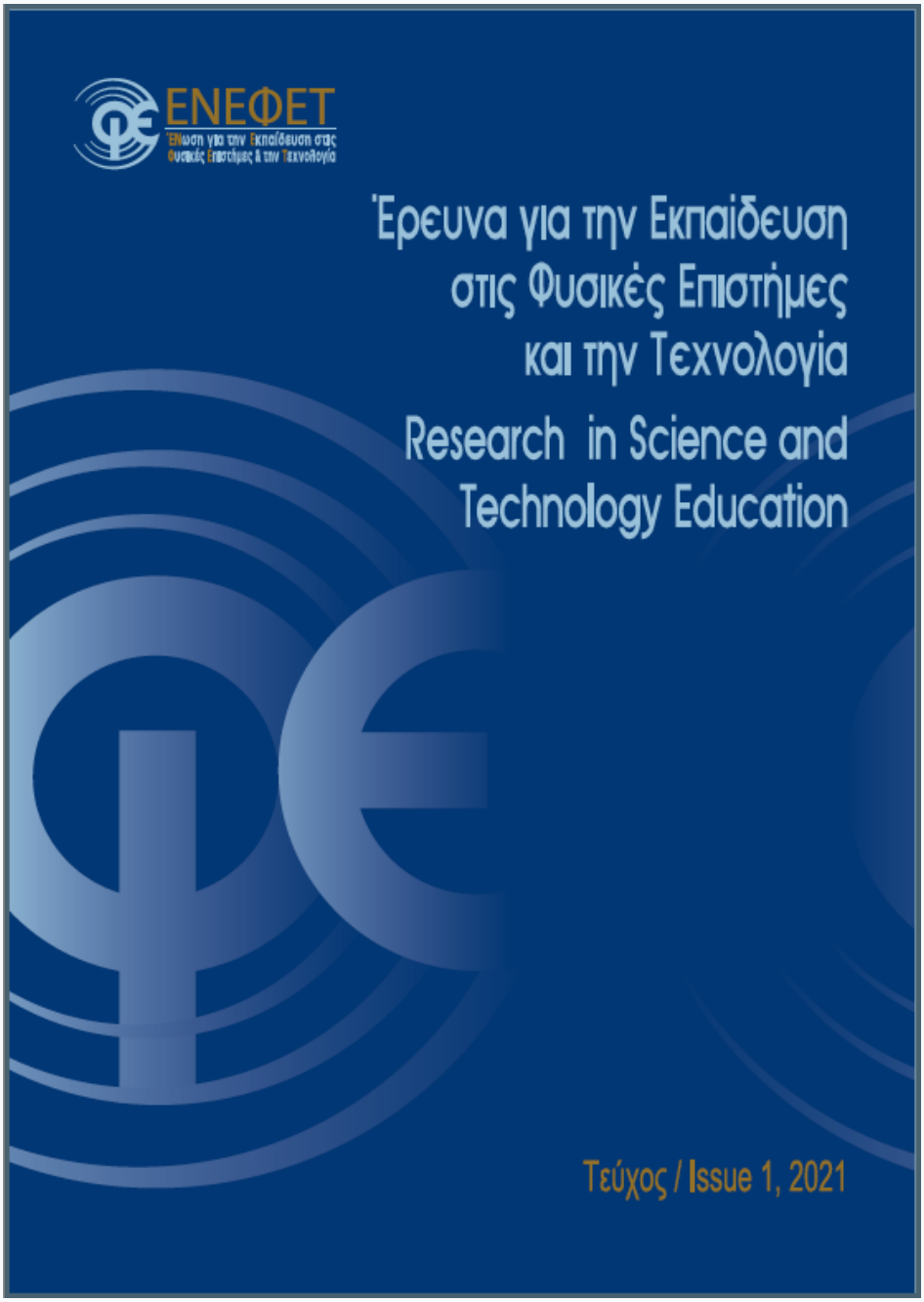
ePublishing
ΕΘΝΙΚΟ ΚΕΝΤΡΟ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗΣ
NATIONAL DOCUMENTATION CENTRE

Έρευνα για την Εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες και την Τεχνολογία

Τόμ. 1, Αρ. 1 (2021)

Ειδικό Τεύχος



https://epublishing.ekt.gr | **e-Εκδότης:** ΕΚΤ | **Πρόσβαση:** 30/12/2025 23:59:15

ΕΝΕΦΕΤ
ΈΝωση για την Εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες & την Τεχνολογία

Έρευνα για την Εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες και την Τεχνολογία

Research in Science and Technology Education

Τεύχος / Issue 1, 2021

ΕΝΕΦΕΤ
Ένωση για την Εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες & την Τεχνολογία

Περιοδικό «**Έρευνα για την Εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες και την Τεχνολογία» / Research in Science and Technology Education**"

www.enephet.gr
E-mail: info@enephet.gr

ISSN: 2732-8546

Εκδότης: ΕΝΕΦΕΤ / Ένωση για την Εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες & την Τεχνολογία
www.enephet.gr

Ηλεκτρονικός εκδότης: Εθνικό Κέντρο Τεκμηρίωσης

Εξώφυλλο - Σελιδοποίηση: Κωνσταντίνα Μεταξά, Γραφίστας, Μελος ΕΤΕΠ Πανεπιστημίου Κρήτης

Έρευνα για την Εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες και την Τεχνολογία

Research in Science and Technology Education

Τεύχος / Issue 1, 2021

ΕΝΕΦΕΤ
ΈΝωση για την Εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες & την Τεχνολογία

ΕΝΕΦΕΤ

Ένωση για την Εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες & την Τεχνολογία

www.enephet.gr, e-mail: info@enephet.gr

Εκδότης

Άννα Σπύρτου, Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας
(Πρόεδρος ΕΝΕΦΕΤ)

Δημήτριος Σταύρου, Πανεπιστήμιο Κρήτης
(Αντιπρόεδρος ΕΝΕΦΕΤ)

Συντακτική Επιτροπή

Πηνελόπη Παπαδοπούλου, Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας
(Γενική Γραμματέας ΕΝΕΦΕΤ)

Κωνσταντίνα Στεφανίδου, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών
(Ειδική Γραμματέας ΕΝΕΦΕΤ)

Λεμονιά Αντώνογλου, Ιόνιο Πανεπιστήμιο
(Ταμίας ΕΝΕΦΕΤ)

Σπυρίδων Κόλλας, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
(Μέλος Δ.Σ. ΕΝΕΦΕΤ)

Ιωάννης Λεύκος, Πανεπιστήμιο Μακεδονίας
(Μέλος Δ.Σ. ΕΝΕΦΕΤ)

Αναστάσιος Μολοχίδης, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης
(Μέλος Δ.Σ. ΕΝΕΦΕΤ)

Ιωάννης Σταράκης, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών
(Μέλος Δ.Σ. ΕΝΕΦΕΤ)

Περιεχόμενα

1. Σχεδιασμός, Εφαρμογή και Αξιολόγηση μιας Σειράς Μαθημάτων πάνω στην Περιβαλλοντική Αγωγή Υγείας με Στόχο τον Επιστημονικό Εγγραμματισμό των Μελλοντικών Εκπαιδευτικών
Κυριάκος Αθανασίου 1

2. Η Επιστημονική-Εκπαιδευτική Μέθοδος με Διερεύνηση και Καλές Πρακτικές
Γεώργιος Θεοφ. Καλκάνης 21

3. Ο Διδακτικός Μετασχηματισμός Περιεχομένου και η Αναγκαιότητα στη Διδακτική Φυσικών Επιστημών: Ζητήματα, Ευρήματα και Προτάσεις
Πέτρος Π. Καριώτογλου 39

4. Απόψεις για τη Διδακτική της Επιστήμης και της Τεχνολογίας
Παναγιώτης Γ. Μιχαηλίδης 63

5. Συμβολή στην Έρευνα για τη Λύση Προβλημάτων Χημείας
Γεώργιος Τσαπαρλής 87

6. Γενικότερα Εκπαιδευτικά Ζητήματα που Αναδύονται μέσα από την Έρευνα στη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών
Βασίλης Τσελφές 111

7. Διερεύνηση Μαθησιακών Διεργασιών και Ανάπτυξη Μεθόδων Διδασκαλίας και Αξιολόγησης
Χρύσα Τζουγκράκη 133

8. 1999-2020: Στιγμιότυπα από τις Ερευνητικές μου Αναζητήσεις
Κρυσταλλία Χαλκιά 167

9. Διδακτική Φυσικών Επιστημών και Ψηφιακές Τεχνολογίες: Όψεις και Μετασχηματισμοί
Δημήτρης Ψύλλος 191

Σχεδιασμός, Εφαρμογή και Αξιολόγηση μιας Σειράς Μαθημάτων πάνω στην Περιβαλλοντική Αγωγή Υγείας με Στόχο τον Επιστημονικό Εγγραμματισμό των Μελλοντικών Εκπαιδευτικών

Κυριάκος Αθανασίου
Ομότιμος Καθηγητής, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών
kathanas@ecd.uoa.gr

Περίληψη

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η ανάδειξη ζητημάτων Επιστημονικού Εγγραμματισμού που χαρακτηρίζουν την Ελληνική κοινωνία σε θέματα Περιβάλλοντος και Υγείας και η ανάγκη της ενσωμάτωσης της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και της Βιολογίας με την Αγωγή Υγείας και την Περιβαλλοντική Εκπαίδευση. Αυτό γίνεται μέσα από την παρουσίαση παραδειγμάτων από την βιβλιογραφία αλλά και από προηγούμενες προσωπικές μελέτες που καταδεικνύουν πως η συγκεκριμένη κοινωνία χαρακτηρίζεται από ένα σημαντικό έλλειμμα στον τομέα αυτό. Κάνω μία ιστορική και προσωπική αναδρομή πάνω στην ανάπτυξη του κλάδου της Περιβαλλοντικής Υγιεινής και Γενετικής και προσπαθώ να καταδείξω, την ιστορία του συγκεκριμένου κλάδου της επιστήμης, όπως είχα το προνόμιο να βιώσω και να παρακολουθήσω σχεδόν εν τη γενέσει του. Τέλος, παρουσιάζεται μία πρόταση ενός κύκλου πανεπιστημιακών μαθημάτων προσαρμοσμένου στις ανάγκες των εκπαιδευτικών καθώς και η αξιολόγησή του. Η τελευταία έγινε από ένα αριθμό 153 φοιτητών/τριών, που το βαθμολόγησαν με υψηλά σκορ στην κλίμακα Likert, φανερώνοντας την αναγκαιότητα για μια τέτοια πρόταση.

Λέξεις-κλειδιά: Επιστημονικός Εγγραμματισμός, Αγωγή Υγείας, Μαθήματα.

Abstract

The aim of this paper is to highlight issues of scientific literacy that characterize the Greek society in environmental and health issues, and the need to integrate the Teaching of Science and Biology with Health and Environmental Education. This is accomplished by the means of a presentation of examples from the literature and from previous personal studies, as well, a fact indicating that this

society is characterized by a significant deficit in these matters. Then, I take a historical and personal look on the evolution of the field of environmental health and genetics and try to review its history, as I had the privilege of experiencing almost in its birth. Finally, it is presented, a proposal for a university course adapted to the needs of teachers, together with its evaluation. The latter was made through the response to a questionnaire of 153 students, who highly rated the course on the Likert scale, revealing the need for such a proposal.

Key words: Scientific literacy, Environmental health, course.

Εισαγωγή

Κάνοντας χρήση μιας συσσωρευμένης εμπειρίας που αποκτήθηκε και κατά τη διάρκεια γένεσης του κλάδου της Περιβαλλοντικής Γενετικής (Heddle & Athanasiou, 1973), αλλά και μετά από μια μακρόχρονη θητεία στην έρευνα για το περιβάλλον και την υγεία, καθώς και στη διδασκαλία της Αγωγής Υγείας προσπαθήσαμε να οργανώσουμε μια σειρά μαθημάτων που αποσκοπούσαν στην βελτίωση του Επιστημονικού Εγγραμματισμού (ΕΕ) σε θέματα Περιβαλλοντικής Αγωγής Υγείας. Ο σχεδιασμός του παρόντος κύκλου των μαθημάτων που στόχευε σε ένα πανεπιστημιακό ακροατήριο φοιτητών από διαφορετικά έτη σπουδών, σε συνδυασμό με τον τρόπο εφαρμογής του μαθήματος έτυχε ευρείας αποδοχής από το συγκεκριμένο ακροατήριο, γεγονός που καταδεικνύει αφενός την ανάγκη που αισθάνονται οι μελλοντικοί εκπαιδευτικοί για μαθήματα που έχουν να κάνουν με την καθημερινότητα και τη δική τους και των μελλοντικών μαθητών τους και αφετέρου, το ενδιαφέρον που παρουσιάζει το συγκεκριμένο γνωστικό αντικείμενο. Η πολύ θετική αξιολόγηση του μαθήματος από τους ίδιους τους φοιτητές και τις φοιτήτριες, μας έδωσε το έναυσμα για περιγραφή της εμπειρίας. Η εμπειρία αυτή αποτυπώνεται στην παρούσα εργασία, στην οποία εξετάζεται κατ' αρχήν η ανάγκη για βελτίωση του ΕΕ. Πιο συγκεκριμένα συζητάμε: Το έλλειμμα που φαίνεται να υπάρχει στην ελληνική κοινωνία και την ανάγκη για επιμόρφωση με στόχο τη βελτίωση του ΕΕ, γενικά, καθώς και το έλλειμμα στην ελληνική κοινωνία σε ειδικά θέματα ΕΕ, όπως αυτά που σχετίζονται με την εξοικείωση σε θέματα Περιβαλλοντικής Υγείας.

Μερικά παραδείγματα για το έλλειμμα που υπάρχει στην ελληνική κοινωνία σε ζητήματα Επιστημονικού Εγγραμματισμού

Α. Απόψεις Ελλήνων φοιτητών και εκπαιδευτικών για τη Φύση της Επιστήμης

Είναι γνωστό στους κύκλους των ειδικών που ασχολούνται με τη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών (ΦΕ) και όχι μόνο, πως ένας δείκτης Επιστημονικού Εγγραμματισμού και Επιστημονικής Επάρκειας, είναι η εξοικείωση με τη Φύση της Επιστήμης (Nature of Science) (McComas, 2008). Για το λόγο αυτό, εξετάσαμε σε μια σειρά ερευνών (ποσοτικών

και ποιοτικών) που διενεργήσαμε ανάμεσα σε Έλληνες εκπαιδευτικούς, καθώς και σε φοιτητές/τριες τις απόψεις τους για τη Φύση της Επιστήμης (ΦτΕ) ως δείκτη ΕΕ. Σε ότι αφορά στους φοιτητές/τριες το ερωτηματολόγιο αποτελείτο από είκοσι-εννέα (21) ερωτήσεις κλειστού τύπου, διαβαθμισμένης πεντάβαθμης κλίμακας τύπου Likert με βαθμό από 1-5. Για την περιγραφή των απαντήσεων των φοιτητών/ριών στα ερωτηματολόγια χρησιμοποιήθηκαν οι μέσοι όροι και οι τυπικές αποκλίσεις των παραπάνω μεταβλητών. Τα αποτελέσματα της μελέτης έδειξαν μια κατανόηση της ΦτΕ αρκετά χαμηλή (Μ.Τ. = 3,74 (± 0,40) (Πίνακας 1).

Πίνακας 1: Βαθμός κατανόησης φοιτητριών/ών ΤΕΑΠΗ ΕΚΠΑ για τη ΦτΕ (Παντελαίου, 2013)

	Μέση τιμή (N=137)
Αντιλήψεις για τη ΦτΕ	3,74± 0.40

Σε ότι αφορά τους εκπαιδευτικούς, οι απόψεις τους για τη φύση της επιστήμης ποικίλουν. Οι περισσότεροι Έλληνες εκπαιδευτικοί δηλώνουν πως δεν έχουν διδαχθεί τίποτα για τη Φύση της Επιστήμης. Τις όποιες πληροφορίες για τη ΦτΕ, την επιστημονική μέθοδο και την ιστορία της επιστήμης, τις πήραν έμμεσα στο πλαίσιο των αντίστοιχων επιστημονικών αντικειμένων. Από τις συνεντεύξεις μαζί τους προέκυψε μια θετική στάση απέναντι στην επιστημονική μέθοδο η οποία δεν στηρίζεται απαραίτητα σε γνώσεις μεθοδολογίας και ιστορίας της επιστήμης αλλά σε μια περιρρέουσα ακαδημαϊκή ατμόσφαιρα (Παντελαίου, 2013; Κατάκος, 2014) και εκφράστηκε η επιθυμία για περισσότερη εξοικείωση με το θέμα στη διάρκεια των βασικών σπουδών.

Β. Για το έλλειμμα στην ελληνική κοινωνία σε θέματα Επιστημονικού Εγγραμματισμού, όπως φάνηκε και από το βαθμό αποδοχής της Θεωρίας της Εξέλιξης μέσω Φυσικής Επιλογής

Σε μια σειρά πρόσφατων δημοσιεύσεων που αφορούσαν στην αποδοχή της Εξελικτικής Θεωρίας (ΘΕ) στην ελληνική επικράτεια, υποστηρίζουμε πως το γεγονός ότι η κοινωνία μας κατέχει μια από τις τελευταίες θέσεις παγκοσμίως, δεν οφείλεται σε θρησκευτικούς λόγους, αλλά στον εξοβελισμό της διδασκαλίας της Θεωρίας της Εξέλιξης μέσω Φυσικής Επιλογής για σειρά ετών από το εκπαιδευτικό μας σύστημα, με αποτέλεσμα ένα χαμηλό δείκτη Επιστημονικού Εγγραμματισμού στα ζητήματα της Εξέλιξης. Μάλιστα, στη σειρά αυτή των εργασιών, φάνηκε πως το είδος της θρησκευτικότητας των Ελλήνων δεν αποκλείει κατά κανένα τρόπο, μια όχι κατά γράμμα ερμηνεία των Γραφών (Athanasiou & Papadopoulou, 2012).

Γ. Για το έλλειμμα στην ελληνική κοινωνία σε θέματα Επιστημονικού Εγγραμματισμού που σχετίζονται με την εξοικείωση σε θέματα Περιβαλλοντικής Υγείας

Υπάρχουν αρκετά παραδείγματα και από προσωπικές αλλά και από άλλες μελέτες με τις οποίες καταφαίνεται με μεγάλη σαφήνεια το κενό που υπάρχει στην Ελληνική κοινωνία σε εκπαίδευση σε ζητήματα Επιστημονικού Εγγραμματισμού σε θέματα Περιβαλλοντικής Υγείας. Λ.χ. πώς εξηγείται γιατί ένα τόσο υψηλό ποσοστό της τάξης του 25% των Ελλήνων πιστεύουν πως «αόρατες δυνάμεις μας ραντίζουν»; (Lifo, 2017).

Μελέτες για το κάπνισμα

Μελέτες που κάναμε ανάμεσα σε φοιτητές των Ελληνικών Πανεπιστημίων και ανάμεσα σε γονείς- καπνιστές και μη καπνιστές, φάνηκε πως ένα ποσοστό της τάξης του 83% πιστεύει πως ο κύριος παράγοντας που ευθύνεται για τον καρκίνο του πνεύμονα (1η η Ελλάδα σε % καπνιστών στην ΕΕ), είναι η ατμοσφαιρική ρύπανση (Makris et al., 1994). Φυσικά, το τελευταίο αποτελεί καθαρή παρανόηση, μια και το κάπνισμα αποτελεί τη σημαντικότερη αιτία πρόκλησης καρκίνου και ευθύνεται για περίπου το 30% του συνόλου των θανάτων από καρκίνο, ενώ ευθύνεται για ένα ποσοστό της τάξης του 70 - 90% των θανάτων από καρκίνο του πνεύμονα (American Cancer Society, 2008). Το τελευταίο, πιθανόν να έχει άμεση συνέπεια στη συμπεριφορά των Ελλήνων γονέων που σε ποσοστά 75,1% και 54,8% (μητέρες καπνίστριες) καπνίζουν παρουσία των παιδιών τους (Athanasiou & Macris, 1995; Charalabopoulos et al., 2011) (Βλέπε Πίνακες 2 και 3). Γεγονός που καταδεικνύει την άγνοια των Ελλήνων γονέων για τους κινδύνους που συνεπάγεται η καπνιστική συμπεριφορά τους στην υγεία των παιδιών τους.

Πίνακας 2: Απόψεις των Ελλήνων φοιτητών/τριών για τις αιτίες καρκίνου του πνεύμονα (Makris et al., 1994).

Η ατμοσφαιρική ρύπανση ως ο κύριος παράγοντας πρόκλησης καρκίνου του πνεύμονα	Άρρενες	Θήλεις	Σύνολο
	n %	n %	n %
Ναι	390 82.1	549 83.0	939 82.7
Όχι	23 4.8	9 1.4	32 2.8
Δεν γνωρίζω	62 13.1	103 15.6	165 14.5
Σύνολο	475 100.0	661 100.0	1136 100.0

Ορισμένα άλλα συμπεράσματα που βγήκαν από τις αντίστοιχες μελέτες μας αφορούν σε ορισμένες άλλες παρεξηγήσεις σχετικά με το κάπνισμα και την υγεία που υπάρχουν στην κοινωνία μας και, πιθανόν, αλλού:

Παθητικό κάπνισμα: Όταν ζητήθηκε από τους φοιτητές/τριες να αξιολογήσουν τους κινδύνους του παθητικού καπνίσματος, ένα σημαντικό ποσοστό απάντησε ότι οι κίνδυνοι αυτοί είναι διπλάσιοι σε σύγκριση με τις συνέπειες στους κανονικούς καπνιστές. Φυσικά, η σωστή απάντηση είναι ότι οι παθητικοί καπνιστές έχουν διπλάσιο κίνδυνο σε σύγκριση με τους μη-καπνιστές που, την ίδια στιγμή, είναι μη-παθητικοί καπνιστές (Makris et al., 1994).

Καπνιστικές συνήθειες Ελλήνων εφήβων: Ακόμα και έγκυροι ειδικοί για το κάπνισμα, όταν σχολιάζουν τα αποτελέσματα για το κάπνισμα μεταξύ των εφήβων, δηλώνουν ότι η Ελλάδα έχει το χειρότερο πρόβλημα μεταξύ των χωρών της ΕΕ, δηλώνοντας ότι, οι Έλληνες έφηβοι ξεκινούν το κάπνισμα στην ηλικία των δέκα ετών. Η αλήθεια είναι ότι οι έφηβοι σε όλο τον κόσμο έχουν την τάση να πειραματίζονται με το κάπνισμα γύρω στην ηλικία των δέκα ετών. Παράλληλα, αν και η Ελλάδα καταλαμβάνει την υψηλότερη θέση σε ότι αφορά στα ποσοστά των καπνιστών στον συνολικό πληθυσμό, ταυτοχρόνως, κατέχει μία από τις χαμηλότερες θέσεις στις μελέτες με καπνιστές 13 ετών (Currie et al., 2012). Πιθανώς, αυτό συνδέεται με το γεγονός ότι η Ελλάδα παρόλα αυτά δεν κατέχει την πρώτη θέση στα ποσοστά των θανάτων από καρκίνο του πνεύμονα στην ΕΕ. Διότι, σύμφωνα με τον Peto (Doll, 1998), όσοι/ες αρχίζουν το κάπνισμα σε μεταγενέστερες ηλικίες έχουν πιθανώς 2 με 3 φορές λιγότερες πιθανότητες ανάπτυξης καρκίνου του πνεύμονα, σε σύγκριση με αυτούς που ξεκινούν από μικρότερη ηλικία.

Πίνακας 3: Καπνιστικές συνήθειες Ελλήνων γονέων (%)
(Charalabopoulos et al., 2011)

Καπνίζοντες γονείς παρουσία των παιδιών τους (%)	Πατέρες (n = 205)	Μητέρες (n = 168)	Σύνολο (n = 373)
Ναι	75.1	54.8	66.0
Όχι	11.2	12.5	11.8
Μερικές φορές	13.7	32.7	22.2

Μελέτες που εμφανίστηκαν στον ελληνικό τύπο σχετικά με φορμαλδεΰδη στο ηλεκτρονικό τσιγάρο: Ορισμένες από τις εφημερίδες είχαν ως τίτλο τους: *«ηλεκτρονικά τσιγάρα περιέχουν δέκα φορές υψηλότερους καρκινογόνους παράγοντες»*. Η αλήθεια, είναι φυσικά, ότι ακόμη και αν τα ηλεκτρονικά τσιγάρα είχαν, όντως, δέκα φορές υψηλότερες συγκεντρώσεις φορμαλδεΰδης (κάτι που αποδείχθηκε εντελώς λαθεμένο), δεν θα εμπεριείχαν δέκα φορές περισσότερο κίνδυνο για καρκίνο του πνεύμονα, μια και οι

κύριοι παράγοντες στον καπνό και την πίσσα των τσιγάρων που μας ανησυχούν, είναι η περιεκτικότητα σε ΠΑΥ (Πολυκυκλικοί Αρωματικοί Υδρογονάνθρακες) (Lifo, 2017).

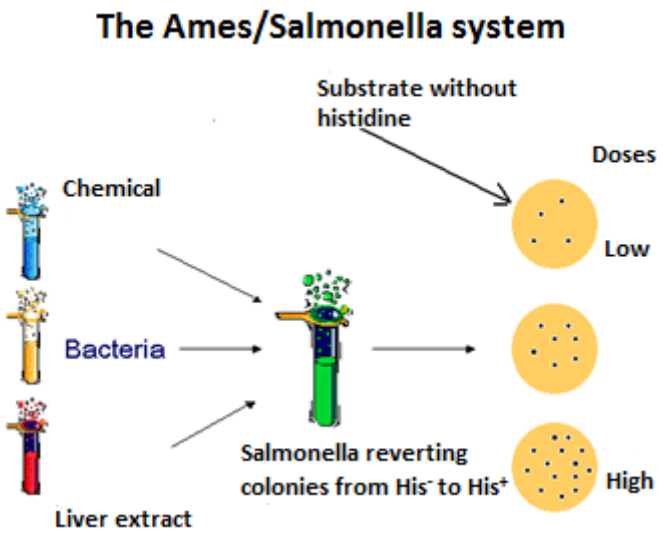
Αυτά και άλλα πολλά καταδεικνύουν το πόσο επιτακτική είναι η ανάγκη για ενσωμάτωση των μεθόδων της Διδακτικής των ΦΕ (Επιστημονική μέθοδος) σε τομείς όπως η Αγωγή Υγείας και η Περιβαλλοντική Εκπαίδευση. Αυτός ο προβληματισμός οδήγησε στο σχεδιασμό του μαθήματος της Αγωγής Υγείας με στόχο τους Παιδαγωγούς, όλων των κατηγοριών και προσανατολισμό σε θεματολογία Περιβαλλοντικής Υγείας, με ιδιαίτερη έμφαση σε θέματα που αφορούν τους ίδιους τους εκπαιδευτικούς, καθώς και τους μαθητές.

Για τη γέννηση και την ανάπτυξη του κλάδου της Περιβαλλοντικής Γενετικής και Υγείας: Ιστορική διαδρομή

Η δεκαετία του ΄70 σε ότι αφορά στις γνώσεις μας για τη σχέση Περιβάλλοντος-Υγείας, σημαδεύτηκε από 4 σημαντικά γεγονότα (Heddle & Athanasiou, 1975):

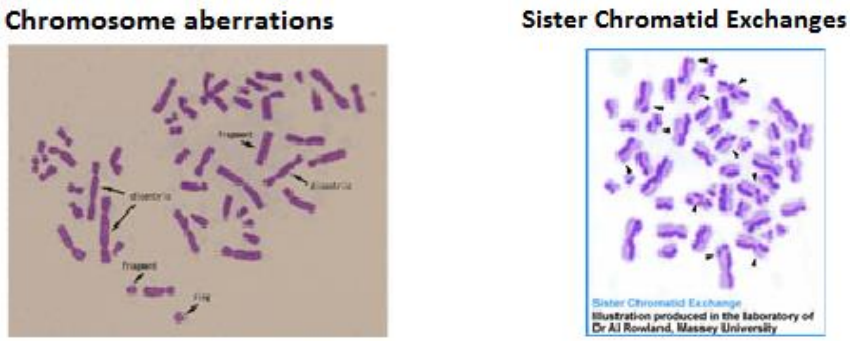
1. Ανάπτυξη της Περιβαλλοντικής Καρκινογένεσης μέσα από σημαντικές Επιδημιολογικές Μελέτες (Doll, 1998).
2. Εμφάνιση του κλάδου της Περιβαλλοντικής Γενετικής και Μεταλλαξιογένεσης: Αυτό έγινε καταρχήν μέσα από την ανάπτυξη από τον Καθηγητή του πανεπιστημίου Berkeley της Καλιφόρνιας του Bruce Ames και των συνεργατών του μιας γρήγορης και αποτελεσματικής τεχνικής in-vitro (*Τεχνική Ames/Salmonella*) (Εικόνα 1).

Εικόνα 1: Σχηματική απεικόνιση της Τεχνικής Ames/Salmonella



3. Ταύτιση των δύο κλάδων: Όταν όλες οι ως τότε γνωστές καρκινογόνες ουσίες, καθώς και αρκετές μη-καρκινογόνες, δοκιμάστηκαν με το σύστημα αυτό, βρέθηκε πως σχεδόν το 90% από τις καρκινογόνες ουσίες ήταν και μεταλλαξιογόνες ενώ περισσότερο από 90% των μη καρκινογόνων ουσιών βρέθηκαν να είναι αρνητικές ως προς την μεταλλακτικότητά τους. Το γεγονός ότι ένα τόσο ψηλό ποσοστό των καρκινογόνων παραγόντων αποδείχθηκε να είναι και ισχυρά μεταλλαξιογόνα, κατέδειξε ότι οι πιο πολλές μορφές καρκίνου οφείλονται, τουλάχιστον σε ένα βαθμό, σε αλλοιώσεις του DNA που οφείλονται στη δράση παραγόντων του περιβάλλοντος.
4. Έκρηξη στην ανάπτυξη γρήγορων τεχνικών βιο-δοκιμασίας και εφαρμογή τους στη μελέτη αναρίθμητων χημικών περιβαλλοντικών παραγόντων (Εικόνα 2). Ακολούθησε μία έκρηξη στην ανάπτυξη παρόμοιων τεχνικών *in-vitro* όπως η *Επαγωγή Χρωμοσωμικών Μεταλλάξεων, η Επαγωγή Ανταλλαγών σε Αδελφές Χρωματίδες (SCE).* Αναλυτική περιγραφή μπορεί να βρει ο αναγνώστης στην δημοσίευση (Αθανασίου, 1983).

Εικόνα 2: Διάφορες *in-vitro* τεχνικές που αναπτύχθηκαν για τη μελέτη των περιβαλλοντικών ουσιών



Ο γράφων, είχε την τύχη να παρακολουθήσει και να εμπλακεί στο πεδίο της Περιβαλλοντικής Μεταλλαξιγένεσης και Καρκινογένεσης, σχεδόν από την γέννησή του τελευταίου και είχε το προνόμιο να δημοσιεύσει, ως μεταπτυχιακός φοιτητής, μια από τις πρώτες δημοσιεύσεις Έλληνα ερευνητή στο έγκριτο περιοδικό *Nature* (Heddle & Athanasiou 1974), τουλάχιστον σε θέματα Περιβαλλοντικής Γενετικής.

Εφαρμογές της in-vitro τοξικολογίας στη μελέτη της ατμοσφαιρικής ρύπανσης

Ακολούθησαν από τον υποφαινόμενο και συνεργάτες μια σειρά μελετών σε *in-vitro* συστήματα, με τα οποία μελετήθηκαν δείγματα αιωρούμενων σωματιδίων για την πιθανή τοξικότητά τους και τις πιθανές μακρόχρονες επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία. Από τις μελέτες αυτές φάνηκε για πρώτη φορά πως στην ατμόσφαιρα των δύο μεγάλων αστικών

κέντρων του Ελληνικού χώρου, εμπεριέχονται παράγοντες που μπορεί να ευθύνονται για εν-δυνάμει καρκινογενετικότητα. Ταυτόχρονα, υπολογίστηκε για πρώτη φορά το % της νεοπλασίας που θα μπορούσε να σχετίζεται με την ατμοσφαιρική ρύπανση (ένα % της τάξης του 3.5%). Παράλληλα, για πρώτη φορά διατυπώθηκε η άποψη πως η ατμοσφαιρική ρύπανση δεν είναι ο κύριος παράγοντας που συντελεί στον καρκίνο του πνεύμονα, αλλά υπολείπεται κατά πολύ του καπνίσματος (Athanasiou & Kyrtopoulos, 1983; Athanasiou et al., 1987).

Μεθοδολογία

Σχεδιασμός του μαθήματος

Στις προηγούμενες παραγράφους δόθηκαν μια σειρά από παραδείγματα και από προσωπικές και από άλλες μελέτες με τις οποίες έγινε προσπάθεια να καταδειχθεί με μεγαλύτερη σαφήνεια το κενό που υπάρχει στην ελληνική κοινωνία στην εκπαίδευση σε ζητήματα ΕΕ. Λ.χ. πώς εξηγείται γιατί ένα τόσο υψηλό % των Ελλήνων πιστεύουν πως «αόρατες δυνάμεις μας ραντίζουν»; Αυτά και άλλα πολλά καταδεικνύουν το πόσο επιτακτική είναι η ανάγκη για ενσωμάτωση των μεθόδων της Διδακτικής των ΦΕ (Επιστημονική μέθοδος) σε τομείς όπως η Αγωγή Υγείας και η Περιβαλλοντική Εκπαίδευση. Αυτός ο προβληματισμός οδήγησε στο σχεδιασμό του μαθήματος της Αγωγής Υγείας με στόχο τους Παιδαγωγούς όλων των κατηγοριών και προσανατολισμό σε θεματολογία Περιβαλλοντικής Υγείας.

Προετοιμασία-Προηγούμενες Παρεμβάσεις

Στη διάρκεια του συγκεκριμένου κύκλου μαθημάτων, χρησιμοποιήθηκε μια προηγούμενη συσσωρευμένη εμπειρία που απετέλεσε τον κορμό πάνω στον οποίο στηρίχθηκε η διδακτική παρέμβαση. Η εμπειρία αυτή συνίσταται: 1. Στην οργάνωση και το σχεδιασμό για πρώτη φορά σε Ελληνικό ΑΕΙ και συγκεκριμένα στο Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης του ΑΠΘ, από το Ακαδημαϊκό Έτος 1992/93 και μέχρι το Ακαδημαϊκό Έτος 2004/5, αντίστοιχου μαθήματος «Αγωγής Υγείας». 2. Την αντίστοιχη διδασκαλία του ίδιου μαθήματος σε 2.500 εκπαιδευτικούς Α/θμιας εκπαίδευσης στα πλαίσια του Προγράμματος Εξομοίωσης των αποφοίτων των Παιδαγωγικών Ακαδημιών, διετούς φοίτησης, που οργάνωσε το ΠΤΔΕ-ΑΠΘ από το έτος 2000-2004. 3. Το πρώτο σύγγραμμα Αγωγή Υγείας που εκδόθηκε και μοιράστηκε στους φοιτητές ως Πανεπιστημιακό Σύγγραμμα (Αθανασίου, 1995).

Επιμέρους Ενότητες

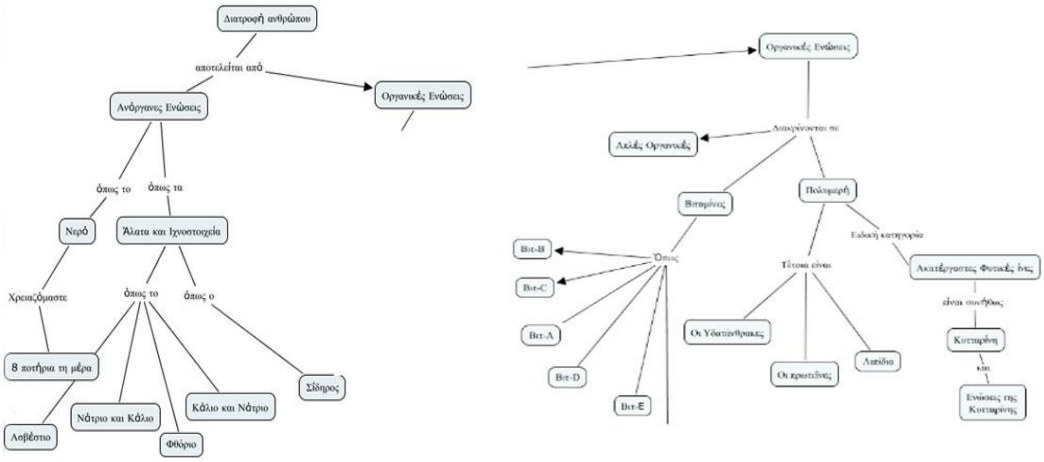
Ενότητα 1 - Γενικό μέρος: Στόχος της Ενότητας αυτής είναι να φέρει σε επαφή τον φοιτητή με τη λογική της Πρόληψης. Σήμερα, στις αναπτυγμένες χώρες, η κύρια αιτία θνησιμότητας και νοσηρότητας, είναι οι σύγχρονες ασθένειες, ή ασθένειες του τρόπου ζωής (lifestyle diseases), ή αλλιώς μη μεταδιδόμενα νοσήματα (Non Communicable Diseases N.C.D.s.). Τέτοιες είναι:

- τα καρδιαγγειακά νοσήματα,
- τα κακοήθη νεοπλάσματα,
- το άσθμα και οι ΧΑΠ (Χρόνια Αποφρακτική Πνευμονοπάθεια),
- ο σακχαρώδης διαβήτης,
- οι νευροψυχικές διαταραχές κ.ά.
- Ρόλος της Διατροφής, τρόπος Ζωής, Περιβαλλοντικοί παράγοντες.

Το δεύτερο μέρος της Εισαγωγής ήταν αφιερωμένο στον «Ευρωπαϊκό χάρτη για μια ελάχιστη εκπαίδευση των δασκάλων σε θέματα Αγωγής Υγείας».

Ενότητα 2 και 3: Εισαγωγή στην ανθρώπινη διατροφή. Πρόληψη Καρδιαγγειακών νοσημάτων. Εφόσον η Διατροφή αποτελεί παράγοντα σημαντικό για την ύπαρξη καλής ή κακής υγείας, θεωρήσαμε σημαντικό να φέρουμε σε επαφή τον εκπαιδευτικό και τον μελλοντικό εκπαιδευτικό με βασικές έννοιες της διατροφής.

Εικόνα 3: Χάρτης Εννοιών με τα στοιχεία της ανθρώπινης διατροφής που θα πρέπει να γνωρίζει ο σύγχρονος εκπαιδευτικός (Αθανασίου, 2009)



Η περιγραφή εμπλουτίστηκε με έννοιες όπως ο Βασικός Μεταβολισμός και οι μονάδες μέτρησης της ενέργειας, οι έννοιες της καλής και κακής χοληστερίνης, Λιπίδια καλά και κακά, Αρτηριοσκλήρωση, Πολυακόρεστα /Μονοακόρεστα Λιπίδια και σημασία για την Υγεία, κλπ. Ενώ έγινε εμπλουτισμός με σύγχρονες έννοιες, όπως *Ωμέγα-3* και *Ωμέγα-6* Ακόρεστα Λιπίδια, Ρόλος της Βιταμίνης Β12, Σύγχρονες γλυκαντικές ουσίες (Στέβια, Ασπαρτάμη), Συμπληρώματα διατροφής όπως η Σπιρουλίνα και το Ιπποφαές, Αντιοξειδωτικές Ενώσεις, κλπ. Φυσικά, οι φοιτητές ήρθαν σε επαφή με την έννοια της Μεσογειακής Διατροφής και κυρίως, με τις

συνέπειες για τη χώρα μας από τη αλλαγή του τρόπου ζωής, όπως αποτυπώνεται και στους δείκτες θνησιμότητας.

Ενότητα 4: Α΄ Αγωγή Υγείας στην πρόληψη του καρκίνου. Β΄ Διατροφή και καρκίνος. Οι φοιτητές/τριες ήρθαν σε επαφή με όλη τη λογική των περιβαλλοντικών αιτιάσεων του καρκίνου, όπως αποτυπώθηκαν στις κλασικές επιδημιολογικές μελέτες των Doll, Peto, Cairns, κλπ. (Doll, 1998). Ιδιαίτερη έμφαση δόθηκε στην παρουσίαση των μελετών που έγιναν τη δεκαετίες αυτές σε κλειστούς πληθυσμούς Εβραίων και Ιαπώνων που μετανάστευσαν στην Ευρώπη, τις ΗΠΑ και το Ισραήλ. Λ.χ. οι Ιάπωνες που μετανάστευσαν στις ΗΠΑ πριν τον Β΄ Παγκόσμιο Πόλεμο ήταν πολύ «παραδοσιακοί». Παντρευόντουσαν μεταξύ τους και παρέμεναν ως κλειστός πληθυσμός μέσα στην Αμερική. Ήταν, σαν να λέμε, μια πληθυσμιακή ομάδα που την πήραμε από την Ιαπωνία και την μεταφέραμε στις ΗΠΑ. Δηλαδή, γενετικά παρέμεναν ίδιοι με τους Ιάπωνες της Ιαπωνίας και αυτό που άλλαξε, σε πρώτη φάση, ήταν μόνο το Περιβάλλον. Για 1-2 γενιές ο τρόπος ζωής παραμένει ίδιος με εκείνη των Ιαπώνων της Ιαπωνίας (Διατροφή). Μετά σιγά –σιγά, εξομοιώθηκε και αυτός με τον τρόπο ζωής των Αμερικανών (Παιδιά των μεταναστών). Οι φοιτητές παρατήρησαν πως η συχνότητα του Καρκίνου στο Παχύ Έντερο και τον Προστάτη στους Ιάπωνες της Ιαπωνίας ήταν πολύ χαμηλοί (διότι δεν τρώνε πολύ κρέας, αλλά πολύ ρύζι και ψαρικά). Όταν μετανάστεψαν στις ΗΠΑ, στα παιδιά τους που άρχισαν και αφομοιώνουν συνήθειες των Αμερικανών («ανακάλυψη» των Χάμπουργκερ και του "Junk food", οι Δείκτες έγιναν «1» και σχεδόν «1». Δηλ. απέκτησαν τους τύπους των καρκίνων που επικρατούν στις ΗΠΑ (Παχύ Έντερο- Προστάτης).

Πιο συγκεκριμένα, οι φοιτητές ήρθαν σε επαφή με τον τρόπο σκέψης των επιστημόνων των δεκαετιών του '70 και '80 από τις οποίες φάνηκε:

- Πως πάνω από 85% της καρκινογένεσης μπορεί να οφείλεται στο περιβάλλον και τον τρόπο ζωής και συνεπώς, εν δυνάμει μπορεί να προληφθεί.
- Ήρθαν σε επαφή με τους πιο σημαντικούς παράγοντες του Περιβάλλοντος και του Τρόπου Ζωής που φαίνεται να ευθύνονται για την καρκινογένεση.
- Εξοικειώθηκαν με το ρόλο και τη σημασία της παιδικής ηλικίας για όλα αυτά.

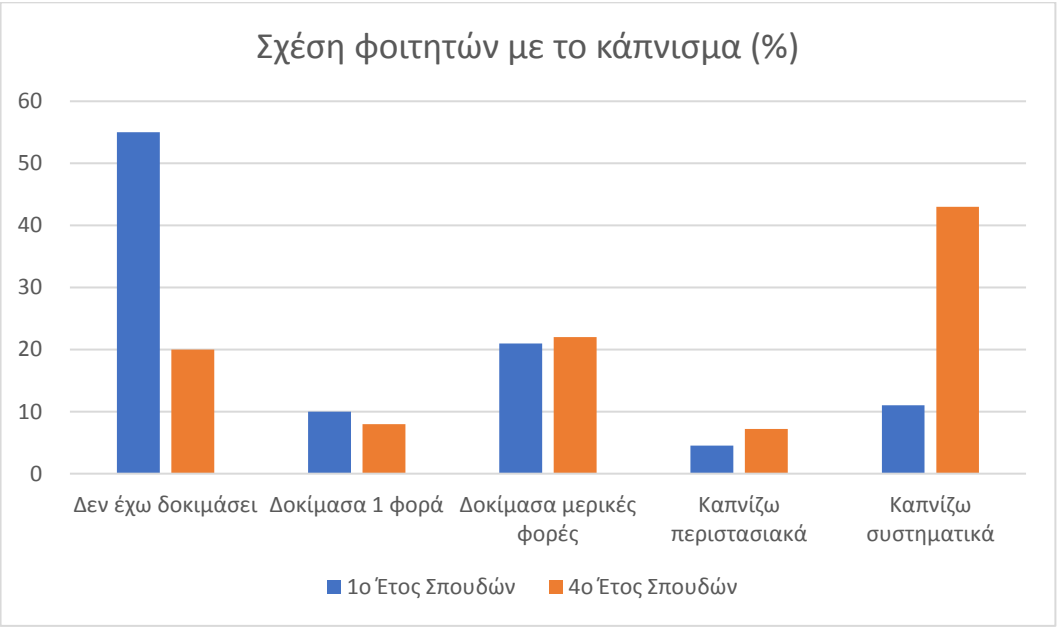
Και, βέβαια, αντιλήφθηκαν σε βάθος τον κοινωνικό ρόλο του εκπαιδευτικού. Ιδιαίτερα, αντιλήφθηκαν το ρόλο του εκπαιδευτικού για παρεμβάσεις εκπαιδευτικού χαρακτήρα που αποσκοπούν στην υιοθέτηση ή αλλαγές σε στάσεις και συμπεριφορές που σχετίζονται με μια αποτελεσματική Περιβαλλοντική Αγωγή Υγείας, που ήταν και το αντικείμενο ενασχόλησης της τελευταίας ενότητας.

Ενότητες 5 και 6: Α΄ Κάπνισμα και Υγεία. Ιδιαίτερη έμφαση δόθηκε στη σειρά αυτή των μαθημάτων στη σχέση Καπνίσματος και Υγείας, μια και η Ελλάδα κατέχει παγκοσμίως μία από τις πρώτες θέσεις παγκοσμίως στην κατανάλωση τσιγάρων και στον αριθμό καθημερινών καπνιστών. Επιμέρους θέματα που θίχτηκαν ήταν, αφενός, οι Βιολογικοί παράγοντες που σχετίζονται με το κάπνισμα και, αφετέρου και οι Ψυχοκοινωνικοί παράγοντες που οδηγούν σε αυτό. Μια ενδιαφέρουσα πτυχή του θέματος είναι το γεγονός

ότι ενώ οι Έλληνες στο σύνολο, είναι από τους χειρότερους καπνιστές παγκοσμίως, η χώρα μας κατέχει την τελευταία θέση στο % των καθημερινών καπνιστών ηλικίας 15 ετών, κάτι, που αξίζει να το τονίζουμε με σκοπό την διαφύλαξη του χαρακτηριστικού και την ενίσχυσή του.

Το δεύτερο μέρος της συγκεκριμένης ενότητας αφορούσε σε «*Μερικά κρίσιμα στοιχεία που αφορούν τα σχολικά προγράμματα πρόληψης του καπνίσματος*» και ήταν αφιερωμένο στην παρουσίαση των Προγραμμάτων που εφαρμόζονται στην Ευρωπαϊκή Ένωση και αλλού με σκοπό την μείωση του καπνίσματος στο εκπαιδευτικό σύστημα. Ενδιαφέρον παρουσιάζει σχετική μελέτη του γράφοντα για το κλίμα που επικρατεί στα Ελληνικά ΑΕΙ (Αθανασίου, 2005), (βλέπε εικόνα 4).

