκειται για έναν διδακτικό μετασχηματισμό διεπιστημονικών σχέσεων που συγκροτούνται κατά τη «συνολική πραγμάτευση πραγματικών φαινομένων κατά την αντιμετώπιση πρακτικών προβλημάτων» (Μπαλτάς, 1983). Ο Μπαλτάς αναφέρει, επίσης, ότι «οι σχέσεις 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» (σ. 18). Συνεπώς, «η τελική λύση του προβλήματος το οποίο διαμορφώθηκε εξωεπιστημονικά επιλέγεται εξωεπιστημονικά. Οι σχετικές επιστήμες υπεισέρχονται μόνο σε αυτή καθαυτή τη διαδικασία επίλυσης για να διαμορφώσουν απλώς προτάσεις, για να ορίσουν το πεδίο των δυνατών λύσεων» (σ. 18). Στην Πρωτοβάθμια αλλά κυρίως στη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση η σχέση φυσικών επιστημών και τεχνολογίας γίνεται περισσότερο πολύπλοκη, και δεν είναι στις προθέσεις μας μια διεξοδική ανάλυση αυτών των σχέσεων. Ο Layton (2004) αναφέρει ορισμένους τρόπους με τους οποίους έχουν συνδεθεί οι φυσικές επιστήμες με την τεχνολογία, όπως τα προγράμματα Επιστήμης-Τεχνολογίας-Κοινωνίας, και η χρήση της γνώσης των φυσικών επιστημών ως μέσου για την ανάπτυξη τεχνολογικών ικανοτήτων (π.χ. η χρήση του πειραματικού ελέγχου όταν μαθητές του δημοτικού σχολείου προσπαθούν να βρουν έναν σωστό τρόπο για να ελέγξουν την καταλληλότητα διάφορων υλικών για κάποια κατασκευή).

Η ανάδειξη της πολιτισμικής συνιστώσας των φυσικών επιστημών μέσω της ιστορίας τους αποτελεί ένα άλλο επίπεδο διάδοσης αυτής της συνιστώσας. Η κατανόηση της ιστορικότητας της επιστημονικής γνώσης συνίσταται στην κατανόηση του ότι «οι ιδεολογικοί προσανατολισμοί των επιστημόνων, το πολιτισμικό τους περιβάλλον, οι φιλοσοφικές τους πεποιθήσεις και οι οντολογικές τους δεσμεύσεις επηρέασαν τη διαμόρφωση των χαρακτηριστικών του φαινομένου της επιστήμης» (Γαβρόγλου, 2004). Δεν υπάρχει συμφωνία για τους τρόπους εισαγωγής στοιχείων της ιστορίας των φυσικών επιστημών στην εκπαίδευση των φυσικών επιστημών (Matthews, 2015⁶: Κολιόπουλος, 2012). Η περίπτωση του «Harvard Project Physics» αποτελεί ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα συστηματικής οργάνωσης του αναλυτικού προγράμματος προς την κατεύθυνση αυτή. Προτείνονται όμως και «τοπικές» προσεγγίσεις μέσω της λεγόμενης «αφηγηματικής» (story-line) προσέγγισης. Οι Stinner et al. (2003) προτείνουν στους εκπαιδευτικούς όλων των βαθμίδων ένα μεθοδολογικό εργαλείο κατασκευής μελετών