Εικόνα 4: Σύγκριση % πρωτοετών και 4ετών φοιτητών ΠΤΔΕ-ΑΠΘ σε σχέση με τις καπνιστικές συνήθειες (Αθανασίου, 2005)



Ενότητες 7-8: Αγωγή Υγείας στην πρόληψη των Γενετικών Νοσημάτων (ΓΝ). Στην ενότητα αυτή έγινε προσπάθεια να εξοικειωθούν οι φοιτητές με τα Γονιδιακού τύπου Γενετικά Νοσήματα, καθώς και τα Χρωμοσωμικού τύπου, αλλά με επίκεντρο αυτά που σχετίζονται πιο πολύ με τον εκπαιδευτικό. Λ.χ. στην εξέταση των Γονιδιακού τύπου Γενετικών νοσημάτων εξετάστηκε η περίπτωση των ατόμων που πάσχουν από Αλκαπτονουρία (PKU). Τα άτομα που πάσχουν από PKU εξαιτίας μιας αυτοσωμικής μετάλλαξης δεν μπορούν να παράγουν ένα ένζυμο που διασπά το αμινοξύ *Φαινυλαλανίνη* και να το μετατρέψει σε *Τυροσίνη*. Η Τυροσίνη, με τη σειρά της, είναι πρόδρομη ουσία της Ντοπαμίνης (DOPA= L-3,4-dihydroxyphenylalanine)

που είναι σημαντικός νευροδιαβιβαστής και επηρεάζει την ταχύτητα Νευροδιαβίβασης και την Μνήμη Εργασίας. Ιδιαίτερες περιπτώσεις με ειδικό ενδιαφέρον για τους εκπαιδευτικούς είναι, επίσης, η Δυσανεξία στη Λακτόζη και η Γαλακτοσαιμία. Φυσικά, η Μεσογειακή Αναιμία, η Κυστική Ίνωση, η Μυϊκή Δυστροφία *Duchenne*, κ.ά. γονιδιακού τύπου ΓΝ.

Στην Ελλάδα που γίνονται 100.000 γεννήσεις ετησίως και διαγιγνώσκονται με αυτισμό 700 με 1000 παιδιά κάθε χρόνο, θεωρούμε τον Αυτισμό ως ένα παράδειγμα πολυγονιδιακής κληρονομικότητας που σχετίζεται με το περιβάλλον και φυσικά, αποτελεί αντικείμενο της Ειδικής Αγωγής.

Σε ότι αφορά στα χρωμοσωμικού τύπου ΓΝ, ιδιαίτερη έμφαση δόθηκε στην περίπτωση των παιδιών με Σύνδρομο *Down* και στο μηχανισμό δημιουργίας του εμβρύου των ατόμων αυτών. Παράλληλα, οι φοιτητές εξοικειώθηκαν με τις περιπτώσεις συνδρόμων όπως το *σύνδρομο Klinefelter*, το *σύνδρομο Triplo-X* και το *σύνδρομο Turner*. Αντίστοιχα, δεν θα μπορούσαμε να μην αναφερθούμε σε ΓΝ, όπου αντί για αλλαγές στον αριθμό των χρωμοσωμάτων υπάρχουν αλλαγές στη δομή τους, όπως αυτό συμβαίνει με τα Σύνδρομα *«Cri-du chat», Williams* και αυτό του Χρωμοσώματος- Φιλαδέλφειας.

Τέλος, δεν θα μπορούσαμε να παραλείψουμε την εξοικείωση του μελλοντικού εκπαιδευτικού με τις περιπτώσεις των Ομάδων Αίματος και του παράγοντα-Rhesus ως ενός ζητήματος που σχετίζεται, αφενός με τις μεταγγίσεις αίματος και, αφετέρου με την μητρότητα. Οι συγκεκριμένες ενότητες ολοκληρώθηκαν με την εισαγωγή στα θέματα του Προγεννητικού Ελέγχου.

Στις *Ενότητες 9-10* έγινε μία προσπάθεια «*Εισαγωγής στην αγωγή της σχέσης των δύο φύλων*», με δύο υποενότητες, από τις οποίες η πρώτη τιτλοφορήθηκε ως «*Οικογενειακός Προγραμματισμός και Σεξουαλική Αγωγή στην εποχή του AIDS*», ενώ στη δεύτερη παρουσιάστηκαν «*Τρόποι παρέμβασης στο Νηπιαγωγείο και το Δημοτικό Σχολείο*». Η δεύτερη υποενότητα σχετίζεται άμεσα με τους τρόπους εφαρμογής των Προγραμμάτων Αγωγής Υγείας που ήταν και το θέμα των *Ενοτήτων 11 και 12*. Στο πρώτο μέρος οι φοιτητές εξοικειώθηκαν με διδακτικού τύπου παρεμβάσεις όπως η «Μέθοδος Project», ενώ το δεύτερο μέρος αφιερώθηκε στο σχεδιασμό Προγραμμάτων Αγωγής Υγείας. Στο τελευταίο, βοηθήθηκαν πολύ από το αντίστοιχο εγχειρίδιο των Κουρμούζη και Κούτρα (2011).

Τρόπος Εφαρμογής των Μαθημάτων

Παρόλο που τα μαθήματα ξεκίνησαν κανονικά με διαλέξεις στο Αμφιθέατρο και στη συνέχεια ανάρτηση του μαθήματος στο e-class, από το 3ο Μάθημα και πέρα επιβλήθηκε lock-down εξαιτίας του Κορονοϊού *Covid-19*, με αποτέλεσμα την αντίστοιχη προσαρμογή του μαθήματος. Έτσι, όλες οι διαλέξεις μετατράπηκαν σε παρουσιάσεις σε μορφή “Power Point”. Η κάθε διαφάνεια συνοδευόταν από υπο-σημειώσεις και είχε ενσωματωμένες ηχητικές επεξηγήσεις από τον Καθηγητή. Ομάδες 2-3 επιμέρους Μαθημάτων συνιστούσαν μία Ενότητα. Έτσι, στο τέλος κάθε ενότητας οι φοιτητές είχαν τη δυνατότητα να απαντήσουν σε μία Άσκηση με 10-15 Ερωτήσεις Πολλαπλής Επιλογής (ΕΠΕ). Οι φοιτήτριες/ες που έπαιρναν μέρος στην Άσκηση

δεν βαθμολογούνταν αλλά λάμβαναν μέσω της πλατφόρμας μήνυμα που περιλάμβανε τις σωστές απαντήσεις. Με τον τρόπο αυτό συγκεντρώθηκε μία τράπεζα ΕΠΕ της τάξης των 140 ερωτήσεων. Μετά την ολοκλήρωση των μαθημάτων, ακολούθησε η τελική εξέταση που περιλάμβανε 40 ΕΠΕ, όπου η κάθε σωστή απάντηση λάμβανε +2,5% ενώ η λάθος απάντηση βαθμολογείτο με -1%. Στην τελική εξέταση έλαβαν μέρος 420 φοιτήτριες/φοιτητές.

Αποτελέσματα

Αξιολόγηση του μαθήματος από τους φοιτητές

Μετά το πέρας των μαθημάτων και μέχρι το τέλος της εξεταστικής περιόδου, αλλά πριν την ανακοίνωση των αποτελεσμάτων, οι φοιτητές κλήθηκαν να αξιολογήσουν το Μάθημα, μέσω της Πλατφόρμας αξιολόγησης του ΕΚΠΑ (ΕΚΠΑ).

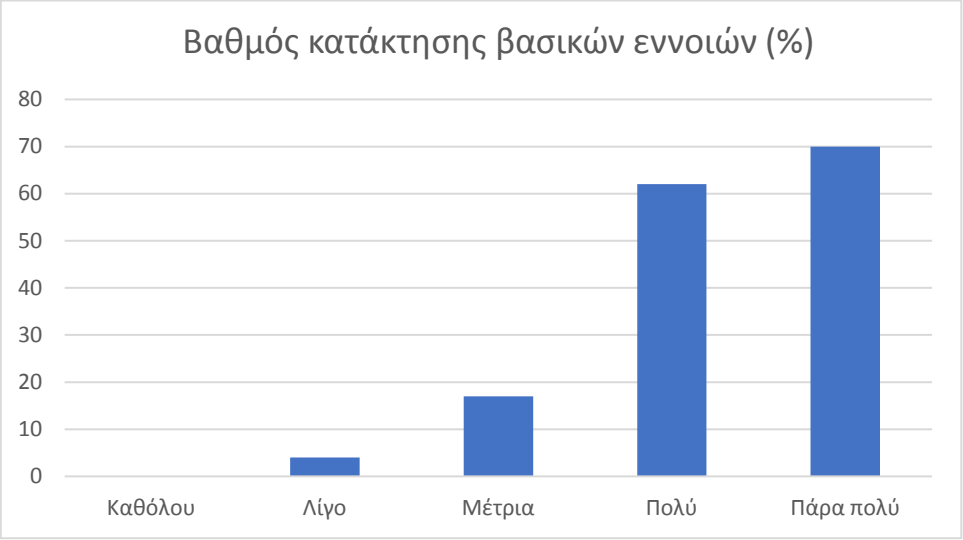
Ερωτηματολόγιο Αξιολόγησης

Στην διαδικασία της ανώνυμης αξιολόγησης έλαβαν μέρος 153 φοιτήτριες και φοιτητές. Το Ερωτηματολόγιο αποτελείται από 25 Ερωτήσεις στις οποίες στη συντριπτική πλειονότητα η αντιστοιχία ήταν Καθόλου, Λίγο, Μέτρια, Πολύ, Πάρα πολύ (1, 2, 3, 4, 5).

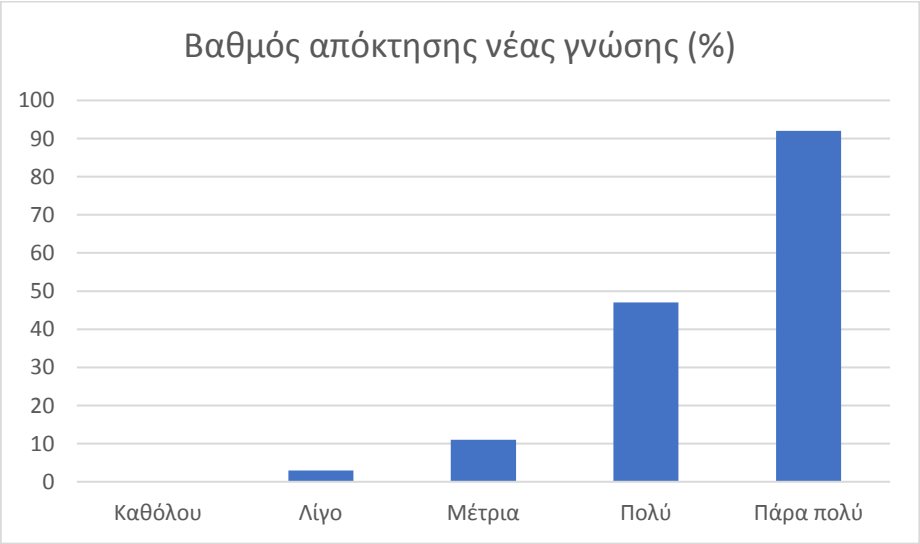
Η μόνη Ερώτηση στην οποία η #1 αντιστοιχούσε στο «Πολύ», η #2 στο «Αρκετά», η #3 στο «Μετρίως», η #4 στο «Λίγο» και η #5 στο Καθόλου, ήταν η πρώτη Ερώτηση «*Πόσο συστηματικά παρακολούθησες το μάθημα*;». Οι απαντήσεις στο συγκεκριμένο ερώτημα ήταν ως εξής: Πολύ (1) 44.76%, Αρκετά (2) 56.60%, Μετρίως (3) 33.57%, Λίγο (4) 15.80% και Καθόλου (5) 5.27%.

Τα υπόλοιπα Αποτελέσματα της Αξιολόγησης των φοιτητών/τριών, απεικονίζονται στις Εικόνες 5 έως 9. Η μετατροπή των απαντήσεων των φοιτητών σε τιμές Likert, έδωσαν αποτελέσματα που κυμάνθηκαν από 0.84 (Ερώτημα για βαθμό ανταπόκρισης στις προσδοκίες τους), έως 0.92 στο ερώτημα κατά πόσο «*Το μάθημα προσφέρει απαραίτητα επιστημονικά εργαλεία για την προσέγγιση και κατανόηση του αντικειμένου των σπουδών σας γενικότερα*».

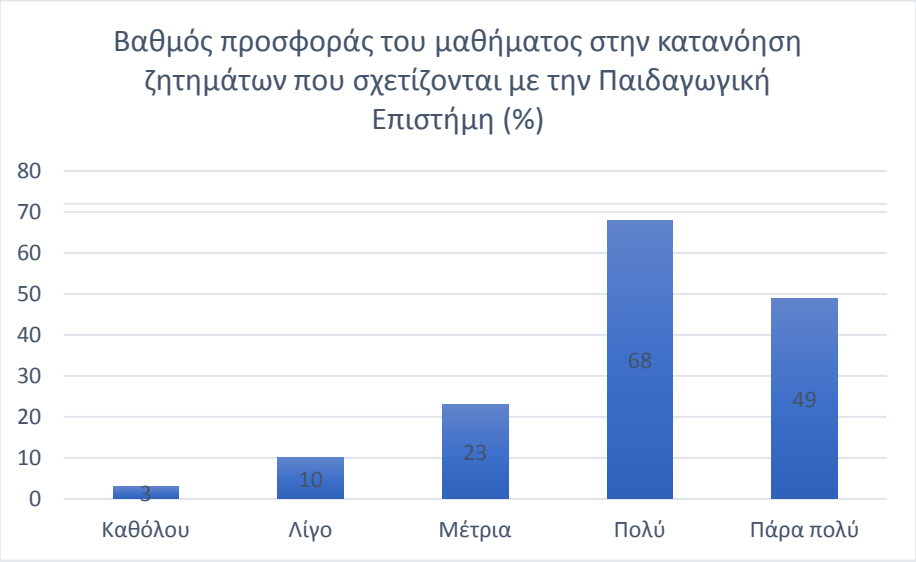
Εικόνα 5: Απαντήσεις των φοιτητών στο Ερώτημα: «*Το μάθημα σας βοήθησε να κατανοήσετε / να κατακτήσετε τις βασικές έννοιες τις οποίες πραγματεύεται;*»



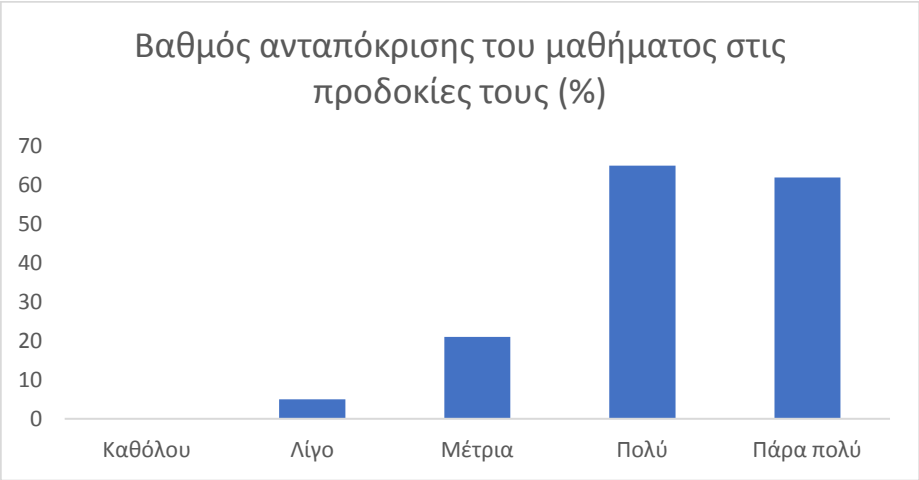
Εικόνα 6: Απαντήσεις των φοιτητών στο Ερώτημα: «Εκτιμήστε τις ακόλουθες προτάσεις σημειώνοντας το αντίστοιχο κουτί: [*Το μάθημα πρόσθεσε νέες γνώσεις σε ό,τι έχετε αποκομίσει μέχρι τώρα από σπουδές σας]*»



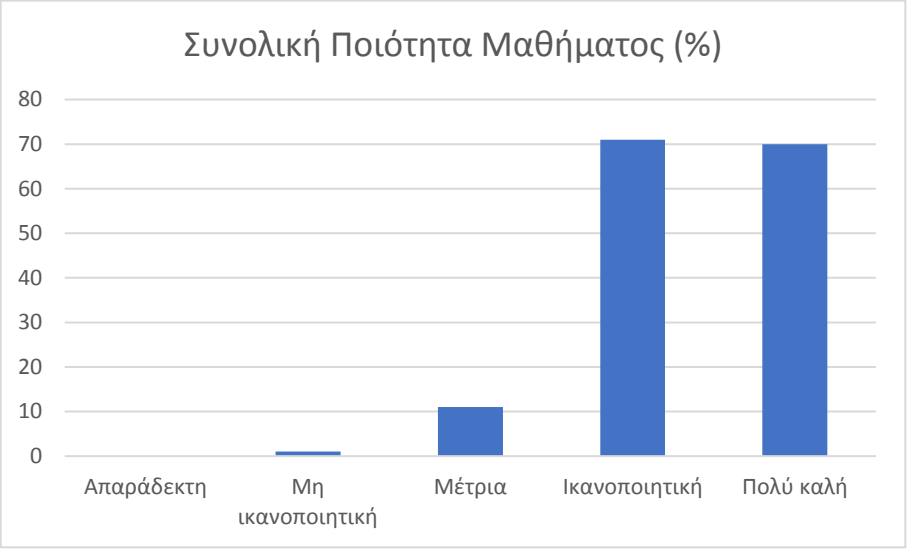
Εικόνα 7: Απαντήσεις των φοιτητών στο Ερώτημα: «*Το μάθημα προσφέρει απαραίτητα επιστημονικά εργαλεία για την προσέγγιση και κατανόηση του αντικειμένου των σπουδών σας γενικότερα;*»



Εικόνα 8: Απαντήσεις των φοιτητών στο Ερώτημα: «*Το μάθημα ανταποκρίθηκε στις προσδοκίες σας;*»



Εικόνα 9: Απαντήσεις των φοιτητών στο Ερώτημα:
«Αξιολογήστε την ποιότητα του μαθήματος συνολικά»



Συζήτηση-Συμπεράσματα

Όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, ο σκοπός της συγγραφής της παρούσας εργασίας είναι διττός: 1. Προτείνεται, μέσα από τον σχεδιασμό και την εφαρμογή Κύκλου Μαθημάτων ο Επιστημονικός Εγγραμματισμός των μελλοντικών εκπαιδευτικών σε θέματα Περιβαλλοντικής Αγωγής Υγείας και, 2. Η ανάλυση των παραγόντων που οδήγησαν στην τόσο θερμή αποδοχή του μαθήματος από το συγκεκριμένο πληθυσμό-στόχο.

Βελτίωση του Επιστημονικού Εγγραμματισμού

Είναι, βέβαια, λογικό, να σχετίζεται η αποδοχή και η επιτυχία ενός Μαθήματος από το «Προφίλ» και τις ικανότητες του διδάσκοντα. Αυτός ήταν και ο λόγος για τον οποίο αφαιρέσαμε στην παρούσα εργασία, την (θετική) κριτική για τον διδάσκοντα από την αξιολόγηση και περιοριστήκαμε στην αξιολόγηση μόνο του μαθήματος. Εκείνο που είναι φανερό είναι, πως οι φοιτητές και, όχι μόνο, μπορούν εύκολα να αντιληφθούν μία παρουσίαση, σειρά μαθημάτων ή διαλέξεων που χαρακτηρίζονται από επιστημονικότητα. Στο συγκεκριμένο κύκλο των μαθημάτων, μεγάλο μέρος της προσπάθειας, αφιερώθηκε στην παρουσίαση μελετών, όπως αυτές στο κεφάλαιο 3 του Εγχειριδίου (Αθανασίου, 2007). Λ.χ. στο κεφάλαιο «Κάπνισμα και Υγεία» αποτυπώνεται η μελέτη του γνωστού επιδημιολόγου Peto (1985), στην οποία απεικονίζεται η σχέση ηλικίας έναρξης του καπνίσματος με την πιθανότητα προσβολής

από καρκίνο του πνεύμονα, όπου φαίνεται πολύ παραστατικά η σπουδαιότητα της παιδικής ηλικίας για το μετέπειτα καρκινικό ιστορικό. Το πλαίσιο διδασκαλίας, όμως, δεν σταμάτησε εκεί, αλλά προχωρήσαμε στην επιστημονική ερμηνεία του φαινομένου. Με ένα εικονικό πείραμα απεικονίσθηκε πολύ παραστατικά η σχέση ενσωμάτωσης των εξωγενών καρκινικών βλαβών σε κύτταρα που βρίσκονταν σε διαφορετικό στάδιο ταχύτητας πολλαπλασιασμού τους. Και όσο μεγαλύτερη η ταχύτητα αυτή (περίπτωση παιδιών) τόσο μεγαλύτερος ο βαθμός ενσωμάτωσης των καρκινικών βλαβών (Peto, 1985). Αντίστοιχα, πολλά στοιχεία σχετικά με τη σχέση καρκίνου και διατροφής, δόθηκαν με αναφορά στις γνωστές επιδημιολογικές μελέτες, όπως αυτές με κλειστούς πληθυσμούς μεταναστών (Αθανασίου 2007, κεφ. 5).

Βαθμός ανταπόκρισης της θεματολογίας του μαθήματος στην καθημερινότητα των φοιτητών

Έχει τονιστεί επανειλημμένα, ειδικά από Παιδαγωγούς που κινούνται στο χώρο του Εποικοδομητισμού η ανάγκη της προσαρμογής του Αναλυτικού Προγράμματος στις ανάγκες και στην καθημερινότητα των μαθητών και των φοιτητών (von Glasersfeld, 1998). Σε μια ολοκληρωμένη και μεγάλης κλίμακας μελέτη που έγινε στα σχολεία της Αυστραλίας, μέσα από το πρόγραμμα «*Science in Schools* (SiS)» (2001), προσδιορίστηκαν αρκετά στοιχεία που στοιχειοθετούν το πλαίσιο μιας ουσιαστικής μάθησης και συμμετοχής των μαθητών στις Φυσικές Επιστήμες. Μερικά από αυτά είναι: Οι μαθητές να ενθαρρύνονται να συμμετέχουν ενεργά στο μάθημα με ιδέες και αποδεικτικά στοιχεία, ενώ οι Φυσικές Επιστήμες θα πρέπει να συνδέονται με τη ζωή και τα ενδιαφέροντά τους (Gough et al., 1998). Παράλληλα, η έρευνα στη Γνωσιακή Επιστήμη δείχνει ότι τα ενδιαφέροντα των φοιτητών και μαθητών συνιστούν σημαντικό παράγοντα στην εμπλοκή τους με τη μάθηση και τη δημιουργία νέων νευρολογικών συνδέσεων από νέες πληροφορίες. Όσο ισχυρότερη είναι η πληροφόρηση και όσο περισσότερο συνδέεται με την καθημερινή ζωή του μαθητή, τόσο ισχυρότερη είναι η πιθανότητα της αποθήκευσης από την μνήμη εργασίας στη μακροπρόθεσμη μνήμη. Με βάση τα επιστημονικά αυτά δεδομένα και όπως φαίνεται από τις απαντήσεις των φοιτητών στο ερώτημα «κατά πόσο το μάθημα ανταποκρίθηκε στις προσδοκίες σας», υποδηλώνεται και εξηγείται σε μεγάλο βαθμό η απήχηση που είχε το μάθημα, καθώς ο βασικός προγραμματισμός στηρίχθηκε σε θέματα που φαίνεται να ανταποκρίνονται στις ανάγκες των σημερινών νέων και των μελλοντικών εκπαιδευτικών.

Είναι πλέον γνωστό γεγονός ότι κάποια από τα πλέον σημαντικά προβλήματα υγείας στη σημερινή κοινωνία είναι και οικολογικά προβλήματα, ότι είναι επιτακτική η ανάγκη του "παντρέματος" της υγείας και της διατροφής με την οικολογία (μέσα από την Αγωγή Υγείας και την Περιβαλλοντική Εκπαίδευση) και πως η εφαρμογή μερικών επιταγών της οικολογίας στην οικονομία και τη καθημερινή ζωή θα βοηθήσει και τον πλανήτη, συνολικά, αλλά και θα συμβάλλει στην καλύτερη υγεία των λαών των ανεπτυγμένων χωρών. Παράλληλα, έχει τονιστεί η ανάγκη εύρεσης τρόπων με τους οποίους η Διδασκαλία των ΦΕ και της Βιολογίας μπορεί να συναντιέται με την Περιβαλλοντική Εκπαίδευση και την Αγωγή Υγείας (Αθανασίου, 2009). Φαίνεται, από την ανταπόκριση που είχε η συγκεκριμένη σειρά μαθημάτων, πως μαζί

με τη βελτίωση του Επιστημονικού Εγγραμματισμού, μπορεί, μέσα από την Περιβαλλοντική Αγωγή Υγείας, να επιτευχθεί και ο στόχος του συνδυασμού Αγωγής Υγείας και Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης ώστε να επιτευχθεί σε κάποιο βαθμό και ο στόχος της δημιουργίας συνειδητοποιημένων πολιτών σε σχέση με το Περιβάλλον και την Υγεία.

Βιβλιογραφία

Αθανασίου, Κ. (1983). Η επιστημονική βάση για την ανίχνευση των καρκινογόνων του περιβάλλοντος. *Επιθεώρηση Κλινικής Φαρμακολογία; και Φαρμακοκινητικής, 3*, 207-218.

Αθανασίου, Κ. (1995). *Αγωγή Υγείας για παιδαγωγούς*. Θεσσαλονίκη.

Αθανασίου, Κ. (2005). *Καπνιστικές συνήθειες φοιτητών ΑΠΘ*. Αδημοσίευτη μελέτη.

Αθανασίου, Κ. (2007). *Αγωγή Υγείας*. Εκδόσεις Γρηγόρη, Αθήνα.

Αθανασίου, Κ. (2009). Από την πυραμίδα της Ενέργειας στην πυραμίδα της Μεσογειακής Διατροφής: Εκεί που η διδασκαλία της Βιολογίας συναντιέται με την Περιβαλλοντική Εκπαίδευση και την Αγωγή Υγείας. Πανελλήνιο Συνέδριο: «Υγεία, Περιβάλλον, Εκπαίδευση, Προβληματισμοί – Προτάσεις», Πρακτικά. DOI: 10.13140/RG.2.1.4358.2483 (πρόσβαση 18 Φεβρουαρίου 2021).

Αθανασίου, Κ. (2009). *Εισαγωγή στις Βιολογικές Επιστήμες & η διδακτική τους*. Εκδόσεις Γρηγόρη, Αθήνα.

ΕΚΠΑ, Υπηρεσία Ηλεκτρονικών Ερωτηματολογίων https://survey.uoa.gr/portal/mainMenu (πρόσβαση 18 Φεβρουαρίου 2021).

Παντελαίου, Ν. Γ. (2013). Επιστημονική επάρκεια και γνώση περιεχομένου στη Βιολογία: Υπάρχει συσχέτιση; Διπλωματική Εργασία, Τμήμα Βιολογίας-ΕΚΠΑ. Επιβλέπων Κ. Αθανασίου. https://pergamos.lib.uoa.gr/uoa/dl/frontend/el/browse/1317360 (πρόσβαση 18 Φεβρουαρίου 2021)

Κουρμούζη, Ν. & Κούτρας, Β. (2011). *Βήματα για τη Ζωή*. Εκδόσεις Παπαζήση, Αθήνα.

American Cancer Society (2008). Cancer facts and figures.

Ames B.N. (1983). Dietary carcinogens and anticarcinogens. *Science, 221*, 1256-1264.

Athanasiou, K. & Kyrtopoulos, S.A (1983). Mutagenic and clastogenic effects of organic extracts from the Athenian drinking water. *The Science of the Total Environment, 27*, 113-120.

Athanasiou, K., I. Arzimanoglou, C. Piccoli & Yamasaki, H. (1987). Mutagenicity, clastogenicity and in-vitro transforming ability of particulates from Athens air. *Cell Biology and Toxicology, 3*, 301-307.

Athanasiou, K., & Papadopoulou, P. (2011). Conceptual Ecology of the Evolution acceptance among Greek education students: knowledge, religious practices and social influences. *International Journal of Science Education, 34,* 903-924.

Athanasiou, K., Viras, L.G & Siskos, P.A. (1986). Mutagenicity and polycyclic aromatic hydrocarbons analysis of ambient airborne particles collected in Athens, Greece. *The Science of the Total Environment, 52,* 201-209.

Athanasiou, K. & Macris, G. (1995). Smoking and Cancer: Exploring the level of knowledge and attitudes of Greek youngsters and parents. In K. Slama (Eds.), *Tobacco and Health* (pp. 623-625). Plenum Press, New York and London.

Currie, C., Zanotti, C., Morgan, A., Currie, D. de Looze, M., Roberts, C., Samdal, O., Smith, O. & Barnekow, V. (2012). Social determinants of health and well-being among young people. Health Behavior in School-aged Children (HBSC) study: international report from the 2009/2010 survey. Copenhagen, WHO Regional Office for Europ (Health Policy for Children and Adolescents, No. 6).

Charalabopoulos, K., Makris, G., Charalabopoulos, A., Golias, C. & Athanasiou, K. (2011). Public knowledge, beliefs and practices in Greece about cancer etiology and prevention. *East Mediterranean. Health Journal, 17(5),* 392-397.

Doll, R. (1998). Epidemiological evidence of the effects of behavior and the environment on the risk of human cancer. *Recent Results in Cancer* Research, 154, 3-21.

Gough, A., Marshall, A., Matthews, R., Milne, G., Tytler, R. & White, G. (1998) Science Baseline Survey. Deakin University Faculty of Education Consultancy and Development Unit for the Department of Education, Victoria, September 1998. Confidential Consultancy Report.

Heddle, J.A. andAthanasiou, K. (1975). Mutation rates, genome size and their relation to the "rec" concept. *Nature, 258,* 359-361.

Lifo (2017). Έρευνα: 1 στους 4 Έλληνες πιστεύει ότι μας ψεκάζουν, Πηγή: https://www.lifo.gr /now/greece/135752 (πρόσβαση στις 18 Φεβρουαρίου 2021)

Makris, G., Charalampopoulos, K.A & Athanasiou, K. (1994). Estimating the level of knowledge of Greek students on cancer etiology and ways of prevention. *European Journal of Cancer prevention, 3*, 443-450.

McCann, I., Choi, Yamasaki, E. & Ames, B.N. (1975). Detection of carcinogens as mutagens in the Salmonella/microsome test: assay of 300 chemicals. *Proceedings of the National Academies of Sciencecs of the United States of America (PNAS), 72(12)*, 5135-5139.

McComas, W. F. (2008). Seeking historical examples to illustrate key aspects of the nature of science. *Science & Education, 17(2), 249-263.*

Peto, R. (1985). In IARC Monographs on the Evaluation of the Carcinogenic Risk of Chemicals to Humans , Vol. 38, Lyon.

Science in Schools Research Project Manual (2001). Burwood: Deakin University.

von Glasersfeld, E. (1998). Cognition, Construction of Knowledge, and Teaching. In Matthews, M.R (eds.) *Constructivism in Science Education* (pp.11-30). Dordrecht: Springer.

Συνοπτικό Βιογραφικό Σημείωμα

Κυριάκος Αθανασίου: Γεννήθηκε στο Μαυρομμάτι της Θήβας, αλλά δηλώθηκε από τη μητέρα του στο Ληξιαρχείο Νίκαιας, καθώς ο πατέρας του υπηρετούσε ως αντάρτης στο βουνό. Τις βασικές του σπουδές τις έκανε στο Πανεπιστήμιο Πατρών απ' όπου πήρε πτυχίο Βιολογίας. Έκανε μεταπτυχιακές σπουδές στο Πανεπιστήμιο York του Καναδά σε θέματα Γενετικής και Περιβαλλοντικής Καρκινογένεσης απ' όπου και πήρε πτυχίο Master. Στο διάστημα 1977-80 ολοκλήρωσε τη μελέτη πάνω στη διδακτορική του διατριβή στον Τομέα Βιολογίας του Κ.Π.Ε. "Δημόκριτος". Από το 1980 έως και το 1986 εργάσθηκε ως Ερευνητής στο Κέντρο Βιολογικών Ερευνών του Εθνικού Ιδρύματος Ερευνών στους τομείς της Περιβαλλοντικής Γενετικής και Καρκινογένεσης. Διετέλεσε Επικ. Καθηγητής στην Ιατρική Σχολή του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων, Καθηγητής στο ΠΤΔΕ του ΑΠΘ και το ΤΕΑΠΗ του ΕΚΠΑ, με αντικείμενο την Διδασκαλία της Βιολογίας και την Αγωγή Υγείας. Έχει διατελέσει Πρόεδρος του Διδασκαλείου «Δημήτρης Γληνός» και Πρόεδρος του Ιδρύματος Κρατικών Υποτροφιών. Έχει συγγράψει πληθώρα ερευνητικών εργασιών και έχει τιμηθεί με ειδικό βραβείο από την Πανελλήνια Ένωση Βιοεπιστημόνων για την προσφορά του στη Διδακτική της Βιολογίας.

Η Επιστημονική – Εκπαιδευτική Μέθοδος με Διερεύνηση και Καλές Πρακτικές

Γεωργ. Θεοφ. Καλκάνης
Ομότιμος Καθηγητής, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών
kalkanis@primedu.uoa.gr

Περίληψη

Περιγράφεται ο μετασχηματισμός της μεθοδολογίας της επιστημονικής έρευνας (και) σε μεθοδολογία της εκπαιδευτικής διαδικασίας, ως «επιστημονική - εκπαιδευτική μέθοδος με διερεύνηση». Περιγράφονται επίσης και η πρώτη εφαρμογή και τα αποτελέσματα της μεθόδου στα μαθήματα των φυσικών της ύστερης πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης (από το 2001 μέχρι σήμερα) και τα μαθήματα της Φυσικής της πρώιμης δευτεροβάθμιας / γυμνασιακής εκπαίδευσης (από το 2013 μέχρι σήμερα) του ελληνικού εκπαιδευτικού συστήματος, καθώς και σε εργαστηριακά μαθήματα φυσικών επιστημών της τριτοβάθμιας εκπαίδευσης. Η μέθοδος, καθώς και οι προτεινόμενες υποστηρικτικές «καλές πρακτικές», αποδεικνύεται λειτουργική και αποτελεσματική στην ανάπτυξη γνώσεων και δεξιοτήτων, καθώς και στην ανάπτυξη ορθολογικού τρόπου σκέψης από τους εκπαιδευόμενους.

Λέξεις κλειδιά: επιστημονική εκπαιδευτική μέθοδος με διερεύνηση

Abstract

The transformation of scientific research methodology to an educational methodology is described, named “scientific educational method by inquiry”, along with its first application and results in teaching physics course of the late primary education (dating since 2001 to date) and of early secondary / high school level (from 2013 to date) in the Greek Educational System, as well as lab Physics courses in higher education. This method and the proposed supportive “good practices” is proved to be functional and effective in developing knowledge and skills, as well as in the development of a rational way of thinking by the students.

keywords: scientific educational method by inquiry

Εισαγωγή

Έστω κι αν η πρόσκληση γι αυτό το σημείωμα της Ένωσης (ή αρχικά Κόμβου) για την Εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες και την Τεχνολογία στα Ιδρυτικά της μέλη (από το 1997), είναι τιμητική, αυτό το σημείωμα μοιάζει να είναι αποτιμητική (ή και τερματική) κατάληξη μιας – ευτυχώς για μένα – μακράς επιστημονικής και εκπαιδευτικής διαδρομής στις φυσικές επιστήμες. Είναι επίσης μια ευκαιρία να συνοψίσω και να ξεχωρίσω εκπαιδευτικές σκέψεις και προτάσεις (μου) που έγιναν κατά τη διάρκεια αυτής της διαδρομής.

Θεωρώ την αρχική διαμόρφωση της πρότασης – στις αρχές του 2000 – και τη συνεχή έκτοτε υποστήριξη της εφαρμογής της "επιστημονικής - εκπαιδευτικής μεθοδολογίας με διερεύνηση" ως καθοριστική για όλες τις εκπαιδευτικές βαθμίδες των φυσικών επιστημών.

Παράλληλα θεωρώ καλές πρακτικές που επηρέασαν διαχρονικά την εξέλιξή τους:

- την εμμονή στον πραγματικό αποδεικτικό πειραματισμό που στοχεύει στην ανακάλυψη της «θεωρίας» και όχι απλά στον επιδεικτικό πειραματισμό που επιβεβαιώνει τη θεωρία
- την ερμηνευτική και ενοποιητική αξιοποίηση των προσομοιώσεων του μικροκόσμου για την εξήγηση των φυσικών φαινομένων του μακροκόσμου και για την ανάδειξη του συνεκτικού χαρακτήρα του φυσικού μας κόσμου
- την επιδίωξη όχι μόνο απόκτησης γνώσεων αλλά και ανάπτυξης δεξιοτήτων από τους εκπαιδευόμενους
- τη διάχυση και αξιοποίηση – όπου είναι δυνατή – των μετακλασικών ιδεών σε όλες τις εκπαιδευτικές βαθμίδες
- την αντιπαράθεση με τις προκαταλήψεις
- την άσκηση και την εμμονή στον ορθολογικό τρόπο σκέψης (...).

Στόχοι

Στους βασικούς γενικούς στόχους αυτής της εκπαιδευτικής διαδρομής περιλαμβανόταν απαραίτητα η μετάδοση στους εκάστοτε εκπαιδευόμενους των επιστημονικών γνώσεων που απαιτούνται και συνάδουν με αυτούς ηλικιακά, γνωστικά, γνωσιακά, (...). Βασική προϋπόθεση ήταν η ακρίβεια, χωρίς η όποια εκπαιδευτική προσέγγιση ή απλούστευση να οδηγεί σε παρανοήσεις. Ζητούμενο βέβαια πάντα ήταν η ένταξη κάθε νέας γνώσης, στον γνωσιακό ιστό του κάθε εκπαιδευόμενου, να γίνεται με τη δυνατότητα βέλτιστης / «συναψιακής» αλληλεπίδρασής της με τις άλλες γνώσεις, ώστε ο ίδιος να συνθέτει και να δημιουργεί.

Οι παράπλευροι ή απώτεροι στόχοι ήταν πολλοί:

- η ανακάλυψη –και όχι απλή απομνημόνευση– της γνώσης με διερεύνηση, όπως αυτή προκύπτει με πειραματισμό από τον ίδιο τον εκπαιδευόμενο.

- η ερμηνεία των πειραματικών δεδομένων με τρόπο κατανοητό και απλό από τον εκπαιδευόμενο.
- η επέκταση της όποιας υποστηρικτικής θεωρίας και στην μετακλασική επιστήμη, αν και όπου είναι εφικτό και χρήσιμο.
- η άσκηση στην ορθή κρίση και τον ορθολογισμό για την επιλογή των ορθών πειραματικών δεδομένων και τη διατύπωση των όποιων συμπερασμάτων.
- η γενίκευση των επιμέρους συμπερασμάτων σε γενικότερα συμπεράσματα / θεματικές ενότητες.
- η διασύνδεση και η αλληλεπίδραση των ειδικών θεματικών συμπερασμάτων με άλλες διαθεματικές / διεπιστημονικές ενότητες.
- η άσκηση στην εφαρμογή των συμπερασμάτων στην καθημερινή ζωή και στην τεχνολογία.
- η ανάπτυξη κατά την εκπαιδευτική διαδικασία και δεξιοτήτων, εκτός της απόκτησης γνώσεων.
- η συμμετοχή των εκπαιδευόμενων / μελλοντικών πολιτών στις επιστημονικές και τεχνολογικές εξελίξεις της εποχής τους.
- η απόκρουση των προκαταλήψεων και των ψευδοεπιστημονικών ισχυρισμών στις φυσικές επιστήμες (...).

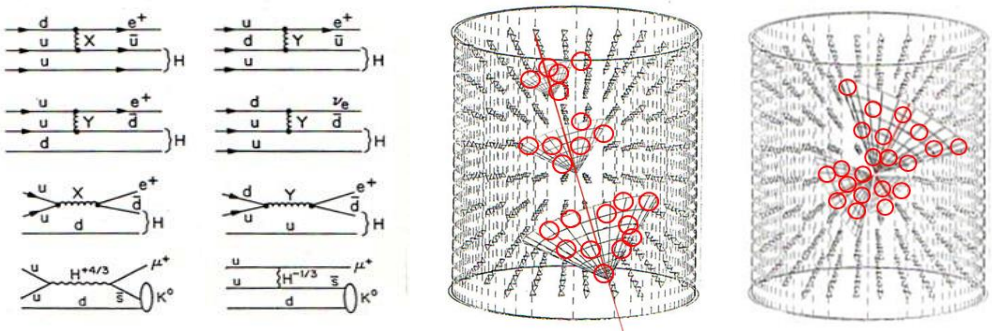
Μέθοδος

Καθοριστικός αλλά και αποτελεσματικός παράγοντας για τη σύμμετρη και ολοκληρωμένη διεξαγωγή της εκπαιδευτικής διαδικασίας σε όλες τις βαθμίδες και τις ομάδες εκπαιδευόμενων (μαθητών, φοιτητών, επιμορφούμενων, ...), με επιδίωξη την επιτυχία των στόχων της, ήταν πάντα η εφαρμογή μιας επιτυχούς διδακτικής ή εκπαιδευτικής μεθοδολογίας. Αν και διαχρονικά είχε αναγνωριστεί από όλους η αξία και αποτελεσματικότητα της επιστημονικής μεθοδολογίας της έρευνας, μόλις στις αρχές του 2000 άρχισε η μεθοδολογία αυτή να εφαρμόζεται και στην εκπαίδευση, κατάλληλα προσαρμοσμένη. Η «επιστημονική - εκπαιδευτική μέθοδος με διερεύνηση» (Καλκάνης, 2001, 2007α, 2007β, 2007γ; Straga & Kalkanis, 1999) είναι η γενικότερη εκδοχή του «ερευνητικά εξελισσόμενου εκπαιδευτικού προτύπου» που προτάθηκε και εφαρμόστηκε πρώτα από τη συγγραφική ομάδα των εγχειριδίων της σειράς «Φυσικά - Ερευνώ κι Ανακαλύπτω» της Ε΄ και Στ΄ τάξης του Δημοτικού Σχολείου (Αποστολάκης κά., 2001, 2006). Οι μέθοδοι με διερεύνηση που υιοθετούν τον επιστημονικό τρόπο σκέψης ως εκπαιδευτική μέθοδο αναγνωρίστηκαν ως κυρίαρχες (Science Education Now, 2007; Καριώτογλου, 2011).

Χαρακτηριστική και ενδεικτική της διαχρονικότητας της χρήσης της επιστημονικής μεθόδου της έρευνας σε παλαιά και σύγχρονα ή μεγάλα και μικρά ερευνητικά προγράμματα / πειράματα είναι η – κατά βήμα – εφαρμογή της στο πρωτοποριακό (το 1980) πείραμα για τη διάσπαση του πρωτονίου στις ΗΠΑ, από τα Πανεπιστήμια Harvard, Purdue και Wisconsin.

Συγκεκριμένα, ακολουθώντας τα γενικότερα αποδεκτά μεθοδολογικά βήματά της, το πρόγραμμα σχεδιάστηκε και πραγματοποιήθηκε: Α) με έναυσμα τη βάσιμη αντίληψη της επιστημονικής κοινότητας εκείνης της εποχής ότι τα θεωρητικά δεδομένα επέτρεπαν την προσδοκία της πειραματικής απόδειξης της διάσπασης του – αρχέγονου – πρωτονίου, Β) με διατύπωση των προτάσεων μερικών υποθετικών θεωρητικών modes διάσπασης του πρωτονίου που προτάθηκαν, Γ) με τη σχεδίαση, σύνθεση και εγκατάσταση μιας μεγάλης υπόγειας πειραματικής διάταξης ανίχνευσης πιθανών διασπάσεων πρωτονίου από μια μεγάλη δεξαμενή πυρήνων νερού, Δ) με την ανίχνευση, στη συνέχεια, και προσπάθειες ταυτοποίησης φωτοβολούντων μικροσκοπικών «γεγονότων» στον χώρο ως διασπάσεις πρωτονίων για τη διατύπωση της νέας γνώσης, Ε) με την προσπάθεια επιβεβαίωσης ή διάψευσης των αποτελεσμάτων / συμπερασμάτων και από άλλα πειράματα, με στόχο κοσμολογικές και άλλες αλλαγές στην επιστήμη, όπως την τελική απόδειξη της υπόθεσης της Μεγάλης Αρχής (Big Bang) του κόσμου μας (Kalkanis, 1986, 1984; Καλκάνης, 1984).

Εικόνες 1: Θεωρητικές modes διάσπασης πρωτονίου, Ανίχνευση τροχιάς φορτισμένου κοσμικού σωματιδίου, Ανίχνευση / ταυτοποίηση γεγονότων διάσπασης (;)



Η επιστημονική - εκπαιδευτική μέθοδος με διερεύνηση μεταβαίνοντας από την επιστημονική έρευνα στην εκπαιδευτική διερεύνηση, αντιγράφοντας ή προσομοιώνοντας τα βήματα της επιστημονικής μεθόδου της έρευνας και ενσωματώνοντάς τα σε «φύλλα εργασίας», επιδιώκει και επιτυγχάνει:

1) να προκαλεί το ενδιαφέρον των εκπαιδευόμενων για την εκάστοτε θεματική της εκπαιδευτικής διαδικασίας με εναύσματα, όπως θέματα της επικαιρότητας, σχετικά φυσικά ή και ανθρωπογενή φαινόμενα, επιστημονικές ή τεχνολογικές ανακοινώσεις, ή/και διαθεματικές αναφορές στις τέχνες... (βήμα 1ο: πρόκληση ενδιαφέροντος),
2) να προβληματίζει και να ζητά υποθέσεις ή προτάσεις από τους εκπαιδευόμενους για τον τρόπο μελέτης της θεματικής, οργανώνοντας συζητήσεις μεταξύ τους και θέτοντας ερωτήματα, ώστε οι εκπαιδευόμενοι να συνδέσουν τη συγκεκριμένη θεματική με προϋπάρχουσες γνώσεις (βήμα 2ο: προβληματισμός και διατύπωση υποθέσεων),

3) να εμπλέκει σε πειραματισμό (πραγματικό ή εικονικό, με πραγματικές κατά το δυνατόν μετρήσεις και ιδιοκατασκευές) τους εκπαιδευόμενους, κατατάσσοντάς τους σε ομάδες και διακρίνοντας ρόλους. Ο πειραματισμός –απαραίτητα– πρέπει να είναι αποδεικτικός (απορριπτικός ή επιβεβαιωτικός) μιας υπόθεσης και ανακαλυπτικός της «θεωρίας» των εκπαιδευόμενων και όχι επιδεικτικός μετά τη διατύπωση της γνωστής θεωρίας (βήμα 3ο: πειραματισμός),
4) να ζητά τη διατύπωση των παρατηρήσεων, των αποτελεσμάτων και των συμπερασμάτων των εκπαιδευόμενων που θα αποτελέσουν την εξαχθείσα γνώση, τη «θεωρία» τους (βήμα 4ο: διατύπωση παρατηρήσεων, αποτελεσμάτων, συμπερασμάτων),
5) να εφαρμόζει διεπιστημονικά / διαθεματικά τη «θεωρία», να την εμπεδώνει, να τη γενικεύει σε ευρύτερες θεματικές και να την ερμηνεύει με τον μικρόκοσμο (βήμα 5ο: εφαρμογές, γενίκευση, μικρο-ερμηνείες).

Με την απαραίτητη εμπλοκή των εκπαιδευόμενων κατά την εκπαιδευτική διαδικασία σε πραγματικούς πειραματισμούς και πραγματικές μετρήσεις, αλλά και στη διατύπωση από τους ίδιους των συμπερασμάτων τους (της «θεωρίας» τους) από τα αποτελέσματα των πειραματισμών τους, καταδεικνύεται καταρχήν στους εκπαιδευόμενους ότι οι θεωρίες είναι αντικειμενικές και δεν εξαρτώνται από προαντιλήψεις ή προκαταλήψεις, αλλά μόνο από το πείραμα.

Παράλληλα με τις γνώσεις που αποκτούν οι εκπαιδευόμενοι αποκτούν ή και ενισχύουν προσδοκώμενες δεξιότητες συμμετέχοντας ενεργητικά στα διάφορα και ποικίλα βήματα της μεθοδολογίας. Ενδεικτικά αναφέρονται προσδοκώμενες δεξιότητες:

Βήμα 1ο) πρόκληση ενδιαφέροντος: παρατηρητικότητα, αξιοποίηση ψηφιακών μέσων, ανάπτυξη ενδιαφερόντων,

Βήμα 2ο) προβληματισμός, υποθέσεις: ομαδικότητα, επικοινωνία, διαίσθηση, αναστοχασμός, αναλυτική σκέψη,

Βήμα 3ο) πειραματισμός: συνεργατικότητα, δημιουργικότητα, εφευρετικότητα, ανάληψη πρωτοβουλιών, χρήση εργαλείων, χρήση οργάνων, λήψη μετρήσεων, έλεγχος μεταβλητών, διαχείριση χρόνου,

Βήμα 4ο) αποτελέσματα / συμπεράσματα (θεωρία): επίλυση προβλήματος, λήψη αποφάσεων, ορθολογισμός, κριτική σκέψη, διατύπωση παρατηρήσεων, διατύπωση συμπερασμάτων / θεωρίας, αυτοεκτίμηση,

Βήμα 5ο) εφαρμογές, γενίκευση, μικρο-ερμηνείες: συνδυαστική σκέψη, αφαιρετική σκέψη, αξιοποίηση μοντέλων.