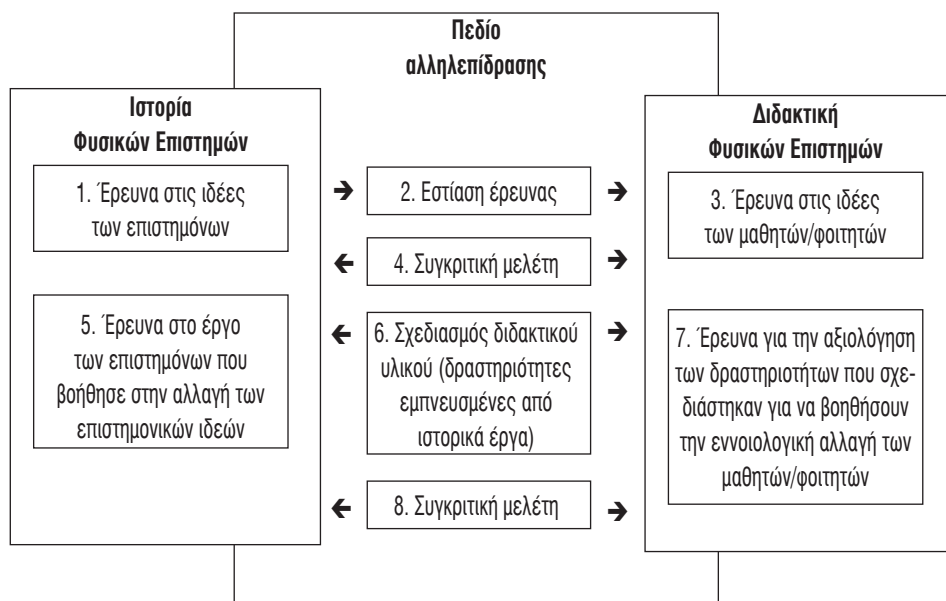
ιστορικών περιπτώσεων. Στη βαθμίδα της προσχολικής εκπαίδευσης, για παράδειγμα, προτείνεται η χρήση ιστορικών επεισοδίων, όπως η ιστορία του ηλιακού ρολογιού και οι πειραματικές δραστηριότητες του Νεύτωνα με τα γυάλινα πρίσματα. Οι Σέρογλου και Κουμαράς (2000) επίσης ανέπτυξαν ένα ερευνητικό εργαλείο με το οποίο είναι δυνατόν να σχεδιαστούν διδακτικές δραστηριότητες εμπνευσμένες από την ιστορία των φυσικών επιστημών με στόχο τη γνωστική πρόοδο των μαθητών. Το εργαλείο αυτό, μια σχηματική παράσταση του οποίου φαίνεται στο Σχήμα 1, εφαρμόστηκε στις περιπτώσεις μηχανικών και ηλεκτρομαγνητικών φαινομένων, όπου αποδείχθηκε ότι μαθητές της υποχρεωτικής εκπαίδευσης που έλαβαν μέρος στις δραστηριότητες σημείωσαν γνωστική πρόοδο.

Τέλος, η συσχέτιση της επιστημονικής γνώσης με την *τέχνη*, την *κοινωνία*, την *πολιτική* και την *ιδεολογία* (Fourrez, 1997) αποτελεί ένα άλλο επίπεδο διάδοσης των πολιτισμικών χαρακτηριστικών των φυσικών επιστημών. Αναφέρουμε ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα τέτοιων συσχετίσεων που αφορά τον διάλογο που έχει αναπτυχθεί τα τελευταία χρόνια στην κοινωνία και στην εκπαίδευση, είτε σε θεωρητικό επίπεδο είτε σε περιβάλλον εκλαΐκευσης αυτού του διαλόγου σε μουσεία φυσικών επιστημών και σε μουσεία τέχνης ή ακόμα και στην τυπική εκπαίδευση. Η έκθεση *Aux origines de l'abstraction* (Musée d'Orsay, 2003) από τη μεριά των εικαστικών τεχνών ή η έκθεση *Lumière, Couleur – Dialogues entre art et sciences* (Lafait et al., 2005) από τη μεριά των φυσικών επιστημών 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 σχετικά με τη φύση και τη διάδοση του φωτός τις ιδέες των νεο-ιμπρεσιονιστών ζωγράφων ή των πρώιμων αφαιρετικών ζωγράφων για τη χρήση του χρώματος, με ποιες μεθόδους οι φυσικές επιστήμες συμβάλλουν στην ανάλυση και στη 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 στο πλαίσιο αυτού του διαλόγου και τα οποία μπορούν να αποτελέσουν αντικείμενα επιστημονικής καλλιέργειας (Arapaki και Koliopoulos, 2010· Αραπάκη, 2013).

Όπως ίσως φαίνεται από τα προηγούμενα, το περιεχόμενο της επιστημονικής καλλιέργειας μπορεί να προσεγγιστεί από τρεις τουλάχιστον διαφορετικές οπτικές γωνίες. Η έμφαση μπορεί να δοθεί στην οικοδόμηση εννοιολογικών δικτύων, στην οικοδόμηση στοιχείων μεθοδολογίας ή στην ανάπτυξη της πολιτισμικής διάστασης των φυσικών επιστημών. Το επίπεδο της γενικής καλλιέργειας, η βαθμίδα και το είδος της εκπαίδευσης, οι γνωστικές ανάγκες των ατόμων ή των ομάδων αποτελούν μερικούς από τους παράγοντες που επηρεάζουν τις εκάστοτε επιλογές. Τα πράγματα δεν είναι περισσότερο απλά όταν το ερώτημα της διάδοσης της επιστημονικής γνώσης αναφέρεται στους μηχανισμούς διάδοσής της και στις

αντίστοιχες διδακτικές διαδικασίες. Στο επόμενο κεφάλαιο θα ασχοληθούμε με αυτό το ζήτημα και ειδικότερα με εκείνες τις μορφές εκπαίδευσης οι οποίες φαίνεται να προωθούν τον στόχο της επιστημονικής καλλιέργειας.