Προστίθεται ότι η καταγραφή παρατηρήσεων, σχολίων, κρίσεων, μετρήσεων, αποτελεσμάτων, συμπερασμάτων (...) στα φύλλα εργασίας – έντυπα ή ηλεκτρονικά – από τους ίδιους τους εκπαιδευόμενους παρέχει τη δυνατότητα στον/στην επιμορφωτή για την αναλυτική (σε κάθε βήμα και ενέργεια) αξιολόγηση των εκπαιδευόμενων, καθενός ξεχωριστά, τόσο όσον αφορά στην ενεργό συμμετοχή τους στην εκπαιδευτική διαδικασία

και στις γνώσεις που απέκτησαν όσο και στις δεξιότητες που ανέπτυξαν κατά την εκπαιδευτική διαδικασία.

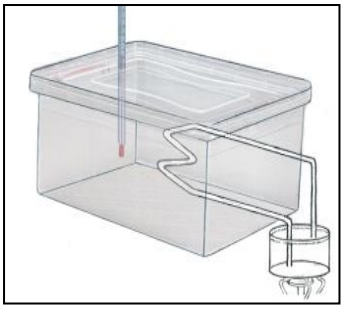
Καλές Πρακτικές

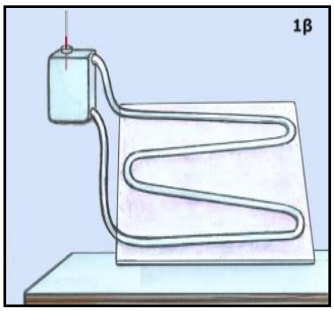
Σε όλο το πλέγμα των δραστηριοτήτων που προβλέπει / απαιτεί η εφαρμογή της μεθόδου, σημαντική είναι η παράπλευρη συμβολή μερικών «καλών πρακτικών», είτε πρόκειται για ατομικές πρακτικές που εφαρμόζουν οι εκπαιδευόμενοι ή μια ομάδα εκπαιδευομένων και αφορούν στα μεθοδολογικά βήματα, είτε πρόκειται για γενικότερες πρακτικές που αφορούν στα μελετούμενα αντικείμενα και τις παιδαγωγικές προσεγγίσεις τους και εφαρμόζονται από το σύνολο των εκπαιδευομένων.

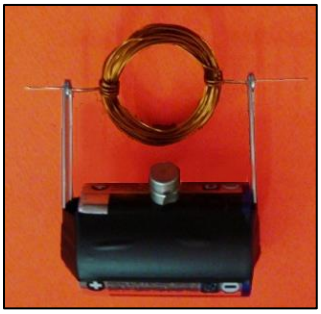
Μερικές από αυτές έχουν προταθεί – και προτείνονται – με την πεποίθησή μου ότι βελτιστοποιούν την ποιότητα και αποτελεσματικότητα της επιστημονικής εκπαιδευτικής μεθόδου με διερεύνηση.

1) Ο – αναπόσπαστος από τη μέθοδο – πειραματισμός είναι ευκταίο να διεξάγεται μετωπικά από τους εκπαιδευόμενους ως αποδεικτικός μιας υπόθεσης / ανακαλυπτικός της «θεωρίας» τους και όχι ως επιδεικτικός μετά τη διατύπωση γνωστής θεωρίας. Ευκταία είναι η χρήση απλών υλικών και μέσων που επιλέγονται και κατά το δυνατόν συγκεντρώνονται από τους εκπαιδευόμενους έτσι ώστε να έχουν τη δυνατότητα στο σπίτι τους να επαναλάβουν τον πειραματισμό. Προστιθέμενη αξία στον πειραματισμό συνιστά και η πρόταση της σύνθεσης της πειραματικής διάταξης με αυτοσχεδιασμό και ιδιοκατασκευή από τον/τους εκπαιδευόμενο/ους (Καλκάνης κ.ά., 2013; Γκικοπούλου κ.ά., 2013). Λειτουργικές και χρήσιμες αποδείχθηκαν οι ιδιοκατασκευές που προταθήκαν κατά καιρούς στους Πανελλήνιους Διαγωνισμούς Φυσικής «Αριστοτέλης» και αναπαράχθηκαν από πλήθος μαθητών και σχολείων («Αριστοτέλης» 2015-2019).

Εικόνες 2: Ιδιοκατασκευή πειραματικού συστήματος οικιακής θέρμανσης («Αριστοτέλης» Στ'α 2018), Ιδιοκατασκευή πειραματικού συστήματος ηλιακού θερμοσίφωνα («Αριστοτέλης», Στ'α 2016), Ιδιοκατασκευή πειραματικού ηλεκτρομαγνητικού κινητήρα («Αριστοτέλης» Στ'β 2018)

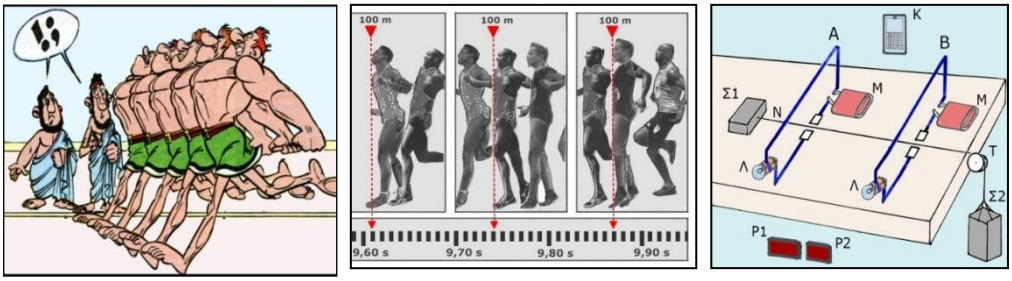






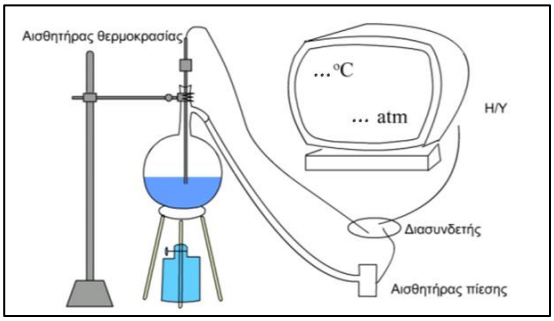
2) Το ενδιαφέρον των εκπαιδευόμενων για τη μελέτη κάποιας θεματικής εξαρτάται ισχυρότατα από τον τρόπο – και την πρωτοτυπία – της πρόκλησης του ενδιαφέροντος, όπως επιδιώκεται συχνά στα θέματα του διαγωνισμού «Αριστοτέλης». Κυρίως όμως το ενδιαφέρον εξαρτάται από το αν το υπό μελέτη θέμα δημιουργεί ερωτήματα στους εκπαιδευόμενους προς απάντηση, ιδίως όταν πρόκειται για θέματα της σύγχρονης τεχνολογίας.

Εικόνες 3: Μέτρηση χρόνου με ακρίβεια: Πρόκληση ενδιαφέροντος, Μέθοδος photo finish, Εναλλακτική ιδιοκατασκευή, Θέμα Διαγωνισμού Φυσικής «Αριστοτέλης», Α' Γυμν., 2019 («Αριστοτέλης» 2015-2019)



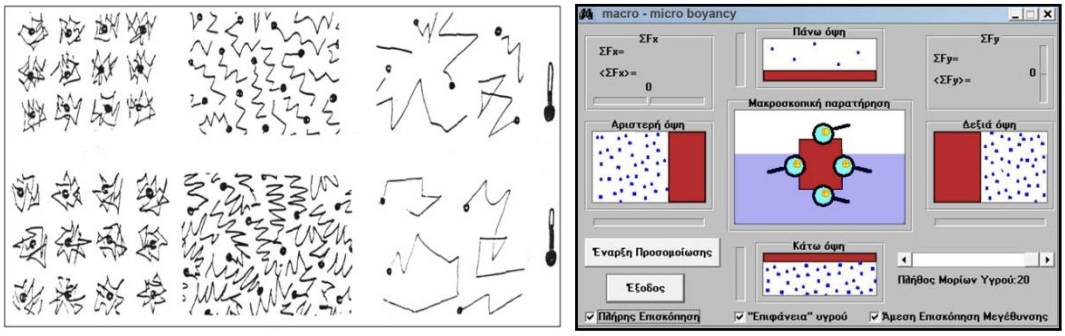
3) Στο πλαίσιο των ιδιοκατασκευών προτείνεται (ήδη από τη δεκαετία του 1990) η χρήση και η σύνθεση –με απλά μέσα– αισθητήρων και απτήρων οι όποιοι συνδεόμενοι με τον ηλεκτρονικό υπολογιστή παρέχουν κατευθείαν πειραματικά δεδομένα. Επιπλέον, αποτελούν άμεση εφαρμογή φυσικών αρχών γνωστών ή προσιτών στους εκπαιδευόμενους (Καλκάνης, 2007β; Patrinopoulos & Kalkanis, 2004). Επισημαίνεται ότι η πρόταση και η εφαρμογή αυτή (τη δεκαετία του 1990) ήταν ο προπομπός μιας καινοφανούς διεύρυνσης των τεχνολογιών της εκπαιδευτικής ρομποτικής (γνωστής ως STEM) για τις ανάγκες και άλλων – εκτός της Φυσικής – γνωσιακών αντικειμένων / μαθημάτων.

Εικόνες 4: Δύο αισθητήρες θερμοκρασίας, διασυνδετής και ηλεκτρονικός υπολογιστής της εποχής εκτελούν μετρήσεις σε πείραμα θερμικής ισορροπίας, Αισθητήρας θερμοκρασίας και αισθητήρας πίεσης με διασυνδετή ηλεκτρονικού υπολογιστή της εποχής εκτελούν μετρήσεις σε πείραμα για την εύρεση της εξάρτησης από την πίεση του σημείου βρασμού του νερού



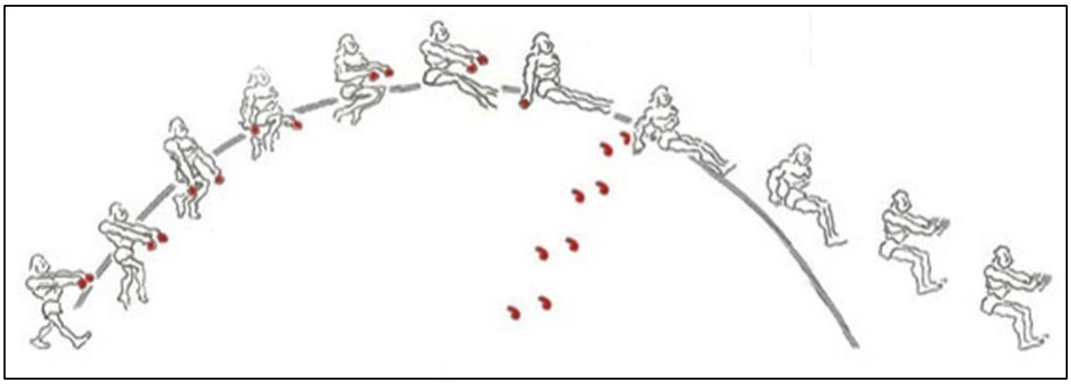
4) Εξαιρετικά ενδιαφέρουσα και παραγωγική για την εκπαίδευση στις φυσικές επιστήμες είναι η αναπαράσταση / προσομοίωση των θέσεων και των κινήσεων των σωματιδίων του μικροκόσμου, ιδίως όταν επιχειρείται με απλό τρόπο (Καλκάνης, 2007β, 2007δ, 2007ε). Οι προσομοιώσεις αυτές υποδεικνύουν πρακτικά στους εκπαιδευομένους τρόπους ερμηνείας φαινομένων του μακροκόσμου – όπως και της εξέλιξής τους –, αλλά και αποδεικνύουν τον συνεκτικό τρόπο της συγκρότησης του κόσμου, δεδομένου ότι αυτός διαπιστώνεται ότι αποτελείται από λίγες και απλές δομές (Γκικοπούλου–& Καλκάνης, 2016; Γκικοπούλου, 2017; Γκικοπούλου, 2013; Δενδρινός–& Καλκάνης, 2004; Dimopoulos-& Kalkanis, 2003; Δρόλαπας & Γκικοπούλου, 2019; Ιμβριώτη, 2006, Ιμβριώτη & Καλκάνης, 2007, 2004, 2003; Χατζηδάκη & Σταύρου, 1998). Οι προσομοιώσεις των κινήσεων του μικροκόσμου λειτουργούν με τη χρήση (ψευδο-)τυχαίων αριθμών και μεθόδους Monte Carlo (Kalkanis, 2013, 2010, 1997, 1996). Συμπληρωματικά, ενδιαφέρουσα είναι και η σύγχρονη ή/και αναδραστική λειτουργία πραγματικών πειραμάτων του μακροκόσμου και προσομοιώσεων του μικρόκοσμου.

Εικόνες 5: Ο μικρόκοσμος ερμηνεύει τον μακρόκοσμο / διαστολή – συστολή στερεών, υγρών, αερίων (Καλκάνης, 2007γ), Σύγχρονη λειτουργία πειράματος άνωσης και προσομοιώσεων του μικρόκοσμου (Τσάκωνας, Καλκάνης 1998)



5) Ενδιαφέρον παρουσιάζουν και οι θεματικές που απαιτούν πειραματισμούς για την αναπαράσταση και την ερμηνεία παιχνιδιών και αθλητικών αγωνισμάτων που στηρίζονται σε βασικές αρχές και νόμους της Φυσικής, όπως είναι πολλά από τα ολυμπιακά παιχνίδια / αγωνίσματα.

Εικόνες 6: Η διατήρηση της ορμής ερμηνεύει τη χρήση «αλτήρων» στα άλματα μήκους των αρχαίων Ολυμπιάδων (Kalkanis 1998)



6) Όπου δεν είναι δυνατή η εκτέλεση πειραμάτων –όπως σε εξετάσεις και διαγωνισμούς– προτείνεται και έχει δοκιμαστεί συστηματικά και επιτυχώς, ιδίως στους Πανελλήνιους Διαγωνισμούς Φυσικής «Αριστοτέλης», η χρήση και επεξεργασία πραγματικών τιμών μέτρησης σε πειραματικά θέματα. Η εμπειρία τόσο από τους Πανελλήνιους Διαγωνισμούς Φυσικής όσο και από τη συστηματική επαφή και ανάδραση από τις Διεθνείς Ολυμπιάδες Φυσικής («Αριστοτέλης» 2015-2019) επιτρέπει πλέον στην

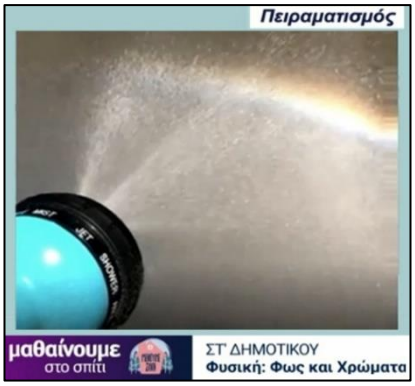
κοινότητά μας να απαιτήσει από την πολιτεία συμμετοχή του πειραματισμού στις εξετάσεις εισαγωγής στα ΑΕΙ («Αριστοτέλης» 2018). Εξάλλου η διαπίστωση της έλλειψης αυτής έχει μετρηθεί με έρευνα σε σημερινούς φοιτητές Φυσικής και μαθητές που συμμετείχαν σε Πανελλήνιους Διαγωνισμούς Φυσικής / Φυσικών «Αριστοτέλης» και σε Διεθνείς Ολυμπιάδες Φυσικής (Καλκάνης, & Τόμπρας 2019). Επισημαίνεται ότι η συμμετοχή μαθητών στους Διαγωνισμούς Φυσικής / Φυσικών και στις Ολυμπιάδες Φυσικής συνιστούν «καλή πρακτική» στο πλαίσιο της εκπαίδευσής τους.

Εικόνες 7: Στιγμιότυπα από την πραγματική πειραματική διαδικασία των μετεχόντων μαθητών –και των Ελλήνων– σε Διεθνή Ολυμπιάδα Φυσικής, Μέλος της Ελληνικής μαθητικής ομάδας εκτελεί τα πειράματα

7) Οι βάσεις / τράπεζες θεμάτων, αν και αντιμετωπιστήκαν επιφυλακτικά κατά την πρώτη τους δοκιμαστική εφαρμογή (το 2014) με την πλατφόρμα «Μελέαγρος» (Καλκάνης, 2014), έχουν πλέον γενική αποδοχή όχι μόνο για την εκπαιδευτική και παιδαγωγική εφικτότητα της εφαρμογής τους, αλλά (και) γιατί συνιστούν ένα αποτελεσματικό – και δημοκρατικό – μέσο εφαρμογής των προγραμμάτων σπουδών με τον ίδιο τρόπο σε όλα τα σχολεία της χώρας.

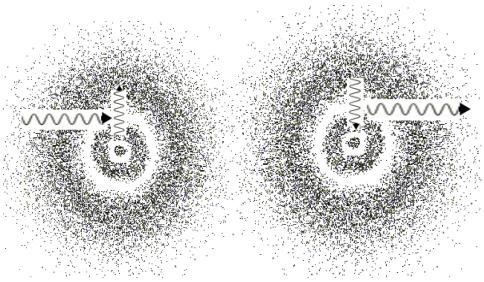
8) Δεδομένης της αναγκαιότητας χρήσης των ψηφιακών τεχνολογιών και των εφαρμογών τους για διαφορετικές και συχνά μη προβλεπτές ανάγκες της εκπαίδευσης, προτείνεται οι μέθοδοι, τεχνικές και πρακτικές της ψηφιακής τηλεκπαίδευσης (εξ αποστάσεως, σύγχρονης, ασύγχρονης, ...) να αποτελούν αναπόσπαστο μέρος της γενικότερης τυπικής εκπαίδευσης. Στο πλαίσιο αυτό της εκπαίδευσης στις ψηφιακές τεχνολογίες και των εφαρμογών τους καλές και χρήσιμες πρακτικές είναι και η δημιουργία εκπαιδευτικών ψηφιακών σεναρίων (Καλκάνης, κ.ά., 2007δ, 2007ε) και επεισοδίων εκπαιδευτικής τηλεόρασης (Γκικοπούλου, 2020).

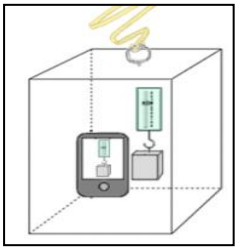
Εικόνες 8: Πραγματικό πείραμα θερμικής ισορροπίας από ψηφιακό εκπαιδευτικό σενάριο αναρτημένο στο Φωτόδεντρο (Καλκάνης κά. 2007δ, 2007ε), Πείραμα δημιουργίας ουράνιου τόξου σε σταγονίδια νερού από πίδακα κήπου αναρτημένο στην ΕΡΤ tv (Γκικοπούλου 2020)

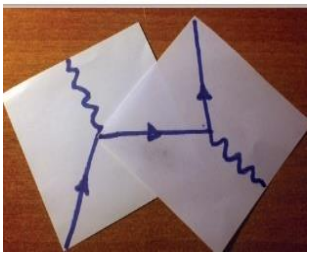


9) Η παραπομπή και η απλή αναφορά ή αξιοποίηση φαινομένων και αρχών της μετακλασικής επιστήμης – όπου κι αν είναι εφικτή και χρήσιμη – είναι ευεργετική για τη συνολική αντίληψη των εκπαιδευομένων ότι δεν υπάρχουν ελλείμματα στην κατανόηση και ερμηνεία του κόσμου, όπως θα δειχθεί στις επόμενες βαθμίδες εκπαίδευσης.

Εικόνες 9: Διέγερση - Αποδιέγερση ηλεκτρονίου με εκπομπή φωτονίου (Καλκάνης 2007γ), Αυτοσχέδιο πείραμα ανελκυστήρα Einstein (Kapotis, Kalkanis 2016), Εκπαιδευτικό διάγραμμα Feynman electron - photon scattering (Kontokostas, Kalkanis 2013)

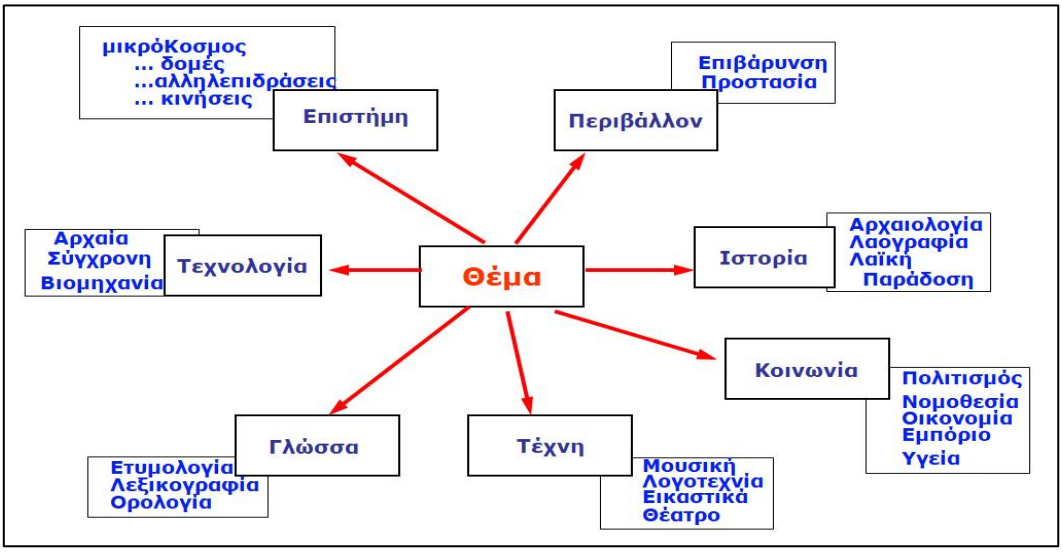






10) Η συσχέτιση της όποιας θεματικής που μελετήθηκε κατά την εκπαιδευτική διαδικασία, με εφαρμογή της μεθόδου, ολοκληρώνεται στο πέμπτο βήμα με την καλή πρακτική της «συστημικής» συσχέτισης της θεματικής με συγγενείς γνώσεις από άλλα – εκτός της Φυσικής – θεματικά αντικείμενα.

Εικόνα 10: Το παρακάτω συστημικό διάγραμμα διευκολύνει –ή αναγκάζει– τη διεπιστημονική / διαθεματική συσχέτιση να είναι πλήρης και ολοκληρωμένη (Καλκάνης 2007β, 2007γ)



11) Τέλος, σημειώνεται ως «καλή πρακτική» η απαραίτητη, συνεχής και αυστηρή αντιπαράθεση με τις προκαταλήψεις και τους ψευδοεπιστημονικούς αποπροσανατολισμούς που διαρκώς αναφύονται ή προωθούνται (ακόμη και από «επιστημονικές» ενώσεις ...), με αντίδοτο βέβαια τη συνεχή προσπάθεια ανάδειξης του ορθολογισμού της επιστημονικής έρευνας και την εφαρμογή του στην καθημερινή ζωή.

Εφαρμογές – Αποτελέσματα

Η επιστημονική - εκπαιδευτική μέθοδος με διερεύνηση εφαρμόζεται από το έτος 2001 μέχρι σήμερα στα σχολικά εγχειρίδια της σειράς «Φυσικά – Ερευνώ κι Ανακαλύπτω» της Ε΄ και Στ΄ τάξης του Δημοτικού Σχολείου (Αποστολάκης κά., 2001, 2006). Αυτά είναι τα επίσημα σχολικά βιβλία για όλους τους μαθητές Ε’ και Στ’ Δημοτικού της χώρας μας.

Η μέθοδος αυτή εφαρμόζεται επίσης από το έτος 2013 μέχρι σήμερα στο επίσημο σχολικό εγχειρίδιο φυσικής της Α’ Γυμνασίου «Η Φυσική με Πειράματα» (Καλκάνης. κ.ά., 2013), καθώς και στον Εργαστηριακό Οδηγό Φυσικής της Β’ Γυμνασίου (Αντωνίου κά. ,2014) από το 2014 μέχρι σήμερα.

Επίσης, η μέθοδος προβλέφτηκε προς εφαρμογή στα νέα Προγράμματα Σπουδών Φυσικής για την Α’, Β’ και Γ’ Λυκείου (ΦΕΚ 184/23-01-2015) καθώς και για το μάθημα «Αρχές Φυσικών Επιστημών» για μάθημα της Γ΄Λυκείου (ΦΕΚ 180/23-01-2015) τα οποία παρότι

ολοκληρώθηκαν και εκδόθηκαν σε ΦΕΚ δεν πρόλαβαν να εφαρμοστούν. Όμως εφαρμόζονται διαρκώς σε εκπαιδευτικά και επιμορφωτικά σεμινάρια για μαθητές και εκπαιδευτικούς.

Η μέθοδος αυτή εφαρμόστηκε και στα βιβλία των μαθημάτων των Φυσικών Επιστημών του ΠΤΔΕ του Πανεπιστημίου Αθηνών (Καλκάνης, 2007γ, 2010). Κατά τα ακαδημαϊκά έτη 1998-1999 έως 2009-2010 οι φοιτητές εκτελούσαν εργαστηριακά πειράματα φυσικών επιστημών σύμφωνα με τον ισχύοντα τότε εργαστηριακό οδηγό (Καλκάνης, & Κωστόπουλος, 1998), μη ενταγμένα στα βήματα κάποιας διδακτικής μεθοδολογίας. Κατά τα ακαδημαϊκά έτη 2010-2011 έως 2015-2016 οι φοιτητές εκτελούσαν στο Εργαστήριο Φυσικών Επιστημών εργαστηριακά πειράματα φυσικών επιστημών ακολουθώντας τον νέο εργαστηριακό οδηγό (Καλκάνης, 2010). Αυτά τα πειράματα ήταν ενταγμένα στα βήματα της εκπαιδευτικής μεθόδου με διερεύνηση.

Κατά τη μακρόχρονη εφαρμογή της επιστημονικής - εκπαιδευτικής μεθόδου με διερεύνηση, στην πρωτοβάθμια και δευτεροβάθμια / γυμνασιακή εκπαίδευση δεν δημοσιεύτηκαν ή διατυπώθηκαν από εκπαιδευτικούς αρνητικές κρίσεις για την αποτελεσματικότητά της και δεν ζητήθηκαν παρεμβάσεις ή και αλλαγές στη δομή και τη λειτουργία της. Αντίθετα, οι θετικές κρίσεις που έχουν δημοσιευτεί (Γκικοπούλου, 2013, Ιμβριώτη, 2006 κά.) για τη μέθοδο, αλλά και για πολλές υποστηρικτικές της μεθόδου καλές πρακτικές, υποδεικνύουν την εν γένει αποδοχή της από τους εκπαιδευτικούς της τυπικής εκπαίδευσης.

Όσον αφορά στους φοιτητές που ασκήθηκαν σε εργαστηριακά πειράματα φυσικών ενταγμένα στην επιστημονική - εκπαιδευτική μέθοδο με διερεύνηση, η σχετική έρευνα (Γκικοπούλου, 2019) έδειξε ότι είχαν καλύτερη επίδοση όσον αφορά στην ακρίβεια και πληρότητα των συμπερασμάτων τους, στη διασύνδεση των συμπερασμάτων τους με τη θεωρία αλλά και στις εφαρμογές, υποδηλώνοντας την ανάπτυξη ενός επιστημονικού τρόπου σκέψης. Τα αποτελέσματα αυτά είναι αρκετά ενθαρρυντικά με προεκτάσεις και στην τυπική εκπαίδευση όπου εφαρμόζεται η ίδια μέθοδος, καθώς υποδηλώνουν ότι η μέθοδος αυτή μπορεί να βοηθήσει και στην ανάπτυξη επιστημονικού τρόπου σκέψης και στους μαθητές της τυπικής εκπαίδευσης.

Τα αποτελέσματα αυτά βρίσκονται σε συμφωνία και με αποτελέσματα άλλων ερευνών (Koerber et al., 2015) που υποστηρίζουν ότι η κατανόηση της φύσης της επιστήμης και της αναγκαιότητας του ελέγχου των υποθέσεων και της αξιολόγησης των δεδομένων βοηθούν τους μαθητές να αντιμετωπίσουν τις αφελείς και μερικά σωστές αντιλήψεις τους, προσεγγίζοντας περισσότερο τις επιστημονικές.

Επίσης, η Kuhn επισημαίνει (1999) ότι βασικός σκοπός της εκπαίδευσης είναι να μάθουν οι μαθητές πώς να σκέφτονται, ώστε να μπορούν να αποκτούν νέες γνώσεις και δεξιότητες. Η διερευνητική μάθηση συντελεί στην επίτευξη αυτού του σκοπού δεδομένου ότι βοηθά τους μαθητές να αποκτήσουν τον επιστημονικό τρόπο σκέψης. Η ίδια και οι συνεργάτες της (Kuhn et al., 2000) ορίζουν τη διερευνητική μάθηση ως μια εκπαιδευτική διαδικασία κατά την οποία οι μαθητές μελετούν προσεκτικά τα φαινόμενα (πραγματικά ή εικονικά) και καταλήγουν σε συμπεράσματα για αυτά.

Συμπεράσματα – Προτάσεις

Συμπεραίνεται από τη μακρά και αναντίρρητη – μόνο με θετικά σχόλια – εφαρμογή της επιστημονικής - εκπαιδευτικής μεθόδου με διερεύνηση, σε όλες τις βαθμίδες εκπαίδευσης, ότι αυτή είναι επιτυχής και προτείνεται η εφαρμογή της σε όλες τις εκπαιδευτικές διαδικασίες των φυσικών επιστημών. Εξάλλου, η διερευνητική μέθοδος προτείνεται προς εφαρμογή από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή (Science Education Now, 2007).

Βιβλιογραφία

Αντωνίου Ν., Δημητριάδης Π., Καμπούρης Κ., Παπαμιχάλης Κ., Παπατσίμπα Λ. (2014). Εργαστηριακός Οδηγός Φυσικής Β' Γυμνασίου, ΙΤΥΕ Διόφαντος, Αθήνα 2014

Αποστολάκης, Ε., Κορόζη, Β., Παναγοπούλου, Ε., Πετρέα, Κ., Σταύρος Σ., Καλκάνης Γ.Θ., (2001). «Ερευνώ και Ανακαλύπτω» εγχειρίδια Ε' και Στ' Δημοτικού, βιβλίο για το μαθητή, βιβλίο για το δάσκαλο, ένθετο «με μια ματιά», φύλλα αξιολόγησης, Υπουργείο Παιδείας, Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, ΟΕΔΒ, Αθήνα, 2001

Αποστολάκης Ε., Παναγοπούλου Ε., Σάββας Σ., Τσαγλιώτης Ν., Μακρή Β., Πανταζής Γ., Πετρέα Κ., Σωτηρίου Σ., Τόλιας Β., Τσαγκογέωργα Α., Καλκάνης Γ.Θ. (2006). «ΦΥΣΙΚΑ Ε΄ και Στ' Δημοτικού - Ερευνώ και Ανακαλύπτω», - Βιβλίο Μαθητή, - Τετράδιο Εργασιών, - Βιβλίο Δασκάλου, Υπουργείο Εθνικής Παιδείας και Θρησκευμάτων, Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, ΟΕΔΒ, Αθήνα, 2006

«Αριστοτέλης» (2018). Απολογισμός / Προτάσεις, Υπουργείο Παιδείας, 2015-2018, http://micro-kosmos.uoa.gr

«Αριστοτέλης» (2015-2019). Θέματα Πανελληνίων Διαγωνισμών Φυσικής / Φυσικών, 2015-2018, http://micro-kosmos.uoa.gr

Γκικοπούλου Ο. (2020). Οκτώ Επεισόδια Εκπαιδευτικής τηλεόρασης, 2020, https://webtv.ert.gr/ category/ mathainoume-sto-spiti

Γκικοπούλου Ο. (2019). «Η επιστημονική / εκπαιδευτική μέθοδος με διερεύνηση και ο επιστημονικός τρόπος σκέψης – Μια έρευνα», 11ο Πανελλήνιο Συνέδριο της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση - Επαναπροσδιορίζοντας τη Διδασκαλία και Μάθηση των Φυσικών Επιστημών και της Τεχνολογίας στον 21ο αι., Πανεπιστήμιομιο Δυτικής Μακεδονίας, Φλώρινα, 2019

Γκικοπούλου Ο. (2013). «Εννοιολογική Αλλαγή στις Φυσικές Επιστήμες», Διδακτορική Διατριβή, Πανεπιστήμιο Αθηνών, 2013

Γκικοπούλου Ρ., Καλκάνης Γ.Θ., Βοσνιάδου Σ. (2016). «Σχεδιάζοντας περιβάλλοντα μάθησης με αξιοποίηση του εκπαιδευτικού προτύπου του μικροκόσμου για τη διδασκαλία της έννοιας της ύλης στο δημοτικό σχολείο», Πρακτικά 4ου Πανελλήνιου Συνεδρίου Γνωστικής Ψυχολογίας, Ελληνική Ψυχολογική Εταιρεία και Τμήμα Ψυχολογίας του ΕΚΠΑ, 2016

Γκικοπούλου Ο., Καπότης Ε., Γουσόπουλος Δ., Καλκάνης Γ. (2013). «Από τον Ηλεκτρισμό στο Μαγνητισμό» με απλή αυτο-Κατασκευή Ηλεκτρικού Κινητήρα για Εκπαιδευτικό Πειραματισμό και «Από το Μαγνητισμό στον Ηλεκτρισμό» με απλή αυτο-Κατασκευή Ηλεκτρικής Γεννήτριας για Εκπαιδευτικό Πειραματισμό, Εργαστήριο «Ερευνώ και

Ανακαλύπτω» με ιδιο-Πειράματα / αυτο-Κατασκευές και «με το μικρόΚοσμο Εξηγώ» τον Φυσικό Κόσμο, 8ο Πανελλήνιο Συνέδριο ΕΝΕΦΕΤ Διδακτικής Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Βόλος, 2013

Ιμβριώτη Δ. (2006). «Το Μοντέλο του μικρόκοσμου ως Ενοποιητικό και Ερμηνευτικό Στοιχείο των Φυσικών Επιστημών στην Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση – Λογισμικό και Αξιολόγηση», Διδακτορική Διατριβή, Πανεπιστήμιο Αθηνών, 2006

Καλκάνης Γ.Θ. (2014). Βάση / Τράπεζα Θεμάτων Φυσικής Λυκείου «Μελέαγρος», Υπουργείο Παιδείας, ΙΕΠ, http://micro-kosmos.uoa.gr και http://meleagros.iep.edu.gr/

Καλκάνης Γ.Θ. (2010). «ΕκΠαιδευτικό ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ και ΕκΠαιδευτικές ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ», Ι. το Εργαστήριο, ΙΙ. οι Τεχνολογίες, Αθήνα, 2010

Καλκάνης Γ.Θ. (2007α). «Η Επιστημονική/ΕκΠαιδευτική Μεθοδολογία και Δεοντολογία» (Προσκεκλημένη Ομιλία / Εισήγηση), 4η Συνάντηση Αθηνών «Ζητήματα Επιστήμης: Ιστορία, Φιλοσοφία και Διδακτική», Πανεπιστήμιο Αθηνών, 2007

Καλκάνης Γ.Θ. (2007β). «ΕκΠαιδευτική ΦΥΣΙΚΗ και ΕκΠαιδευτικές ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ», Αθήνα, 2007

Καλκάνης Γ.Θ. (2007γ). «Πρωτοβάθμια ΕκΠαίδευση στις-με τις ΦΥΣΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ», Ι. οι Θεωρίες και ΙΙ. τα Φαινόμενα, Αθήνα, 2007

Καλκάνης Γ.Θ. κά. (2007δ). Διαδικτυακές προσομοιώσεις και εκπαιδευτικά επεισόδια «Με τον μικρόκοσμο εξηγώ …»: http://micro-kosmos.uoa.gr/gr/software/ ekp_ tileorasi.htm

Καλκάνης Γ.Θ. κά. (2007ε). Διαδικτυακές προσομοιώσεις μικρόκοσμου: http://micro-kosmos. uoa.gr/gr/software /prosomoioseis.htm και Φωτόδεντρο http://photodentro. edu.gr

Καλκάνης Γ.Θ. (1984). Κατασκευή, Βαθμονόμηση και πρώτα Αποτελέσματα του Ανιχνευτή HARVARD - PURDUE – WISCONCIN για τη Διάσπαση του Πρωτονίου», Διδακτορική Διατριβή, 1984

Καλκάνης Γ.Θ., Γκικοπούλου Ο., Καπότης Ε., Γουσόπουλος Δ., Πατρινόπουλος Μ., Τσάκωνας Π., Δημητριάδης Π., Παπατσίμπα Λ., Μιτζήθρας Κ., Καπόγιαννης Α., Σωτηρόπουλος Δ.Ι., Δρόλαπας Αν. (2014). Βιβλίο «Η Φυσική με Πειράματα» Α› Γυμνασίου, Βιβλίο Εκπαιδευτικού, Υπουργείο Παιδείας, Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής, ΙΤΥΕ Διόφαντος, Αθήνα 2014

Καλκάνης Γ.Θ., Γκικοπούλου Ο., Καπότης Ε., Γουσόπουλος Δ., Πατρινόπουλος Μ., Τσάκωνας Π., Δημητριάδης Π., Παπατσίμπα Λ., Μιτζήθρας Κ., Καπόγιαννης Α., Σωτηρόπουλος Δ.Ι., Πολίτης Σ., (2013). Βιβλίο «Η Φυσική με Πειράματα» Α› Γυμνασίου, Βιβλίο Μαθητή, Υπουργείο Παιδείας, Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής, ΙΤΥΕ Διόφαντος, Αθήνα 2013

Καλκάνης Γ., Γκικοπούλου Ουρ., Ιμβριώτη Δ., Καπότης Ευστ., Γουσόπουλος Δ. (2013). ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ «Ερευνώ και Ανακαλύπτω» με ιδιο-Πειράματα / αυτο-Κατασκευές και «με το μικρόΚοσμο Εξηγώ» τον Φυσικό Κόσμο, 8ο Πανελλήνιο Συνέδριο ΕΝΕΦΕΤ Διδακτικής Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Βόλος, 2013

Καλκάνης, Γ.Θ., Κωστόπουλος Δ. (1998). «Το Εργαστήριο Φυσικών για τον Δάσκαλο», Πανεπιστήμιο Αθηνών, 1998

Καλκάνης Γ., Τόμπρας Γ. (2019). «Ελλείμματα της Εκπαίδευσης στη Φυσική «από το Λύκειο στο Πανεπιστήμιο. Μια Έρευνα και Προτάσεις», 11ο Πανελλήνιο Συνέδριο της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση - Επαναπροσδιορίζοντας τη Διδασκαλία και Μάθηση των Φυσικών Επιστημών και της Τεχνολογίας στον 21ο αι., Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας, Φλώρινα, 2019

Καριώτογλου Π. (2011). «Σύγχρονες τάσεις στα Προγράμματα Σπουδών Φυσικών Επι-στημών», 7ο Πανελλήνιο Συνέδριο Διδακτικής Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση, Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης, Αλεξανδρού-πολη, 2011

Dendrinos K., Kalkanis G. (2004). Instructional software supporting hands-on laboratory activities in physics education", Girep 2004, *International Conference of GIREP 2004 «Teaching and Learning Physics in New Contexts», Ostrava, Czech Republic, 2004*

Dimopoulos, V., Kalkanis, G. (2003), «An introduction of microcosmos quantum model to students of limited mathematics and science background supported by computer simulations / visualizations», 4th ESERA Conference, Research and the quality of science education, Netherlands, Noordwijkerhout, 2003

Drolapas A., Gkikopoulou O., Kalkanis G. (2019). Evaluation of an Educational Interactive Software for Microscopic Phenomena Related to the Structure of Matter, *International Journal for Cross-Disciplinary Subjects in Education (IJCDSE)*, Volume 10, Issue 1, March 2019

Gikopoulou O. (2017). The Understanding of the model of microcosm in Primary and Secondary Education, International Journal of Digital Society (IJDS), Volume 8, Issue 2, pp. 1268-1277, June 2017

Hadzidaki P., Stavrou D. and Kalkanis G. (1998). «The simulation/visualization of the accepted physical models of the microcosmos, as an instructional tool. The hydrogen atom orbitals», 1st Greek Conference on Science Education, Thessaloniki, Greece, 1998

Imvrioti D., kalkanis G. (2007). «The microkosmos model for primary school pupils –The Athens' approach, application and proposition», *ESERA 2007 Conference, August 21st - August 25th 2007, Malmö University, Malmö Sweden, 2007*

Imvrioti, D., Kalkanis, G. (2004). «A Lab-course Based on ICT to Teach the Microkosmos Model to Pre-service Primary Teachers», *International Conference of GIREP 2004 "Teaching and Learning Physics in New Contexts", Ostrava, Czech Republic, 2004*

Imvrioti, D., Kalkanis, G. (2003). «The microkosmos model as an introductory unit to science curriculum for pre-service primary teachers», 4th ESERA Conference, Research and the quality of science education, The Netherlands, Noordwijkerhout, 2003

Kalkanis G. (2013) «From the Scientific to Educational Monte Carlo Simulations of microKosmos in the frame of Scientific / Educational Methodology by Inquiry» Invited Paper in «Concepts of Matter in Science Education», Springer Series «Innovations in Science Education and Technology», Vol. 19, Editors G. Tsaparlis, H. Sevian, Springer Dordrecht Heidelberg New York London, ISSN 1873-1058, ISBN 978-94-007-5913-8

Kalkanis G. (2010). «A Hands-on «View» of microKosmos», Inited Talk, Hsci2010, 7th International Conference on Hands-on Science: Bridging the Science and Society Gap, University of Crete, Rethymno, Greece, 2010

Kalkanis, G. (2001). «Which (and How) Science and Technology Education for Future Citizens?» (Invited talk), *1st IOSTE Symposium in Southern Europe, Science and Technology Education: Preparing future citizens, Paralimni, Cyprus, 2001*

Kalkanis, G. (1998). «The Physics of Ancient and Modern Greek Toys» (invited talk), 1998 ICPE Conference: «Hands-On Experiments», Duisburg, Germany, 1998

Kalkanis, G. (1997). «Realistic Systems / MicroKosmos, Stohastic Processes, Probabilistic Modelling, Computer Simulation / Animation - (or) How to optimise understanding / teaching and learning real physical phenomena - an Appeal and Applications», *7th European Conference for Research on Learning and Instruction (E.A.R.L.I.), Athens, Greece, 1997*

Kalkanis, G. (1996). «The Monte Carlo Techniques as a tool in Physics Education - Applications to microcosmos processes» (invited workshop), *1996 GIREP-ICPE Conference: «New ways of teaching Physics», Ljubliana, Slovenia, 1996*

Kalkanis G. (1986). «HPW Proton Decay Candidates», Invited Talk to the International Conference «Baryon Decay Projects 1986», Harvard University, Boston, USA, 1986

Kalkanis G. (1984). «Cosmic Rays Muons Callibration of the HPW Detector» Invited Talk to the International Conference «Cosmic Ray Muons Detection 1984», University of Utah, Salt Lake City, Utah, USA, 1984

Kapotis E., Kalkanis G. (2016). «Einstein's Elevator in Class: A Self-Construction by Students for the Study of the Equivalence Principle», *The Physics Teacher,* Volume 54, Issue 7, pp. 404-407, 2016

Koerber S., Mayer D., Osterhaus Ch., Schwippert K., Sodian B., (2015). The Development of Scientific Thinking in Elementary School:A Comprehensive Inventory. *Child Development, January/February 2015*, Volume 86, Number 1, Pages 327–336

Kontokostas G., Kalkanis G. (2013). «Teaching Electron-Positron-Photon Interactions with Hands-on Feynman Diagrams», The Physics Teacher Magazine, 51, 232, 2013

Kuhn D. (1999). A developmental model of critical thinking. *Educational Research, vol. 28, no. 2,* pp. 16–46, 1999.

Kuhn D., Black J., Keselman A., and Kaplan D. (2000). The development of cognitive skills to support inquiry learning. *Cognitive Instruction, vol. 18, no. 4,* pp. 495–523, 2000.

Patrinopoulos M., Kalkanis G. (2004). PolyMorphic Combinations of Sensors and Actuators, Operating MultiThematic Educational Experiments in a Computer-Based Laboratory Proposal and Implementation, *International Conference of GIREP 2004 Teaching and Learning Physics in New Contexts, Ostrava, Czech Republic, 2004*

Science Education Now: A Renewed Pedagogy for the Future of Europe, High Level Group on Science Education (2007). European Commission, Michel Rocard (chair), Directorate-General for Research Science, Economy and Society, 2007

Straga, S., Kalkanis, G. (1999). «The scientific method enhanced by systemic analysis -fieldwork - educational material - information technologies, as a sequence of supportive approaches in present and future Environmental Education», *International Conference on Environmental Education for Sustainable Future, Indian Environmental Society, New Delhi, India, 1999*

Tsakonas, P., Kalkanis, G. (1998). «A Common Technological Applications Trigger for Teaching / Learning Physics by Computer Simulation Programs», *3rd Multimedia in Physics Teaching and Learning Workshop», University of Sciences and Technologies of Lille, Lille, France, 1998*

Περισσότερες αναφορές στον διαδικτυακό τόπο *http://micro-kosmos.uoa.gr*

Συνοπτικό Βιογραφικό Σημείωμα

Γεώργιος Θ. Καλκάνης: Ομότιμος Καθηγητής (από το 2017), Καθηγητής Φυσικής και Εκπαιδευτικών Ψηφιακών Τεχνολογιών του Παιδαγωγικού Τμήματος Δ.Ε. (1993-2017) και του Τμήματος Φυσικής (1976-1993) του Εθνικού και Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών (ΕΚΠΑ).

Corresponding Fellow στο CERN (1990-92), Scientific Associate στο CERN (1984-88), Researcher στο FermiLaboratory USA (1980-81) και Researcher στο Harvard University (1981-82) και στο University of Wisconcin / Madison (1982-83).

Διδακτορική Διατριβή στην Πειραματική Φυσική Στοιχειωδών Σωματιδίων με θέμα "Ανιχνευτής HARVARD - PURDUE - WISCONCIN για τη Διάσπαση του Πρωτονίου" (1980-1984).

Επιστημονικός Υπεύθυνος Ελληνικών Αποστολών στις Διεθνείς Ολυμπιάδες Φυσικής (1994 -)

Πρόεδρος των Προτύπων Πειραματικών Σχολείων (2012-2015, 2019-2020). Πρόεδρος του Τμήματος Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης και Αντιπρόεδρος του Παιδαγωγικού Ινστιτούτου (2004). Ιδρυτικό Μέλος του Κόμβου / Ένωσης για την Εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες και την Τεχνολογία (1997 -).

Κύριος Επιβλέπων 26 διδακτορικών διατριβών. Επιστημονικός Υπεύθυνος σε 26 Εθνικά / Ευρωπαϊκά Ερευνητικά Προγράμματα.

19 Βιβλία

26 Πακέτα Εκπαιδευτικού Υλικού / Λογισμικού

48 Προσκεκλημένες Ομιλίες / Άρθρα

255 Ανακοινώσεις / Δημοσιεύσεις "Φυσικής Στοιχειωδών Σωματιδίων" και "Εκπαίδευσης στις Φυσικές Επιστήμες" και "Εκπαιδευτικών Τεχνολογιών", σε Διεθνή Επιστημονικά Περιοδικά και Πρακτικά Συνεδρίων, με σύστημα ανώνυμης κρίσης

Περισσότερες από 8.100 διεθνείς ΕτεροΑναφορές για το σύνολο του επιστημονικού έργου (πηγή: Google scholar, 19/09/2020)

e_mail: kalkanis@primedu.uoa.gr και gkalkanis@gmail.com

e_site: http://micro-kosmos.uoa.gr

Ο Διδακτικός Μετασχηματισμός Περιεχομένου και η Αναγκαιότητα στη Διδακτική Φυσικών Επιστημών: Ζητήματα, Ευρήματα και Προτάσεις

Πέτρος Π. Καριώτογλου
Ομότιμος Καθηγητής Πανεπιστημίου Δυτικής Μακεδονίας
pkariotog@uowm.gr

Περίληψη

Στην εργασία αυτή συζητούνται θεωρητικές και πρακτικές βιβλιογραφικές αναφορές για τον διδακτικό μετασχηματισμό του περιεχομένου των Φυσικών Επιστημών, από την εισαγωγή του όρου ως transposition didactique από τον Yves Chevallard (στα Μαθηματικά) ως και πρακτικές εφαρμογές των εκπαιδευτικών στην διδακτική πράξη. Αναζητούμε ακόμη την ύπαρξη και την αναγκαιότητα του μετασχηματισμού στα ρεύματα της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών, αλλά και τις κριτικές που ακούστηκαν κατά την εισαγωγή του όρου. Επιπλέον αναζητούμε στη βιβλιογραφία μελέτες διδακτικών παρεμβάσεων, π.χ. Διδακτικών Μαθησιακών Ακολουθιών, που έγιναν στη χώρα μας και στις οποίες αναφέρεται ρητά ή υπονοούμενα ο διδακτικός μετασχηματισμός του περιεχομένου που πραγματοποιήθηκε. Στις μελέτες αυτές προσπαθούμε να αναδείξουμε τον μετασχηματισμό και να κατηγοριοποιήσουμε τα σχετικά παραδείγματα. Η εργασία ολοκληρώνεται με την πρόταση για την ανάγκη συστηματικής μελέτης του διδακτικού μετασχηματισμού από την κοινότητα της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών, με στόχο νέα Προγράμματα Σπουδών, οδηγούς εκπαιδευτικών και προγράμματα εκπαίδευσης φοιτητών και υπηρετούντων εκπαιδευτικών.

Λέξεις-κλειδιά: διδακτικός μετασχηκαματισμός περιεχομένου, διδακτική φυσικών επιστημών, ρεύματα της διδακτικής φυσικών επιστημών, διδακτικές-μαθησιακές ακολουθίες

Εισαγωγή

Από το 1960 και μετά εμφανίστηκαν κάποιες τάσεις και προτάσεις για τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών (ΦΕ) τις οποίες για λόγους οικονομίας θα τις αναφέρουμε ως ρεύματα. Αυτά είναι το ανακαλυπτικό (Καριώτογλου κ.ά., 1997), το εποικοδομητικό

(Ψύλλος κ.ά. 1993), και του επιστημονικού γραμματισμού (Καριώτογλου κ.ά., 2012). Εκτός από αυτά εμφανίστηκαν και άλλες τάσεις με μάλλον μικρότερη εμβέλεια στην έρευνα και την πράξη π.χ. το Επιστήμη – Τεχνολογία – Κοινωνία (& Περιβάλλον) (Aikenhead, 1994), οι Διδακτικές Μαθησιακές Ακολουθίες (Meheut et al., 2004) κ.ά. Σε όλα τα ρεύματα, αλλού περισσότερο και αλλού λιγότερο έντονα, υπονοείται ότι πρέπει να επιλεγεί – τροποποιηθεί το περιεχόμενο για την εφαρμογή των διδακτικών προτάσεων του ρεύματος, όπως θα αναλύσουμε στη συνέχεια.

Με τον όρο Διδακτικός Μετασχηματισμός Περιεχομένου (ΔΜΠ) εννοούμε κάθε αλλαγή που γίνεται στο περιεχόμενο (έννοιες, φαινόμενα, νόμοι, διαδικασίες, κ.ά.) των Φυσικών Επιστημών (ΦΕ) για να γίνει κατανοητό από τον στοχούμενο πληθυσμό. Αν και χρησιμοποιείται ρητά ή υπονοούμενα από τους εκπαιδευτικούς από συστάσεως θεσμοθετημένης – τυπικής εκπαίδευσης, εισήχθη επίσημα στη Διδακτική των μαθηματικών, από τον Chevallard (1985), ως transposition didactique. Παρότι αναγνωρίζεται η σημασία του για την κατανόηση των ΦΕ, αλλά και για να διατηρήσει ή /και ενισχύσει το ενδιαφέρον των μαθητών/τριών για τις ΦΕ, δεν έχει μελετηθεί συστηματικά. Έχουν μελετηθεί οι εναλλακτικές ιδέες των μαθητών και οι διαδικασίες εννοιολογικής αλλαγής (Vosniadou, 2013) κυρίως από ψυχολογικής απόψεως και όχι από αυτή του μετασχηματισμού του περιεχομένου. Αντίστοιχα μελετήθηκαν τα πειράματα/διαδικασίες των επιστημονικών μεθόδων και ο ρόλος τους στη διδασκαλία και οι κοινωνικές συνέπειες των ΦΕ.

Στόχος αυτού του άρθρου είναι να αναδείξει τη σημασία του ΔΜΠ ΦΕ στην καθημερινή διδακτική πράξη, να συζητήσει την υπάρχουσα βιβλιογραφία, την εμφάνισή του ΔΜΠ στα ρεύματα της Διδακτικής Φυσικών Επιστημών (ΔΦΕ) και να κάνει μια περιορισμένη βιβλιογραφική έρευνα για να αναδειχτούν πτυχές αυτού του ΔΜΠ κυρίως σε μελέτες που γίνανε στη χώρα μας, εστιάζοντας στη Φυσική. Τα αντίστοιχα ερευνητικά ερωτήματα μπορεί να είναι:

α) ποιο είναι το περιεχόμενο/γνώση αναφοράς που τροποποιείται; β) πως γίνεται ο ΔΜΠ και ποιες είναι οι αρχές στις οποίες στηρίζεται; γ) μέχρι που μπορούμε να φθάσουμε χωρίς να παραβιαστούν οι βασικές αρχές της επιστημονικής εγκυρότητας;

Τέλος στο άρθρο προτείνεται η συστηματική μελέτη του ΔΜΠ, γεγονός που θα μπορούσε να συμβάλλει στην αρχική ή και την ενδοϋπηρεσιακή επιμόρφωση των εκπαιδευτικών ή και τη συγγραφή εγχειριδίων, προσαρμοσμένων στις ανάγκες των μαθητών/τριών (Kariotoglou et al. 2020, Kariotoglou et al. 2019).

Θεωρητικό μέρος

Ο Διδακτικός Μετασχηματισμός Περιεχομένου Φυσικών Επιστημών

Με τον όρο ΔΜΠ εννοούμε κάθε αλλαγή ή και επιλογή στο επιστημονικό περιεχόμενο των ΦΕ, σε έναν τύπο γνώσης που είναι κατάλληλος να διδαχτεί στο στοχούμενο πληθυσμό, π.χ. Νηπιαγωγείο, Δημοτικό, Γυμνάσιο κ.λπ. ώστε αυτό να γίνει κατανοητό από τους μαθητές/τριες. Μπορεί να αφορά συστηματική τροποποίηση, π.χ. ως απόρροια των

εναλλακτικών ιδεών των μαθητών (ε.ι.μ.) (Kariotoglou et al., 1993), απαλοιφή κάποιου μέρους του περιεχομένου (Συμεωνίδου κ.ά., 2016) ή απλοποίηση, π.χ. λεκτική «ο μαγνήτης τραβά ή σπρώχνει» αντί του έλκει και ωθεί, ή μαθηματικού φορμαλισμού π.χ. ποιοτική εισαγωγή της πυκνότητας (Smith et al., 1992).

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, σύμφωνα με τον Κολιόπουλο (2006), ο όρος ΔΜΠ εισήχθη το 1985, ως transposition didactique, από τον Chevallard, στη διδακτική των Μαθηματικών, σε δυο επίπεδα:

Α. ως αντικείμενο προς διδασκαλία, π.χ. βιβλία, νόμοι κλπ. και

Β. ως αντικείμενο διδασκαλίας, το περιεχόμενο δηλαδή που ο εκπαιδευτικός διδάσκει στην τάξη του.

Στη συνέχεια ο Martinand (1989) εμπλούτισε το όρο εισάγοντας τις κοινωνικές πρακτικές αναφοράς, δηλαδή εμπλούτισε τον ΔΜΠ με άλλα στοιχεία π.χ. τεχνολογίας και καθημερινής ζωής, συνδέοντας έτσι την Επιστήμη με την κοινωνία. Αυτή η σύνδεση είναι πιθανό να οδηγήσει σε διαφορετικούς σκοπούς της διδασκαλίας, από την καθαρά επιστημονική σκοπιά. Με τον όρο transposition didactique δηλώνεται η μεταφορά της γνώσης από το χώρο της επιστήμης στο χώρο της διδασκαλίας/εκπαίδευσης (Bergsten et al., 2010). Με αυτό τον τρόπο θεωρείται ότι κατασκευάζεται/συγκροτείται ο όρος "σχολική επιστήμη ή γνώση". Ο Develay (1994) διακρίνει ένα ακόμη επίπεδο διδακτικού μετασχηματισμού σε αυτό που ονομάζει «Σχολική Γνώση Μαθητή» και αφορά τη γνώση που κατακτά ο μαθητής όταν συμμετέχει σε σχετική διδασκαλία.

Η Χαλκιά (2013) θεωρεί ότι η προσπάθεια ΔΜΠ σε σχολική επιστήμη αποτελεί πρόκληση για την εκπαιδευτική ερευνητική κοινότητα. Η κατανόηση στοιχείων του περιεχομένου από τους μαθητές/τριες απαιτεί συνήθως σοβαρή υπέρβαση της καθημερινής αισθητηριακής εμπειρίας, ενώ οι εφαρμογές του περιεχομένου οδηγούν σε συνέπειες που προκαλούν τον κοινό νου, σε βαθμό που πολλές φορές οι μαθητές να μην μπορούν να διακρίνουν τα όρια μεταξύ επιστημονικής σκέψης και επιστημονικής φαντασίας.

Οι Kariotoglou et al. (2013) διέκριναν δυο επίπεδα μετασχηματισμού, από διαφορετική σκοπιά από την αντίστοιχη του Chevallard: το πρώτο αφορά το τι πρέπει να ξέρει ο εκπαιδευτικός για να διδάξει ένα περιεχόμενο στους μαθητές/τριες του και το δεύτερο αφορά τη γνώση/περιεχόμενο που αναμένεται να διδαχτούν οι μαθητές/τριες. Αυτό ως μια εφαρμογή της άτυπης παραδοχής ότι ο εκπαιδευτικός πρέπει να έχει ένα ευρύτερο σύνολο γνώσεων του αντικειμένου, από αυτό που πρόκειται να διδάξει και αναμένει να μάθουν οι μαθητές/τριες του.

Έτσι μετακινούμαστε, μάλλον, στην κατασκευή Προγραμμάτων Σπουδών (ΠΣ), παρά σε αυτό που εννοήθηκε αρχικά ως ΔΜΠ και κακώς ταυτίστηκε αρχικά με την απλοποίηση, την οποία ωστόσο δεν πρέπει να παραλείπουμε, ούτε να υποτιμούμε. Μελετώντας τα ΠΣ διακρίνονται δυο τάσεις σε σχέση με την εστίασή τους: η μια στην οποία η έμφαση δίνεται κυρίως στις κοινωνικές και ηθικές διαστάσεις της επιστήμης έναντι του περιεχομένου και

η άλλη που δίνει έμφασή στο περιεχόμενο καθαυτό, χωρίς βεβαίως να παραλείπει τα κοινωνικά θέματα (EU, 2015; Schuster et al., 2018). Η εμπειρία από τη βιβλιογραφία και τα διεθνή συνέδρια δείχνει ότι η πρώτη τάση επικρατεί στις Βόρειες χώρες (π.χ. ΗΒ, Σκανδιναβία) ενώ η δεύτερη στις Νότιες (π.χ. Μεσογειακές χώρες, Λατινική Αμερική). Σε καμιά από τις δυο τάσεις δεν φαίνεται να προτείνεται ο ΔΜΠ, παρότι γίνεται χωρίς να δηλώνεται.

Η πρόταση του Chevallard, για τη μεταφορά της επιστημονικής γνώσης από την έρευνα στη διδασκαλία, δέχτηκε έντονη κριτική από τον Freudenthal (1986), που προέρχεται και αυτός από τη φιλοσοφία των Μαθηματικών, με το σκεπτικό ότι η επιστημονική γνώση αλλάζει καθημερινά, αφού προστίθενται ή τροποποιούνται θέματα ως προϊόντα της επιστημονική έρευνας. Την άποψη αυτή του Freudenthal σχολιάζουν κριτικά οι Bergsten et al. (2010) θεωρώντας ότι ο μετασχηματισμός γίνεται πολλές φορές χωρίς να δηλώνεται και ούτε να περιγράφεται η διαδικασία από τους ίδιους τους ερευνητές όταν μετασχηματίζουν την έρευνά τους για να τη διδάξουν.

Τα παραπάνω δείχνουν μια έννοια πολυσήμαντη, που οι διαφορετικές σημασίες της καθοδηγούνται από την προσπάθεια όσων διδάσκουν Μαθηματικά ή ΦΕ να κατανοήσουν οι μαθητές/τριες τους τα σχετικά περιεχόμενα που διδάσκουν. Παρά τη μεγάλη πρακτική της σημασία, δεν φαίνεται ιδιαίτερη έμφαση στη βιβλιογραφία για τη θεωρητική της μελέτη ή τις εφαρμογές της στη διδακτική πράξη.

Τα ρεύματα της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών

Όπως αναφέρθηκε στην εισαγωγή έχουν παρατηρηθεί τρία κύρια ρεύματα της ΔΦΕ και ορισμένα που είχαν μικρότερη επιρροή. Τα ρεύματα αυτά καθόρισαν ουσιαστικά και επιστημολογικά την επιστημονική συγκρότηση της ΔΦΕ και με την έννοιά αυτή μπορούν να θεωρηθούν και ως παραδείγματα σύμφωνα με τη σχετική πρόταση του Kuhn (1962). Στη συνέχεια παρουσιάζουμε σύντομα τα βασικότερα ρεύματα, αναζητώντας σε καθένα την αναγκαιότητα για ΔΜΠ ρητά ή υπονοούμενα.

Το ρεύμα της "ανακάλυψης" κυριάρχησε τις δεκαετίες 1960 και 1970 (Καριώτογλου κ.ά., 1997; Karplus, 1974). Σύμφωνα με αυτό το ρεύμα, προτείνεται να ανακαλύπτουν οι μαθητές τη γνώση. Η προτροπή αυτή υπονοεί, χωρίς να δηλώνεται ρητά, ότι το περιεχόμενο είναι τέτοιο που μπορεί να ανακαλυφθεί. Αλλά κάθε περιεχόμενο δεν ανακαλύπτεται: π.χ. τη συμπιεστότητα των αερίων ή την αγωγιμότητα των μετάλλων μπορούν να τις ανακαλύψουν οι μαθητές/τριες, αλλά όχι την έννοια της ενέργειας ή τη θεωρία των λιθοσφαιρικών πλακών (Καριώτογλου κ.ά., 1997). Τα πρώτα, ως αντιληπτές ιδιότητες μέσω των αισθήσεων, μπορούν να ανακαλυφθούν πειραματικά από τους μαθητές όχι όμως τα δεύτερα που συνιστούν νοητικές κατασκευές/επινοήσεις των επιστημόνων.

Το ρεύμα της Εποικοδόμησης επικράτησε τις δεκαετίες του 1980 και 1990 (Duit et. al., 1998) και συνυπάρχει σήμερα με τα νεότερα. Η προτροπή είναι η νέα γνώση να οικοδομηθεί πάνω στην προϋπάρχουσα των μαθητών/τριών (Chi et al., 1994). Η προτροπή

αυτή υπονοεί ότι στο συγκεκριμένο περιεχόμενο υπάρχουν ε.ι.μ. για να τροποποιηθούν προς τις αντίστοιχες επιστημονικές. Και βέβαια επίσης υπονοείται, αλλά και σε κάποιες περιπτώσεις δηλώνεται (Ψύλλος κ.ά., 1993) ότι το περιεχόμενο που θα οικοδομηθεί θα είναι μετασχηματισμένο, γιατί το "επιστημονικό" είναι αυτό που οδήγησε σε παρανοήσεις. Χαρακτηριστικό παράδειγμα η εποικοδομητική διδασκαλία της πίεσης που περιγράφεται στην επόμενη ενότητα.

Στις δεκαετίες 2000 και 2010 κυριάρχησε ο επιστημονικός γραμματισμός (Duit, 2007) χωρίς να είναι σαφής η εστίαση της επιδιωκόμενης μάθησης. Ξεκινάει από πιο εστιασμένες στο περιεχόμενο προσεγγίσεις, ως αυτές που εστιάζουν σε κοινωνικό-επιστημονικά ή και πολιτιστικά θέματα. Σχεδόν σε κάθε περίπτωση προτείνεται η διερεύνηση ως διαδικασία μύησης των μαθητών στην επιστημονική μέθοδο (Duschl et al., 2008). Το ρεύμα αυτό ενσωματώνει την ανακάλυψη, αλλά την υπερβαίνει αφού εκτός από τις πειραματικές διαδικασίες παραγωγής ή επικύρωσης της επιστημονικής γνώσης περιλαμβάνει τη μοντελοποίηση, το «διάβασμα» και το «γράψιμο» των μαθητών/τριων (Καριώτογλου κ.ά., 2012). Και σε αυτή την περίπτωση πρέπει να επιλεγεί το περιεχόμενο, αφενός για να μπορεί να διερευνηθεί, όπως στην ανακάλυψη, αλλά και για να υπάρχει σχετικά χαμηλό εννοιολογικό φορτίο για να μπορέσουν μαθητές και εκπαιδευτικοί να εστιάσουν στις διαδικασίες της διερεύνησης. Ως παράδειγμα θεωρούμε αυτό της επόμενης ενότητας που αναφέρεται στη Στρατηγική Ελέγχου Μεταβλητών (ΣΕΜ) (Ζουπίδης, 2012).

Λίγο μετά την εμφάνιση της εποικοδομητικής πρότασης, πιθανόν και ως συνέπεια αξιοποίησης των ε.ι.μ. εμφανίζεται η πρόταση για το σχεδιασμό, ανάπτυξη, αξιολόγηση και βελτίωση των καινοτομικών παρεμβάσεων, που ονομάσθηκαν Διδακτικές Μαθησιακές Ακολουθίες (ΔΜΑ) (Teaching Learning Sequences) (Meheut et al., 2004; Psillos et al., 2016). Οι ΔΜΑ είναι μικρής διάρκειας προγράμματα σπουδών, 5-15 διδακτικών ωρών που εστιάζουν σε μια γνωστική περιοχή, π.χ. δυναμικές αλληλεπιδράσεις, θερμότητα κλπ. Για το σχεδιασμό της διδασκαλίας απαιτείται η συστηματική μελέτη του περιεχομένου και η επιλογή του μετασχηματισμένου που θα διδαχτεί, οι πιθανές εννοιολογικές αλλαγές που θα επιδιωχθούν, τα μέσα και οι μέθοδοι, η αξιολόγηση και η διόρθωση/επανεφαρμογή (iteration) της ΔΜΑ. Υπάρχουν προτάσεις σχεδιασμού ΔΜΑ που μιλούν ρητά για ΔΜΠ, όπως αυτή των Duit et al. (2012) οι οποίοι προτείνουν το elementarization του περιεχομένου χωρίς όμως να εξηγείται πως μπορεί να γίνει. Υπάρχουν και άλλες που δεν αναφέρονται στο μετασχηματισμό χωρίς να τον αποκλείουν (Borghi et al., 2007). Αυτή καθαυτή όμως η έννοια των ΔΜΑ, σύγχρονο ρεύμα διδακτικού σχεδιασμού ΦΕ, προϋποθέτει το ΔΜΠ για την ανάπτυξη και εφαρμογή των ΔΜΑ και εν τέλει την κατανόηση της επιστημονικής γνώσης. Είναι ίσως το μοναδικό ρεύμα (αν και όχι εντελώς αυτόνομο αφού ακολούθησε την εποικοδόμηση) που προτείνει, ρητά ή υπονοούμενα το ΔΜΠ. Ως παραδείγματα καινοτομικών ΔΜΑ στις οποίες έγινε ρητά ΔΜΠ μπορούν να θεωρηθούν τα δυο παραδείγματα που αναφέρθηκαν παραπάνω για την εποικοδομητική εισαγωγή της πίεσης (Psillos et al., 1999) και την διερευνητική εισαγωγή της ΣΕΜ (Zoupidis et al., 2016) και αναλύονται στη συνέχεια.

Από τη σύντομη ιστορική αναδρομή σε ρεύματα και τάσεις της ΔΦΕ, τα τελευταία 70 χρόνια θεωρούμε ότι αναδεικνύεται η ανάγκη αποδοχής αλλά και καθορισμού της επιλογής/μετασχηματισμού περιεχομένου. Εκείνο που δεν φαίνεται να γίνεται είναι η περιγραφή ενός τρόπου ή των αρχών βάσει των οποίων γίνεται αυτή η διαδικασία. Άρα είναι σημαντικό να ανατρέξουμε στη βιβλιογραφία π.χ. σε εφαρμογές ΔΜΑ ή/και άλλων καινοτομικών παρεμβάσεων στις οποίες ρητά ή υπονοούμενα εφαρμόζεται ο ΔΜΠ. Η αναζήτηση αυτή και μελέτη μπορεί να φωτίσει το ερώτημα: πως γίνεται ο ΔΜΠ στην εκπαιδευτική έρευνα και πράξη; Αυτή η αναζήτηση περιγράφεται στη συνέχεια εστιάζοντας σε έρευνες που έγιναν στη χώρα μας.

Κατηγορίες Διδακτικού Μετασχηματισμού στη βιβλιογραφία

Στην ενότητα αυτή επιχειρούμε μια σύντομη επισκόπηση της βιβλιογραφίας, κυρίως ερευνών που έγιναν στην Ελλάδα, την τελευταία τριακονταετία σε σχέση με ΔΜΑ και εν γένει καινοτόμες διδακτικές παρεμβάσεις στις οποίες γίνεται ΔΜΠ. Περιγράφουμε πρώτα το περιεχόμενο και την ηλικία των μαθητών/τριών στους οποίους απευθύνεται καθώς και αν ο ΔΜΠ δηλώνεται ρητά, υπονοούμενα ή και καθόλου. Επίσης αναζητούμε το ΔΜΠ, σε έννοιες, φαινόμενα, διαδικασίες και επιστημολογική γνώση, αλλά και κάθε πρόταση που συμβάλλει στην υπέρβαση δυσκολιών και στην επιστημονική κατανόηση. Η διαδικασία αυτή τηρείται περισσότερο στις πρώτες 7 μελέτες στις οποίες έχουμε συνήθως πολλαπλές πηγές δεδομένων για κάθε μελέτη. Π.χ. άρθρα σε περιοδικά ή πρακτικά συνεδρίων, συλλογικούς τόμους ή και διδακτορικές διατριβές. Ένα σημαντικό χαρακτηριστικό των 7 αυτών πρώτων μελετών είναι ότι αφορούν θέματα που περιέχονται στα περισσότερα προγράμματα σπουδών υποχρεωτικής εκπαίδευσης (δύναμη, πίεση, πυκνότητα, θερμότητα, μαγνήτες, κύκλος νερού και πειραματισμός–διερεύνηση). Στις υπόλοιπες 7 μελέτες περιγράφονται παραδείγματα στα οποία ρητά ή έμμεσα πραγματοποιείται ΔΜΠ σε σύγχρονα θέματα Φυσικής (του 20ου αιώνα) π.χ. κβαντομηχανική, σχετικότητα, νανοτεχνολογία, στοιχειώδη σωμάτια, συνήθως στο Λύκειο (μελέτες-έρευνες: 8, 11-14), ή που έχουν μεν κλασσικό περιεχόμενο, αλλά δεν αντιμετωπίζονται κλασσικά στις χαμηλότερες βαθμίδες όπως αστρονομία ή ερμηνείες φυσικών φαινομένων με βάση την ατομική δομή (9-10). Στη δεύτερη αυτή ομάδα των μελετών (8-14) δίνουμε συνήθως λιγότερα στοιχεία, γιατί υπάρχει μόνο η δημοσίευση στα πρακτικά της ΕΝΕΦΕΤ, χωρίς πολλές λεπτομέρειες. Στη συνέχεια παραθέτουμε σύντομη επισκόπηση των ερευνών που μελετήθηκαν και μετά επιχειρούμε την κατηγοριοποίηση/ομαδοποίηση των ευρημάτων, ακολουθώντας κατά βάση μια επαγωγική ποιοτική προσέγγιση (Strauss et. al., 1998).

1. Ο Καριώτογλου (1991) σε μια καινοτομική διδακτική παρέμβαση, στη Β' Γυμνασίου, που υλοποιήθηκε παρόμοια και για μελλοντικούς εκπαιδευτικούς (Psillos et al., 1999) εισήγαγε την έννοια της πίεσης ως πρωταρχικό μέγεθος, ποιοτικά και με μέτρηση. Π.χ. "πίεση είναι το αίτιο που κάνει το νερό να πετιέται από μια τρύπα μπουκαλιού που περιέχει νερό". Η μέτρηση της υδροστατικής πίεσης με μανόμετρο σε διαφορετικά βάθη

οδήγησε στο βασικό νόμο της υδροστατικής (υδρ. πίεση ανάλογη του βάθους), αλλά ενίσχυσε και την εισαγωγή της πίεσης στους μαθητές: "... *αφού τη μετράμε άρα υπάρχει*....", είπε χαρακτηριστικά ένας μαθητής. Η πίεση σύμφωνα με την πρόταση μελετάται μόνο στα ρευστά, επειδή σε αυτά έχει νόημα ως μονόμετρο μέγεθος, ενώ στα στερεά συνήθως απαντάται ως τάση, δηλαδή δύναμη κατανεμημένη σε επιφάνεια, ενώ εκφέρεται με τον όρο: «.... έχει ή υπάρχει πίεση....». Όλα αυτά σε αντίθεση με τα εγχειρίδια της εποχής, τα οποία εισάγουν την πίεση ως P=F/S, την εκφέρουν συνήθως με τον όρο "...ασκείται / δέχεται πίεση...." και δίνουν παραδείγματα όπως η πινέζα, τα τακούνι στιλέτο κ.λ.π., που παραπέμπουν σε τάση στο εσωτερικό των στερεών, όπως αναφέρθηκε, και όχι σε πίεση ρευστών. Οι συγγραφείς οδηγήθηκαν σε αυτή την πρόταση, γιατί μελετώντας τις ιδέες των μαθητών κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι η πλειοψηφία των μαθητών πριν την παραδοσιακή διδασκαλία, αλλά και πολλοί μετά από αυτήν ταυτίζουν την πίεση με τη δύναμη, ακολουθούν δηλαδή το μοντέλο της πιεσοδύναμης (40-60%) ενώ ένα μικρότερο ποσοστό (15-20%) θεωρεί τα υγρά συμπιεστά, ακολουθούν δηλαδή το μοντέλο συνωστισμένου πλήθους (Kariotoglou et al., 1993). Άρα απαιτούταν η εισαγωγή της πίεσης ανεξάρτητα από τη δύναμη και έτσι η ενίσχυσή της, στη συνέχεια η διάκριση πίεσης–δύναμης και στη συνέχεια βέβαια η συσχέτιση τους (Kariotoglou et al., 1995). Ανάλογος ήταν και ο διδακτικός μετασχηματισμός κατά τη διδασκαλία των ρευστών και της πίεσης σε υποψήφιους εκπαιδευτικούς πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης (Psillos et al., 1999). Παρατηρούμε δηλαδή ένα μετασχηματισμό στην εισαγωγή της έννοιας της πίεσης, στην επιλογή των φαινομένων και στην ανάδειξη της φύσης της έννοιας, αλλά και αλλαγές στη γλώσσα. Όλα αυτά αρκετά μακριά από την κλασσική διαπραγμάτευση στα εγχειρίδια και τη διδασκαλία (Kariotoglou et al., 1990).

2. Σε ένα ερευνητικό πρόγραμμα για τη διδασκαλία των δυναμικών αλληλεπιδράσεων, στην Παιδαγωγική σχολή του Πανεπιστημίου Δυτ. Μακεδονίας, οι ερευνητές (**Spyrtou et al., 2009**) σχεδίασαν και εφάρμοσαν μια ΔΜΑ για τη διδασκαλία του θέματος αυτού σε φοιτητές/τριες Παιδαγωγικών Τμημάτων. Ο ΔΜΠ δηλώνεται ευθέως, ως προσπάθεια τροποποίησης των εναλλακτικών ιδεών που ανιχνεύθηκαν στο στοχούμενο πληθυσμό (Kariotoglou et al., 2008). Οι κυριότερες εναλλακτικές που ανιχνεύτηκαν δείχνουν ότι οι φοιτητές /τριες:

α) δεν αναγνωρίζουν την ύπαρξη αλληλεπίδρασης μεταξύ ουράνιου – γήινου σώματος (40%) και ακόμη λιγότερο μεταξύ δυο γήινων (60%),

β) δεν αναγνωρίζουν την αλληλεπίδραση μαγνήτη – μαγνητικού υλικού (35%),

γ) Διακρίνουν έλξεις από απώσεις, ως διαφορετικές,

δ) Τοποθετούν το βέλος της αλληλεπίδρασης στο σώμα που ασκεί τη δύναμη (~ 40 %),

ε) Θεωρούν ότι το μεγαλύτερο / «ενεργό» σώμα ασκεί μεγαλύτερη δύναμη (40 %).

Τα κυριότερα στοιχεία ΔΜΠ που δηλώνονται είναι:

α) η διαπραγμάτευση των δυνάμεων αρχίζει από τις δυνάμεις από απόσταση και όχι από τις εξ επαφής, ενώ συνήθως γίνεται το αντίθετο,

β) ο 3ος Νόμος του Νεύτωνα προηγείται του 1ου και 2ου γιατί θεωρείται καθοριστικός στην κατανόηση της φύσης της δύναμης ως μέτρο της αλληλεπίδρασης δυο σωμάτων,

γ) μελετώνται παράλληλα μηχανικά, ηλεκτρικά και μαγνητικά φαινόμενα για να αναδειχθεί η ενιαία φύση της δύναμης ποιοτικά και φορμαλιστικά.

Συνήθως αυτά τα φαινόμενα μελετώνται ανεξάρτητα στα αντίστοιχα κεφάλαια της Φυσικής. Στη συνέχεια μέσω προσομοιώσεων επιχειρείται η ανατροπή των υπολοίπων ε.ι.μ. όπως η ύπαρξη αλληλεπίδρασης μεταξύ μαγνήτη και μαγνητικού υλικού, με τη μέθοδο δοκιμής και πλάνης.

3. Ο Ζουπίδης (2012) εισήγαγε την πυκνότητα στην Ε' Δημοτικού, με στόχο την πρόβλεψη και ερμηνεία φαινομένων πλεύσης – βύθισης, μέσω του μοντέλου "τελίτσες στο κυβάκι" σε συνδυασμό με τον κανόνα "αν το κυβάκι του υλικού ενός σώματος έχει περισσότερες τελίτσες (πυκνότητα) από αυτές του υγρού τότε το σώμα βυθίζεται στο υγρό". Έτσι αποφεύγεται η μαθηματικοποίηση (d=m/V) της έννοιας ή άλλες μεταφορές, όπως "τα μόρια είναι πιο πυκνά", το φαινόμενο των δένδρων του δάσους κ.λ.π. που είναι πιθανόν να οδηγήσουν σε παρανοήσεις.

Στην ίδια εργασία (Ζουπίδης, 2012) εισάγεται η Στρατηγική Ελέγχου Μεταβλητών (ΣΕΜ) μέσω της ρητής διδασκαλίας των βημάτων της και προτείνεται η εφαρμογή της στους παράγοντες που επηρεάζουν την πλεύση – βύθιση, αρχικά από την εκπαιδευτικό και στη συνέχεια από τους μαθητές, με αυξανόμενη συμμετοχή των μαθητών στη διαδικασία (πιο ανοιχτή διερεύνηση) (Spyrtou et al., 2008). Από μελέτη των ε.ι.μ. διαπιστώθηκε ότι οι μαθητές/τριες όλων των ηλικιών δυσκολεύονται να κατανοήσουν τη λογική που υπάρχει πίσω από τον σχεδιασμό κατάλληλων πειραμάτων με στόχο να ελεγχθεί εάν μια μεταβλητή επηρεάζει ένα φαινόμενο, καθώς και τη λογική με την οποία καταλήγουμε σε συμπέρασμα μετά από τη σύγκριση έγκυρων δοκιμών (Boudreaux et al., 2008). Επιπλέον, διαπιστώθηκε ότι οι μαθητές δυσκολεύονται να σχεδιάσουν, να εφαρμόσουν και να αξιολογήσουν ένα πείραμα που ελέγχει μία μεταβλητή όταν αυτή εμπλέκει και άλλες εξαρτημένες μεταβλητές (Boudreaux et al., 2008). Π.χ. στην περίπτωση που ελέγχουμε εάν το σχήμα ενός αντικειμένου επηρεάζει την Πλεύση/Βύθισή (Π/Β) του, κρατώντας σταθερό τον όγκο του, εμπλέκονται εξαρτημένες μεταβλητές (βάρος, μάζα, πυκνότητα) που για μαθητές αυτής της ηλικίας παραμένουν ακόμη αδιαφοροποίητες.

Επιπλέον στην ίδια πάντα εργασία, (Ζουπίδης, 2012), γίνεται εισαγωγή σε μια μετασχηματισμένη/απλοποιημένη έννοια του μοντέλου: «ένα μοντέλο είναι η αναπαράσταση ενός αντικειμένου, μιας ιδέας, ενός γεγονότος, μιας διαδικασίας, ενός συστήματος, ενός φαινομένου ή γενικότερα ενός στόχου (target)» (Zoupidis et al., 2016). Η εισαγωγή στα μοντέλα είναι βαθμιαία, με την έννοια ότι τα πρώτα μοντέλα με τα οποία οι μαθητές έρχονται σε επαφή είναι μοντέλα υλικής υπόστασης και σκίτσα, ενώ στη

συνέχεια εργάζονται με πιο αφηρημένα μοντέλα. Τέτοια είναι τα οπτικά μοντέλα της πυκνότητας (τελίτσες στο κυβάκι) σε συνδυασμό με λεκτικούς κανόνες: «όταν το κυβάκι του υλικού ενός σώματος έχει περισσότερες τελίτσες από το υγρό τότε το σώμα βυθίζεται». Ο συνδυασμός αυτός οδηγεί στη συγκρότηση μοντέλου για την ερμηνεία ή/και πρόβλεψη φαινομένων Π/Β, που τελικά καταλήγει σε μια άποψη για την πυκνότητα (σίγουρα όχι πλήρη) ως κριτήριο σύγκρισης πυκνοτήτων. Στην εργασία αυτή θεωρήθηκε ότι προαπαιτούμενο της κατανόησης ήταν η κατανόηση της φύσης ("μια αναπαράσταση") και του ρόλου των μοντέλων (για να περιγράψουμε, για να ερμηνεύσουμε κ.ά.) που και αυτά εισήχθησαν σε μια μετασχηματισμένη μορφή (Ζουπίδης, 2012, Spyrtou et al., 2008; Zoupidis et al., 2016).

4. Η Συμεωνίδου (2014) και οι Συμεωνίδου κ.ά. (2016) για τη διδασκαλία του κύκλου του νερού στο Νηπιαγωγείο έκαναν ΔΜΠ σε δυο επίπεδα. Στο πρώτο επέλεξαν να διδάξουν 4 μόνο από τα 17 συνολικά φαινόμενα του κύκλου (Perelman et al., 2005). Το σκεπτικό (αιτιολόγηση) της επιλογής έγινε με βάση την συνεισφορά του κάθε φαινομένου στον υδρολογικό κύκλο, της συγχώνευσης παρόμοιων διαδικασιών και της απαλοιφής κάποιων άλλων που ίσως προκαλούσαν στους μαθητές εννοιολογική σύγχυση. Έτσι παραλείφθηκε η εξάχνωση που ελάχιστα συνεισφέρει στην ποσότητα των υδρατμών που απελευθερώνονται συνολικά στην ατμόσφαιρα, όπως και η διαπνοή, ενώ συγχωνεύτηκαν οι 3 συνιστώσες που αναφέρονται στην απορροή. Τελικά έμειναν η εξάτμιση, η συμπύκνωση, η βροχή και η απορροή. Στο δεύτερο επίπεδο μετασχημάτισε κάθε ένα από τα 4 φαινόμενα, για ορισμένα από τα οποία υπάρχουν καταγραμμένες ε.ι.μ. Π.χ. εισάγει την εξάτμιση ως μετατροπή του νερού σε υδρατμούς από την επιφάνεια και όσο αυξάνει η θερμοκρασία, η εξάτμιση γίνεται εντονότερη. Έχουμε δηλαδή στην περίπτωση αυτή μια προσπάθεια μείωσης του εννοιολογικού φορτίου, λόγω ηλικίας των μαθητών/τριών, που γίνεται όμως βάσει αρχών, όπως η σχετική συμβολή και βαρύτητα κάθε επιμέρους φαινομένου στο κεντρικό φαινόμενο. Παράλληλα μετασχηματίζονται οι ερμηνείες φαινομένων από το φορμαλιστικό επίπεδο (χρήση κινητικής ενέργειας) σε πιο ποιοτικό και χρησιμοποιούνται ειδικές τεχνικές με σκίτσα σε χαρτόνια για την εισαγωγή της έννοιας του κύκλου και της σωστής σειράς φαινομένων.

5. Οι Psillos et al. (2016) προτείνουν μια ΔΜΑ για τη θερμική αγωγιμότητα σε μαθητές Γυμνασίου, αναφερόμενοι ευθέως στο διδακτικό μετασχηματισμό, αφού υιοθετούν το πλαίσιο του "educational reconstruction" για το σχεδιασμό και ανάπτυξη της ΔΜΑ, αλλά και αξιοποιούν τις ε.ι.μ. Οι ερευνητές αναλύουν το περιεχόμενο μέσω έρευνας, με τη συμμετοχή έμπειρων εκπαιδευτικών και με διαδοχικές εφαρμογές και βελτιώσεις. Καθώς δεν υπάρχουν απλές και σωστές εκφράσεις για τη θερμική αγωγιμότητα, προτείνουν ένα προσαρμοσμένο ποιοτικό μοντέλο/προσομοίωση που λέει ότι στα μέταλλα τα ηλεκτρόνια συμβάλλουν περισσότερο στην αγωγιμότητα, ενώ στα κεραμικά η επίδραση του πλέγματος είναι κυρίαρχη. Στόχος ένα εύχρηστο, απλό μοντέλο που μπορεί να μαθευτεί από το στοχούμενο πληθυσμό. Μια

ολοκληρωμένη επεξεργασία της θερμικής αγωγιμότητας απαιτεί κάποια κατανόηση των βασικών εννοιών στον τομέα της θερμότητας, καθώς και των παραγόντων και των μηχανισμών που εμπλέκονται στην αγωγή. Ως εκ τούτου εισάγουν το σχετικό περιεχόμενο μέσω καθημερινών φαινομένων σε μακροσκοπικό επίπεδο, οπτικοποιώντας ταυτόχρονα με μικροσκοπικά μοντέλα/προσομοιώσεις, τα οποία αναπτύχθηκαν για να εξηγήσουν τη διαδικασία μεταφοράς θερμότητάς σε διαφορετικά υλικά. Έτσι οι μαθητές εμπλέκονται στην εξερεύνηση μοντέλων και σύνδεση μεταξύ διαφορετικών μοντέλων καθώς και στη σύνδεση των μοντέλων με τις ιδιότητες των υλικών.

6. Σε μια έρευνα **(Τεμερτζίδου κ.ά. 2014, Τεμερτζίδου 2012**) σε νήπια με τη μέθοδο του Διδακτικού Πειράματος η ερευνήτρια έλεγξε την ικανότητα παιδιών ηλικίας 6-7 ετών σε δεξιότητες ταξινόμησης μαγνητικών υλικών και σειροθέτησης όμοιων εξωτερικά μαγνητών, αλλά διαφορετικής ισχύος. Η σειροθέτηση διευκολύνθηκε από την ερευνήτρια με το να έχει στο τραπέζι πειραματισμού ένα μπολ συνδετήρων, γεγονός που πιθανόν ώθησε πολλά παιδιά να δοκιμάσουν πόσους συνδετήρες έλκει κάθε μαγνήτης και άρα να αποφανθούν για την ισχύ τους. Μάλιστα η ύπαρξη και αντιστοίχηση των 3 μαγνητών με 3 διαφορετικά χρωματισμένα χαρτόνια διευκόλυνε περισσότερο τα παιδιά να τοποθετήσουν πάνω σε αυτά τους μαγνήτες σειροθετώντας τους με αύξουσα ισχύ. Στην περίπτωση αυτή έχουμε επιστημονικές διαδικασίες (ταξινόμηση – σειροθέτηση) οι οποίες απλοποιούνται για να διδαχτούν σε νήπια μέσω της χρήσης απλών υλικών (όμοιοι μαγνήτες διαφορετικής ισχύος, χρωματιστά χαρτόνια) ή και της χρήσης απλών υποβοηθήσεων π.χ. εμφάνιση συνδετήρων ή ύπαρξη των χρωματιστών χαρτονιών.

7. Οι Καραγιάννη & Ψύλλος (2015) περιγράφουν μια καινοτομική διδακτική παρέμβαση με στόχο την ανάπτυξη δεξιοτήτων πειραματικού σχεδιασμού σε μαθητές/τριες Ε' Δημοτικού. Η παρέμβαση βασίζεται στο μοντέλο Διερευνητικές Διαδρομές το οποίο αποτελείται από 7 φάσεις (παρατήρηση, απορία, πρόβλημα/διατύπωση βασικών και παράγωγων ερωτημάτων/ Σχεδιασμός / Εφαρμογή / Συμπέρασμα / Ανακοίνωση / Αναστοχασμός) το οποίο εφάρμοσαν στην ευθύγραμμη διάδοση φωτός – σκιά, για 14 ώρες στο Δημοτικό. Με το μοντέλο αυτό επιχειρείται η ρητή διδασκαλία των βημάτων μιας τέτοιας διαδικασίας αποτελώντας μια μορφή ΔΜΠ σε αντίθεση με την κρατούσα αντίληψη της μάθησης μέσω της παρακολούθησης σχετικών εφαρμογών πειραματικού σχεδιασμού.

8. Οι Δημητριάδη και Χαλκιά (2011) προκειμένου να διδάξουν στοιχεία της Ειδικής Θεωρίας της Σχετικότητας (ΕΘΣ) στο Λύκειο, χρησιμοποιούν τα παραδείγματα που βασίζονται σε ένα βαθμό στο εκλαϊκευτικό κείμενο των Landau και Rumer, «Τι είναι η Θεωρία της Σχετικότητας» όπου οι συγγραφείς με απλή επιστημονική γλώσσα και παραδείγματα επιχειρούν να εισάγουν τον αναγνώστη στην ΕΘΣ.

9. Οι Σταράκης και Χαλκιά (2011) περιγράφουν μια διδασκαλία για τη φαινόμενη κίνηση της Σελήνης χρησιμοποιώντας την σωματική προσομοίωση, ως –εργαλείο διερεύνησης για να κατανοήσουν το αποτέλεσμα του συνδυασμού των κινήσεων της σελήνης γύρω από τη γη και της ιδιοπεριφοράς της γης, σε συνδυασμό βέβαια και με άλλες προσαρμογές του περιεχομένου.

10. Οι Τσιτσιπής κ.ά. (2011) έκαναν μια έρευνα ανάδειξης των κύριων συνιστωσών κατανόησης της σωματιδιακής δομής και των αλλαγών καταστάσεων της ύλης σε μαθητές Γ' Γυμνασίου. Βασιζόμενοι στα ευρήματα της έρευνας αυτής προτείνουν σημαντικές αλλαγές στην πορεία διδασκαλίας του σχετικού θέματος. Συγκεκριμένα προτείνουν την παρακάτω σειρά αιτιολογημένων βημάτων, που δεν συνηθίζονται στην παραδοσιακή διδασκαλία: 1) σωματιδιακή δομή της ύλης, 2) κενός χώρος μεταξύ των δομικών σωματιδίων, 3) εγγενείς κινήσεις των δομικών σωματιδίων, 4) οι καταστάσεις της ύλης ως αποτέλεσμα της συνολικής συμπεριφοράς των δομικών σωματιδίων, 5) ταυτοποίηση ουσιών/φαινομένων και 6) μικροσκοπικές ερμηνείες των αλλαγών κατάστασης. Στη σειρά αυτή οι 3 πρώτες ενότητες είναι θεμελιακές και αντιστοιχούν σε πλήρη κάλυψη όλων των εννοιών που σχετίζονται με τις σωματιδιακές δομές των ουσιών.

11. Σε μια καινοτομική διδασκαλία σύγχρονων θεμάτων (Κβαντομηχανικής) στο Γυμνάσιο οι **Μακρυγιάννη κ.ά. (2015),** προκειμένου να μορφοποιήσουν το προς διδασκαλία περιεχόμενο έκαναν κάποια βήματα όπως: περιέγραψαν τις κινήσεις των ηλεκτρονίων ποιοτικά και όχι μαθηματικά, κατασκεύασαν διαφάνειες με οπτικές απεικονίσεις, επέλεξαν ντοκιμαντέρ για την ποιοτική εισαγωγή των νόμων της κβαντομηχανικής, αξιοποίησαν εκλαϊκευτικά κείμενα γνωστών επιστημόνων κ.ά. Όλα αυτά με στόχο να προσεγγιστούν οι βασικές αρχές της Κβαντομηχανικής χωρίς να μπουν στην περίπλοκη, για μαθητές δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης μαθηματική διαπραγμάτευση.

12. Οι Μάνου κ. α. (2016) περιγράφουν μια συστηματική βιβλιογραφική επισκόπηση για την εισαγωγή της Νάνο-Επιστήμης –Τεχνολογίας (NET) στην Εκπαίδευση. Το κυριότερο εύρημα τους, κοινό στις μισές περίπου πηγές που κατέγραψαν ήταν «The big Ideas of Nanoscale Science and Engineering». Πρόκειται για ένα σύνολο 9 οντοτήτων, ενδεικτικά: Μέγεθος και Κλίμακα, Λόγος επιφάνειας προς όγκο, Συμπεριφορά που κυριαρχείται από την επιφάνεια, Αυτοοργάνωση κ.ά. Στο περιεχόμενο της κάθε μίας περιλαμβάνονται αρχές, φαινόμενα, οντότητες της κλίμακας του νάνο (νανοσωματίδια, μακρομόρια), μηχανισμοί που διέπουν τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ των οντοτήτων της νανοκλίμακας κτλ.

Κάποιες από αυτές τις έννοιες, συνιστούν το βασικό επιστημονικό περιεχόμενο (μέγεθος και κλίμακα, δυνάμεις και αλληλεπιδράσεις, κβαντικά φαινόμενα, δομή της ύλης) ώστε να γίνει κατανοητός ο μηχανισμός των φαινομένων που συμβαίνουν στη

νανοκλίμακα, άλλες σχετίζονται με την πρόοδο της ΝΕΤ (μοντέλα και προσομοιώσεις, όργανα και οργανολογία), άλλες συνδέονται με την εφαρμογή μέρους ή όλου του επιστημονικού περιεχομένου για την εξήγηση φαινομένων που έχουν σχέση με τις ιδιότητες και την κατασκευή των υλικών της νανοκλίμακας (ιδιότητες που εξαρτώνται από το μέγεθος και αυτό-οργάνωση), ενώ μία Μεγάλη Ιδέα (Επιστήμη-Τεχνολογία-Κοινωνία) περιγράφει την φύση της έρευνας της νανοκλίμακας και πώς αυτή επηρεάζει και επηρεάζεται από τις κοινωνικές ανάγκες. Η πρόταση αυτή επιχειρεί να εισάγει τον αναπτυσσόμενο αυτόν κλάδο στις χαμηλότερες βαθμίδες εκπαίδευσης. Αν χρησιμοποιούσε το περιεχόμενο που χρησιμοποιούν οι επιστήμονες (π.χ. κβαντικό παράδοξο ή διεύρυνση του ενεργειακού χάσματος σε νανοδιάστατα υλικά) ήταν βέβαιο ότι θα ήταν ελάχιστα κατανοητό π.χ. για μαθητές Β'βάθμιας. Έτσι παρήχθησαν αυτές οι ιδέες περισσότερο αναπτύσσοντας ένα νέο, παρά τροποποιώντας το αρχικό περιεχόμενο. Π.χ. η πρώτη μεγάλη ιδέα Μέγεθος και Κλίμακα θέλει να εισάγει τους μαθητές στα διαφορετικά επίπεδα των μεγεθών που φαίνεται να παίζουν μεγάλο ρόλο στις ιδιότητες των υλικών σε νάνο-επίπεδο. Με την έννοια αυτή θα μπορούσαμε να πούμε ότι έχουμε και εδώ ένα άλλο είδος ΔΜΠ, αν και όπως προαναφέρθηκε μάλλον φαίνεται ως ο καθορισμός του απαιτούμενου περιεχομένου παρά ως μετασχηματισμός του αρχικού.