ΣΧΗΜΑ 1



ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ

1. Ο όρος «επιστημονική καλλιέργεια» (culture scientifique) προέρχεται από τη γαλλική παράδοση. Στην αγγλοσαξονική παράδοση αντ' αυτού χρησιμοποιούνται οι όροι «δημόσια κατανόηση της επιστήμης» (public understanding of science) ή «επιστημονικός αλφαριθμητισμός» (scientific literacy). Δεν είναι στις προθέσεις μας να αναζητήσουμε διαφορές και ομοιότητες στο περιεχόμενο των όρων αυτών, οι οποίοι, ούτως ή άλλως, έχουν χαρακτηριστεί ως αμφίσημες και αντιφατικές έννοιες αφού χρησιμοποιούνται από κοινότητες με διαφορετικά ενδιαφέροντα σε σχέση με τη διάδοση της επιστημονικής γνώσης, όπως η σχολική κοινότητα και η κοινότητα των ερευνητών της Διδακτικής των φυσικών επιστημών, η κοινότητα των ανθρώπων που ασχολούνται με τη διάδοση των φυσικών επιστημών στο ευρύ κοινό, η κοινότητα των κοινωνιολόγων της επιστήμης κ.λπ. (Laugksch, 2000). Θα προτιμήσουμε όμως τον όρο «επιστημονική καλλιέργεια» διότι θεωρούμε ότι ταιριάζει καλύτερα στο νόημα που αποδίδουμε σε αυτόν, επισημαίνοντας ταυτόχρονα ότι το βιβλίο αυτό πραγματεύεται την επιστημονική καλλιέργεια και τη σχέση της με το μουσείο φυσικών επιστημών από τη σκοπιά του ελληνικού τυπικού εκπαιδευτικού συστήματος.

2. Η πραγμάτευση της έννοιας «εξηγητικό μοντέλο φυσικών επιστημών» και της διαδικα-

σίας οικοδόμησης ενός τέτοιου μοντέλου από μαθητές («μοντελοποίηση») ξεφεύγει από τα όρια αυτού του βιβλίου. Περισσότερες πληροφορίες μπορεί να βρει κανείς στο Martinand (2003).

3. Η μετάφραση στα ελληνικά είναι του Σ. Μπάλια και βρίσκεται στο Γ. Κουζέλη (επιμ.) (1993), σ. 334.

4. Το λεπτομερές σχέδιο μαθήματος υπάρχει στο Καριώτογλου Π. και Κολιόπουλος Δ. (1993).

5. Το εκπαιδευτικό υλικό του προγράμματος «Project 2000+» έχει μεταφραστεί στα ελληνικά και διατίθεται σε εκπαιδευτικούς που επιθυμούν να το αξιοποιήσουν για εκπαιδευτικούς σκοπούς από το Εργαστήριο Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών του Τμήματος Επιστημών της Εκπαίδευσης και Αγωγής στην Προσχολική Ηλικία (ΤΕΕΑΠΗ) του Παν/μίου Πατρών.

6. Παλαιότερη έκδοση του βιβλίου έχει μεταφραστεί στα ελληνικά από τη Φ. Σέρογλου. Ο ελληνικός τίτλος είναι: *Διδάσκοντας φυσικές επιστήμες. Ο ρόλος της ιστορίας και φιλοσοφίας των φυσικών επιστημών στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών* (εκδόσεις Επίκεντρο).

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ

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

Agabra, J. et al. (1979). *Sciences Physiques, Collection Libres Parcours*, Hachette (Βιβλίο καθηγητή).

Arapaki, X. και 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.

Astolfi, J.P. και Develay, M. (1989). *La Didactique des Sciences*. Presses Universitaires de France.

Bachelard, G. (1980). *La formation de l'esprit scientifique*. Librairie Philosophique J. Vrin.

Bensaude-Vincent, B. (2001). «A genealogy of the increasing gap between science and the public». *Public Understanding of Science*, 10, 99-113.

BUP (Bulletin de l'Union des Physiciens) (1992). Les projets d'actions éducatives, 746.

Bybee, R. (1997). «Toward an Understanding of Scientific Literacy». Στο W. Gräber και O. Bolte (επιμ.), *Scientific Literacy, An International Symposium*. IPN. University of Kiel.

— (2013). *The case for STEM education: Challenges and opportunities*. NSTA Press.