13. Οι Μακρυγιάννη κ.ά. (2017) περιγράφουν τη διδασκαλία στοιχείων Φυσικής στοιχειωδών σωματιδίων σε μαθητές Γυμνασίου. Γράφουν σχετικά και περιληπτικά (για λόγους οικονομίας χώρου): «.... Λαμβάνοντας υπόψη το διδακτικό μετασχηματισμό που προτείνει η Χαλκιά για το σχεδιασμό των διδασκαλιών πραγματοποιήθηκαν τα παρακάτω βήματα:

α. Αναζητήθηκαν βιβλία και άρθρα που αναφέρονται σε σχετικά θέματα κ.ά. Η προσέγγιση των περιγραφών έγινε ποιοτικά διότι η επεξεργασία από τους μαθητές δύσκολων μαθηματικών εννοιών μπορεί να τους απογοητεύσει και να αδιαφορήσουν.

β. Κατασκευάστηκαν διαφάνειες που περιγράφουν με εικόνες και συνοδευτικό κείμενο τα 4 είδη δυνάμεων στη φύση.

γ. Επιλέχτηκαν βίντεο που αναφέρονται στην επιτάχυνση των πρωτονίων.

δ. Κατασκευάστηκαν ερωτήσεις από τους ίδιους τους μαθητές για να παιχτεί παιχνίδι ερωτήσεων μεταξύ τους...».

14. Οι Καπόγιαννης κ.ά. (2017) περιγράφουν τις αλλαγές στο περιεχόμενο για να εισάγουν την αρχή της αβεβαιότητας σε μαθητές Γ' Λυκείου. Συγκεκριμένα προτείνουν τις εξής διαφορές από την κλασσική εισαγωγή:

Α) παρακάμπτεται η ανάλυση Fourier (άγνωστη σε μαθητές Λυκείου) με την χρήση δυο μόνο αρμονικών κυμάτων,

Β) χρησιμοποιείται το φαινόμενο του διακροτήματος που είναι γνωστό στους μαθητές και το οποίο με κατάλληλη αντιστοίχηση φυσικών μεγεθών οδηγεί στην εικόνα του «κυματοπακέτου»..... Από τις μαθηματικές γνώσεις χρησιμοποιούνται μόνον η υπέρθεση κυμάτων και η σύνθεση ταλαντώσεων.

Ολοκληρώνοντας αυτή την ενότητα των παραδειγμάτων ΔΜΠ και αφού επισκοπήσαμε τα πρακτικά του 7ου, 8ου, 9ου και 10ου Πανελλήνιων συνεδρίων της ΕΝΕΦΕΤ με πάνω από 150 εργασίες το καθένα, επιβεβαιώνεται η αρχική μας εκτίμηση ότι υπάρχουν ελάχιστες εφαρμογές/παραδείγματα ΔΜΠ (περίπου 10), που περιγράφονται σύντομα σε αυτή την επισκόπηση. Στη διάρκεια της βιβλιογραφικής αναζήτησης βρέθηκαν και άλλες εργασίες, που περιγράφουν ευρύτερες διδακτικές παρεμβάσεις, πολλών διδακτικών ωρών. Σε αυτές ο συνοπτικός/αφαιρετικός τρόπος γραφής δεν επιτρέπει να αντιληφθεί ο αναγνώστης το είδος του ΔΜΠ που επιχειρείται, αν και υπάρχουν κάποιες ενδείξεις ότι αυτός γίνεται. Επιπλέον σε ορισμένες έρευνες περιγράφονται πιο αναλυτικά ο ΔΜΠ, είτε γιατί δίνονταν περισσότερα στοιχεία των αλλαγών π.χ. στις έρευνες 2, 4, 5, είτε γιατί επρόκειτο για μεγάλης διάρκειας ερευνητικά προγράμματα με πολλά και διαφορετικά επίπεδα του ΔΜΠ, π.χ. σε έννοιες, διαδικασίες, επιστημολογική γνώση, π.χ. 1, 3.

Στη συνέχεια γίνεται προσπάθεια ανάδειξης κάποιων στοιχείων που θα μπορούσαν να είναι οι αρχές πάνω στις οποίες βασίζεται ο ΔΜΠ, αν και ο περιορισμένος χαρακτήρας της έρευνας δεν μας επιτρέπει όχι μόνο γενικεύσεις, αλλά ούτε και ανάδειξη των βασικών περιπτώσεων/κατηγοριών. Επίσης επιχειρείται η συζήτηση κάποιων ευρημάτων στη βάση της έτσι κι αλλιώς μικρής εκτάσεως θεωρητικής θεμελίωσης του όρου.

Συζήτηση – Συμπεράσματα

Στην ενότητα αυτή επιχειρείται αφενός να συνοψιστούν τα ευρήματα της βιβλιογραφικής έρευνας σε δύο επίπεδα: α) γενικά περί ΔΜΠ, και β) ειδικά περί συγκεκριμένων παραδειγμάτων ΔΜΠ, σε έρευνες στη χώρα μας. Αφετέρου να συζητηθούν τα ευρήματα αυτά με βάση τις περιορισμένες θεωρητικές αναφορές και να ερμηνευθούν ώστε να ισχυροποιηθεί η πρόταση στην οποία φιλοδοξεί να καταλήξει αυτή η εργασία.

Μελετώντας τα παραδείγματα ΔΜΠ που περιγράφηκαν στην προηγούμενη ενότητα παρατηρείται ότι οι τρεις πρώτες έρευνες (1-3) στοχεύουν σε πολλαπλούς τύπους ΔΜΠ ενώ οι υπόλοιπες είναι πιο επικεντρωμένες. Στις τρεις πρώτες επιχειρείται ΔΜΠ σε τρεις βασικές έννοιες: πίεση, δύναμη/αλληλεπίδραση και πυκνότητα. Σε όλες υπάρχουν καταγεγραμμένες εννοιολογικές δυσκολίες και συγκεκριμένες ε.ι.μ. που καθοδηγούν το ΔΜΠ.

Έτσι η πίεση εισάγεται ποιοτικά (με παραδείγματα, μέτρηση, λεκτική διατύπωση) και όχι μαθηματικά. Επίσης αλλάζει και το πεδίο φαινομένων στο οποίο εισάγεται και διαπραγματεύεται η έννοια της πίεσης, δηλαδή εισάγεται και διαπραγματεύεται στα ρευστά και όχι στα στερεά (Psillos et al., 1999; Καριώτογλου, 1991).

Η δύναμη/αλληλεπίδραση εισάγεται μέσω του 3ου Νόμου του Νεύτωνα αντί του 1ου και 2ου, σε τρία πεδία φαινομένων ταυτόχρονα, ενώ στη συνέχεια μέσω προσομοιώσεων επιχειρείται η ανατροπή των υπολοίπων ε.ι.μ. όπως η αλληλεπίδραση μαγνήτη – μαγνητικού υλικού, με τη μέθοδο δοκιμής και πλάνης (Spyrtou et al., 2009).

Στην περίπτωση της πυκνότητας οι καταγεγραμμένες εννοιολογικές δυσκολίες των μαθητών/τριών καθοδήγησαν τους ερευνητές να εισάγουν την πυκνότητα στην Ε' Δημοτικού μέσω μιας αναπαράστασης (τελίτσες στο κυβάκι) με ένα απλό κανόνα πλεύσης – βύθισης: όταν το κυβάκι του υλικού ενός σώματος έχει περισσότερες τελίτσες από το υγρό τότε το σώμα βυθίζεται και αντίστροφα (Zoupidis et al., 2016).

Στην ίδια έρευνα της πυκνότητας (Ζουπίδης 2012) υπάρχει παράλληλα η εισαγωγή της ΣΕΜ. Η ΣΕΜ εισάγεται μέσα από τη ρητή διδασκαλία των βημάτων για την επιλογή των τιμών των μεταβλητών που εμπλέκονται στο φαινόμενο και τη διαδικασία εξαγωγής συμπεράσματος και με τη σταδιακή εφαρμογή της μεθόδου ως προς τη συμμετοχή των μαθητών.

Στην έρευνα των Psillos et al., 2016 επιδιώκεται η κατανόηση της διαδικασίας μεταφοράς θερμότητας σε διάφορα υλικά μέσω συνδυασμού μακροσκοπικών φαινομένων και μικροσκοπικών ποιοτικών μοντέλων.

Οι Καραγιάννη και Ψύλλος (2015) διευκολύνουν την μάθηση μαθητών Δημοτικού στον πειραματικό σχεδιασμό, μέσω ρητής διδασκαλίας των βημάτων του και σε μια παρεμφερή έρευνα, αλλά για νήπια, έχουμε ΔΜΠ διαδικαστικής γνώσης (Τεμερτζίδου κ.ά., 2014 και Τεμερτζίδου, 2012), όπου διευκολύνεται η ικανότητά των νηπίων στις δεξιότητες της ταξινόμησης και σειροθέτησης μαγνητικών υλικών και μαγνητών.

Τέλος στην εργασία της Συμεωνίδου (2014), εκτός των κλασσικών μετασχηματισμών στις ερμηνείες των βασικών φαινομένων του κύκλου του νερού, παρατηρούμε και μια σημαντική μείωση του εννοιολογικού φορτίου, μέσω της μείωσης των φαινομένων που μετέχουν στον κύκλο του νερού, με κάποια κριτήρια.

Στις έρευνες 8-15 έχουμε είτε σύγχρονα θέματα Φυσικής είτε μη κλασσική διαπραγμάτευση συνήθους περιεχομένου, που δεν περιέχεται στα προγράμματα σπουδών.

Έτσι, στις εργασίες των Δημητριάδη και Χαλκιά (2011), Μακρυγιάννη κ.ά. (2015), Μακρυγιάννη κ.ά. (2017) και Καπόγιαννη κ.ά. (2017) εισάγονται σύγχρονα θέματα σχετικότητας, κβαντομηχανικής και στοιχειωδών σωματιδίων με τη χρήση εκλαϊκευτικών κειμένων, με οπτικές απεικονίσεις, τη χρήση βίντεο / ντοκιμαντέρ και την κατασκευή ερωτήσεων πάντα με στόχο την ποιοτική αντί της μαθηματικής προσέγγισης.

Στις εργασίες των Σταράκη και Χαλκιά (2011) και των Τσιτσιπή κ.ά. (2011) (κίνηση σελήνης, μικροσκοπική ερμηνεία καταστάσεων της ύλης) χρησιμοποιούνται σωματική προσομοίωση και σειρά καθορισμένων βημάτων διδασκαλίας όπου τα κλασσικά θέματα συμπλέκονται με άλλα που προκύπτουν ως αναγκαιότητά ώστε οι μαθητές να υπερβούν εννοιολογικές δυσκολίες ή και εναλλακτικές ιδέες.

Τέλος στην εργασία των Μάνου κ. α. (2016) επιχειρείται μάλλον η συγκρότηση του προς διδασκαλία περιεχομένου της Νάνο-Επιστήμης–Τεχνολογίας με διάφορους τρόπους π.χ. την υιοθέτηση Μεγάλων Ιδεών, μοντέλων, σκίτσων, βίντεο κλπ., παρά ο μετασχηματισμός του υπάρχοντος.

Συμπερασματικά οι έρευνες που επισκοπήθηκαν έδωσαν αποτελέσματα σε πολλές κατευθύνσεις όπως:

α) σε αλλαγή στη σειρά εισαγωγής των εννοιών,

β) στην επιλογή των φαινομένων εισαγωγής,

γ) στην ποιοτική αντί της μαθηματικής εισαγωγής.

δ) προτάσεις μετασχηματισμού στο πειραματικό σχεδιασμό και στις πειραματικές διαδικασίες, που αφορούν συνήθως τη ρητή διδασκαλία των βημάτων της εκάστοτε μεθόδου,

ε) σε μοντέρνα θέματα Φυσικής του 20ου αιώνα, όπου χρησιμοποιούνται κυρίως κατάλληλα εποπτικά/διδακτικά υλικά, όπως βίντεο, εικόνες προσομοιώσεις, εκλαϊκευτικά κείμενα κλπ,

στ) επιχείρηση συγκρότησης του προς διδασκαλία περιεχομένου, περίπτωση ΝΕΤ, χωρίς τη δύσκολη μαθηματική διαπραγμάτευση ή έννοιες και διαδικασίες δυσνόητες για μαθητές μικρής ηλικίας.

Ένα άλλο στοιχείο, που πρόκυψε από την επισκόπηση των ερευνών που προηγήθηκε, δείχνει ότι όλες σχεδόν οι διδακτικές παρεμβάσεις, ΔΜΑ, modules, καινοτομικές διδακτικές παρεμβάσεις κ.ά. συνήθως κάνουν ανάλυση των δυσκολιών των μαθητών ή εναλλακτικών ιδεών, πάντα περιγράφουν τα μαθησιακά αποτελέσματα, ίσως και αναγκαστικά αφού αλλιώς δεν δημοσιεύεται η εργασία. Σπάνια όμως περιγράφονται ο ΔΜΠ ή /και ευρύτερα οι αλλαγές στο περιεχόμενο. Το γεγονός έχει ως συνέπεια αφενός να μην μπορεί να επαναληφθεί η διδασκαλία και άρα να ενισχυθεί ή αποδυναμωθεί η ισχύς της έρευνας. Αφετέρου να δυσκολεύει τις προσπάθειες βελτίωσης αυτών των διδασκαλιών, αφού οι νεότεροι ερευνητές δεν έχουν πρόσβαση στις αλλαγές ώστε να αποφασίσουν τι θα κρατήσουν και τι θα αλλάξουν σε μια επόμενη αναπτυξιακή έρευνα, με απώτερο στόχο βέβαια την καλλίτερη κατανόηση των μαθητών/τριών. Πιθανόν τέτοια στοιχεία βρίσκονται σε συνοδευτικά κείμενα των ερευνών, π.χ. βιβλίο δάσκαλου, μαθητή, φύλλων εργασίας, αξιολόγησης κλπ.

Όσον αφορά το θέμα του ΔΜΠ στα ρεύματα της ΔΦΕ, που αναλύσαμε στην θεωρητική εισαγωγή επιβεβαιώνονται οι αρχικές μας παρατηρήσεις. Όπως και στις ΔΜΑ/διδακτικές παρεμβάσεις έτσι και στα ρεύματα της ΔΦΕ λιγότερο ή περισσότερο ρητά αναγνωρίζεται η αναγκαιότητα του ΔΜΠ, χωρίς να δηλώνεται σαφώς, πολύ δε περισσότερο χωρίς να εξηγείται πως αυτός γίνεται.

Μετά από τα παραπάνω συμπεράσματα μπορούν ίσως να σχολιαστούν και μερικά ζητήματα που τέθηκαν στις λίγες θεωρητικές εργασίες για το ΔΜΠ. Φαίνεται να προκύπτουν τρία κυρίως ερωτήματα–ζητήματα, που αναφέρθηκαν στο τέλος της εισαγωγής και που στη

συνέχεια επιχειρείται να απαντηθούν. Το πρώτο είναι: ποιο είναι το περιεχόμενο/γνώση αναφοράς που τροποποιείται; Η εύλογη απάντηση είναι ότι η γνώση αναφοράς είναι η αντίστοιχη επιστημονική. Αυτή όμως, όπως αναφέρθηκε στη θεωρητική προσέγγιση, είναι μεταβλητή (Freudenthal, 1986). Όπως όμως προέκυψε στη σύντομη βιβλιογραφική επισκόπηση, το περιεχόμενο των επισκοπούμενων ερευνών είναι παλιό (του 19ου αιώνα ή και παλαιότερο) και ακόμη και τα μοντέρνα περιεχόμενα είναι ήδη αρκετών δεκαετιών (του 20ου αιώνα). Δεν υπάρχει λοιπόν πρόβλημα καθορισμού της επιστημονικής γνώσης αιχμής, ειδικά στις χαμηλότερες βαθμίδες. Όσον αφορά το ερώτημα: ποιο περιεχόμενο μετασχηματίζεται; Η απάντηση είναι: συνήθως το περιεχόμενο της προηγούμενης ή ανώτερης εκπαιδευτικής βαθμίδας. Π.χ. για να διδαχτεί κάτι στο Γυμνάσιο μετασχηματίζεται το περιεχόμενο διδασκαλίας του Λυκείου ή των πρώτων πανεπιστημιακών ετών.

Το δεύτερο ερώτημα είναι: πως γίνεται ο ΔΜΠ και ποιες είναι οι αρχές στις οποίες στηρίζεται; Και αυτό το ερώτημα δύσκολα απαντάται. Δεν υπάρχουν διατυπωμένοι κανόνες για το ΔΜΠ, αφού αυτός απλά δηλώνεται, χωρίς να περιγράφεται πως γίνεται (Bergsten et al., 2010). Παρόλα αυτά, όπως φάνηκε στην περιορισμένη επισκόπηση που προαναφέρθηκε υπάρχουν κάποιες αρχές. Π.χ. ποιοτική αντί μαθηματική εισαγωγή εννοιών, αλλαγή του πεδίου εφαρμογής, χρήση μοντέλων/προσομοιώσεων για τη διδασκαλία διαδικασιών, ρητή διδασκαλία των βημάτων της πειραματικής διδασκαλίας, μείωση των παραγόντων χωρίς παρέμβαση στην ουσία των φαινομένων. Τέλος στα σύγχρονα θέματα φαίνεται ότι μάλλον επιχειρείται η συγκρότηση του προς διδασκαλία περιεχομένου παρά για το μετασχηματισμό της επιστημονικής γνώσης, που έτσι κι αλλιώς είναι πολύ αφαιρετική/δύσκολη. Παράλληλα βέβαια, για τέτοια δύσκολα θέματα χρησιμοποιούνται πρόσθετα διδακτικά υλικά (μοντέλα, σκίτσα, βίντεο κ.ά.), που μπορεί να μην αποτελούν ακριβώς ΔΜΠ, εντούτοις δείχνουν το μέγεθος του προβλήματος. Επίσης, από την περιορισμένη βιβλιογραφική έρευνα προκύπτει ότι, μέχρι στιγμής, η αντιμετώπιση των ε.ι.μ. είναι η μόνη διαδικασία που έχει κάποια αιτιολόγηση/νομιμοποίηση, ενώ στις περιπτώσεις που εμφανίζεται ΔΜΠ για τις πειραματικές διαδικασίες (διαδικαστική γνώση) ή την επιστημολογική γνώση (π.χ. μοντέλα) αυτό που γίνεται είναι να απλοποιείται η σχετική επιστημονική γνώση, η οποία συνήθως δεν είναι και τόσο ρητή. Ο μετασχηματισμός εμφανίζεται κυρίως με τη μορφή βημάτων ρητής διδασκαλίας της πειραματικής διαδικασίας ή με την αναφορά των χαρακτηριστικών ή και των ιδιοτήτων για την περίπτωση των μοντέλων.

Το τρίτο ερώτημα είναι: ποια τα όρια του Δ.Μ.Π.; Μέχρι που μπορούμε να φθάσουμε χωρίς να παραβιαστούν οι βασικές αρχές της επιστημονικής εγκυρότητας; Στα πλαίσια της καθαρής επιστήμης οι μετασχηματισμοί δύσκολα γίνονται αποδεκτοί, έστω και αν αφορούν τις βαθμίδες της υποχρεωτικής εκπαίδευσης. Ωστόσο και σε ψηλότερες βαθμίδες γίνεται μετασχηματισμός, π.χ. κατά τη μεταφορά από το επίπεδο της έρευνας στα Πανεπιστημιακά εγχειρίδια/διδασκαλία. Από την άλλη οι ειδικοί της ΔΦΕ δέχονται ευκολότερα το ΔΜΠ, γιατί έχουν άμεση αντίληψη της αναγκαιότητας του. Σε κάθε περίπτωση παραμένει το πρόβλημα της επιστημολογικής εγκυρότητας του ΔΜΠ. Ως ποιο

σημείο μπορεί να μετασχηματιστεί το περιεχόμενο; Μια πιθανή απάντηση μπορεί να αναζητηθεί στις διαδικασίες επιβεβαίωσης/επικύρωσης της επιστημονικής ή και ερευνητικής διαδικασίας, που δεν είναι άλλη από τον έλεγχο των ομοβάθμων (peer review). Η δημοσίευση σε ένα περιοδικό, ή η ανακοίνωση σε ένα συνέδριο ή η έκδοση ενός βιβλίου/εγχειριδίου κρίνονται από μια επιτροπή ειδικών. Εκεί θα κριθεί και ο ΔΜΠ που έχει γίνει σε μια γνωστική περιοχή και για κάποιο στοχούμενο πληθυσμό (Bergsten et al., 2010). Κάτι που φάνηκε και στις έρευνες που επισκοπήθηκαν.

Σήμερα με την επέκταση της εκπαίδευσης σχεδόν από τη γέννηση του παιδιού, που καταλήγει σε Διαβίου Εκπαίδευση και την αύξηση της υποχρεωτικότητάς της (5-16 έτη) οι ανάγκες της επιστημονικής εκπαίδευσης των μαθητών/τριών είναι διαφορετικές. Είναι σημαντικό αφενός να έχουμε επιστημονικά εγγράμματους πολίτες (EU 2015) αφετέρου να αξιοποιήσουμε τις τεράστιες δυνατότητες που προσφέρουν οι ΦΕ (και τα Μαθηματικά) στην ανάπτυξη κριτικής σκέψης (Bailin, 2002) και δεξιοτήτων, τη στιγμή που παρατηρούμε μια τόσο μεγάλη στροφή των ΠΣ στις δεξιότητες (ΙΕΠ, 2020; EU, 2015; Project, 2061). Και τα δυο αυτά επιτεύγματα είναι δύσκολα, πόσο μάλλον αν έχουμε ένα εννοιολογικά βαρύ περιεχόμενο εκτός και αν στα πλαίσια της νέας/τεχνολογικής εποχής γίνει αποδεκτό ότι, οι μαθητές/τριες της υποχρεωτικής εκπαίδευσης δεν χρειάζεται να κατανοήσουν τα βασικά χαρακτηριστικά των Φυσικών ή και ευρύτερα των Θετικών Επιστημών.

Μήπως τελικά αυτό λένε έμμεσα οι Βόρειες χώρες, μέσω των ΠΣ, όταν μετακινούν το ενδιαφέρον των ΠΣ ή και εγχειριδίων στις ηθικό-κοινωνικό-πολιτισμικές διαστάσεις των ΦΕ, παρά στη διαπραγμάτευση του περιεχομένου καθαυτού; Σ' αυτή την περίπτωση γεννάται βέβαια άλλο μεγάλο ερώτημα: μπορούμε να συζητάμε ηθικές και κοινωνικές επιπτώσεις ή δεξιότητες/διαδικασίες ανεξαρτήτως περιεχομένου? Μάλλον όχι, αλλά αυτό είναι μια άλλη πολύ σοβαρή πτυχή του προβλήματος.

Συνοψίζοντας την προηγούμενη συζήτηση φαίνεται ότι από τη σκοπιά της ΔΦΕ αλλά και της διδασκαλίας ΦΕ ο ΔΜΠ θεωρείται απολύτως απαραίτητος να γίνεται (και ως κάποιο βαθμό γίνεται χωρίς να δηλώνεται και χωρίς έλεγχο), λόγω των αποδεδειγμένων μεγάλων δυσκολιών που συναντούν οι μαθητές/τριες στην κατανόηση του περιεχομένου. Άρα χρειάζονται σχετικές μελέτες/εμπειρικές έρευνες, από την εκπαιδευτική και ερευνητική κοινότητά της ΔΦΕ που να φωτίσουν τη διαδικασία του μετασχηματισμού, που θα οδηγήσει σε νέα ΠΣ και ανάλογα βοηθήματα, αλλά θα συμβάλλει και στη προ- και ένδο-υπηρεσιακή εκπαίδευση των εκπαιδευτικών ΦΕ. Μια έρευνα παρόμοια με αυτή της εποικοδομητικής προσέγγισης στη διδασκαλία και τη μάθηση/εννοιολογικής αλλαγής, που αυτή τη φορά θα εστιάσει στο ΔΜΠ.

Από την παραπάνω ανάλυση και συζήτηση φαίνεται ότι προκύπτει ανάγκη να μελετηθεί συστηματικά, όπως έγινε και στην περίπτωση των ε.ι.μ., ο ΔΜΠ κατά ηλικιακή ομάδα, π.χ. προσχολική, πρώτες τάξεις Δημοτικού (Α, Β και Γ), τελευταίες τάξεις Δημοτικού (Δ, Ε και Στ), Γυμνάσιο κ.ά. συγκροτώντας έτσι μοντέλα προς διδασκαλία στην αντίστοιχη ηλικιακή ομάδα ενδεδυμένα με αντίστοιχες πρακτικές αναφοράς.

Ευχαριστίες

Οι βασικές σκέψεις και απόψεις καθώς και πολλές από της έρευνες που επισκοπήθηκαν μπορεί να θεωρηθούν απόσταγμα της 40-χρονης πορείας μου, στη διδασκαλία και μάθηση ΦΕ σχεδόν σε όλες στις βαθμίδες της Εκπαίδευσης. Με την έννοια αυτή υπάρχουν πολλοί και αγαπητοί/ες συνάδελφοι, αλλά και μαθητές/τριες ή φοιτητές/τριες που με τις συζητήσεις τους επηρέασαν τη σκέψη μου και ανέδειξαν πολλά από τα μελετώμενα θέματα. Δεν αναφέρω ονόματα γιατί θα παραβιάσω κατάφωρα τα όρια του περιοδικού. Θέλω όμως να πω ένα μεγάλο ευχαριστώ σε όσους βρήκα στο δρόμο για το μέρος της σοφίας τους (επιστημονικής ή και εναλλακτικής) που μου χάρισαν. Υπάρχουν διαφορετικά ειδικά βάρη (παλιά έννοια/μέγεθος Φυσικής) εκτός από τα υλικά και στις σχέσεις – συνεργασίες, αλλά ας μη γινόμαστε τόσο … εμπειριστές. Ο διάλογος, η επικοινωνία και η διαφωνία, καλόπιστοι, σε οδηγούν στη διεύρυνση και επέκταση του γνωστικού σου φορτίου. ΣΑΣ ΕΥΧΑΡΙΣΤΩ ΟΛΟΥΣ/ΕΣ ΘΕΡΜΑ.

Βιβλιογραφία

Δημητριάδη, Κ. & Χαλκιά, Κ. (2011). Μια εμπειρικό έρευνα για τη διδασκαλία της Ειδικής Θεωρίας της σχετικότητας στο Λύκειο. Στο Παπαγεωργίου, Γ. & Κουντουριώτης, Γ. Πρακτικά 7ου πανελλήνιου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην εκπαίδευση: Αλληλεπιδράσεις Εκπαιδευτικής Έρευνας και Πράξης στις Φυσικές Επιστήμες, σελ. 113-120. http://www.7sefepet.gr, ημερομηνία πρόσβασης 26/05/20

Ζουπίδης, Α. 2012, Διδασκαλία και μάθηση με τη χρήση μοντέλων Φυσικών Επιστημών και Τεχνολογίας: εφαρμογή στα φαινόμενα της πλεύσης / βύθισης, Αδημοσίευτη Διδακτορική Διατριβή, ΠΤΝ-ΠΔΜ.

ΙΕΠ, http://www.iep.edu.gr/el/?view=article&id=2141:programmata-spoudon-files-2&catid =2, Ανακτήθηκε 5/5/20.

Καπόγιαννης Α., Καπότης Ε., Καλκάνης, Γ. (2017). Εισάγοντας την «Αρχή της Αβεβαιότητας» σε μαθητές λυκείου μέσω απλών μαθηματικών σχέσεων και με τη χρήση αυτοσχέδιου αλληλεπιδραστικού λογισμικού. Στο Σταύρου Δ., Μιχαηλίδη Α. & Κοκολάκη Α. Πρακτικά 10ου Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση – Γεφυρώνοντας το Χάσμα μεταξύ Φυσικών Επιστημών, Κοινωνίας και Εκπαιδευτικής Πράξης, σελ. 417-425. http://synedrio2017.enephet.gr, Ημερομηνία πρόσβασης: 28/05/20

Καραγιάννη, Χ. και Ψύλλος, Δ. (2015). Μελέτη της ανάπτυξης δεξιοτήτων πειραματικού σχεδιασμού από μαθητές Ε' Δημοτικού στο πλαίσιο μιας διερευνητικής διδακτικής ακολουθίας. Στο Ψύλλος κ.ά. Πρακτικά 9ου Συνεδρίου ΕΝΕΦΕΤ, σελ. 313-320, Θεσσαλονίκη.

Καριώτογλου, Π. Σπύρτου, Α. Πνευματικός, Δ., & Ζουπίδης, Α. (2012). Σύγχρονες τάσεις στα Προγράμματα Σπουδών Φυσικών Επιστημών: Οι περιπτώσεις της διερεύνησης και των επισκέψεων σε χώρους επιστήμης και τεχνολογίας στο Πρόγραμμα

MaterialScience. Θέματα Επιστημών και Τεχνολογίας στην εκπαίδευση, 5(1-2), 153-164. http://earthlab.uoi.gr/thete/index.php/thete/article/view/140/90

Καριώτογλου, Π., Κορομπίλης, Κ., Κουμαράς, Π. (1997). Εξακολουθούν να είναι επίκαιρες οι ανακαλυπτικές μέθοδοι διδασκαλίας; *Σύγχρονη Εκπαίδευση*, 92, 52-61

Καριώτογλου, Π. (1991). Προβλήματα διδασκαλίας και μάθησης της Μηχανικής των Ρευστών στο Γυμνάσιο, Αδημοσίευτη Διδακτορική Διατριβή, Τμήμα Φυσικής, ΑΠΘ, σελ. 350.

Κολιόπουλος Δ. (2006). Θέματα διδακτικής φυσικών επιστημών: Η συγκρότηση της σχολικής γνώσης, Μεταίχμιο.

Μακρυγιάννη, Κ. Αποστολάκης, Γ., Χατζηδάκη, Δ., Φύσκιλης, Σ. Φέγγου, Ε. & Παπαλεξόπουλος, Π. (2017). Διδακτικές προσεγγίσεις της Φυσικής στοιχειωδών σωματιδίων σε μαθητές Γυμνασίου. Στο Σταύρου Δ., Μιχαηλίδη Α. & Κοκολάκη Α. Πρακτικά 10ου Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση – Γεφυρώνοντας το Χάσμα μεταξύ Φυσικών Επιστημών, Κοινωνίας και Εκπαιδευτικής Πράξης, σελ. 214-221. http://synedrio2017.enephet.gr, Ημερομηνία πρόσβασης: 28/05/20

Μακρυγιάννη, Κ., Αποστολάκης, Γ., Βαρδάκας, Π., Φέγγου, Ε., & Παπαλεξόπουλος, Π. (2015). Διδακτικές προσεγγίσεις για έννοιες Κβαντομηχανικής σε μαθητές Γυμνασίου, Στο Ψύλλος κ.ά. Πρακτικά 9ου Συνεδρίου ΕΝΕΦΕΤ, σελ. 229-236, Θεσσαλονίκη.

Μάνου, Λ. Σπύρτου, Α. Χατζηκρανιώτης, Ε. & Καριώτογλου, Π. (2015). Βιβλιογραφική επισκόπηση του περιεχομένου της διδασκαλίας της Νανοεπιστήμης και Νανοτεχνολογίας στις τρεις βαθμίδες εκπαίδευσης. Στο Ψύλλος, Δ. κ.ά. Πρακτικά: 9ο Πανελλήνιο Συνέδριο Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση, σελ. 203-211, Θεσσαλονίκη.

Σταράκης Ι. και Χαλκιά, Κ. (2011). Ο σχεδιασμός και η Ανάπτυξη μιας Διδακτικής Ακολουθίας Διδασκαλίας και Μάθησης για τη Φαινόμενη Κίνηση της Σελήνης. Στο Παπαγεωργίου, Γ. & Κουντουριώτης, Γ. Πρακτικά 7ου Πανελλήνιου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση Αλληλεπιδράσεις Εκπαιδευτικής Έρευνας και Πράξης στις Φυσικές Επιστήμες, σελ. 398 - 405. http://www.7sefepet.gr, ημερομηνία πρόσβασης 26/05/20.

Συμεωνίδου, Α. Παπαδοπούλου, Π., Καριώτογλου, Π. (2016). Ανάπτυξη, Εφαρμογή και Αξιολόγηση Διδακτικής Μαθησιακής Ακολουθίας, για παιδιά Προσχολικής Ηλικίας, για τον Κύκλο του νερού. Στο Β. Τσελφές (Επιμέλεια): Προσχολική Ηλικία: οι φυσικές επιστήμες στην εκπαιδευτική σχέση παιδιών και εκπαιδευτικών. ΤΕΑΠΗ – Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Εκδόσεις Άρτεμις Πετροπούλου.

Συμεωνίδου, Α. (2014). Ανάπτυξη, Εφαρμογή, και Αξιολόγηση Διδακτικής Μαθησιακής Σειράς για παιδιά Προσχολικής Ηλικίας, για τον Κύκλο του Νερού. ΠΤΝ-ΠΔΜ, Φλώρινα Τεμερτζίδου, Ε. 2012, Μελέτη της ικανότητας παιδιών προσχολικής και πρωτο-σχολικής ηλικίας να ταξινομούν υλικά με βάση τις μαγνητικές τους ιδιότητες. Αδημοσίευτη Διπλωματική Εργασία, ΠΤΝ - ΠΔΜ.

Τεμερτζίδου Ε., Παπαδοπούλου Π. και Καριώτογλου Π. (2014). "Μελέτη των δεξιοτήτων παιδιών προσχολικής ηλικίας στην ταξινόμηση υλικών με βάση τις μαγνητικές τους ιδιότητες". Στο: Π. Καριώτογλου και Π. Παπαδοπουλου (Επιμέλεια): Φυσικές Επιστήμες και Περιβάλλον στην Προσχολική Εκπαίδευση Αναζητήσεις και Προτάσεις, Gutenberg, 135-149.

Τσιτσιπής, Γ., Σταμοβλάσης, Δ. & Παπαγεωργίου, Γ. (2011). Οι κύριες συνιστώσες της κατανόησης της σωματιδιακής δομής και των αλλαγών κατάστασης της ύλης. Στο Παπαγεωργίου, Γ. & Κουντουριώτης, Γ. Πρακτικά 7ου Πανελλήνιου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση Αλληλεπιδράσεις Εκπαιδευτικής Έρευνας και Πράξης στις Φυσικές Επιστήμες, σελ. 713-720. http://www.7sefepet.gr, ημερομηνία πρόσβασης 26/05/20

Ψύλλος, Δ., Κουμαράς, Π., & Καριώτογλου, Π. (1993). Εποικοδόμηση της γνώσης στην τάξη με συν-έρευνα δάσκαλου και μαθητή. *Σύγχρονη Εκπαίδευση*, τεύχος 70, σελ. 34-42.

Χαλκιά, Κ. (2013). Η απουσία των μεγάλων κοσμοθεωριών της φυσικής του 20ου αιώνα από τη δευτεροβάθμια εκπαίδευση του 21ου αιώνα: Διλήμματα και προτάσεις. Στο Βαβουγιός, Δ. & Παρασκευόπουλος Σ. Πρακτικά 8ου Πανελληνίου Συνεδρίου ΕΝΕΦΕΤ, σελ. 30-41, Βόλος.

Aikenhead, G.S. (1994). What is STS science teaching? In Solomon, J. & G. Aikenhead (eds.), STS Education: International Perspectives in Reform. New York: Teacher's College Press.

Bailin, S. (2002) Critical Thinking and Science Education, Science & Education 11: 361–375.

Bergsten, C., Jablonka, E., & Klisinska, A. (2010). A remark on didactic transposition theory. In C. Bergsten, E. Jablonka, & T. Wedege (Red.), Mathematics and mathematics education: Cultural and social dimensions. Proceedings of MADIF 7: The Seventh Swedish Mathematics Education Research Seminar (s. 58-68). Linköping: Svensk Förening för Matematik Didaktisk Forskning.

Borghi, L., De Ambrosis, A., & Mascheretti, P. (2007). Microscopic models for bridging electrostatics and currents, Physics Education, 42(2), 146-155.

Boudreaux, A., Shaffer, P., Heron, P., & McDermott, L. (2008). Student understanding of control of variables: Deciding whether or not a variable influences the behavior of a system, American Journal of Physics, vol. 76, no.2, 163-170. doi:10.1119/1.2805235

Chevallard, Y. (1985). La transposition didactique: Du savoir savant au savoir enseigné. Grenoble: La Pensée Sauvage.

Chi, M.T.H., Slotta, J.D. & De Leeuw, N.D. (1994). From things to processes: a theory of conceptual change for learning science concepts. Learning and Instruction, 4(1), 27-43.

Driver, R., Squires, A., Rushworth, P., & Wood-Robinson, V. (1994). Making sense of secondary science. London, Routledge.

Develay. M. (1994). L'apprentissage, l'enseignement et la pédagogie différenciée. Le Nouvel Educateur n°56.

Duit, R., Gropengieber, H., Kattmann, U., Komorek, M., & Parchmann, I. (2012). The model of educational reconstruction – A framework for improving teaching and learning science. Cultural Perspectives in Science, 5, 13-37.

Duit, R. (2007). Science education research internationally: conceptions, research methods, domains of research. Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education, 3(1), 3-15. https://doi.org/10.12973/ejmste/75369

Duit, R., & Treagust, D. F. (1998). Learning in science—From behaviorism towards social constructivism, beyond. In B. J. Fraser & K. Tobin (Eds.), International handbook of Science Education, Part 1 (pp. 3–25). Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.

Duschl, R., & Grandy, R. (2008). Reconsidering the character and role of inquiry in school science: Framing the debates. In R. Duschl & R. Grandy (eds.), Teaching scientific inquiry: Recommendations for research and implementation (pp. 1-37). The Netherlands, Rotterdam: Sense Publishers.

EU. (2015). Science Education for Responsible Citizenship. Report to the European Commission of the expert group on science education. Luxembourg: Publications Office of the European Union. Doi: 10.2777/13004.

Freudenthal, H. (1986). Book reviews: Yves Chevallard, La Transposition Didactique du Savoir Savant au Savoir Enseigne, Editions Pensıe Sauvage, Grenoble, 127 pp. Educational Studies in Mathematics, 17, 323-327.

Kariotoglou, P. & Zoupidis, A. (2019). Science content transformation: views, criticism, examples and proposal. Oral presentation in the 13th ESERA Conf. Bologna, Italy.

Kariotoglou, P. Papadopoulou, P. Koledinis, N. Strangas, N. (2013). Educating pre-school student teachers to instructional design. In Constantinou, C. P., Papadouris, N. Hadjigeorgiou, A.: Proceedings of the 2013 ESERA Conference, Cyprus.

Kariotoglou, P., Spyrtou, A., & Tselfes, V. (2008). How student – teachers understand distance force interactions in different contexts, International Journal of Science and Mathematics Education, 7(5), 851-873.

Kariotoglou, P., Koumaras, P. and Psillos, D. (1995). Différentiation conceptuelle: un enseignement d'hydrostatique fondé sur le développement et la contradiction des conceptions des élèves [Conceptual differentiation: a teaching of hydrostatic founded on the development and contradiction of pupils' conceptions]. Didaskalia, 7, 63-90.

Kariotoglou, P., & Psillos, D. (1993). Pupils' Pressure Models and their implications for instructions, Research in Science and Technological Education, 11, 95-108.

Kariotoglou, P., Koumaras, P., & Psillos, D. (1993). A constructivist approach for teaching fluid phenomena, Physics Education, 28, 164-169.

Kariotoglou, P., Psillos, D., & Vallasiades, O. (1990). Understanding pressure: didactical transposition and pupils' conceptions, Physics Education, 25, 92-96.

Kariotoglou, P., Zoupidis, A., Molochidis, A. (2021). The content didactical transposition/transformation of science in compulsory education: aspects, criticism examples and proposal. *It will be submitted for review in an International Journal.*

Karplus, R. (1974). SCIS (science curriculum improvement study) Teachers' Handbook, University of California at Berkley, Laurence Hall of Science.

Kuhn, T. (2008). Η δομή των επιστημονικών επαναστάσεων, ΣΥΓΧΡΟΝΑ ΘΕΜΑΤΑ, σελ 280, Αθήνα.

Martinand, J. L. (1989). 'Pratiques de Référence, Transposition Didactique et Savoirs Professionnels en Sciences et Techniques', Les Sciences de l'Education 2, 23-29.

Meheut, M. & Psillos, D. (2004). Teaching-Learning Sequences: aims and tools for science education research. International Journal of Science Education, 26, 515-535. doi: 10.1080/09500690310001614762

Perlman, H., Makropoulos, C. & Koutsoyiannis, D. (2005). The water cycle, United States Geological Survey. Τελευταία ανάκτηση στις 1/12/2016 από

http://ga.water.usgs.gov/edu/watercyclegreek.html

Project 2061. https://www.aaas.org/programs/project-2061, ανακτήθηκε 5/5/20.

Psillos, D. & Kariotoglou, P. (Eds) (2016). Iterative design of Teaching-Learning Sequences: Introducing the Science of Materials in European Schools. Springer (collective volume). ISBN 978-94-007-7808-5, p.319.

Psillos, D., Molohidis A., Kallery M., Hatzikraniotis E. (2016). The iterative evolution of a Teaching-Learning Sequence on the Thermal Conductivity of materials in D. Psillos, P. Kariotoglou (eds), "Iterative Design of Teaching - Learning Sequences", Springer, pp 287-329. ISBN 978-94-007-7807-8.

Psillos and Kariotoglou (1999). Teaching Fluids: Intended knowledge and students' actual conceptual evolution, International Journal of Science Education, Special Issue: "Conceptual Development" (invited), Vol. 21, 17-38.

Schuster, D., Cobern, W.W., Adams, B.A.J., Undreiu, A., Pleasants, B. (2018). Learning of Core Disciplinary Ideas: Efficacy Comparison of Two Contrasting Modes of Science Instruction. Research in Science Education, 48, 389–435
https://doi.org/10.1007/s11165-016-9573-3

Smith, C., Snir, J., & Grosslight, L. (1992). Using Conceptual Models to Facilitate Conceptual Change: The Case of Weight-Density Differentiation, Cognition and Instruction, 9(3), 221-283. doi:10.1207/s1532690xci0903_3

Spyrtou, A., Hatzikraniotis, E., & Kariotoglou, P. (2009) Educational software for improving learning aspects of Newton's Third Law for student-teachers, Educational and Informational Technologies, 14(2), 163-187.

Spyrtou, A., Zoupidis, A., Kariotoglou, P. (2008). The design and development of an ICT-Enhanced Module concerning density as a property of materials applied in floating-sinking phenomena. In: C. P. Constantinou & N. Papadouris (Eds.), GIREP International Conference, Physics Curriculum Design, Development and Validation, Selected Papers, pp. 391-407. ISBN 978-9963-689-20-0.

http://lsg.ucy.ac.cy/girep2008/papers/THE%20DESIGN%20AND%20DEVELOPMENT%20OF%20AN%20ICT-ENHANCED.pdf

Strauss, A., & Corbin, J. (1998). Basics of qualitative research: Techniques and procedures for developing grounded theory. Thousand Oaks, CA: Sage.

Vosniadou, S. (Ed) (2013). International Handbook of Research on Conceptual Change, Rutledge, London.

Zoupidis, A., Pnevmatikos D., Spyrtou, A., and Kariotoglou, P. (2016). The impact of the acquisition of Control of Variables Strategy and nature of models in floating-sinking phenomena reasoning and understanding of density as property of materials, Instructional Science.

Συνοπτικό Βιογραφικό Σημείωμα

Ο **Πέτρος Π. Καριώτογλου** είναι Ομότιμος Καθηγητής του Πανεπιστημίου Δυτικής Μακεδονίας (ΠΔΜ), με αντικείμενο τη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών. Εργάσθηκε ως Καθηγητής Φυσικής Β'Βάθμιας, Λέκτορας και Επίκουρος Καθηγητής στο ΑΠΘ και Αναπληρωτής και Καθηγητής στο Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας. Υπηρέτησε ως πρόεδρος του ΠΤΝ-ΠΔΜ, κοσμήτορας της τότε Παιδαγωγικής Σχολής του ΠΔΜ και μέλος και πρόεδρος της ΜΟΔΙΠ του ΠΔΜ. Υπήρξε ιδρυτικό μέλος της ESERA και υπεύθυνος (strand chair) για την Α'βάθμια Εκπαίδευση. Επίσης ιδρυτικό μέλος της ΕΝΕΦΕΤ και Αντιπρόεδρος του ΔΣ. Τα ερευνητικά του ενδιαφέροντα αφορούν τη διδασκαλία και μάθηση των Φυσικών Επιστημών και εστιάζονται ειδικότερα στο διδακτικό μετασχηματισμό του περιεχομένου, την επαγγελματική ανάπτυξη των εκπαιδευτικών, τις διδακτικές μαθησιακές ακολουθίες και τη μη τυπική εκπαίδευση. Ανακοίνωσε σε Διεθνή και Ελληνικά συνέδρια και δημοσίευσε σε διεθνή και Ελληνικά περιοδικά και πρακτικά συνεδρίων σημαντικό αριθμό άρθρων και βιβλίων (http://users.uowm.gr/pkariotog/).

Απόψεις για τη Διδακτική της Επιστήμης και της Τεχνολογίας

Παναγιώτης Γ. Μιχαηλίδης
Ομότιμος Καθηγητής Πανεπιστημίου Κρήτης
michail@edc.uoc.gr

Περίληψη

Στις σύγχρονες και εξαρτώμενες από την Τεχνολογία κοινωνίες, η αποτελεσματικότητα της διδασκαλίας στην Επιστήμη (Science=Φυσικές επιστήμες) και στην Τεχνολογία αποκτά ιδιαίτερη σημασία και υπάρχουν πολλά σχετικά εμπειρικά και θεωρητικά έργα με συμπεράσματα είτε συντρέχοντα είτε αντικρουόμενα, ιδιαίτερα όταν συγκρίνονται ευρήματα από διαφορετικό πλαίσιο αναφοράς. Σε μια προσπάθεια κατανόησης των ευρημάτων, παρουσιάζονται εδώ ορισμένες παράμετροι που επηρεάζουν και πρέπει να λαμβάνονται υπόψη σε κάθε σχεδιασμό διδασκαλίας στην Επιστήμη και στην Τεχνολογία. Κυρίαρχη θέση του παρόντος άρθρου είναι, πως ο αποτελεσματικός αλφαβητισμός του πληθυσμού στην Επιστήμη και στην Τεχνολογία είναι αναγκαίος για τη διατήρηση της ευμάρειας και της δημοκρατίας στις σύγχρονες, βασισμένες στα τεχνολογικά επιτεύγματα, κοινωνίες μας και για την εξάλειψη δεισιδαιμονιών και παραλογισμών σχετικά με την Επιστήμη και την Τεχνολογία. Ο αποτελεσματικός αλφαβητισμός μπορεί να επιτευχθεί μόνο μέσα από την υποχρεωτική εκπαίδευση, της οποίας το περιεχόμενο πρέπει να προσαρμοστεί ώστε η Επιστήμη και η Τεχνολογία να αποτελούν τη σημαντικότερη συνιστώσα του.

Λέξεις-κλειδιά: Διδακτική της Επιστήμης, Αλφαβητισμός στην Επιστήμη και στην Τεχνολογία, Διερώτηση.

Abstract

In current Technology-dependent societies, the effectiveness of teaching in Science and Technology acquires special importance and there are many relevant empirical and theoretical works with conclusions concurrent or contradictory, when findings originate from different contexts. In an effort to understand the findings some of the factors that influence and should be taken into account in any teaching design in Science and Technology are presented here. The thesis of this article is

that an effective literacy of the population in Science and Technology is necessary to maintain prosperity and democracy in modern, technology-based, societies and to eliminate superstitions. Effective literacy can only be achieved through compulsory education, the content of which must be adapted so that Science and Technology is its most important component.

Keywords: Didactics of Science, Literacy in Science and Technology, Scientific Inquiry

Εισαγωγή

Η ευημερία των σύγχρονων κοινωνιών μας εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την πρόοδο της Επιστήμης και της Τεχνολογίας (Ε&Τ). Ωστόσο, μόνο οι εναλφάβητοι στην Ε&Τ απολαμβάνουν πλήρως τα οφέλη. Οι εξελίξεις στον τομέα της Ε&Τ είναι ραγδαίες και συνδυάζονται με σύντομο χρονικό διάστημα μεταξύ μιας ανακάλυψης (σε ιδέες, σε υπηρεσίες, στην τεχνολογία) και στην εμπορική εφαρμογή της. Ως αποτέλεσμα, η κοινωνία είναι γενικά αδαής και δεν μπορεί να συμβάλει, κατά Vygotski[1], στον απαιτούμενο αλφαβητισμό Ε&Τ. Μια αποτελεσματική σχολική εκπαίδευση κρίνεται αναγκαία, με συνέπεια συνεχιζόμενες εκπαιδευτικές μεταρρυθμίσεις, που αναβαθμίζουν την Ε&Τ, σε επίπεδο συγκρίσιμο με τη γλώσσα, με πλούσιο σχετικό θεωρητικό και εμπειρικό ερευνητικό έργο[2] (βλ. παραπομπές στο Michaelides, 2004).

Αίσθηση μου είναι ότι στις περισσότερες περιπτώσεις οι μεταρρυθμίσεις περιορίζονται σε αλλαγές του περιγράμματος ύλης (συνήθως προσθέτοντας περισσότερα θέματα), στη διαχείριση των γνωστικών αντικειμένων (πχ με χρήση ΤΠΕ) ή στην εκπαίδευση εκπαιδευτικών σε διδακτικές προσεγγίσεις. Ωστόσο η διδασκαλία της Ε&Τ απαιτεί παρατηρήσεις, πειράματα, εργαστηριακές πρακτικές, … και είναι μια διαδικασία που επηρεάζεται από πολλές παραμέτρους πχ σκοπός, προσεγγίσεις, εκπαιδευόμενοι (συμπεριλαμβάνοντας και τις ηλικίες των μαθητών), περίγραμμα ύλης, εκπαιδευτικοί. Στο παρόν άρθρο, παρουσιάζονται συνοπτικά πτυχές των παραμέτρων αυτών, που είναι απαραίτητες στο σχεδιασμό αποτελεσματικής διδασκαλίας Ε&Τ.

Σκοπός

Οι σκοποί και επιμέρους στόχοι είναι αναγκαίοι στην αποτελεσματική Ε&Τ εκπαίδευση και εντάσσονται σε ένα ή περισσότερα από τα ακόλουθα πλαίσια:

---

[1] Η παραδοσιακή καθοδήγηση στοχεύει στον γνωστικό τομέα ενώ η διδασκαλία με μορφή μέντορα, χωρίς να παραβλέπει τους γνωστικούς στόχους, οδηγεί τους μαθητές/μαθήτριες να αισθάνονται βέβαιοι ότι μπορούν να λύσουν το όποιο πρόβλημα αντιμετωπίζουν. Στη διδασκαλία με μορφή μέντορα ο/η εκπαιδευτικός ενεργεί ως ισότιμο με τους μαθητές μέλος – βλέπε περισσότερα στο: Powell A. M. (1997).

[2] Αναζήτηση Google για 'Science Education' και 'Science Teaching' έδωσε 469 εκ. and 81 εκ hits σε περίπου 0.3 sec. Στα Ελληνικά η αντίστοιχη αναζήτηση 179 και 18 χιλιάδες. Αν και υπάρχουν αρκετές επικαλύψεις και επαναλήψεις, οι αριθμοί είναι ενδεικτικοί του πλήθους των εργασιών.

- ***Πολιτιστικό:*** η Ε&Τ εκπαίδευση συνιστά πολιτιστικό αγαθό του πολιτισμού μας, άρα είναι αναγκαία για κοινωνική ένταξη, ευαισθητοποίηση, μείωση χάσματος 'δυο πολιτισμών'[3] και πρέπει να ενυπάρχει στην υποχρεωτική εκπαίδευση προκειμένου να βελτιωθεί (ή να μην επιδεινωθεί) η ποιότητα ζωής (Aerts et al., 1999).
- **Ωφελιμιστικό:** η Ε&Τ εκπαίδευση είναι η βάση της σύγχρονης παραγωγής, άρα είναι αναγκαία στις βασισμένες στην τεχνολογία κοινωνίες και σημαντική για τη διατήρηση της ευμάρειας και για πρόοδο. Επικρατεί στην Τεχνική Επαγγελματική Εκπαίδευση ενώ κυριαρχεί στην Ανώτατη Επαγγελματική Εκπαίδευση. Στο πλαίσιο αυτό, η διδασκαλία περιέχει λεπτομερή γεγονότα και δεδομένα για εξειδικευμένα θέματα με εντατική θεωρία, εργαστήρια και συνεργεία (workshop)[4].
- **Κοινωνικό:** μια αποτελεσματική Ε&Τ εκπαίδευση δημιουργεί κριτική, δημιουργική σκέψη και έλλογη συμπεριφορά, προϋποθέσεις μείωσης προλήψεων και διατήρηση της δημοκρατίας. Οι ραγδαίες εξελίξεις στην Ε&Τ δημιουργούν νέα προϊόντα, υπηρεσίες, …, που σε σύντομο χρόνο ενσωματώνονται στην καθημερινότητα, επηρεάζοντας κοινωνικές συνήθειες και συμπεριφορές, με αποτέλεσμα την ανάγκη εισαγωγής ρυθμίσεων (πχ νομοθεσίας). Για τη διατήρηση της δημοκρατίας, πολίτευμα ενεργής συμμετοχής πολιτών, ο αλφαβητισμός σε Ε&Τ είναι αναγκαίος για κατανόηση εισαγόμενης νομοθεσίας και επιλογή μεταξύ εναλλακτικών ρυθμίσεων[5] και αναγορεύει τον Ε&Τ

---

3 Υποστηρίζεται πως η Βρετανική επιρροή στον WW II είχε υποβαθμιστεί σε σχέση με τη Γερμανία και την Αμερική, επειδή το εκπαιδευτικό σύστημα εστιαζόταν σχεδόν αποκλειστικά στις Ανθρωπιστικές επιστήμες, αγνοώντας την Ε&Τ εκπαίδευση στην οποία Γερμανία και Αμερική είχαν δώσει προτεραιότητα με αποτέλεσμα η Βρετανική ελίτ (πολιτικοί, κυβέρνηση, διοίκηση, βιομηχανία, …) να μην είναι προετοιμασμένοι για τις προκλήσεις που προέκυψαν (βλ. και Snow, 1959; Snow 1963).

4 Θεωρώ: Εργαστήριο = πρακτική, πειραματική εργασία με σκοπό την ανάπτυξη του Γνωστικού τομέα (γνώσεις, νοητικές δεξιότητες, γνωστική στρατηγική, …) και απαντάται περισσότερο στην Γενική και στην Πανεπιστημιακή εκπαίδευση. Συνεργείο (Workshop) = εστίαση στην ανάπτυξη δεξιοτεχνιών (πχ αποτελεσματική χρήση κατάλληλων εργαλείων, σύνταξη τεχνικών αναφορών κλπ.) και απαντάται περισσότερο στην Τεχνική - Επαγγελματική και στην Πανεπιστημιακή εκπαίδευση. Μπορούν και να συνυπάρχουν στις ίδιες δραστηριότητες, ανάλογα με το συγκεκριμένο πρόγραμμα σπουδών.

5 Η Δημοκρατία βασίζεται στην ενεργό και αυτοδύναμη συμμετοχή των πολιτών στις αποφάσεις που λαμβάνονται. Καθώς όλο και περισσότερο εισάγονται ρυθμίσεις για θέματα σύγχρονης Ε&Τ (πχ ηλεκτρονικές συναλλαγές, βλαστοκύταρα, τηλεπικοινωνίες και κοινωνική δικτύωση, αποτροπή ηλεκτρονικού εγκλήματος, …) θα πρέπει οι πολίτες να είναι ενήμεροι ως προς το ρυθμιζόμενο θέμα και/ή να έχουν τις γνωστικές δεξιότητες να διακρίνουν τις επιπτώσεις μεταξύ διαφορετικών προτάσεων από ειδικούς, πολιτικούς, … ή/και να κάνουν δικές τους βάσιμες προτάσεις. Διαφορετικά η Ε&Τ θα συγχέεται με δοξασίες και δεισιδαιμονίες ή με θρησκευτικές πεποιθήσεις του Μεσαίωνα (η δίκη του Γαλιλαίου είναι ενδεικτική) (βλέπε επίσης την προσπάθεια εξίσωσης της Ε&Τ με θρησκευτικές πεποιθήσεις, πχ Intelligent creation ως ανταγωνιστική της θεωρίας εξέλιξης και/ή του Big Bang στις Ηνωμένες Πολιτείες όπου η διάκριση μεταξύ Ε&Τ και θρησκευτικών πεποιθήσεων απασχολεί τα Δικαστήρια, βλέπε περισσότερα στα (προσπελάστηκαν στις 7/3/2021):

https://www.americanprogress.org/issues/religion/news/2006/04/10/1934/the-flaws-in-intelligent-design/,

αλφαβητισμό σε σημαντικό στοιχείο του, κατά UNESCO, ατομικού δικαιώματος, σε ποιοτική εκπαίδευση (UNESCO, χχ). Το πλαίσιο αυτό υπαγορεύει διδασκαλία με ομάδες ή/και θιάσους[6].

- **Εκπαιδευτικό:** η διδασκαλία θεμάτων Ε&Τ είναι δυνατή και μέσω χρήσης της ως εκπαιδευτικού περιβάλλοντος για τη διδασκαλία άλλων αντικειμένων και μπορεί να εξελιχθεί σε διαθεματική ή/και διεπιστημονική αποτελεσματική διδασκαλία (Anagnostakis & Michaelides, 2012; Michaelides, 2012; Michaelides & Tsigris, 2004), προσέγγιση, η οποία, ίσως για λόγους συγκυρίας, παρουσιάζεται ως STEM (Science, Technology, Engineering, Mathematics), δίνοντας τεχνοκρατική διάσταση, αν και μπορεί να χρησιμοποιηθεί και στις Ανθρωπιστικές επιστήμες (απλουστευτικό παράδειγμα στη γλωσσική έκφραση: (α) επειδή ο λαγός έχει πολλούς θηρευτές γεννά πολλά μικρά και επιζεί, (β) ο λαγός γεννά πολλά μικρά που αντισταθμίζουν τους πολλούς θηρευτές, (γ) αναλύστε τις εκφράσεις (α), (β) και τεκμηριώστε τι περιγράφει καλύτερα τη γνώση στο αντικείμενο).

- **Προσωπικής ανάπτυξης:** η Ε&Τ μελετά φαινόμενα προσιτά με τις αισθήσεις και η διδασκαλία της προωθεί λογική (κριτική και δημιουργική) σκέψη και επιταχύνει το πέρασμα στο, κατά Piaget, στάδιο της αφηρημένης σκέψης (τυπικής λογικής), άρα είναι πολύ σημαντική στην υποχρεωτική εκπαίδευση, της οποίας πρέπει να αποτελεί σημαντική συνιστώσα του αναλυτικού προγράμματος, με διδακτικές προσεγγίσεις επίλυσης προβλημάτων, με έρευνα ή έργα (project) (Michaelides, 2012) και με διδακτική εστιασμένη σε γενικές αρχές και μοντέλα (Gilbert & Boulter, 2000). Σημειώνεται, πως οι μαθητές στην υποχρεωτική εκπαίδευση είναι στο στάδιο των συγκεκριμένων ενεργειών και η εκπαίδευση Ε&Τ που μελετά φαινόμενα αντιληπτά μέσω των αισθήσεων (απευθείας ή με όργανα) υπερτερεί άλλων αντικειμένων[7].

---

https://www.scientificamerican.com/article/15-answers-to-creationist/,
https://www.pnas.org/content/105/1/3,
http://law2.umkc.edu/faculty/projects/ftrials/conlaw/evolution.html.

Στο πλαίσιο αυτό η Ε&Τ εκπαίδευση θα πρέπει να θεωρείται ως επικρατούσα συνιστώσα στο ατομικό δικαίωμα στην Εκπαίδευση (δικαίωμα στη Δημοκρατία).

6 Στη διδασκαλία με ομάδες μετρά το τελικό αποτέλεσμα χωρίς αναφορά στη συνεισφορά κάθε μέλους, η οποία αποτελεί "εσωτερικό ζήτημα" που αποφασίζεται από την ομάδα, χωρίς παρέμβαση του εκπαιδευτικού. Αποτελεί πρόσφορο μέσο καλλιέργειας ομαδικού πνεύματος. Στον θίασο καθίσταται επιπλέον γνωστή η συνεισφορά κάθε μέλους. Αποτελεί πρόσφορο μέσο άμιλλας ίσως και ανταγωνισμού.

7 Κατά Piaget, τα παιδιά στο Δημοτικό βρίσκονται στο στάδιο των συγκεκριμένων ενεργειών (προς το στάδιο της τυπικής λογικής). Τα Φυσικά φαινόμενα της ύλης του Δημοτικού παρατηρούνται με τις αισθήσεις (ή με χρήση απλών οργάνων) και γίνονται εύκολα αντιληπτά από φαινόμενα άλλων επιστημών όπου πέρα από την παρατήρηση ενυπάρχει και υποκειμενικό στοιχείο για να γίνουν αντιληπτά, πχ μετανάστευση: πέρα από την παρατήρηση της μετακίνησης ενός ή περισσότερων προσώπων πρέπει να συνυπάρχει και το στοιχείο της διάθεσης για μονιμότητα (παράβαλε με τη διάκριση μεταξύ κατοικίας και διαμονής).

Συνήθως το πλαίσιο αποτελεί (ισορροπημένο?) μίγμα (Christophorou, 2001; Michaelides & Tsigris, 2004) εξαρτώμενο από τις εκάστοτε αξίες της κοινωνίας[8] και τη βαθμίδα εκπαίδευσης και επηρεάζει τη διδακτική προσέγγιση και το περίγραμμα ύλης.

Προσεγγίσεις

Η πληθώρα μεθόδων διδακτικής πρέπει, για την Ε&Τ να περιλαμβάνει παρατηρήσεις φαινομένων της Φύσης για ανάπτυξη δεξιοτήτων και δεξιοτεχνιών συλλογής εμπειρικών δεδομένων, πειραματισμό σε εργαστήρια για ανάπτυξη γνωστικών δεξιοτήτων και πρακτική σε 'συνεργεία' (workshops) για ανάπτυξη ψυχοκινητικών δεξιοτεχνιών, γνωστικών δεξιοτήτων και σε βάθος κατανόηση των εξεταζόμενων φαινομένων. Ακόμα και σε απλό πολιτιστικό πλαίσιο, όπου η αφήγηση ίσως νομίζεται επαρκής, η διδασκαλία της Ε&Τ πρέπει να συνδέεται τουλάχιστον με παρατηρήσεις του περιβάλλοντος, φυσικού και κοινωνικού. Τα εγγενή αυτά χαρακτηριστικά Διδακτικής Ε&Τ συχνά αγνοούνται είτε επειδή θεωρούνται 'χρονοβόρα' είτε επειδή απαιτούν σχετικές δεξιότητες / δεξιοτεχνίες από τον εκπαιδευτικό είτε επειδή θεωρούνται 'δύσκολα' και 'εκτός των δυνατοτήτων των μαθητών' (ευφημισμοί καλύπτοντες ανεπάρκεια του εκπαιδευτικού). Η ενσωμάτωση διαδικασιών Διερώτησης (Fradd & Lee, 1999; McDermott et al., 2000) στη διδασκαλία οδηγεί σε αποτελεσματική εκπαίδευση Ε&Τ σε όλα τα επίπεδα και τομείς μάθησης. Η Διερώτηση (ή Διερεύνηση) (Επιστημονική μεθοδολογία / Scientific Inquiry) [Inquiry] περιλαμβάνει:

1. **Παρατήρηση:** συλλογή στοιχείων, εστιασμένη στο, υπό μέλετη, θέμα, (πχ μετρήσεις ή άλλα δεδομένα) μέσω παρατηρήσεων, πειραματισμών, μελέτη βιβλιογραφίας, συζήτηση με πρόσωπα που έχουν ασχοληθεί με το θέμα, κλπ.
2. **Επεξεργασία** συλλεγμένων στοιχείων προκειμένου να ελεγχθεί η αξιοπιστία τους, να γίνουν πιο κατανοητά και σαφή (πίνακες, γραφήματα, μετασχηματισμοί, ...), και να εντοπιστούν δομές, σχέσεις, ... μεταξύ τους.
3. **Σχηματισμός** υποθέσεων για περιγραφή των εντοπισμένων δομών, σχέσεων, ...
4. **Έλεγχος** των υποθέσεων μέσω πειραματισμών ή άλλων εξειδικευμένων παρατηρήσεων.
5. **Συμπέρασμα** ως προς την εγκυρότητα των υποθέσεων. Αν τα στοιχεία από τον έλεγχο είναι ασύμβατα με τις υποθέσεις επαναλαμβάνεται η διαδικασία σχηματισμού υποθέσεων και/ή επεξεργασίας, αν είναι συμβατά, ακολουθεί,

---

8 «... για να έλθω σε ένα πιο βασικό χώρισμα, δεν μπορεί να υπάρξει συμφωνία μεταξύ αυτών που πιστεύουν την εκπαίδευση ως μέσον ενστάλαξης ορισμένων συγκεκριμένων πιστεύω και εκείνων που θεωρούν πως θα πρέπει να προάγει τη δύναμη της ανεξάρτητης κρίσης. Όπου προκύπτουν τέτοια ζητήματα, είναι μάταιο να τα αγνοούμε. ...» (Russell Bertrand, 1926)

6. **Αναστοχασμός,** δηλαδή επανεξέταση διαδικασίας (μελέτη της αξιοπιστίας των παρατηρήσεων - μετρήσεων, συνθήκες που πιθανόν να ανατρέπουν τα ευρήματα, ...) και, αν χρειάζεται, αναθεώρηση - επανάληψη διαδικασίας.
7. **Γενίκευση:** ανασκόπηση συνεπειών των ευρημάτων, πιθανολόγηση της ισχύος των συμπερασμάτων πέραν των συγκεκριμένων παρατηρήσεων και σχηματισμός γενικότερης 'θεωρίας'.
8. **Κοινοποίηση** των αποτελεσμάτων με τρόπο, κατά το δυνατόν, απλό, εύληπτο και κατανοητό, που διατηρεί το καθιερωμένο λεξιλόγιο, αποφεύγοντας διατυπώσεις που δημιουργούν παρανοήσεις (πχ άκριτες μεταφορές).

Η ακολουθία 'Παρατήρηση, Υποθέσεις, Επαλήθευση, Γενίκευση' έγινε γνωστή ως 'Επιστημονική μέθοδος' (Επιστημονική Αναζήτηση, Διερώτηση, Διερεύνηση), ορολογία μάλλον ατυχής που οδήγησε στον χαρακτηρισμό 'Θετικές Επιστήμες - Θετικιστικό μοντέλο'. Η επιστημολογική κριτική του Popper (Popper, 1957; 1961; 1963) και των Kuhn[9] (1970), Feyerabend[10] και Lakatos[11] (1970; 1976; 1978) συνέβαλλαν στη διαμόρφωση των βημάτων 1-8 ως αποτελεσματική μέθοδο έρευνας και διδασκαλίας. Κάποιοι 'postmodernism deconstructionists' επικαλούμενοι ιδεολογία 'Humanism vs. Rationalism'[12] επέκτειναν ανορθολογικά την κριτική σε άλλα πεδία και υπέστησαν τον περίγελω ('hoax') (Socal, 1996a)[13].

Η Διερώτηση θεωρείται συνεχής κυκλική διαδικασία των βημάτων 1-8 στην οποία η είσοδος μπορεί να είναι οπουδήποτε, πχ στις κοινωνικές επιστήμες από υποθέσεις συνεχίζουν στον εμπειρικό έλεγχο ενώ στην Ε&Τ συνήθως η είσοδος είναι στις παρατηρήσεις (inductionism-

---

9 Ο Thomas Kuhn (1970), επικαλείται πως η επιστημονική πρόοδος δεν είναι μόνο γραμμική στη συσσώρευση νέας γνώσης ('normal science' - ισοδύναμο με το αρχικό μοντέλο επιστημονικής μεθόδου) αλλά γίνεται επίσης μέσω περιοδικών επαναστατικών αλμάτων, ακυρώνοντας προηγούμενες ερμηνείες των παρατηρήσεων (Kuhn-loss).

10 βλέπε σχετικά στα: α) Agassi J. (1976), στο οποίο αντικρούεται η έννοια της μιας αυθεντικής επιστημονικής μεθόδου συνηγορώντας σε 'θεωρητικό αναρχισμό', και β) Martin B. (2012) στο οποίο κριτικάρεται εποικοδομητικά το πλαίσιο του (απόλυτου) θετικισμού στην Επιστήμη και η συνεπαγόμενη διαδεδομένη αντίληψη για την 'επιστημονική αλήθεια'.

11 Το έργο του Lakatos συνδυάζει τις απόψεις των Popper and Kuhn.

12 'Rationalism vs. Humanism' προσομοιάζει στον γόνιμο και συνεχιζόμενο διπολισμό των 'Νους έναντι Ύλη, Determinism vs. Indeterminism, Materialism vs. Humanism. Στους διπολισμούς αυτούς με αφετηρία διαμετρικές θέσεις γίνεται λεπτομερής μελέτη του εξεταζόμενου θέματος προωθώντας την ανθρώπινη γνώση σε αντίθεση με κάποιες όψεις του 'Rationalism vs. Humanism' που εφευρίσκονται επιχειρήματα όχι για τη μη μελέτη του εξεταζόμενου θέματος ως άσχετου με την επιχειρηματολογία παραμένοντας στις προηγούμενες δοξασίες (βλέπε σχετικά στο: Sober Elliott (2014)).

13 Ο Sokal έγραψε αργότερα 'σκόπιμα έγραψα το άρθρο έτσι ώστε οποιοσδήποτε Φυσικός ή Μαθηματικός (ή φοιτητής) να το εντοπίσει ως 'κοροϊδία'. Προφανώς οι εκδότες του Social Text αισθάνθηκαν άνετοι στη δημοσίευση άρθρου για τη κβαντομηχανική χωρίς να συμβουλευτούν κάποιον γνώστη (Sokal, 1996b).

deductionism)[14]. Η χρήση μεθόδων Διερώτησης στη διδασκαλία Ε&Τ προάγει μάθηση σε όλα τα επίπεδα του γνωστικού τομέα και, προπάντων, αναπτύσσει δεξιότητες ορθολογισμού. Οι άλλες μέθοδοι υστερούν προάγοντας την κατήχηση (αντικαθιστώντας τα 'ιερά κείμενα' με το 'βιβλίο της Επιστήμης') και την ψευδοεπιστήμη[15] αυξάνοντας τις λανθασμένες αντιλήψεις και δεισιδαιμονίες. Η Διερώτηση απαιτεί ενεργό εμπλοκή των εκπαιδευόμενων (καθόσον η μάθηση είναι διαδικασία συμμετοχής), χρόνο για προβληματισμό, αναστοχασμό, κριτική θεώρηση και, ιδίως, επιμέλεια στα:

- Η **παρατήρηση** οδηγεί σε δεδομένα, αριθμητικά (πχ 20 °C) ή περιγραφικά (πχ στους 100 °C παρατηρείται βρασμός). Αυτό είναι απαραίτητο για τη διάκριση μεταξύ παρατήρησης, που μπορεί να επαναληφθεί και από άλλους, και ερμηνείας που μπορεί να είναι διαφορετική, πχ το σώμα πέφτει (κινείται προς το κάτω) και όχι 'παρατηρούμε πως η Γη έλκει το σώμα και πέφτει'. Η μετατροπή παρατηρήσεων σε δεδομένα προάγει τη νοητική δεξιότητα της διάκρισης κατά Gagné (Gagné, 1985; Gagné & Driscoll, 1988) προκειμένου να επιλεχθεί το σχετικό με τη μελέτη στοιχείο (πχ 'ωραίο χρώμα' αν μελετάται αισθητική, 'χρώμα κόκκινο' αν Ε&Τ). Η πιθανότητα λάθους επιλογών επιβάλλει τη κριτική θεώρηση της διαδικασίας και μπορεί να αποτελέσει καρποφόρα διαδικασία μάθησης (μια από τις κριτικές του θετικιστικού μοντέλου είναι πως η γνώση προχωρά μέσω λανθασμένων συμπερασμάτων παρά σύμφωνα με τον υποθετικοπαραγωγικό τρόπο - βλέπε όμως βήματα 4-5). Όταν η καθοδήγηση είναι αδρομερής, αναπτύσσονται δεξιότητες 'γνωστικής στρατηγικής' καθόσον απαιτούνται διαδοχικές αποφάσεις (τι-πώς-πότε να παρατηρηθεί, επιλογή δεδομένων για καταγραφή, διαχείριση πειραματικού εξοπλισμού, ...). Αποτελεί διδασκαλία μέσω επίλυσης προβλημάτων. Ομοίως, οι πειραματισμοί με αυτοκατασκευα-ζόμενα όργανα (Michaelides & Tsigris, 2004) (μορφή μάθησης μέσω έργου - project based learning (Michaelides, 2012)) συνιστούν αποτελεσματική στην εκπαίδευση μη ειδικών Ε&Τ κονστρουξιονιστική διδασκαλία (Papert, 1980; Harel & Papert, 1991), προάγουν (όταν οι εκπαιδευόμενοι συμμετέχουν ενεργά στην κατασκευή) δεξιότητες 'γνωστικής στρατηγικής' και κινητικές δεξιοτεχνίες καθώς και την αυτοεκτίμηση των εκπαιδευομένων (Anagnostakis & Michaelides, 2007). Όταν απαιτείται χρήση εξειδικευμένου 'επαγγελματικού' εξοπλισμού (πχ Τεχνική-επαγγελματική εκπαίδευση Ε&Τ), η προηγούμενη εμπειρία με αυτοκατασκευαζόμενο εξοπλισμό, διευκολύνει την

---

[14] Ο διπολισμός inductionism - deductionism αφορά συνεχιζόμενη γόνιμη διαμάχη μεταξύ: α) Επαγωγιστών (inductionists) 'για να φτιαχτεί θεωρία απαιτούνται παρατηρήσεις' προηγούνται, και β) Συμπερασματολόγων (deductionists) οι παρατηρήσεις πρέπει να είναι σχετικές με το αντικείμενο μελέτης, άρα υπάρχει ήδη υποβόσκουσα θεωρία που επιτρέπει τη διάκριση σε σχετικό και μη, από την οποία παράγονται συμπεράσματα προς έλεγχο.

[15] Ο σαφής διαχωρισμός μεταξύ Επιστήμης, στην οποία μπορεί να καθοριστεί διαδικασία ελέγχου της θεωρίας και ψευδοεπιστήμης όπου τέτοια διαδικασία λείπει είναι ζωτικός για την ύπαρξη ορθολογισμού. Βλέπε περισσότερα στα (προσπελάστηκαν στις 7/3/2021):

http://homepages.wmich.edu/~m3schul1/phil3550/guides/lakatos.pdf,

https://www.lse.ac.uk/philosophy/science-and-pseudoscience-overview-and- transcript/,

https://plato.stanford.edu/entries/pseudo-science/

κατανόηση των αρχών λειτουργίας του εξειδικευμένου εξοπλισμού και τις συνθήκες-όρια αξιόπιστης λειτουργίας του. Οι άμεσες παρατηρήσεις από την 'καθημερινή ζωή' (Michaelides, 2001) συμβάλλουν στην ευαισθητοποίηση σχετικά με τον αντίκτυπο των εξελίξεων της Ε&Τ στις σύγχρονες κοινωνίες και προάγουν μάθηση και πέραν του γνωστικού τομέα. Σε περίπτωση ανέφικτων παρατηρήσεων - πειραματισμών, πχ λόγοι ασφαλείας, χρονικοί περιορισμοί, φαινόμενα εκτός ελέγχου (ηφαίστεια, σεισμοί, ...) χρησιμοποιούνται εναλλακτικά βιβλιογραφία, βίντεο, προσομοιώσεις - Physlets[16], ... μέσα χρήσιμα που απαιτούν εγρήγορση για την εγκυρότητα τους (αντανακλούν τη θεώρηση του κατασκευαστή) και πρέπει να συνοδεύονται από επεξηγήσεις (αποσαφήνιση ορολογίας, περιοχή ισχύος χρησιμοποιούμενων μοντέλων, ...) για αποφυγή παρανοήσεων.

- Η **επεξεργασία για** μετατροπή των παρατηρήσεων και των πειραμάτων σε χρήσιμα δεδομένα αποτελεί ευκαιρία κριτικής θεώρησης της διαδικασίας, ενισχύει δεξιότητες αναπαράστασης του φαινομένου μελέτης, προϋπόθεση **ανάπτυξης μοντέλων** (Gilbert & Boulter, 2000) και **σχηματισμού υποθέσεων**. Η χρήση πινάκων, γραφημάτων, ιστογραμμάτων, χαρτών κλπ., προάγει την κατανόηση και τη χρήση τους και σε άλλες καταστάσεις, διευκολύνει την γραπτή **κοινοποίηση** που παρέχει ευκαιρία αναστοχασμού, και τη χρήση γλώσσας με σαφήνεια, ακριβολογία και κυριολεξία, στοιχεία αναγκαία για την αποφυγή παρανοήσεων (Ξηρουχάκη, 2010; Pathare & Pradhan, 2010).
- Στο **σχηματισμό υποθέσεων** αποφεύγεται η καθοδήγηση (προς τη 'σωστή' υπόθεση) και ενθαρρύνεται η δημιουργία περισσότερων υποθέσεων, που πρέπει να διατυπωθούν με τρόπο κατάλληλο για (αμερόληπτη) **Δοκιμή** και διαφοροποίηση τους. Είναι στάδια προαγωγής κριτικής και δημιουργικής σκέψης, προκειμένου οι υποθέσεις να διατυπωθούν με τρόπο που επιτρέπει τη δοκιμή και πιθανή διάψευση τους κατά Popper.
- Ο **σχηματισμός** υποθέσεων και η **γενίκευση** για δημιουργία θεωριών, που 'ερμηνεύουν' τις παρατηρήσεις και μπορούν να εφαρμοστούν και πέραν της περιοχής μελέτης, αποτελούν άσκηση ανάπτυξης δημιουργικής και κριτικής σκέψης. Είναι δυνατόν να οδηγήσει σε 'πολλαπλές θεωρίες' ακόμη και έξω από το αποδεκτό πλαίσιο, παρέχοντας γόνιμο πλαίσιο αναστοχασμού για κατανόηση βασικών αρχών. Η γενίκευση αποτελεί ειδοποιό διαφορά μεταξύ **επιστημονικής γνώσης** και εξειδικευμένης **Τεχνικής - Επαγγελματικής γνώσης**. Πρωτοπαρουσιάστηκε μαζί με την αμφισβήτηση προς αναζήτηση άλλης γενίκευσης στους αρχαίους Έλληνες φιλοσόφους και με την **κοινοποίηση** για τη διάδοση της γνώσης (μέσω των αντίστοιχων Σχολών - Ακαδημιών) δημιούργησε τη σύγχρονή έννοια της **Επιστήμης** (και) ως κοινωνικού αγαθού, καθιερώνοντας τους Αρχαίους Έλληνες φιλοσόφους ως τους 'ιδρυτές της **Επιστήμης**' και θεμελιωτές του Δυτικού πολιτισμού. Το

[16] Τα Physlets είναι applets (Εφαρμογές Η/Υ) ειδικά για τη (διαδραστική) παρουσίαση Θεμάτων Ε&Τ, συνήθως προσομοιώσεις φυσικών φαινομένων. Βλέπε περισσότερα στο διαδίκτυο και στο Cristian & Belloni (2004).

Black Athena (Μαύρη Αθηνά)[17] επικαλούμενο προϋπάρχουσα των Ελλήνων φιλοσόφων τεχνική και, συνήθως, αποκρυφιστική γνώση σε Αιγύπτιους, Ασσύριους, …, δημιούργησε την έννοια του Αφροασιατικού πολιτισμού σε αντιδιαστολή με τον επικρατούντα (ρατσιστικό?) Άρειο Δυτικό πολιτισμό. Παραγνωρίζει, όμως, την ανωτέρω ειδοποιό διαφορά (γενίκευση, αμφισβήτηση, κοινοποίηση) και, καθώς χρησιμοποιεί επιχειρηματολογία ατεκμηρίωτη ή και αντιφάσκουσα προς ιστορικά ευρήματα, έχει δεχτεί σφοδρή απορριπτική κριτική (Lefkowitz, 1997). Σήμερα θεωρείται ιδιοτελές εγχείρημα εκμετάλλευσης του κινήματος για τα δικαιώματα των Αφροαμερικανών.

- Η χρήση ορθής ορολογίας επιβάλλεται και απαιτεί αποσαφήνιση, προκειμένου οι 'λέξεις' - τεχνικοί όροι να περιοριστούν στο γνωσιακό τους περιεχόμενο και μόνο, αγνοώντας το όποιο αξιακό περιεχόμενο έχουν οι αντίστοιχες λέξεις στην καθημερινή τους χρήση, πχ ο όρος 'Θετικές επιστήμες' δεν υπονοεί πως οι άλλες είναι αρνητικές (αναλόγως και για τον όρο 'Ανθρωπιστικές επιστήμες'). Η αποσαφήνιση είναι απαραίτητη και επειδή η 'πρόοδος της Επιστήμης' διαφοροποιεί συνήθως το περιεχόμενο των τεχνικών όρων, πχ μάζα: ποσότητα ύλης στην αρχαιότητα, μέτρο αδράνειας κατά Νεύτωνα, μορφή ενέργειας στην Ειδική σχετικότητα, καμπυλότητα του χωροχρόνου στη γενική σχετικότητα, ιδιότητα του σωματιδίου Higgs στη σωματιδιακή Φυσική (άσκηση: θερμαίνοντας ένα σώμα αυξάνεται η μάζα - το βάρος του, σωστό ή λάθος? Η απάντηση εξαρτάται από το χρημοποιούμενο επιστημονικό πλαίσιο και τη διάκριση σε φαινόμενο και πραγματικό βάρος). Η χρήση Διερώτησης στη Διδασκαλία Ε&Τ για ανακάλυψη (και όχι μετάδοση) γνώσης, οδηγεί συχνά σε προσεγγιστικούς ορισμούς, πχ στις έννοιες στερεού, υγρού, το απλό γυαλί είναι 'στερεό' ή 'υγρό με μεγάλο ιξώδες' ανάλογα με το χρησιμοποιούμενο επιστημονικό πλαίσιο. Στις Ανθρωπιστικές επιστήμες με υποκείμενο τον άνθρωπο, όπου ο διαχωρισμός γνωσιακού περιεχομένου και συνοδευτικής αξίας - απαξίας είναι δύσκολο να γίνει, η επιστημονική πρόοδος που διαφοροποιεί το περιεχόμενο της ορολογίας οδηγεί συνήθως σε εισαγωγή νέας ορολογίας, πχ πρόσωπα: ανάπηρα, με εναλλακτικές ικανότητες, με ειδικές ανάγκες – επίσης, λανθασμένες αντιλήψεις, παρανοήσεις, εναλλακτικές αντιλήψεις.

Εκπαιδευόμενοι

Ως σημαντική συνιστώσα του ανθρώπινου δικαιώματος για ποιοτική εκπαίδευση και πολιτιστικό αγαθό της κοινωνίας μας (Tate, 2001; UNESCO, χχ), η Ε&Τ εκπαίδευση απευθύνεται σε όλους, ανεξάρτητα από ηλικία, φύλο, επάγγελμα, κλπ. Επειδή οι εξελίξεις στην Ε&Τ είναι ραγδαίες, η εκπαίδευση πρέπει να είναι συνεχής, με μορφή και περιεχόμενο προσαρμοσμένο στην ομάδα που απευθύνεται (target group), πχ.

- Στο ευρύ κοινό απαιτείται Ε&Τ αλφαβητισμός, ώστε οι πολίτες να απολαμβάνουν τα Ε&Τ επιτεύγματα και να συμμετέχουν, ή έστω να κατανοούν τις πολιτικές και τις συνέπειες

[17] Κύριος εκφραστής ο Martin Bernal (1937-2013), professor at Cornell University, με τα έργα του (Bernal M., 1987; 1991; 2006).

των ρυθμίσεων, που εισάγονται σχετικά με τη χρήση τους (κοινωνικό πλαίσιο σκοπού). Η απαίτηση αυτή χαρακτηρίζεται κοινωνικά αναγκαία και προωθούνται σχετικές δράσεις στην ΕΕ πχ Science for All, Science and Society κλπ. (Kumar & Chubin (Eds.), 2000).

- Στην Τεχνική-Επαγγελματική εκπαίδευση η διδασκαλία είναι λεπτομερής και σε βάθος, εστιάζεται σε δεδομένα (δηλωτική γνώση) και εφαρμογές στο πλαίσιο του ωφελιμιστικού σκοπού. Οι ραγδαίες Ε&Τ εξελίξεις επιβάλουν συνεχή τυπική και άτυπη επιμόρφωση ή και επανεκπαίδευση, προκειμένου να διατηρηθεί σύγχρονο το επαγγελματικό επίπεδο. Η επιβολή αυτή έχει αναγνωριστεί ως σύγχρονο χαρακτηριστικό του εργατικού δυναμικού και επιδοτείται γενναία στην Ευρωπαϊκή Ένωση.
- Στην Σχολική και προσχολική εκπαίδευση, ο σκοπός είναι συνήθως στα πλαίσια πολιτιστικό, προσωπικής ανάπτυξης και κοινωνικό, με τις κλασσικές σπουδές συνήθως να επικρατούν ή και να δεσπόζουν αν και, όπως επιχειρηματολογείται πιο κάτω οι σπουδές Ε&Τ είναι εξίσου σπουδαίες.

Ηλικίες

Όπως ειπώθηκε η Ε&Τ Εκπαίδευση είναι κατάλληλη / επιβεβλημένη για κάθε ηλικία. Εδώ αναφέρονται παρατηρήσεις εστιασμένες στις νεαρές ηλικίες. Κάποιοι θεωρούν ότι η Ε&Τ, ιδιαίτερα στο πλαίσιο του θετικιστικού μοντέλου, αφορά αφηρημένες έννοιες, απαιτεί δεξιότητες 'τυπικής λογικής', συνεπώς είναι πέραν των δυνατοτήτων των μικρών ηλικιών. Θεωρώ:

- Τα νήπια και τα μικρά παιδιά έχουν ικανότητα επιτυχούς προσαρμογής και αντίδρασης σε αλλαγές στο φυσικό περιβάλλον, σχεδόν πάντα (ή μετά από μια πρώτη εμπειρία), αποκτούν κοινωνική γνώση και συμπεριφορές, χρησιμοποιώντας εργαλεία και αντικείμενα της καθημερινής ζωής, διαμορφώνοντας τον χαρακτήρα τους και τις αναπαραστάσεις τους για τον κόσμο. Η απόκτηση σε σύντομο διάστημα λειτουργικής χρήσης τεχνολογικών συσκευών (πχ tablets) είναι ενδεικτική.
- Ο/η εκπαιδευτικός, εφόσον γνωρίζει το αντικείμενο, πρέπει να προσαρμόζει τη διδασκαλία του στα χαρακτηριστικά των μαθητών και να μην επαναλαμβάνει απλά την Ε&Τ διδασκαλία που υπέστη, συνήθως αφήγηση ή 'πολύπλοκα μαθηματικά' (... επιβεβαιώσαμε ... σε πολλές περιπτώσεις, πως η αδυναμία μαθητών σε κάποιο θέμα οφείλεται σε γρήγορη μετάβαση από τη ποιοτική δομή του προβλήματος ... σε ποσοτικό ή μαθηματικό φορμαλισμό ... χρησιμοποιούμενο από Φυσικούς (Piaget, 1974).
- Οι παρατηρήσεις από νήπια και μικρά παιδιά μοιάζουν ασύνδετες και άσχετες με το θέμα μελέτης, όμως αντανακλούν τη δική τους σκέψη (Honig, 2010) και μπορεί να οδηγήσουν σε μάθηση Ε&Τ και στην ανάπτυξη νοητικών δεξιοτήτων και γνωστικής στρατηγικής, εφόσον υπάρξει (έμμεση) καθοδήγηση (πχ με μορφή μέντορα (Powell, 1997)), ώστε να: α) διατηρεί το ενδιαφέρον και την αυτοεκτίμηση τους, β) αποφεύγεται η 'δογματική επιβολή' αποδεκτού μοντέλου, γ) ενθαρρύνεται η βελτίωση της δημιουργικής και κριτικής σκέψης.

- Στα νηπιαγωγεία υλοποιούνται δραστηριότητες όπως ζωγραφική, χαρτοκοπτική / χαρτοκολλητική και άλλες απλές κατασκευές, που μπορούν να αποτελέσουν πρόσφορο μέσο διδασκαλίας Ε&Τ.
- Οι παρατηρήσεις των παιδιών εστιάζονται συχνά σε λεπτομέρειες αλλαγών στο φυσικό περιβάλλον και, αν ερωτηθούν, δίνουν ερμηνείες που αντανακλούν την αντίληψη τους για τις παρατηρήσεις.
- Σε μάθημα Ε&Τ με εκπαιδευτικό μέσο την εκπαιδευτική ρομποτική, οι εκπαιδευόμενες φοιτήτριες Παιδαγωγικού Τμήματος πραγματοποίησαν διδασκαλία 'Εκπαιδευτικής Ρομποτικής' σε μαθητές / μαθήτριες Δημοτικού (Anagnostakis & Michaelides, 2012). Χρησιμοποίησαν κονστρουξιονιστικές μεθόδους με καθοδήγηση μέντορα (Powell, 1997), όπου οι φοιτήτριες / διδάσκουσες ενεργούσαν ως μέλη των ομάδων των μαθητών του Σχολείου, διερευνώντας τις προκύπτουσες καταστάσεις μαζί τους. Οι μαθητές / μαθήτριες ανταποκρίθηκαν άμεσα και επιτυχώς στα έργα των ρομποτικών κατασκευών (είχαν προηγούμενη εξοικείωση με τα Lego) και πολύ καλά στον προγραμματισμό τους, προοδεύοντας από 'δοκιμή και διόρθωση' σε πιο αφαιρετικές διαδικασίες, που σημαίνει, κατανόηση του αντικειμένου. Αυτό όμως δεν ήταν άμεσα φανερό στα φύλλα εργασίας κατά τη διδασκαλία, ούτε στη συζήτηση που ακολούθησε. Η αντίφαση διευκρινίστηκε με τη διαπίστωση πως οι μαθητές / μαθήτριες αυτής της ηλικίας χρησιμοποιούν ασαφείς εκφράσεις και μεταφορές στη διατύπωση των σκέψεων τους, κάτι που οδήγησε σε επέκταση του μαθήματος προς την **κοινοποίηση** βελτιώνοντας και τη γλωσσική έκφραση των μαθητών. Ίσως η ασάφεια διατύπωσης στις μικρές ηλικίες να συνεισφέρει στην αντίληψη πως οι 'σκληρές επιστήμες' είναι απρόσφορες για τις ηλικίες αυτές (Tytler, 2000; Tytler & Peterson, 2000). Επιπλέον, αν και εκτός πλαισίου της δοκιμαστικής διδασκαλίας, διαπιστώθηκε μετατόπιση των αντιλήψεων των μαθητών / μαθητριών για τα ρομπότ από το μυθικό προς τον πραγματισμό.

Τα ανωτέρω υποδείχνουν το εφικτό των παρατηρήσεων του φυσικού περιβάλλοντος και της διδασκαλίας τους σε μικρή (προσχολική και πρωτοσχολική) ηλικία εφόσον:

- Η διδασκαλία διαρθρώνεται σε μικρής χρονικής διάρκειας ενότητες, καθόσον οι μικροί μαθητές και οι μικρές μαθήτριες τείνουν να κινούνται συνέχεια και δείχνουν μικρό χρόνο εστίασης και έντονης σκέψης.
- Κάθε βήμα της Διερώτησης είναι με γενικό εξερευνητικό χαρακτήρα, αφήνοντας τους μικρούς μαθητές και τις μικρές μαθήτριες να 'ανακαλύψουν' το διδακτικό περιβάλλον που έστησε ο/η εκπαιδευτικός ή, καλύτερα, που διαμόρφωσε από κοινού με τους μαθητές / μαθήτριες, κάτι που θα διατηρήσει το ενδιαφέρον τους για συμμετοχή στις διδακτικές δραστηριότητες. Η διάλεξη για την επιβολή της 'σωστής' άποψης είναι λάθος.
- Η καθοδήγηση είναι μορφής μέντορα, καθόσον οι μικροί μαθητές και οι μικρές μαθήτριες απορρίπτουν άμεσα (πχ απειθαρχία) ή έμμεσα (πχ μη συμμετέχοντας) την αυθεντία του εκπαιδευτικού.

- Οι διδακτικές δραστηριότητες εστιάζουν στις προηγούμενες αντιλήψεις και θεωρήσεις των μαθητών με κατεύθυνση τη διαμόρφωση σύμφωνα με την **παρατήρηση**, έργο επίπονο που απαιτεί scaffolding (Beed et al., 1991; Masters & Yelland, 2002; Rosenshine & Meister, 1992) και, σε πολυπολιτισμικές τάξεις, βρίσκεται συχνά αντίθετο με τα 'πιστεύω' (θρησκευτικά, πολιτισμικά, ...) των οικογενειών των μαθητών, κάτι που απαιτεί λεπτότητα χειρισμού (Lee et al.,1995)(είναι γνωστή, και στην Ελλάδα, η δογματική πολεμική στη θεωρία εξέλιξης των ειδών).
- Η διδασκαλία ενθαρρύνει και εμπνέει την ανακάλυψη σχέσεων στις παρατηρήσεις και τις άλλες διδακτικές δραστηριότητες πχ:

  i. με τη μορφή απεικονίσεων (ένα σε ένα, ένα σε πολλά, πολλά σε ένα) ή διαγραμμάτων ...,

  ii. εξάρτησης, πχ διαδοχής - αιτία και αποτέλεσμα (θέρμανση και τήξη σωμάτων), κοινής προέλευσης (προέρχονται από ίδια αιτία),

  iii. ταξινόμηση πχ ομοιότητες και διαφορές σε αντικείμενα, ζώντα είδη, έννοιες, μορφές, διαδικασίες, ...,

  iv. βραχυπρόθεσμες / μακροπρόθεσμες μεταβολές με την πάροδο του χρόνου σε άτομα, στο περιβάλλον, ...

  Ο εντοπισμός τέτοιων σχέσεων αποτελεί εκκίνηση γόνιμης διδασκαλίας, αν όμως αυτές συγκρούονται με ισχυρές, συνήθως θρησκευτικές, πεποιθήσεις απαιτείται λεπτότητα χειρισμών και επεξήγηση του διαχωρισμού μεταξύ επιστήμης (αναζήτηση με βασικό στοιχείο την αμφισβήτηση), θρησκείας (δόγμα και υπερβατικές / μεταφυσικές έννοιες) και φιλοσοφίας (καταγραφή / οδηγός ανθρώπινων συμπεριφορών).
- Οι έννοιες αποδίδονται με ονόματα / όρους και η ορθή ορολογία τηρείται και αποσαφηνίζεται ώστε να επισημαίνεται η διαφορά ανάμεσα στο νόημα της λέξης ως όρο (πχ 'πλάσμα'=κατάσταση ύλης) και σε αυτό της καθημερινής ζωής. Εξίσου σημαντική είναι η αποσαφήνιση 'τεχνικών εκφράσεων' πχ η 'ροή ρεύματος ή θερμότητας' διαφέρει από τη ροή υγρού σε σωλήνα. Η αποσαφήνιση είναι πιο επιτακτική όταν η λέξη - όρος προϋπήρχε στη γλώσσα.
- Τα θέματα διδασκαλίας ανταποκρίνονται στην ηλικία και τις εμπειρίες των παιδιών (βλέπε επόμενη ενότητα) και η διδασκαλία γίνεται με απλά μέσα της καθημερινής ζωής, καθόσον η χρήση εξειδικευμένου εξοπλισμού διασπά την προσοχή από το θέμα μελέτης προς τον εξοπλισμό και δημιουργεί την εντύπωση πως η Ε&Τ είναι πολύπλοκη και όχι για τον καθένα.
- Οι διδακτικές δραστηριότητες οργανώνονται είτε για ένα θέμα με στόχο τη σε βάθος μελέτη του (πχ ιδιότητες υλικών σε σχέση με τη θερμοκρασία τους, πίεση, ...) είτε για φαινομενικά ξένα θέματα (πχ ιδιότητες των ρευστών και λειτουργία αιματοκυκλοφορικού συστήματος), κάτι που ενισχύει τη δεξιότητα συσχέτισης φαινομενικά άσχετων παρατηρήσεων,

χαρακτηριστικό της δημιουργικής και/ή 'παράπλευρης λογικής / lateral thinking' (de Bono, 1990).