Bybee, R. και DeBoer, G. (1994). «Research on goals for the science curriculum». Στο D. Gabel (επιμ.), *Handbook of research on science teaching and learning*. McMillan Publishing Co.

Γαβρόγλου, Κ. (2004). *Το παρελθόν των επιστημών ως ιστορία*. Πανεπιστημιακές εκδόσεις Κρήτης.

Γραμματικάκης, Γ. (1996). «Η επιστήμη ως συνιστώσα πολιτισμού». *Κοσμογραφήματα*. Πόλις, 35-43.

Campbell, B., Lazonby, J., Millar, R., Nikolson, P., Ramsden, J. και Waddington, D. (1994). «Science: The Salters' Approach – A Case Study of the Process of Large Scale Curriculum Development». *Science Education*, 78, 5, 415-447.

Coquidé-Cantor, M. και Giordan, A. (1997). *L'enseignement scientifique à l'école maternelle*. Z' Editions.

Όλο και περισσότερα εκπαιδευτικά συστήματα αναγνωρίζουν την ιδιαίτερη σημασία της πολιτισμικής διάστασης των φυσικών επιστημών και, συνεπώς, την ανάγκη ν' αποτελέσουν αντικείμενο εκπαίδευσης για όλο και περισσότερους πολίτες από τις πιο μικρές ηλικίες. Οι βαθιές αλλαγές που σημειώθηκαν τα τελευταία χρόνια στις αντιλήψεις για το περιεχόμενο και τις μεθόδους της εκπαίδευσης στις φυσικές επιστήμες έδωσαν χώρο να αναπτυχθούν κατάλληλα εκπαιδευτικά περιβάλλοντα για την υλοποίηση αυτού του στόχου.

Αντικείμενο αυτού του βιβλίου αποτελεί η συστηματική προσέγγιση, από τη σκοπιά της Διδακτικής των φυσικών επιστημών, ενός εκπαιδευτικού περιβάλλοντος όπου συναντώνται η σχολική εκδοχή της γνώσης των φυσικών επιστημών με την εκλαϊκευτική γνώση που προσφέρει το μουσείο φυσικών επιστημών. Συζητούνται τόσο θεωρητικά ζητήματα, όπως η φύση και το περιεχόμενο της έννοιας του μουσείου φυσικών επιστημών, όσο και οι πρακτικές δυνατότητες προσέγγισής του από την πλευρά του ελληνικού τυπικού εκπαιδευτικού συστήματος. Η νέα αυτή έκδοση του βιβλίου, το οποίο κυκλοφόρησε για πρώτη φορά το 2004, ανανεώνει και επικαιροποιεί τη σχετική βιβλιογραφία, συμπληρώνει με περιφερειακά ζητήματα τον υπάρχοντα θεωρητικό ιστό, εισάγει διευκρινίσεις και εκλεπτύνσεις στο επίπεδο της μεθοδολογίας έρευνας ενώ, συγχρόνως, εμπλουτίζει τα πρακτικά ζητήματα που ενδιαφέρουν εκπαιδευτικούς, φοιτητές και ερευνητές όλων των βαθμίδων της εκπαίδευσης με νέες εφαρμογές που αναπτύχθηκαν την περίοδο από την πρώτη έκδοση μέχρι σήμερα.

Ο **Δημήτρης Κολιόπουλος** είναι Καθηγητής στο Τμήμα Επιστημών της Εκπαίδευσης και Αγωγής στην Προσχολική Ηλικία (ΤΕΕΑΠΗ) του Πανεπιστημίου Πατρών. Αποφοίτησε το 1979 από τη Φυσικομαθηματική Σχολή του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης και είναι διδάκτορας των Επιστημών της Αγωγής του Πανεπιστημίου Πατρών με μεταπτυχιακές σπουδές στην Επιστημονική Μουσειολογία στο Πανεπιστήμιο Paris 7. Τα ερευνητικά του ενδιαφέροντα επικεντρώνονται στη μελέτη των επιστημολογικών και διδακτικών διαστάσεων του μετασχηματισμού της επιστημονικής γνώσης σε σχολική γνώση φυσικών επιστημών σε τυπικά ή μη τυπικά εκπαιδευτικά περιβάλλοντα και στην ανάπτυξη αντίστοιχου διδακτικού υλικού. Επί μακρόν ασχολείται με την επιμόρφωση εκπαιδευτικών οι οποίοι διδάσκουν φυσικές επιστήμες σε διάφορες βαθμίδες της εκπαίδευσης.

ISBN:978-618-03-1135-8



9 786180 311358

ΒΟΗΘ. ΚΩΔ. 81135