Τα ανωτέρω ισχύουν για κάθε μορφή διδασκαλίας, αποκτούν όμως ιδιαίτερη βαρύτητα στην εκπαίδευση Ε&Τ παιδιών, καθώς η όποια ανεπάρκεια οδηγεί σε λάθος μόνιμες και παραμένουσες αντιλήψεις που δύσκολα ανατρέπονται. Σημειώνω πως, αντίθετα με υπάρχουσα αντίληψη, οι Φυσικές επιστήμες είναι απλούστερες επειδή: α) τα φυσικά φαινόμενα (βροχή, κίνηση σώματος, ...) είναι αντιληπτά από κοινού με άλλους μέσω των αισθήσεων ή με χρήση οργάνων ('αλήθεια' κατά Einstein[18]) ενώ τα φαινόμενα άλλων επιστημών ενέχουν υποκειμενικό στοιχείο (πχ μετανάστευση: πέραν της παρατήρησης της μετακίνησης κάποιου / κάποιων εμπεριέχεται και η διάθεση του μόνιμου της μετακίνησης), β) ιστορικά οι Φυσικές επιστήμες ήταν οι πρώτες που αναπτύχθηκαν. Ίσως, η αντίληψη της δυσκολίας τους να οφείλεται στον τρόπο διδασκαλίας πχ. μετωπική διάλεξη, πολύπλοκα μαθηματικά, κλπ. Νομίζω πως η σύμφωνα με τα ανωτέρω εκπαίδευση Ε&Τ σε παιδιά, είναι εφικτή, (MacDonald & Bean, 2011; Tsigris & Michaelides, 2006), μπορεί να αποβεί πολλαπλά ωφέλιμη στην κατανόηση του Φυσικού περιβάλλοντος και της Τεχνολογίας και στον περιορισμό των δεισιδαιμονιών και θεωριών συνομωσίας (πχ 666), πρόσφορη καταφυγή αντιμετώπισης του αγνώστου και του φόβου που συνήθως προκαλεί.

Περίγραμμα Ύλης

Το περίγραμμα ύλης είναι σημαντικό γιατί προσδιορίζει την έκταση και το βάθος των θεμάτων διδασκαλίας και καθορίζει το μαθησιακό επίπεδο της δηλωτικής γνώσης ('Λεκτικές πληροφορίες' κατά Gagnè, 'Γνώση' κατά Bloom), προϋπόθεση για πιο σύνθετες δεξιότητες και δεξιοτεχνίες. Για τον σχηματισμό του περιγράμματος ύλης είναι χρήσιμα τα εξής:

- Το περίγραμμα πρέπει να είναι σαφές, οργανωμένο σε Κεφάλαια – Ενότητες - Θέματα επιλεγμένα στα πλαίσια του επιδιωκόμενου εκάστοτε σκοπού, πχ.:
  - Μάθημα αλφαβητισμού: όσα θέματα επιτρέπει ο διαθέσιμος χρόνος αναπτύσσονται σε επίπεδο εννοιών, εφαρμογών, κοινωνικών επιπτώσεων, συσχέτισης με καθημερινές δραστηριότητες, ... παραλείποντας εξειδικευμένες τεχνικές.
  - Για ανάπτυξη νοητικών δεξιοτήτων, τα θέματα αντανακλούν ηλικία, διαθέσιμο εξοπλισμό, ... και οργανώνονται με διεπιστημονική - διαθεματική προσέγγιση. Αυτό απαιτεί χρόνο για αναστοχασμό και οδηγεί σε λιγότερα θέματα με περισσότερη

[18] Κατά τον Einstein τα ερεθίσματα που προκαλούν στις αισθήσεις τα φαινόμενα του Φυσικού κόσμου μετασχηματίζονται σε νοήσεις (concepts) που μπορεί να διαφέρουν από άνθρωπο σε άνθρωπο. Η κοινή τους, όμως, προέλευση (το συγκεκριμένο Φυσικό φαινόμενο) επιτρέπει μια αμφιμονοσήμαντη αντιστοιχία μεταξύ αυτών των νοήσεων, χαρακτηριστικό μόνο στις νοήσεις που προέρχονται από τα Φυσικά φαινόμενα. Αυτές τις νοήσεις ο Einstein τις ονοματίζει 'Αλήθεια (truth)' και τη μελέτη τους 'Φυσική' (Αϊνστάιν, χχ).

ανάλυση, ιδιαίτερα στις μικρότερες ηλικίες όπου η έμφαση δίδεται στην προσωπική ανάπτυξη του παιδιού.

- Τεχνική - Επαγγελματική εκπαίδευση: Τα θέματα περιέχουν εξειδικευμένες τεχνικές και έμφαση σε εφαρμογές, ενώ ένα ισχυρό θεωρητικό υπόβαθρο προσθέτει μακρόχρονη επιστημονική κατάρτιση.

➢ Με βάση το περίγραμμα δημιουργούνται τα σχολικά εγχειρίδια. Ο έμμεσος καθορισμός του περιγράμματος μέσω των σχολικών βιβλίων είναι λάθος και δημιουργεί προβλήματα, πχ προσθήκη κεφαλαίων για εκσυγχρονισμό της ύλης, μέχρις ότου η πληθώρα θεμάτων οδηγήσει σε 'τσεκούρωμα' σελίδων με αποτέλεσμα ασυνέπειες κειμένου. Η ανάπτυξη κάθε θέματος πρέπει να συμφωνεί με την έννοια της 'περιοχής επικείμενης ανάπτυξης' (proximal development region) (Moll, 1990). Η επιστημολογικά χρήσιμη 'Ιστορία της Επιστήμης' μπορεί να βοηθήσει στα συνήθη Ε&Τ μαθήματα μόνο σε εξειδικευμένες περιπτώσεις (πχ στην Τεχνική-Επαγγελματική Εκπαίδευση για σύγκριση τεχνικών μεθόδων και εργαλείων).

➢ Το περίγραμμα πρέπει να είναι δομημένο κατάλληλα, να αντανακλά σύγχρονες όψεις Ε&Τ και να συνοδεύεται με βοηθήματα διδασκαλίας, πχ οδηγίες διδασκαλίας, εγχειρίδια, σχολιασμός σημείων για αποσαφήνιση και αποφυγή παρανοήσεων, δυσκολίες / κινδύνους στα πειράματα, … . Αυτό είναι ιδιαίτερα χρήσιμο όταν λείπει σύστημα αξιολόγησης της διδασκαλίας και η διδασκαλία επαφίεται στις επιλογές των εκπαιδευτικών, πχ. τι και πώς διδάσκεται στα σχολεία η κβαντομηχανική, η σχετικότητα, ο ηλεκτρομαγνητισμός, η θερμότητα, η κινητική θεωρία, η σωματιδιακή φυσική, οι χορδές, το 'σωματίδιο του Θεού'[19], … θέματα γνωστά για πολλές δεκαετίες. Επιπλέον οι όποιοι εκπαιδευτικοί τείνουν να αναπαράγουν τον τρόπο και το περιεχόμενο διδασκαλίας που βιώσανε (Χαλκιά, 1999; Halkia, 2001).

➢ Το περίγραμμα πρέπει να αντανακλά σύγχρονες όψεις Ε&Τ και να παρουσιάζεται με αυτοσυνέπεια. Η πρακτική παρουσίασης με την ιστορική εξέλιξη ανακάλυψης είναι ασυνεπής, 'εντυπώνει' παρωχημένες αντιλήψεις, που είναι δύσκολο να ανατραπούν αργότερα, και οδηγούν σε παρανοήσεις ιδιαίτερα όταν χρησιμοποιείται η ιστορική φρασεολογία. Η πρακτική να χρησιμοποιούνται ιστορικά μοντέλα στις μικρές ηλικίες, ίσως επειδή φαίνονται απλούστερα, απαιτεί αργότερα (δύσκολες) εννοιολογικές αλλαγές προκειμένου να κατανοηθεί το σύγχρονο μοντέλο, πχ η Θερμότητα παρουσιάζεται ως 'ροή θερμότητας' με την έννοια της χαοτικής (θερμικής) κίνησης να αφήνεται για αργότερα (στο Πανεπιστήμιο?) και αυτό ίσως εξηγεί γιατί θεωρείται δύσκολο εννοιολογικά θέμα με την

[19] Όπως διηγόταν ο Lederman, Βραβείο 1988 Nobel Φυσικής, έγραψε μια επισκόπηση με τίτλο 'The Goddamn Particle' για να τονίσει τις ανεπιτυχείς προσπάθειες εντοπισμού του σωματιδίου (μποζώνιο) Higgs αλλά ο εκδότης του τον έπεισε να το αλλάξει σε 'God particle' ως πολιτικά ορθό τίτλο και προσφορότερο για τις πωλήσεις. Η πρόσφατη δημοσιότητα για τον εντοπισμό του οδήγησε εκρηκτικές διαδόσεις για 'επιστήμονες στο CERN που απέδειξαν την ύπαρξη του Θεού' (Lederman & Teresi, 1993).

έννοια του 'καλορικού υγρού' να υποβόσκει[20] (Ξηρουχάκη, 2010; Pathare & Pradhan, 2010; Weiss, 2000).

- Η χρησιμοποιούμενη τεχνική φρασεολογία απαιτεί αποσαφήνιση, πχ 'ηλεκτρικό ρεύμα' δεν σημαίνει πως τα ηλεκτρόνια ή ο ηλεκτρισμός ρέει όπως ένα υγρό, 'ροή θερμότητας' δεν σημαίνει πως η θερμότητα είναι είδος υγρού που ρέει μεταξύ σωμάτων. Η αποσαφήνιση είναι απαραίτητη για την αποφυγή παρανοήσεων που δύσκολα ανατρέπονται αργότερα, ιδιαίτερα στις μικρές ηλικίες που δεν έχουν πλήρη κατάκτηση γλωσσικής έκφρασης. Οι εικόνες και τα σχήματα πρέπει να ανταποκρίνονται κατά το δυνατόν στην πραγματική κλίμακα άλλως να επεξηγούνται προκειμένου να κατανοούνται οι πραγματικές διαστάσεις (πχ στα σχεδιαγράμματα ηλιακού συστήματος ή ατόμου του Bohr).
- Πρέπει να υπάρχουν χωριστά εγχειρίδια αναφοράς (με τη διδακτέα ύλη) και εγχειρίδια διδασκαλίας (με οδηγίες διδασκαλίας και προτάσεις πειραματισμού για τον/την εκπαιδευτικό, και προτάσεις φύλλων εργασίας και αξιολόγησης για τον μαθητή και την μαθήτρια).

Εκπαιδευτικοί

Η Διδασκαλία Ε&Τ απαιτεί αυξημένα προσόντα από τον/την εκπαιδευτικό, πχ δεξιότητες παρατήρησης και πειραματισμού, δεξιοτεχνίες λειτουργίας εργαστηρίου και/ή συνεργείου, … . Υπάρχει πλούσια, εκτενής, θεωρητική και εμπειρική βιβλιογραφία σχετικά με την εκπαίδευση εκπαιδευτικών Ε&Τ (Abel (ed), 2000; Cheng et al. (eds), 2001; Costas i Costa (ed.), 2001; Michaelides, 2003). Γενικά, η εκπαίδευση εκπαιδευτικών Ε&Τ εντάσσεται μεταξύ δυο προσεγγίσεων:

- Εκπαίδευση με ισχυρή ψυχοπαιδαγωγική συνιστώσα και 'επιμόρφωση' σε 'βασικά σημεία' της Ε&Τ. Χρησιμοποιείται κυρίως στην εκπαίδευση εκπαιδευτικών για μικρές ηλικίες, όπου η ολόπλευρη ψυχοσωματική ανάπτυξη αποτελεί το σχολικό πλαίσιο. Στο μοντέλο αυτό υπάρχει ένας εκπαιδευτικός ανά τάξη για όλα τα μαθήματα. Η συνήθως γενική γνώση των αντικειμένων αποτελεί μειονέκτημα ιδιαίτερα για την Ε&Τ όπου οι εξελίξεις είναι ραγδαίες.
- Εκπαίδευση εξειδικευμένη σε έναν επιστημονικό τομέα με βασική επιμόρφωση (όταν υπάρχει) σε τεχνικές διδασκαλίας. Οδηγεί σε έναν εκπαιδευτικό ανά αντικείμενο και παρουσιάζεται σε μεγαλύτερες ηλικίες, στην Τεχνική-επαγγελματική εκπαίδευση και στην ανώτερη και ανώτατη εκπαίδευση, όπου επικρατεί η σε βάθος διδασκαλία κάθε αντικειμένου. Η, μάλλον ανεπαρκής, διδακτική επιμόρφωση οδηγεί συνήθως σε μάθηση περιορισμένη σε απλούστερα επίπεδα, πχ 'δηλωτική γνώση', μειονέκτημα, που

[20] Διαπιστώνεται πως Έλληνες και άλλοι μετανάστες μαθητές στη Γερμανία διαμοιράζονται ιδέες στα πλαίσια του 'καλορικού υγρού' (παρόλο το διαφορετικό πολιτισμικό και κοινωνικό υπόβαθρό τους), που ήταν δύσκολο να αλλάξουν (Βλάχος, 2002).

περιορίζεται στην Τεχνική-επαγγελματική εκπαίδευση λόγω της έντονης άσκησης σε εργαστήρια και συνεργεία.

Η συνεχής επιμόρφωση του εκπαιδευτικού είναι αναγκαία για τη διατήρηση της επαγγελματικής του επάρκειας. Αυτό γίνεται πχ με:

- λεπτομερείς δειγματικές διδασκαλίες στα θέματα του περιγράμματος. Μειονέκτημα η αδυναμία κάλυψης όλων των θεμάτων και η ανάγκη επανάληψης όταν αλλάζει το περίγραμμα ή η στοχοθεσία,
- επιμόρφωση, δίνοντας έμφαση σε θεωρίες μάθησης, διδακτικά μοντέλα και, ίσως, σε επιμέρους θέματα του περιγράμματος, πχ παρανοήσεις, εργαστηριακές τεχνικές,…. Μειονέκτημα η μη κάλυψη της μετατροπής της επιστημονικής γνώσης σε σχολική πράξη, θέμα πολύπλοκο σύμφωνα με εμπειρικές έρευνες (Χαλκιά, 1999; Halkia, 2001).

Συνήθως η επιμόρφωση είναι σε κέντρα και εκτός σχολείου κάτι αναποτελεσματικό, επειδή:

- Δημιουργεί προβλήματα στην ομαλή λειτουργία των σχολείων (αναπληρωτές, μετακινήσεις εκπαιδευτικών, κόπωση εκπαιδευτικών όταν επιμορφώνονται χωρίς απαλλαγή από την εργασία τους στο σχολείο …).
- Χρονική απόσταση μεταξύ επιμόρφωσης (στο κέντρο επιμόρφωσης) και, όταν επιστρέψουν στο σχολείο οι επιμορφούμενοι εκπαιδευτικοί, εφαρμογή στην πράξη χωρίς καθοδήγηση.
- Οι έμπειροι επιμορφωτές, ιδιαίτερα στην Ε&Τ, είναι λίγοι και συνήθως δεν γνωρίζουν τις ιδιαίτερες συνθήκες των μαθητών της κάθε τάξης που επιβάλλουν διαφοροποίηση διδασκαλίας, ενώ η απαρίθμηση και διδασκαλία για τις πιθανές προβληματικές καταστάσεις είναι αδύνατη.

Έχει προταθεί (Michaelides, 2003) και δοκιμαστεί με ενθαρρυντικά αποτελέσματα[21] μια άλλη προσέγγιση αποτελεσματικής επιμόρφωσης των εκπαιδευτικών. Πρόκειται για ενδοσχολική επιμόρφωση με τους εκπαιδευτικούς να παραμένουν στην τάξη και να καθοδηγούνται στα μαθήματα τους με μεθόδους εκπαίδευσης από απόσταση. Το σύστημα αυτό έχει και το πλεονέκτημα συνέργειας με δράσεις των Παιδαγωγικών Τμημάτων όπως τα μεταπτυχιακά, η σύνδεση με τα σχολεία και, γενικότερα, με την κοινωνία, … . Βασικά στοιχεία του μοντέλου αποτελούν η χρήση ιδιοκατασκευασμένων πειραματικών διατάξεων (Michaelides & Tsigris, 2004), ο εμπλουτισμός της διδασκαλίας με παρατηρήσεις από την καθημερινή ζωή (Michaelides, 2001), η διδακτική προσέγγιση μέσω έργων (projects) και επίλυσης προβλημάτων (Michaelides, 2012) ενώ η καθοδήγηση είναι με τη μορφή μέντορα (Powell, 1997). Οι επιμορφούμενοι ενθαρρύνονται να χρησιμοποιούν τις ίδιες μεθόδους, κατά τη διδασκαλία, με τους μαθητές τους και καθοδηγούνται για την αντιμετώπιση πιθανών

[21] http://www.clab.edc.uoc.gr/aestit/

προβληματικών καταστάσεων, ενώ είναι δυνατή και η άμεση διαδικτυακή παροχή βοήθειας. Το περιεχόμενο και η διδακτική της επιμόρφωσης έχει διαμορφωθεί ώστε να αναπτύσσει δεξιότητες αυτοδύναμης μάθησης κάτι που καλύπτει και το πρόβλημα της επικαιροποίησης γνώσεων, δεξιοτήτων και δεξιοτεχνιών. Με την 'κοινωνική γνώση', κατά Vygotski, που υπάρχει στις μέρες μας από τα Μέσα Μαζικής Ενημέρωσης, το Διαδίκτυο και τα μέσα κοινωνικής δικτύωσης, η 'σχολική ανατροπή' δηλ. περιπτώσεις που οι μαθητές είναι πιο ενήμεροι από τους εκπαιδευτικούς σε θέματα συνήθως τεχνικά ή σύγχρονης τεχνολογίας (πχ χρήση κινητών τηλεφώνων) καλύπτεται με τη διδακτική μέντορα.

Επίλογος

Η αποτελεσματική Ε&Τ εκπαίδευση αποτελεί σύνθετη διαδικασία με πολλές παραμέτρους (Σκοπός, Περίγραμμα, Διδακτική, ...) και είναι αναγκαία για τη πρόοδο ή έστω τη διατήρηση της ευμάρειας των σύγχρονων βασισμένων στην Ε&Τ κοινωνιών, καθώς οι ραγδαίες εξελίξεις δεν αφήνουν χρόνο αφομοίωσης στην κοινωνία, οπότε η σχολική γνώση Ε&Τ αποτελεί τη μόνη εναλλακτική. Στο πλαίσιο αυτό θα πρέπει να αναθεωρηθεί η στοχοθεσία της Γενικής και ιδιαίτερα της Υποχρεωτικής εκπαίδευσης, η οποία είναι προσανατολισμένη στις ανθρωπιστικές επιστήμες (ιδιαίτερα στα μαθήματα γλώσσας) θεωρώντας την Ε&Τ εκπαίδευση σαν Τεχνο-επαγγελματικές δεξιότητες-δεξιοτεχνίες (άσπρα και μπλε κολάρα ή υπάλληλοι - εργάτες) κάτι που διευρύνει το χάσμα των δυο πολιτισμών (two cultures gap) (Snow, 1959; Snow 1963). Για την περίπτωση της Πληροφορικής έχουν εισαχθεί οι όροι 'ψηφιακοί αυτόχθονες και μετανάστες' (Prensky, 2001). Σημειώνεται, πως η άγνοια των πολιτών για βασικές σύγχρονες έννοιες Ε&Τ με τις επιπτώσεις τους στην κοινωνία (πχ εισαγωγή νομοθεσίας ή άλλων ρυθμίσεων) στερεί από τους πολίτες το δικαίωμα να έχουν ουσιαστική συμμετοχή, υποβιβάζοντας τους σε οπαδούς κάποιου 'φωτισμένου - μοδάτου' πολιτικού κόμματος ή σε καθοδηγούμενη 'θρησκευτική αγέλη' (βλέπε κοινωνικό πλαίσιο εκπαίδευσης προηγουμένως). Για να εκπληρώνεται ο σκοπός της ποιοτικής εκπαίδευσης για όλους, η Ε&Τ διδασκαλία πρέπει να αποτελεί σημαντική συνιστώσα της υποχρεωτικής εκπαίδευσης και να καλύπτει όλους τους πολίτες. Η υποχρεωτική εκπαίδευση αφορά κυρίως μικρές ηλικίες και η Ε&Τ εκπαίδευση είναι αποτελεσματική όταν:

- Αντικατασταθεί η υπάρχουσα μονομέρεια προς τις (λεγόμενες) Ανθρωπιστικές επιστήμες, κάτι που καλλιεργεί εσφαλμένες αντιλήψεις, δοξασίες και 'παραλογισμούς' σε θέματα Ε&Τ, από ένα ισορροπημένο περιεχόμενο με τις (λεγόμενες) Θετικές επιστήμες.
- Η Διδασκαλία προσαρμόζεται στα εκάστοτε χαρακτηριστικά των μαθητών και γίνεται με χρήση Διερώτησης και καθοδήγηση μέντορα. Στα πλαίσια αυτά, η χρήση μεθόδων επίλυσης προβλήματος (Anagnostakis & Michaelides, 2012), με παρατηρήσεις από την καθημερινή ζωή (Michaelides, 2001), ιδιοκατασκευεών (Michaelides & Tsigris, 2004), πολυμορφικών ασκήσεων (Μιχαηλίδης, 1998), ...μπορεί να είναι χρήσιμη.

Ευχαριστίες

Η εργασία αυτή βασίζεται σε προσκεκλημένη παρουσίαση στο Διεθνές συνέδριο HSci2015 (Michaelides, 2015). Ευχαριστώ τους Σίμο Αναγνωστάκη, Αθανασία Μαργετουσάκη, Μιλτιάδη Τσίγκρη, συνεργάτες μου στο Εργαστήριο Διδακτικής Θετικών Επιστημών για τις ατέλειωτες ευχάριστες ώρες δημιουργικών δημοσιεύσεων και μαθημάτων Ε&Τ. Ευχαριστώ τον Καθηγητή Δημήτρη Σταύρου, Διευθυντή του Εργαστηρίου Διδακτικής Θετικών Επιστημών που παρέσχε τα μέσα υλοποίησης της εργασίας αυτής. Ευχαριστώ τα μέλη του Δ.Σ. της ΕΝ.Ε.Φ.Ε.Τ. για την πρόσκληση υποβολής εργασίας.

Βιβλιογραφία

Αϊνστάϊν Άλμπερτ (χχ). Οι διαλέξεις του Πρίνστον (μετ. Αραπίνη Π.), Εκδ.: Κοροντζής.

Βλάχος Γεώργιος Δ. (2002). *Διερεύνηση των Απόψεων Ελλήνων και Γερμανών Μαθητών Δημοτικού και Γυμνασίου για τη θερμότητα και της Επίδρασης της Διδασκαλίας στη Διαφοροποίηση τους*. Διδακτορική Διατριβή. Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης, Πανεπιστήμιο Κρήτης, Ρέθυμνο.

Μιχαηλίδης Π. Γ. (1998). Πολυμορφικές Ασκήσεις Φυσικής στο *Πρακτικά 1ο Πανελλήνιο Συνέδριο Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Εφαρμογής Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση*, ΠΤΔΕ Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης, σ. 399-405. Προσπελάστηκε στις 7/3/2021, στο: http://www.clab.edc.uoc.gr/pgm/54.pdf

Ξηρουχάκη Φιλιώ (2010). *Οι εναλλακτικές ιδέες των μαθητών πάνω στις Φυσικές Επιστήμες – τα κοινά χαρακτηριστικά τους,* Μεταπτυχιακή εργασία στο Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευση του Πανεπιστημίου Κρήτης, Ρέθυμνο. Προσπελάστηκε στις 7/3/2021, στο: https://elocus.lib.uoc.gr/dlib/1/f/7/metadata-dlib-ec4701140d6b8c607888b4a711a562cc_1282560152.tkl#

Χαλκιά, Κρ. (1999). Στάσεις των Ελλήνων Εκπαιδευτικών της Α' βάθμιας και Β΄ βάθμιας εκπαίδευσης ως προς τη διδασκαλία του μαθήματος της Φυσικής: Μεθοδολογία κατασκευής του αντίστοιχου εργαλείου μέτρησης στάσεων. *Σύγχρονη Εκπαίδευση,* 106, 47-56.

Abel Sandra K. (ed) (2000). *Science Teacher Education: An International Perspective*, Kluwer Academic Publishers. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers. ISBN 978-0-7923-6455-9

Aerts Diederik, Gutwirth Serge, Smets Sonja, Van Langenhove Luk (Eds.) (1999). *Science, Technology, and Social Change*. Kluwer Academic Publishers.

Agassi, J. (1976). Against method: Outline of an anarchistic theory of knowledge. *Philosophia 6*, 165-177 https://doi.org/10.1007/BF02383263

Anagnostakis S., Michaelides P. G. (2007). Results from an Undergraduate Test Teaching Course on Robotics to Primary Education Teacher – Students. In Costa M. F. M., Dorrío B. V., Reis R. *Proceedings of the 4th International Conference on Hands-on Science: Development, Diversity and Inclusion in Science Education (HSci2007)* pp 3-9. Universidade dos Açores, Ponta Delgada, Portugal. ISBN 978-989-95336-1-5. Προσπελάστηκε στις 7/3/2021, στο: http://www.ijhsci.info/hsci_books/proceedings/HSCI_2007.zip

Anagnostakis S. & Michaelides P.G. (2012). Teaching Educational Robotics for Schools: Some Retrospective Comments, in Costa MF, Dorrío BV, Erdogan M, Erentay N (Eds.) *Proceedings of 9th International Conference on Hands on Science – Hsci2012*, pp. 133-138. 17-21 October 2012, Antalya, Turkey. ISBN 978-989-98032-0-6. Προσπελάστηκε στις 7/3/2021, στο: http://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/37349/1/ProceedingsHSCI2012_smallsize.pdf,

Beed, P., Hawkins, E. & Roller, C. (1991). Moving Learners toward Independence: The Power of Scaffolded Instruction. *The Reading Teacher, 44*(9), 648-655. Προσπελάστηκε στις 7/3/2021, στο: http://www.jstor.org/stable/20200767

Bernal Martin (1987). *Black Athena: The Afroasiatic Roots of Classical Civilization. Volume I: The Fabrication of Ancient Greece 1785-1985*. Rutgers University Press. ISBN: 9781978804265.

Bernal Martin (1991). *Black Athena: The AfroAsiatic Roots of Classical Civilization. Volume II: The Archaeological and Documentary Evidence*. Rutgers University Press. ISBN: 9781978804272.

Bernal Martin (2006). *Black Athena: The Afroasiatic Roots of Classical Civilization, Volume III: The Linguistic Evidence*. Rutgers University Press. ISBN: 97819788 04296.

Cheng Y. C., Chow K. W., Tsui K. T. (eds) (2001). *New Teacher Education for the Future: International Perspectives*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers. ISBN 978-962-949-069-0

Christophorou, Loucas (2001) *Place of Science in a World of Values and Facts*, Kluwer. ISBN 978-0-306-47623-5

Costas i Costa Mercè (ed.) (2001). *Student teaching Practice in Europe*. Freiburg im Breisgau: Fillibach-Verlag.

Cristian Wolfgang & Belloni Mario (2004). *Physlet Physics: Interactive Illustrations, Explorations and Problems for Introductory Physics*. Pearson Education Inc. ISBN: 9780131019690

de Bono Edward (1990). *Lateral Thinking: A Textbook of Creativity*. Penguin Books. ISBN: 9780140137798

Fradd Sandra H. & Lee Okhee (1999) Teachers' Roles in Promoting Science Inquiry With Students From Diverse Language Backgrounds. *Educational Researcher, 28*(6), 14-42. https://doi.org/10.2307/1177292

Gagné, R. (1985). *The Conditions of Learning and Theory of Instruction* (4th Ed.). New York: Holt, Rinehart & Winston. ISBN: 978-0030636882

Gagné, R. M. & Driscoll, M. P. (1988). *Essentials of learning for instruction.* (2nd Ed.) Englewood Cliffs, N.J: Prentice Hall. ISBN: 978-0132862530

Gilbert John K. and Boulter Carolyn J. (Eds.)(2000). *Developing Models in Science Education*. Kluwer Academic Publishers. DOI 10.1007/978-94-010-0876-1.

Halkia Krystallia (2001). Difficulties in Transforming the Knowledge of Science into School Knowledge, in Nicos Valanides (Ed.) *Science and Technology Education: Preparing Future Citizens*. Proceedings of the 1st IOSTE Symposium in Southern Europe, Paralimni, Cyprus, Volume II, pp. 76-82. ISBN: 9789963851911

Harel Idit & Papert Seymour (1991). *Constructionism*. Ablex Publishing. ISBN: 978-0893917869

Honig Sheryl (2010). What Do Children Write in Science? A Study of the Genre Set in a Primary Science Classroom, *Written Communication, 27*(1), pp. 87–119, https://doi.org/10.1177/0741088309350159.

Kuhn, T. S. (1970). *The structure of scientific revolutions.* 2nd Chicago, University of Chicago Press.

Kumar, David D. & Chubin, Daryl E. (Eds.)(2000). *Science, Technology, and Society: A Sourcebook on Research and Practice*. Springer. ISBN 978-94-011-3992-2

Lakatos Imre & Musgrave Alan (Eds.)(1970). *Criticism and the Growth of Knowledge*. Cambridge University Press. https://doi.org/10.1017/CBO9781139171434

Lakatos Imre (1976). *Proofs and Refutations, The Logic of Mathematical Discovery*. Cambridge University Press. https://doi.org/10.1017/CBO9781139171472

Lakatos Imre (1978). The Methodology of Scientific Research Programmes. *Philosophical Papers* Volume 1, Cambridge University Press. https://doi.org/10.1017/CBO9780511621123

Lederman Leon M. & Teresi Dick (1993). *The God Particle: If the Universe Is the Answer, What Is the Question?* Dell Publishing. ISBN: 0-385-31211-3

Lee Okhee, Fradd Sandra H. & Sutman Frank X. (1995). Science Knowledge and Cognitive Strategy Use among Culturally and Linguistically Diverse Students. *Journal of Research in Science Teaching, 32*(8), pp. 797-816. https://doi.org/10.1002/tea.3660320804

Lefkowitz Mary R. (1997). *Not Out of Africa: How "Afrocentrism" Became an Excuse to Teach Myth as History*. Basic Books, ISBN: 978-0465098385.

MacDonald Teresa & Bean Alice (2011). Adventures in the subatomic universe: An exploratory study of a scientist–museum physics education project. *Public Understanding of Science, 20*(6), 846–862, Sage Publications. https://doi.org/10.1177/0963662510361417

Martin Brian (2012) The Tyranny of Science, *International Studies in the Philosophy of Science, 26*(1), 118-121, DOI: 10.1080/02698595.2012.653116

Masters J., Yelland N. (2002) Teacher Scaffolding: An Exploration of Exemplary Practice. In: Watson D., Andersen J. (eds) *Networking the Learner*. WCCE 2001. IFIP — The International Federation for Information Processing, vol 89. Springer, Boston, MA. https://doi.org/10.1007/978-0-387-35596-2_29

McDermott, L. C., Shaffer, P. S. & Constantinou, C. P. (2000). Preparing teachers to teach physics and physical science by inquiry. *Physics Education, 35*(6), 411-416. https://doi.org/10.1088/0031-9120/35/6/306

Michaelides, P. G. (2001). Everyday observations in relation with Natural Sciences στο Gagatsis, A. (Ed.) *Learning in Mathematics and Science and Educational Technology*, Volume II pp. 281 – 300, University of Cyprus. ISBN: 9963825141v.2. Προσπελάστηκε στις 7/3/2021, στο: http://www.clab.edc.uoc.gr/aestit/pdfs/71.pdf

Michaelides P. G. (2003). An affordable and efficient in-service training scheme for the Science Teacher. Paper presented at the *Sixth International Conference on Computer Based Learning in Science* (CBLIS03), University of Cyprus, Nicosia, Cyprus, 5 - 10 July 2003, proceedings pp. 792-799.

Michaelides, P. G. (2004). State of the Art of Science Teaching. Invited paper presented at the HSci2004. In S.Divjak (Ed.) *Proceedings of 1st International Conference on Hands on Science: Teaching and Learning Science in the XXI Century*, proceedings, pp.11-17. 5-9 July 2004, Ljubljana, Slovenia, Προσπελάστηκαν στις 7/3/2021, στα: http://www.hsci.info/hsci2004/index.html και http://www.ijhsci.info/hsci2004/PROCEEDINGS/FinalPapers/Science_teaching.pdf

Michaelides P. G. (2012). Problem Based Learning in Science and Technology teaching in the Department of Primary Teachers Education of the University of Crete, in Costa MF, Dorrío BV, Erdogan M, Erentay N (Eds.) *Proceedings of 9th International Conference on Hands on Science – Hsci2012*, pp. 112-119. 17-21 October 2012, Antalya, Turkey. ISBN 978-989-98032-0-6. Προσπελάστηκε στις 7/3/2021, στο: http://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/37349/1/ProceedingsHSCI2012_smallsize.pdf,

Michaelides P. G. (2015). Why-, Ways-, Whom-, When- What- and Who- to Teach in Science and Technology, in Costa MF, Dorrío BV (Eds.) *Proceedings of International*

Conference on Hands-on Science: Brightening our Future, HSci2015, pp. 1-17. ISBN: 978-989-8798-01-5. Προσπελάστηκε στις 7/3/2021, στο: http://www.ijhsci.info/hsci_books/proceedings/HSCI_2015.zip

Michaelides P. G. & Tsigris Miltiadis (2004). Science Teaching with Self-made Apparatus, in S.Divjak (Ed.) *Proceedings of 1st International Conference on Hands on Science: Teaching and Learning Science in the XXI Century*, 5-9 July 2004, University of Ljubljana, Slovenia. ISBN: 961-6209-45-0. Προσπελάστηκε στις 7/3/2021, στα http://www.hsci.info/hsci2004/index.html και http://www.ijhsci.info/hsci2004/PROCEEDINGS/FinalPapers/040530.pdf

Moll Luis C. (Ed.) (1990). *Vygotsky and Education: Instructional Implications and Applications of Sociohistorical Psychology*. Cambridge University Press. https://doi.org/10.1017/CBO9781139173674

Papert, Seymour (1980). *Mindstorms: Children, Computers and Powerful Ideas* (2nd ed). New York, Basic books. ISBN: 978-0465046744.

Pathare S. R. & Pradhan H. C. (2010). Students' misconceptions about heat transfer mechanisms and elementary kinetic theory. *Physics Education 45*(6), pp. 629-634. https://doi.org/10.1088/0031-9120/45/6/008

Piaget Jean (1974). *To Understand is to Invent: The Future of Education*. p. 14. *Grossman Publishers*, New York. ISBN: 978-0670720347.

Popper, K. R. (1957). The aim of science. *Ratio*, 1, 24-35.

Popper, K. R. (1961). *The Logic of Scientific Discovery*, Routledge. ISBN: 978-0415278447.

Popper, K. R. (1963). *Conjectures and refutations*. London: Routledge & Kegan Paul.

Powell, Anne M. (1997). *Academic Tutoring and Mentoring: A Literature Review*. California Research Bureau, California State Library. Προσπελάστηκε στις 7/3/2021, στο: http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.193.3667&rep=rep1&type=pdf

Prensky, M. (2001). Digital Natives, Digital Immigrants Part 1. *On the Horizon, 9*(5), pp. 1-6, MCB University Press.

Rosenshine, B. and Meister, C. (1992) The use of scaffolds for teaching higher-level cognitive strategies. *Educational Leadership, 49*, 26-33.

Russell Bertrand (1926). *On Education, Especially in Early Childhood*. London: George Allen & Unwin Limited. Προσπελάστηκε στις 7/3/2021, στα: http://www.humanities.mcmaster.ca/~russell/ και https://russell-j.com/beginner/ON_EDU-TEXT.HTM

Sober Elliott (2014). Is the Scientific Method a Myth? Perspectives from the History and Philosophy of Science, *MÈTODE Science Studies Journal, 5*, 195-199. University of Valencia. DOI: 10.7203/metode.84.3883.

Sokal, Alan D. (1996a). Transgressing the Boundaries: Toward a Transformative Hermeneutics of Quantum Gravity. *Social Text 46/47*, 217-252. DOI:10.2307/466856.

Sokal, Alan D. (1996b). A Physicist Experiments with Cultural Studies, *Lingua Franca 6*(4), pp. 62-64.

Snow, Charles Percy (1959). *The Two Cultures and the Scientific Revolution*. Cambridge: Cambridge University Press. Προσπελάστηκε στις 7/3/2021, στο: http://intelligentagent.com/RISD/TheTwoCultures.pdf

Snow, Charles Percy (1963). *The Two Cultures: A Second Look*. Cambridge University Press (Online ISBN: 9781139196949, DOI: https://doi.org/10.1017/CBO9781139196949).

Tate William (2001). Science Education as a Civil Right: Urban Schools and Opportunity-to-Learn Considerations. *Journal of Research in Science Teaching 38*(9), pp. 1015-1028. https://doi.org/10.1002/tea.1045

Tsigris Miltiadis & Michaelides P. G. (2006). On the Feasibility to Include Contemporary Science Concepts in the Primary School Curricula: A Retrospection into Two Case Studies, In Costa M. F. M., Dorrío B. V. (Eds.) *Proceedings of the 3rd International Conference on Hands-on Science: Science Education and Sustainable Development* (HSci2006) pp 261-266. Universidade do Minho, Braga Braga, Portugal. ISBN: 9899509507. Προσπελάστηκε στις 7/3/2021, στο: http://www.ijhsci.info/hsci_books/proceedings/HSCI_2006.zip

Tytler Russell (2000). A comparison of year 1 and year 6 students' conceptions of evaporation and condensation: dimensions of conceptual progression, *International Journal of Science Education, 22*(5), 447-467. https://doi.org/10.1080/095006900289723

Tytler, R. & Peterson, S. (2000). Deconstructing learning in science—Young children's responses to a classroom sequence on evaporation. *Research in Science Education, 30*, 339-355. https://doi.org/10.1007/BF02461555

UNESCO. Education for All, Global Monitoring Reports. Προσπελάστηκε στις 7/3/2021, στο: https://en.unesco.org/gem-report/report-education-all-efa

Weiss Leah (2000). *Ell and Non-Ell Students' Misconceptions about Heat and Temperature in Middle School*. M. Ed. Thesis, Dept. of Teaching and Learning Principals in the College of Education at the University of Central Florida. Προσπελάστηκε στις 7/3/2021, στο: http://etd.fcla.edu/CF/CFE0003238/Weiss_Leah_C_20108_MEd.pdf

Συνοπτικό Βιογραφικό Σημείωμα

Παναγιώτης Γ. Μιχαηλίδης: Γέννηση στη Νεάπολη Λακωνίας από τους δασκάλους της περιοχής Γεώργιο Μιχαηλίδη και Αφροδίτη Γαβρίλη. 4 παιδιά με τη Χαρά Αθανασάκη. Εθελοντής αιμοδότης.

Πτυχίο Φυσικής, Διδακτορικό Φυσικών Επιστημών, Πτυχίο Νομικής. Θερινά σχολεία, επιμορφωτικά σεμινάρια, ελεύθερα μαθήματα στην Ελλάδα και στο εξωτερικό. Ξένες γλώσσες Αγγλικά και Γαλλικά.

Έρευνα (με πολυάριθμες δημοσιεύσεις και παρουσιάσεις σε περιοδικά, συνέδρια κλπ., ευρεσιτεχνίες και καινοτομίες) και Διδασκαλία (σε αντικείμενα Ε&Τ, Περιβαλλοντικής εκπαίδευσης, στοιχειώδη σωμάτια) σε: Πανεπιστήμιο Κρήτης (Αναπληρωτής καθηγητής, Καθηγητής, ιδρυτής και διευθυντής του Εργαστηρίου Διδακτικής Θετικών Επιστημών στο Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης, Διδάσκων στο Φυσικό Τμήμα), Πανεπιστήμιο Αθηνών (συνεργάτης και επιμελητής στο Εργαστήριο Πυρηνικής Φυσικής), Πανεπιστήμιο Liverpool (Oliver Lodge Laboratory), και Πανεπιστήμια του εξωτερικού και CERN (βραχύχρονες επισκέψεις).

Αντιπρόσωπος Ελληνικής Κυβέρνησης σε επιτροπές της Ευρωπαϊκής Ένωσης και του WIPO για θέματα Πληροφορικής. Ειδικός Σύμβουλος Υπουργού Ε&Τ. Αντιπρόεδρος Παιδαγωγικού Ινστιτούτο και Πρόεδρος τμήματος Τεχνικής Επαγγελματικής Εκπαίδευσης, Αντιπρόεδρος Γενικού Περιφερειακό Νοσοκομείου Ηρακλείου 'Βενιζέλειο-Πανάνειο'. Σύμβουλος επιχειρήσεων για θέματα ανάπτυξης και εφαρμογών Σύγχρονης Τεχνολογίας.

Μέλος επιστημονικών ενώσεων και δικτύων. Συνιδρυτής των ΕΝΕΦΕΤ, ΕΤΠΕ, HSci.

Διαμόρφωση και διδασκαλία προπτυχιακών, μεταπτυχιακών και επιμορφωτικών μαθημάτων και εργαστηρίων Ε&Τ σε Πανεπιστήμια, Σχολεία και Επιχειρήσεις. Καθοδήγηση διδακτορικών (εισηγητής και/ή εξεταστής σε ελληνικά και ξένα Πανεπιστήμια). Μαθήματα και διαλέξεις σε ευρύτερα ακροατήρια.

Συμβολή στην Έρευνα για τη Λύση Προβλημάτων Χημείας

Γεώργιος Τσαπαρλής
Ομότιμος Καθηγητής, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων
gtseper@uoi.gr

Περίληψη

Η λύση προβλημάτων αποτελεί σημαντικό στόχο στη χημική εκπαίδευση, συμβάλλοντας στη σύνθεση, φασματοσκοπική ανάλυση, θεωρία, και χαρακτηρισμό των χημικών ενώσεων. Μετά τη διάκριση μεταξύ πραγματικών προβλημάτων και αλγοριθμικών ασκήσεων και την περιγραφή των διαφόρων τύπων και ειδών προβλημάτων Χημείας, και με αφορμή την έκδοση ενός διεθνούς συλλογικού βιβλίου για τη λύση προβλημάτων Χημείας, το άρθρο εστιάζει στο βασικό κεφάλαιο με το οποίο ο συγγραφέας συμμετέχει στο βιβλίο (Κεφ. 5). Το κεφάλαιο επανεξετάζει την υπόθεση υπερφόρτωσης της εργαζόμενης μνήμης, η οποία συσχετίζεται με το επεξηγηματικό και προγνωστικό μοντέλο λύσης προβλημάτων των Johnstone και El-Banna. Το μοντέλο βασίζεται στην επίδραση της επεξεργασίας πληροφοριών, και ειδικά της χωρητικότητας της εργαζόμενης μνήμης. Εξετάζονται και διερευνώνται καταστάσεις όπου το μοντέλο είναι έγκυρο, αλλά και οι περιορισμοί στην εφαρμογή του. Άλλοι γνωσιακοί παράγοντες που εξετάζονται περιλαμβάνουν τη νοητική ικανότητα (ικανότητα *M*), τον βαθμό εξάρτησης/ανεξαρτησίας από το πεδίο, και το επίπεδο γνωσιακής ανάπτυξης κατά Piaget (επιστημονική συλλογιστική).

Λέξεις-κλειδιά: Εξάρτηση/ανεξαρτησία από το πεδίο, Λογική δομή προβλήματος, Λύση προβλημάτων Χημείας, Μοντέλο Johnstone–El-Banna, Υπόθεση υπερφόρτωσης της εργαζόμενης μνήμης.

Abstract

Problem solving constitutes a major goal in chemistry education, contributing to the synthesis, spectroscopy, theory, analysis, and characterization of compounds. After the distinction between real problems and algorithmic exercises and the description of the different types and kinds of chemistry problems, and on the occasion of the publication of an international collective book on chemistry problem solving, this article focuses on the basic chapter with which the author participates in the book (Ch. 5). This article re-examines the Johnstone–El-Banna model, which is based on the working memory overload hypothesis, explores situations where the model is valid, and considers its

limitations. The model is based on the effect on problem solving of information processing, especially of working memory capacity. Other cognitive factors examined include the mental capacity (*M* capacity), the degree of field dependence/independence, and the Piagetian level of cognitive development (scientific reasoning).

Keywords: Field dependence/independence, Johnstone–El-Banna model, Logical structure of a problem, Problem solving in chemistry, Working memory overload hypothesis.

Εισαγωγή

Η λύση προβλημάτων είναι ένα πολύπλοκο σύνολο δραστηριοτήτων, διαδικασιών και συμπεριφορών για τις οποίες έχουν χρησιμοποιηθεί διάφορα μοντέλα σε διάφορες χρονικές στιγμές. Ειδικότερα, «η λύση προβλημάτων είναι μια διαδικασία με την οποία ο εκπαιδευόμενος ανακαλύπτει έναν συνδυασμό κανόνων που έχει ήδη μάθει, τους οποίους μπορεί να εφαρμόσει για να επιτύχει μια λύση σε μια νέα κατάσταση (δηλαδή σε νέο πρόβλημα)» (Holroyd 1985). Ο Zoller (1993) προσδιορίζει τη λύση προβλημάτων, μαζί με την κριτική σκέψη και τη λήψη αποφάσεων, ως γνωσιακές δεξιότητες υψηλής τάξεως (Higher-Order Cognitive Skills, HOCS), υποθέτοντας ότι αυτές οι δεξιότητες είναι τα πιο σημαντικά μαθησιακά αποτελέσματα της καλής διδασκαλίας. Κατά συνέπεια, η λύση προβλημάτων είναι αναπόσπαστη συνιστώσα στην εκπαίδευση των μαθητών/σπουδαστών στις Φυσικές Επιστήμες. Παράλληλα, οι Eylon και Linn (1998) θεωρούν τη λύση προβλημάτων ως μια από τις σημαντικότερες ερευνητικές διαστάσεις στη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών.

Ευθύς εξαρχής πρέπει να γίνει διάκριση μεταξύ προβλημάτων και ασκήσεων (Johnstone 1993). Για παράδειγμα, πολλά προβλήματα στις Φυσικές Επιστήμες μπορεί να επιλύονται με την εφαρμογή σαφώς καθορισμένων διαδικασιών (αλγόριθμοι), μετατρέποντας έτσι τα προβλήματα σε αλγοριθμικές ασκήσεις ρουτίνας (Bodner 1987, 2003, 2015). Από την άλλη πλευρά, ένα πραγματικό/νέο πρόβλημα είναι πιθανόν να απαιτεί για τη λύση του τη συμβολή ορισμένων νοητικών ικανοτήτων.

Ο διαχωρισμός των γνωσιακών ή νοητικών δεξιοτήτων σε ανώτερης τάξεως (Higher-Order Cognitive/Thinking Skills, HOCS/HOTS) και σε χαμηλότερης τάξεως (Lower-Order Cognitive/Thinking Skills, LOCS/LOTS) είναι πολύ σχετικός. Έχει βρεθεί ότι οι σπουδαστές τα πάνε πολύ καλύτερα σε ερωτήσεις που απαιτούν LOTS από ό,τι σε αυτές που χρειάζονται HOTS. Είναι ακόμη αξιοσημείωτο ότι η επίδοση σε ερωτήσεις που απαιτούν HOTS συχνά δεν συσχετίζεται με την επίδοση σε ερωτήσεις που απαιτούν LOTS (Τσαπαρλής 2020α, 2020β, Tsaparlis 2020, Zoller et al. 1997). Στο σχολικό πλαίσιο, ένα έργο μπορεί να είναι μια άσκηση ή ένα πραγματικό πρόβλημα ανάλογα με την εξειδίκευση του θέματος και από το τι έχει διδαχθεί. Έτσι, ένα έργο μπορεί να είναι μια αλγοριθμική άσκηση για έναν σπουδαστή, αλλά πρόβλημα για έναν άλλο σπουδαστή (Niaz 1995a).

Τύποι και είδη προβλημάτων

Ο Johnstone (1993) έχει πραγματοποιήσει μια συστηματική ταξινόμηση των τύπων προβλημάτων, η οποία αναπαράγεται στον Πίνακα 1. Οι τύποι 1 και 2 είναι τα «φυσιολογικά» προβλήματα που συνήθως συναντώνται σε ακαδημαϊκές καταστάσεις. Ο τύπος 1 είναι αλγοριθμική άσκηση. Ο τύπος 2 μπορεί να γίνει αλγόριθμος με εμπειρία ή διδασκαλία. Οι τύποι 3 και 4 είναι πιο περίπλοκοι. Ειδικότερα στον τύπο 4 απαιτείται πολύ διαφορετικό σκεπτικό από αυτό που χρησιμοποιείται στους τύπους 1 και 2. Οι τύποι 5 έως 8 έχουν ανοιχτά αποτελέσματα ή/και στόχους και μπορεί να είναι πολύ απαιτητικοί. Ο τύπος 8 είναι ο πλησιέστερος στα καθημερινά προβλήματα της πραγματικής ζωής.

Πίνακας 1: Τύποι προβλημάτων κατά τον Johnstone (1993)

Τύπος	Δεδομένα	Μέθοδοι	Αποτελέσματα/ Στόχοι	Σχετικές ικανότητες
1.	Δίδονται	Οικείες	Δίδονται	Ανάκληση αλγορίθμων.
2.	Δίδονται	Μη Οικείες	Δίδονται	Αναζήτηση παρόμοιων προς γνωστές μεθόδους.
3.	Ελλιπή	Οικείες	Δίδονται	Ανάλυση του προβλήματος για να καθοριστεί ποια περαιτέρω δεδομένα απαιτούνται.
4.	Ελλιπή	Μη Οικείες	Δίδονται	Σύγκριση πιθανών μεθόδων και στη συνέχεια να αποφασίσουμε για τα απαιτούμενα δεδομένα.
5.	Δίδονται	Οικείες	Ανοικτά	Λήψη αποφάσεων σχετικά με τους κατάλληλους στόχους. Διερεύνηση δικτύων γνώσεως.
6.	Δίδονται	Μη Οικείες	Ανοικτά	Αποφάσεις για στόχους και επιλογές κατάλληλων μεθόδων.
7.	Ελλιπή	Οικείες	Ανοικτά	Μόλις καθοριστούν οι στόχοι από τον σπουδαστή, τα δεδομένα φαίνεται να είναι ελλιπή.
8.	Ελλιπή	Μη Οικείες	Ανοικτά	Πρόταση στόχων και μεθόδων για να πετύχουμε τους στόχους. Συνακόλουθη ανάγκη για πρόσθετα δεδομένα. Όλες οι παραπάνω δεξιότητες.

Συμπληρωματικά προς την ταξινόμηση του Johnstone, μπορεί κανείς να προσδιορίσει και τις ακόλουθες μορφές προβλημάτων: ποσοτικά προβλήματα που απαιτούν χρήση μαθηματικών εξισώσεων και υπολογισμών, ποιοτικά προβλήματα με ελλιπή ή περιττά δεδομένα, με μια μοναδική λύση/απάντηση, ή ανοιχτά προβλήματα με περισσότερες από μία λύσεις. Προβλήματα που δεν μπορούν να λυθούν ακριβώς αλλά χρειάζονται μαθηματικές προσεγγίσεις, προβλήματα που χρειάζονται εργαστηριακό πείραμα ή ηλεκτρονικό υπολογιστή ή τράπεζα δεδομένων. Θεωρητικά/νοητικά προβλήματα (προβλήματα σκέψης) ή προβλήματα πραγματικής ζωής. Προβλήματα που μπορούν να απαντηθούν μέσω μιας βιβλιογραφικής αναζήτησης ή χρειάζονται τη συνεργασία επιμέρους ειδικών.

Σύμφωνα με τους Bodner και Herron (2002), «Η λύση προβλημάτων (Χημείας) είναι αυτό που κάνουν οι χημικοί, ανεξάρτητα από το αν εργάζονται στον τομέα της σύνθεσης, της φασματοσκοπίας, της θεωρίας, της ανάλυσης ή του χαρακτηρισμού των χημικών ενώσεων». Οι Hancock et al. (2017) σχολίασαν ότι: «Ο στόχος μεγάλου μέρους της διδασκαλίας της Χημείας είναι να εφοδιάσουμε τους σπουδαστές με τις γνώσεις τις οποίες μπορούν να εφαρμόσουν για τη λύση προβλημάτων», ενώ οι Cooper και Stowe (2018) επιβεβαιώνουν ότι «ιστορικά, η λύση προβλημάτων ήταν ένας σημαντικός στόχος της χημικής εκπαίδευσης». Οι τελευταίοι συγγραφείς υποστηρίζουν περαιτέρω ότι η λύση προβλημάτων δεν είναι μια μονολιθική δραστηριότητα, οπότε οι ακόλουθες έξι δραστηριότητες «θα μπορούσαν όλες να καταταγούν (και έχουν καταταγεί) ως λύση προβλημάτων:

- Η λύση αριθμητικών προβλημάτων χρησιμοποιώντας δεδομένη εξίσωση
- Η πρόταση σύνθεσης οργανικών ενώσεων-στόχων
- Η κατάστρωση μηχανισμών αντιδράσεων
- Ο προσδιορισμός μοτίβων στα δεδομένα και η παραγωγή γνώσης από αυτά
- Η μοντελοποίηση χημικών φαινομένων με υπολογισμό και
- Η ταυτοποίηση μιας άγνωστης ένωσης από τις φασματοσκοπικές της ιδιότητες.

Ωστόσο, όλες αυτές οι δραστηριότητες απαιτούν διαφορετικούς τρόπους σκέψης, κατάλληλο γνωστικό υπόβαθρο και δεξιότητες» (Cooper et al. 2018).

Ένα βιβλίο για τη λύση προβλημάτων Χημείας

Στο πλαίσιο της σειράς «Εξελίξεις στην Έρευνα στη Διδακτική της Χημείας», εκδόθηκε πρόσφατα από τη Βασιλική Εταιρεία της Χημείας (Royal Society of Chemistry) το βιβλίο «Προβλήματα και Λύση Προβλημάτων στη Διδακτική της Χημείας» (Problems and Problem Solving in Chemistry Education), με επιμελητή έκδοσης τον συγγραφέα του παρόντος άρθρου (Tsaparlis 2021a). Το βιβλίο είναι το αποτέλεσμα συνεισφοράς πολλών επιμέρους ειδικών στον τομέα της Διδακτικής της Χημείας, με σαφή εστίαση σε αυτό που μπορεί να προσδιοριστεί ως λύση προβλημάτων.

Το βιβλίο αποτελείται από δεκαοκτώ κεφάλαια που καλύπτουν πολλές πτυχές της λύσης προβλημάτων Χημείας και οργανώνονται στις ακόλουθες ενότητες: (1) Γενικά θέματα στη λύση προβλημάτων Χημείας, (2) Λύση προβλημάτων στην Οργανική Χημεία και τη Βιοχημεία, (3) Λύση προβλημάτων Χημείας σε ειδικά πλαίσια (εργαστήριο, σύνδεση με ζωή και εφαρμογές, ομαδική και ενεργητική μάθηση), (4) Νέες Τεχνολογίες στη λύση προβλημάτων Χημείας και (5) Νέες Προοπτικές για τη λύση προβλημάτων Χημείας.

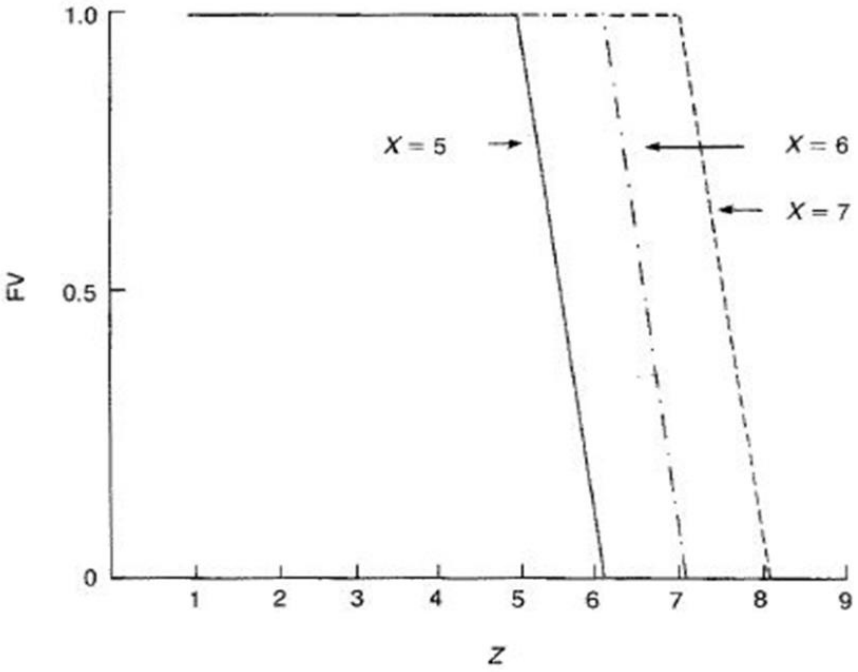
Στο υπόλοιπο αυτού του άρθρου θα εστιάσω στην περιγραφή των βασικών σημείων του 5ου κεφαλαίου με το οποίο συμμετέχω στο βιβλίο (Tsaparlis 2021b). Το κεφάλαιο αυτό, με τίτλο «Εξαρτάται από το πρόβλημα και από τον λύτη: Μια επισκόπηση της υπόθεσης υπερφόρτωσης της εργαζόμενης μνήμης, η εφαρμογή της και οι περιορισμοί της», επανεξετάζει την υπόθεση υπερφόρτωσης της εργαζόμενης μνήμης και με αυτήν συσχετίζεται το επεξηγηματικό και προγνωστικό μοντέλο λύσης προβλημάτων που εισηγήθηκαν οι Johnstone και El-Banna (1986, 1989). Το μοντέλο βασίζεται στην επίδραση στη λύση προβλημάτων της επεξεργασίας πληροφοριών, και ειδικά της χωρητικότητας της εργαζόμενης μνήμης (working memory capacity). Άλλοι γνωσιακοί παράγοντες που εξετάζονται περιλαμβάνουν τη νοητική ικανότητα ή ικανότητα *M* (Mental capacity), τον βαθμό εξάρτησης/ανεξαρτησίας από το πεδίο (degree of field dependence/independence), και το επίπεδο γνωσιακής ανάπτυξης κατά Piaget (επιστημονική συλλογιστική). Εξετάζονται και διερευνώνται καταστάσεις όπου το μοντέλο είναι έγκυρο, αλλά και οι περιορισμοί στην εφαρμογή του.

Το μοντέλο Johnstone–El-Banna

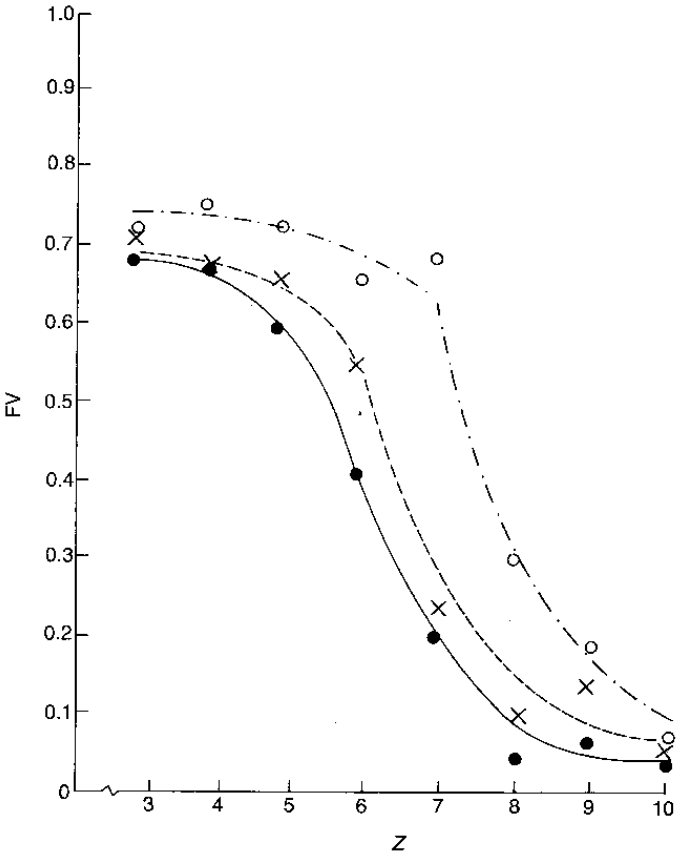
Το μοντέλο Johnstone–El-Banna (Johnstone 1984, Johnstone et al. 1986, 1989, Johnstone et al. 1980) είναι ένα επεξηγηματικό και προβλεπτικό μοντέλο που υποστηρίζει ότι ένας σπουδαστής θα είναι επιτυχής στη λύση ενός προβλήματος, εάν το πρόβλημα έχει μια νοητική απαίτηση *Z* (ή απαίτηση *M*/ mental demand) που είναι μικρότερη ή ίση με τη χωρητικότητα *X* της εργαζόμενης μνήμης του σπουδαστή: $Z \leq X$. Από την άλλη πλευρά, ο λύτης θα είναι ανεπιτυχής εάν $Z > X$, εκτός εάν διαθέτει στρατηγικές (π.χ. «σβολοποίηση») που του επιτρέπουν να μειώσει την τιμή του *Z* ώστε να γίνει μικρότερη από τη *X*. Σημειωτέον, ότι ακόμη και αν $Z \leq X$, ο λύτης μπορεί να αποτύχει λόγω έλλειψης πληροφοριών ή αδυναμία ανάκλησης σχετικών γνώσεων. Με αυτό το μοντέλο, η επεξεργασία πληροφοριών κατέλαβε κεντρικό ρόλο στην έρευνα λύσης προβλημάτων.

Το διάγραμμα 1 δείχνει ένα σετ εξιδανικευμένων καμπυλών, αναμενόμενων επί τη βάσει του μοντέλου Johnstone–El-Banna, ενώ το διάγραμμα 2 δείχνει καμπύλες που ελήφθησαν επί τη βάσει πραγματικών δεδομένων.

Διάγραμμα 1: Σετ εξιδανικευμένων καμπυλών αναμενόμενων επί τη βάσει του μοντέλου Johnstone–El-Banna. Το FV (facility value) αντιπροσωπεύει το κλάσμα επιτυχίας. [Αναπαραγωγή διαγράμματος από Johnstone & El-Banna (1989) έπειτα από άδεια από Taylor & Francis. © 1989 Taylor & Francis, Ltd.]



Διάγραμμα 2: Σιγμοειδείς καμπύλες ληφθείσες επί τη βάσει πραγματικών δεδομένων. [Αναπαραγωγή διαγράμματος από Johnstone & El-Banna (1989) έπειτα από άδεια από Taylor & Francis. © 1989 Taylor & Francis, Ltd.]



Η εργαζόμενη μνήμη

Η έννοια της εργαζόμενης μνήμης (working memory) αναφέρεται στο ανθρώπινο σύστημα περιορισμένης χωρητικότητας, το οποίο παρέχει λειτουργίες αποθήκευσης και επεξεργασίας πληροφοριών (Atkinson et al. 1968) και είναι απαραίτητο για πολύπλοκες γνωσιακές εργασίες, όπως μάθηση, συλλογιστική, κατανόηση γλώσσας και λύση προβλημάτων.

Το μοντέλο αναπτύχθηκε εκτενώς από τον Baddeley και τους συνεργάτες του (Baddeley 1986, 1990, Baddeley et al. 1974, Baddeley et al. 2015). Η επεξεργασία πληροφοριών αναφέρεται σε ένα «χώρο συγκράτησης/σκέψης» (δηλαδή, την εργαζόμενη μνήμη), ο οποίος έχει περιορισμένη χωρητικότητα. Η ταχεία μείωση της επιτυχίας των σπουδαστών

συνδέεται με την υπερφόρτωση της εργαζόμενης μνήμης (X) και συνήθως αποδεικνύεται από μια αντίστροφη καμπύλη διαγράμματος S, η οποία είναι το γράφημα του ποσοστού επιτυχών λυτών ως συνάρτηση της απαίτησης Z του προβλήματος (βλ. διάγραμμα 2). Για παράδειγμα, οι σπουδαστές με χωρητικότητα $X = 6$ είναι, κατά κανόνα, επιτυχείς σε προβλήματα με απαιτήσεις Z από 2 έως 6, αλλά αποτυγχάνουν όταν το Z λαμβάνει τιμές 7 και 8. Το μέρος της καμπύλης με τη μεγαλύτερη κλίση θεωρείται ότι αντιστοιχεί στην υπερφόρτωση της εργαζόμενης μνήμης, μετά την οποία η μείωση της επιτυχίας μπορεί να είναι γρήγορη.

Αξίζει να σημειωθεί ότι η υπόθεση υποστηρίχθηκε από τις εξελίξεις στη νευροεπιστήμη (McGaugh 2000). Για παράδειγμα, χρησιμοποιώντας τομογραφία εκπομπής ποζιτρονίων (PET) και λειτουργική απεικόνιση μαγνητικού συντονισμού (fMRI) αντίστοιχα, οι Smith και Jonides (1997) και Cabeza και Nyberg (2000) παρήγαγαν αποτελέσματα που υποστηρίζουν το μοντέλο του Baddeley, δείχνοντας ότι η ποσοτική διακύμανση στα βασικά συστατικά της εργαζόμενης μνήμης θα μπορούσε να αντιπροσωπεύει μια ποσοτική διακύμανση στην ενεργοποίηση του εγκεφάλου και τη συμπεριφορική του απόδοση.

Ένας τρόπος μέτρησης της χωρητικότητας X είναι μέσω του τεστ αντίστροφων αριθμών [δοκιμή Digit Backward Span (DBS)]. Το τεστ αυτό έχει χρησιμοποιηθεί από τον Johnstone και από άλλους ερευνητές, καθώς και από τον γράφοντα, στις σχετικές εργασίες τους.

Η λογική δομή ενός προβλήματος

Η λογική δομή (logical structure) ενός προβλήματος καθορίζεται από τον αριθμό των λειτουργικών σχημάτων (operative schemata) που υπεισέρχονται στο πρόβλημα. Σύμφωνα με τον Piaget, ένα Σχήμα είναι μια εσωτερική δομή ή αναπαράσταση, ενώ οι τρόποι χειρισμού των Σχημάτων ονομάζονται Λειτουργίες. Στη θεωρία του Piaget, τα Σχήματα αναπτύσσονται συνεχώς και δεν παραμένουν σταθερά. Οι Niaz και Robinson (1992) εξέτασαν την επίδραση στην επίδοση των σπουδαστών της αυξομείωσης της λογικής δομής των προβλημάτων στοιχειομετρίας και ανέφεραν ότι το επίπεδο γνωσιακής ανάπτυξης των σπουδαστών είναι ο πιο συνεπής προγνωστικός παράγοντας επιτυχίας όταν αντιμετωπίζονται σημαντικές αλλαγές στη λογική πολυπλοκότητα των προβλημάτων Χημείας. Με τον τρόπο αυτό, η λογική δομή ενός προβλήματος μπορεί να είναι ο κύριος παράγοντας για τον προσδιορισμό της δυσκολίας του προβλήματος, υπερισχύοντας της νοητικής απαίτησης Z του προβλήματος.

Οι Tsaparlis, Kousathana και Niaz (1998) επεξέτειναν αυτή την εργασία, εξετάζοντας την επίδραση στην επίδοση μαθητών Λυκείου της αυξομείωσης της λογικής δομής, καθώς και της απαίτησης Z προβλημάτων χημικής ισορροπίας. Ανάλυση μεγάλου αριθμού τέτοιων προβλημάτων, οδήγησε πρώτα στη διάκριση των χημικών από τα μαθηματικά σχήματα. Τα μαθηματικά σχήματα είναι δύο ειδών, δηλαδή αλγεβρικά και υπολογιστικά, αλλά δεν δόθηκε προσοχή σε αυτά κατά τη μελέτη. Βάσει αυτής της ανάλυσης, καθώς και προηγούμενων εργασιών γι' αυτό το θέμα, εντοπίστηκαν τέσσερα σχήματα μοριακής χημικής ισορροπίας:

Σχήμα 1: Η διαδικασία εγκατάστασης της χημικής ισορροπίας.

Σχήμα 2: Η κατάσταση της χημικής ισορροπίας.

Σχήμα 3: Η περίπτωση των συστημάτων στην αέρια κατάσταση, με χρήση μερικών και ολικών πιέσεων καθώς και της σταθεράς K_p.

Σχήμα 4: Η διατάραξη της ισορροπίας και η εγκατάσταση μιας νέας ισορροπίας (Hackling et al. 1985, Niaz 1995b).

Διάφορα γενικά χημικά σχήματα εισέρχονται επίσης σε αυτά τα προβλήματα, όπως η εξίσωση ιδανικού αερίου, ο νόμος των μερικών πιέσεων του Dalton και η πυκνότητα ενός μείγματος. Επιπλέον, ένα γενικό σχήμα που υπεισέρχεται στα περισσότερα προβλήματα χημικής ισορροπίας είναι η στοιχειομετρία. Ωστόσο, επειδή η στοιχειομετρία αποτελεί αναπόσπαστο μέρος του Σχήματος 1, δεν θεωρήθηκε ως ξεχωριστό Σχήμα, αλλά αποτελεί ένα βήμα στον προσδιορισμό της απαίτησης *Z* ενός προβλήματος. Σημειωτέον ότι ως απαίτηση *Z* δεν θεωρείται ο αριθμός όλων των βημάτων για τη λύση, αλλά ο αριθμός των βημάτων στο Σχήμα με το μέγιστο αριθμό βημάτων. Αυτή η κατάσταση είναι ανάλογη με το καθοριστικό της ταχύτητας βήμα στον μηχανισμό μιας χημικής αντίδρασης.

Τα αποτελέσματα που ελήφθησαν από τους Tsaparlis et al. (1998) επιβεβαίωσαν ότι το επίπεδο νοητικής ανάπτυξης έπαιξε τον κυρίαρχο ρόλο. Αυτό μπορεί να εξηγηθεί λαμβάνοντας υπόψη ότι τα προβλήματα αυτά είχαν αλγοριθμικό χαρακτήρα, λόγω της εκτεταμένης εξάσκησης των σπουδαστών σε αυτά. Η εργαζόμενη μνήμη διατήρησε επίσης κάποια συμμετοχή, επειδή υπάρχει πάντοτε ανάγκη για επεξεργασία πληροφοριών κατά τη λύση των προβλημάτων. Ωστόσο, η εξάσκηση μπορεί να οδηγήσει σε «σβολοποίηση» της πληροφορίας (chunking – βλ. παραπάνω). Η εργαζόμενη μνήμη και η λειτουργική ικανότητα *M*, οι δύο μεταβλητές που αντιπροσωπεύουν την επεξεργασία πληροφοριών, στις περισσότερες περιπτώσεις έδειξαν παρόμοιο αποτέλεσμα, με την τελευταία να δείχνει πιθανώς μικρότερη ισχύ για να εξηγήσει τη διακύμανση.

Επίδραση του αντιληπτικού πεδίου

Εκτός από τη απαίτηση *M* και τη λογική δομή, ο χειρισμός μιας άλλης γνωστικής μεταβλητής, αυτής του αντιληπτικού πεδίου ή της εξάρτησης/ανεξαρτησίας από το πεδίο μπορεί επίσης να οδηγήσει σε σημαντικές αλλαγές στην επίδοση των σπουδαστών. Οι Niaz (1988) και Lawton (1993) έχουν δείξει ότι η αυξομείωση του αντιληπτικού πεδίου των έργων αναλογικής συλλογιστικής αλλάζει σημαντικά την επίδοση των σπουδαστών.

Η επίδραση του επιπέδου γνωσιακής ανάπτυξης (επιστημονική συλλογιστική) και η εξάρτηση/ ανεξαρτησία από το πεδίο σχετικά με την εννοιολογική κατανόηση και λύση προβλημάτων από μαθητές Γ΄ Λυκείου εξετάστηκε στην περίπτωση της ισορροπίας οξέος-βάσης (Demerouti et al. 2004) Βρέθηκε ότι και οι δύο μεταβλητές έπαιξαν σημαντικό ρόλο στην επίδοση των μαθητών, με την εξάρτηση/ανεξαρτησία από το πεδίο να έχει σαφώς τη

μεγαλύτερη επίδραση. Το επίπεδο γνωσιακής ανάπτυξης συνδέθηκε με τις περισσότερες περιπτώσεις κατανόησης και εφαρμογής εννοιών, αλλά λιγότερο με καταστάσεις που περιλαμβάνουν πολύπλοκες εννοιολογικές καταστάσεις ή/και χημικούς υπολογισμούς. Από την άλλη πλευρά, η γνωσιακή ανάπτυξη εμπλέκεται τόσο σε καταστάσεις που απαιτούν εννοιολογική κατανόηση μόνο (ειδικά σε απαιτητικές περιπτώσεις), όσο και σε συνδυασμό με χημικούς υπολογισμούς.

Αναγκαίες συνθήκες για την ισχύ του μοντέλου Johnstone–El-Banna

Σε μια συστηματική μελέτη (Tsaparlis 1998), προτάθηκε ένα απλό προβλεπτικό μοντέλο για προβλήματα πολλαπλών βημάτων, και οι προβλέψεις του ελέγχθηκαν με βάση πραγματικά δεδομένα. Τα ευρήματα έδειξαν ότι το μοντέλο Johnstone–El-Banna είναι επιτυχές σε ορισμένες περιπτώσεις, αλλά ανεπιτυχές σε άλλες, ακόμη και σε περιπτώσεις νοητικής απαίτησης $Z = 2$ (πρόβλημα 2 βημάτων). Συγκεκριμένα, δοκιμάστηκαν μηχανισμοί που ενδέχεται να εμποδίσουν τη λύση ή που μπορεί να οδηγήσουν σε παραβίαση του μοντέλου και διατυπώθηκαν ορισμένες αναγκαίες συνθήκες για την επιτυχή εφαρμογή του μοντέλου.

Αναφέρθηκε παραπάνω ότι το μοντέλο Johnstone–El-Banna παρέχει μια αναγκαία αλλά όχι ικανή συνθήκη για την επιτυχία της λύσης προβλημάτων. Δηλαδή, υπάρχει η πιθανότητα ανεπιτυχών λύσεων από λύτες που ικανοποιούν τη συνθήκη $Z \leq X$. Το ικανόν εξαρτάται από διάφορους παράγοντες αλληλεπίδρασης, π.χ. προηγούμενη γνώση, κλίση, κίνητρο, ενδιαφέρον (Johnstone et al. 1986).

Εκτός αυτών, λειτουργούν και ορισμένοι μηχανισμοί που ενδέχεται να εμποδίσουν τη λύση. Ένας τέτοιος μηχανισμός είναι η έλλειψη στο ρεπερτόριο ενός υποκειμένου ακόμη και ενός μεμονωμένου βήματος (υποπρόβλημα/συνιστώσα) στη λύση. Αυτή η έλλειψη μπορεί να οφείλεται είτε στην έλλειψη γνώσης είτε στην αδυναμία ανάκλησης σχετικής γνώσης. Υπό ψυχολογικούς όρους, αναφέρεται κανείς είτε σε μη διαθεσιμότητα, δηλαδή την απουσία του μερικού βήματος από τη μακροπρόθεσμη μνήμη του υποκειμένου, ή για μη προσβασιμότητα, δηλαδή την αδυναμία ανάκτησης των σχετικών πληροφοριών από τη μακροπρόθεσμη μνήμη και τη μεταφορά στη βραχυπρόθεσμη μνήμη (Gregg 1986, Tulving 1968, 1972). Ένας δεύτερος μηχανισμός αποτυχίας είναι η μη ισοδυναμία των επιμέρους βημάτων (των υποπροβλημάτων) που συνθέτουν τη διαδικασία λύσης (βλ. παρακάτω). Μια τρίτη κατάσταση είναι εκείνη των αποτυχημένων λυτών που διαθέτουν τα απαιτούμενα βήματα. Εδώ τα υποκείμενα μπορούν να μεταφέρουν στη βραχυπρόθεσμη μνήμη τους τα επιμέρους βήματα, και όμως δεν καταφέρνουν να λύσουν το σύνθετο πρόβλημα. Τι προκαλεί αυτό το μπλοκάρισμα; Πρόκειται περί υπερφόρτωσης της εργαζόμενης μνήμης; Μπορεί μια τέτοια υπερφόρτωση να δικαιολογήσει αστοχίες σε περιπτώσεις με τόσο χαμηλή απαίτηση ($Z = 2$); Δύο άλλοι παρεμποδιστικοί μηχανισμοί είναι η παρουσία «θορύβου» (noise) στο πρόβλημα, που προτάθηκε από τον Johnstone (Johnstone et al. 1982) και η λογική δομή του προβλήματος.

Από την άλλη πλευρά, το μοντέλο μπορεί να παραβιαστεί σε αρκετές περιπτώσεις, όπως για παράδειγμα όταν η εξοικείωση με το πρόβλημα έχει αποκτηθεί μέσω εξάσκησης ή όταν

επιτυγχάνεται περικοπή (σβολοποίηση) του προβλήματος σε γνωστά επιμέρους κομμάτια. Χρησιμοποιήθηκαν απλά μη αριθμητικά προβλήματα οργανικής χημικής σύνθεσης με απαίτηση $Z = 2$ (Ongley 1959). Αυτά τα προβλήματα αφενός αποκλείουν αριθμητικούς και αλγεβρικούς υπολογισμούς, αφετέρου έχουν μια απλή χημική λογική δομή.

Τα επιμέρους βήματα δεν είναι απαραιτήτως ισοδύναμα

Είναι προφανές ότι όλα τα βήματα (υποπροβλήματα) ενός προβλήματος δεν είναι ισοδύναμα όσον αφορά τη μεταφορά τους από τη μακροπρόθεσμη μνήμη στην εργαζόμενη μνήμη. Η οργάνωση και οι συνδέσεις στη μακροπρόθεσμη μνήμη είναι ζωτικής σημασίας για την ευκολία ή τη δυσκολία ανάκλησης. Μόνο τα ευκόλως ανακαλούμενα βήματα (που τα ανακαλούν, ας πούμε, τα εννέα δέκατα ή περισσότερα υποκείμενα) μπορούν να θεωρηθούν ισοδύναμα στον καθορισμό της απαίτησης ενός προβλήματος. Τέτοιες καταστάσεις προκαλούν αποκλίσεις των δεδομένων από το μοντέλο Johnstone–El-Banna. Θα πρέπει λοιπόν να ξέρει κανείς πώς να λαμβάνει υπόψη τις παρατηρούμενες αποκλίσεις και επιπλέον ποια προβλήματα πρέπει να επιλέξει κατά τον έλεγχο της ισχύος του μοντέλου.

Ένα απλό προβλεπτικό μοντέλο για προβλήματα πολλαπλών βημάτων

Ας υποθέσουμε ένα πρόβλημα του οποίου η λύση αποτελείται από Z βήματα που είναι ανεξάρτητα το ένα από το άλλο, δηλαδή η γνώση ή η έλλειψη γνώσης καθενός βήματος δεν επηρεάζεται από τη γνώση ή την έλλειψη γνώσης όλων των άλλων βημάτων (Tsaparlis 1998). Σημειωτέον ότι ένα βήμα αποτελεί στην πραγματικότητα ένα υποπρόβλημα.

Εάν P_i (i = 1, 2,.., Z) είναι η επί τοις εκατό επίδοση στο επιμέρους βήμα i, τότε η προβλεπόμενη επί τοις εκατό επίδοση είναι:

$$P_p = (1/100)(Z-1)\prod_i P_i = (1/100)(Z-1)P_1P_2...P_i.$$

Για ένα πρόβλημα με $Z = 2$, $P_p = (1/100)P_1P_2$. Η αιτιολόγηση του παραπάνω τύπου προέρχεται από τη θεωρία πιθανοτήτων για τη συνδυασμένη πιθανότητα ανεξάρτητων μεταξύ τους ενδεχομένων (Brookes et al. 1966). Έτσι, εάν η πιθανότητα του ενδεχομένου a να συμβεί είναι $p(a)$ και $p(b|a)$ δηλώνει την πιθανότητα εμφάνισης του ενδεχομένου b όταν έχει ήδη συμβεί το ενδεχόμενο a, τότε η πιθανότητα εμφάνισης ταυτοχρόνως των ενδεχομένων a και b δίνεται από το γινόμενο $p(ab) = p(a)\,p(b|a)$

Εάν η εμφάνιση του b είναι ανεξάρτητη από το a, τότε το $p(b|a)$ γίνεται $p(b)$, και $p(ab) = p(a)p(b)$. Ο συντελεστής $(1/100)(Z-1)$ εισάγεται ώστε να παίρνουμε πιθανότητες επί τοις εκατό. Στην περίπτωσή μας, υποθέτουμε ότι ένα υποκείμενο που μπορεί να ανακαλέσει τα συστατικά βήματα (τα υποπροβλήματα) ενός προβλήματος πρέπει, καταρχήν, να μπορεί

να συνδυάζει αυτά τα επιμέρους βήματα στην επίλυση ενός σύνθετου προβλήματος. Η ισχύς του παραπάνω τύπου υποστηρίχθηκε από πειραματικά δεδομένα (Tsaparlis 1998).

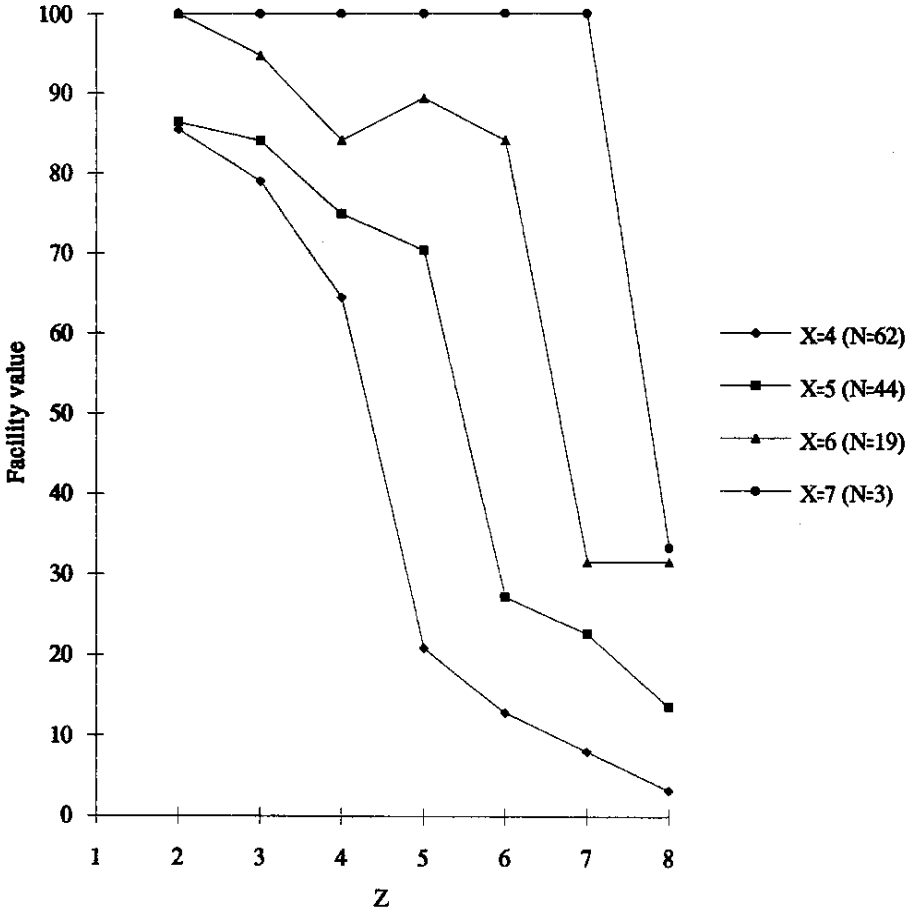
Έλεγχος της ισχύος του μοντέλου για προβλήματα οργανικής σύνθεσης με υψηλότερη νοητική απαίτηση

Ένα πρόβλημα οργανικής σύνθεσης μπορεί να είναι περίπλοκο και δύσκολο για τους σπουδαστές, επειδή οι τρόποι με τους οποίους αυτοί θα μπορούσαν να συνθέσουν την ουσία στόχο «Χ» από την αρχική ουσία «Α» μπορεί να είναι πολλοί. Το πρόβλημα είναι τότε πολύ απαιτητικό όσον αφορά την επεξεργασία πληροφοριών. Επιπλέον, οι σπουδαστές δυσκολεύονται να αποδεχτούν ότι μια αρχική ένωση που έχει υποστεί επεξεργασία με *ένα* μόνο σύνολο αντιδραστηρίων θα μπορούσε να οδηγήσει σε περισσότερα από ένα σωστά προϊόντα. Ορισμένες μελέτες έχουν ασχοληθεί με την οργανική σύνθεση (Bowen 1990, Bowen et al. 1991, Grove et al. 2010).

Η λύση των προβλημάτων οργανικής σύνθεσης δεν μπορεί να διδαχθεί με συστηματικό τρόπο και, ως εκ τούτου, έχει μη αλγοριθμική φύση. Αυτά τα προβλήματα είναι μοναδικά ως προς το ότι μπορεί να ικανοποιήσουν τις αναγκαίες συνθήκες που πρέπει να πληρούνται για την ισχύ του μοντέλου λύσης προβλημάτων (βλέπε παραπάνω): (i) αποκλείουν αριθμητικούς ή αλγεβρικούς υπολογισμούς, (ii) έχουν μια απλή (ενός Σχήματος) χημική λογική δομή και (iii) δεν μπορεί να απαντηθούν με την εφαρμογή μιας αλγοριθμικής διαδικασίας. Η τελευταία απαίτηση ισοδυναμεί με το να είναι πραγματικά προβλήματα και όχι ασκήσεις ρουτίνας. Πρέπει, ωστόσο, να αποδεχτούμε ότι για τους ειδικούς η λύση αυτών των προβλημάτων μπορεί να είναι μια ρουτίνα/αλγοριθμική διαδικασία.

Σε μια μελέτη σχετική με την ισχύ της υπόθεσης υπερφόρτωσης, χρησιμοποιήθηκαν δεκαέξι προβλήματα οργανικής χημικής σύνθεσης με ποικίλη νοητική απαίτηση από $Z = 2$ έως $Z = 8$ (Tsaparlis et al. 2000). Δύο δείγματα μαθητών συμμετείχαν στη μελέτη: ένα δείγμα, από μαθητές δημόσιων Λυκείων, που είχε λάβει (σε φροντιστήρια) κάποια προηγούμενη εκπαίδευση σε αυτά τα προβλήματα ($N = 191$), ενώ το άλλο δείγμα, από μαθητές φροντιστηρίων, δεν είχε σχετική εμπειρία ($N = 128$). Οι μαθητές ήταν στη Γ' Λυκείου και προετοιμάζονταν να λάβουν μέρος στις εισαγωγικές εξετάσεις για την τριτοβάθμια εκπαίδευση (ηλικίες 17-18). Το προβλεπόμενο μοτίβο παρατηρήθηκε και στα δύο δείγματα, αλλά το μοντέλο ήταν πιο χρήσιμο στην περίπτωση των μαθητών χωρίς προηγούμενη εξάσκηση. Το διάγραμμα 3 δείχνει τα αποτελέσματα για τους μαθητές χωρίς προηγούμενη εξάσκηση.

Διάγραμμα 3: Γραφήματα για μαθητές χωρίς προηγούμενη εμπειρία (μαθητές φροντιστηρίων) (*N* = 128). [Το διάγραμμα αναπαράγεται εδώ από Tsaparlis & Angelopoulos (2000) έπειτα από άδεια του εκδότη John Wiley and Sons. © 2000 Wiley Periodicals, Inc.]

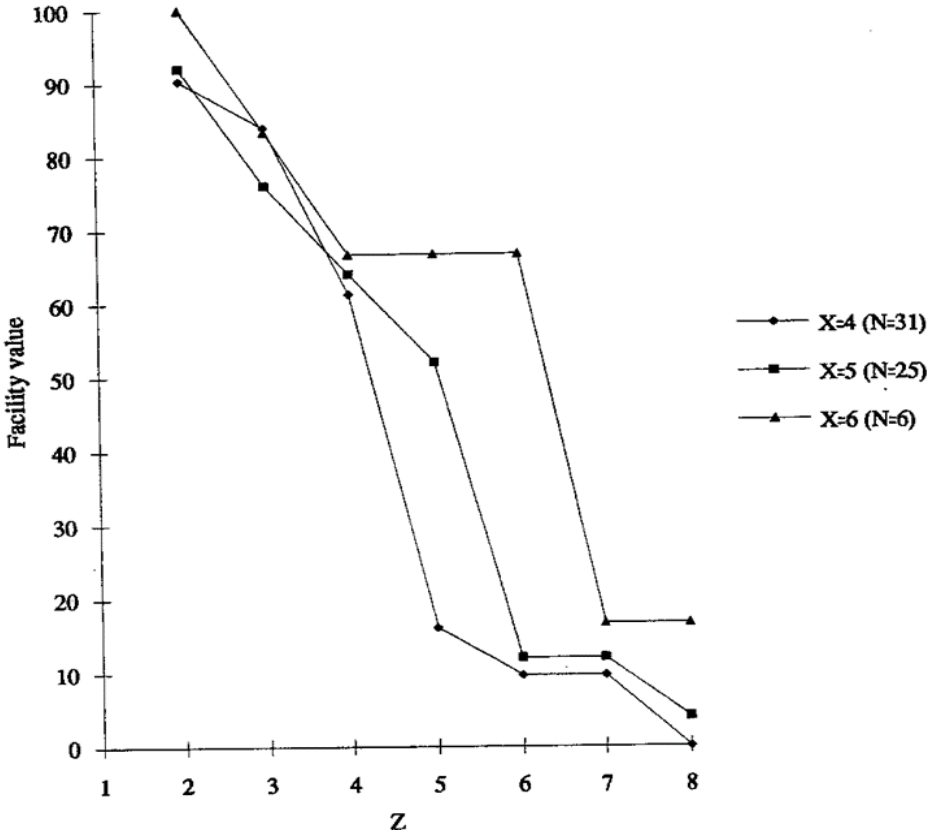


Οι προαναφερθείσες παρατηρήσεις ενισχύονται από τη στατιστική. Για τα προβλήματα με $Z = 5$, μόνο οι διαφορές μεταξύ $X = 4$ και $X = 5$ και μεταξύ $X = 4$ και $X = 6$ ήταν στατιστικά σημαντικές. Για προβλήματα με $Z = 6$, οι διαφορές μεταξύ $X = 4$ και $X = 6$ και μεταξύ $X = 5$ και $X = 6$ ήταν στατιστικά σημαντικές. Για προβλήματα με $Z < 5$ και $Z > 6$, δεν εντοπίστηκαν σημαντικές διαφορές, με μία εξαίρεση μεταξύ $X = 4$ και $X = 6$ για $Z = 8$.

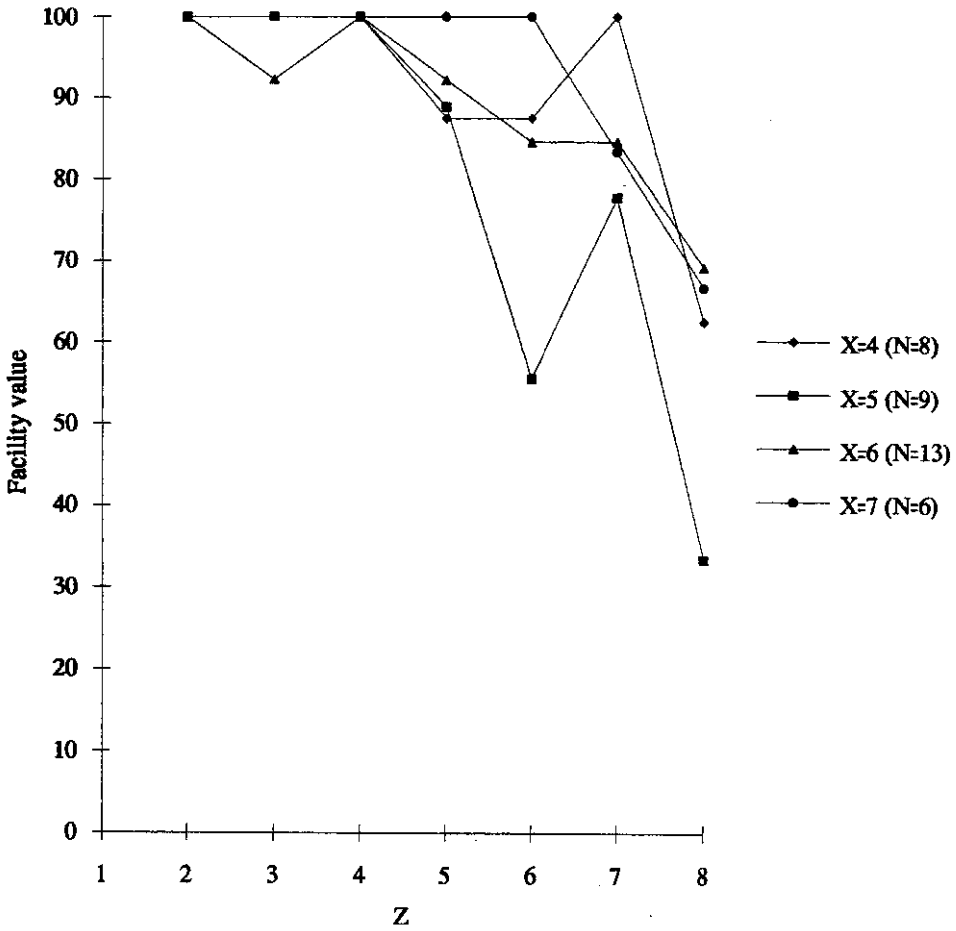
Η επίδραση της εξάσκησης

Μία από τις πιο σημαντικές αναγκαίες συνθήκες για τη λειτουργία του μοντέλου Johnstone–El-Banna προϋποθέτει την έλλειψη εξοικείωσης με τα προβλήματα. Ένα ανεξάρτητο ενδεικτικό στοιχείο δόθηκε από τους μαθητές από ένα συγκεκριμένο δημόσιο σχολείο, οι οποίοι κλήθηκαν να δηλώσουν εάν είχαν ή δεν είχαν προηγούμενη εμπειρία σε τέτοια προβλήματα. 36 από τους μαθητές δήλωσαν ότι είχαν εμπειρία, ενώ 62 μαθητές δήλωσαν ότι δεν είχαν τέτοια εμπειρία. Το γράφημα της *X* συναρτήσει της *Z* για τα προβλήματα για τους μαθητές χωρίς προηγούμενη εμπειρία φαίνεται στο διάγραμμα 4 και για εκείνους με προηγούμενη εμπειρία στο διάγραμμα 5.

Διάγραμμα 4: Μαθητές από ένα συγκεκριμένο δημόσιο σχολείο (*N* = 62) χωρίς προηγούμενη εμπειρία σε προβλήματα οργανικής σύνθεσης. [Το διάγραμμα αναπαράγεται εδώ από Tsaparlis & Angelopoulos (2000) έπειτα από άδεια του εκδότη John Wiley and Sons. © 2000 Wiley Periodicals, Inc.]



Διάγραμμα 5: Μαθητές από ένα συγκεκριμένο δημόσιο σχολείο (*N* = 36) με προηγούμενη εμπειρία σε προβλήματα οργανικής σύνθεσης. [Το διάγραμμα αναπαράγεται εδώ από Tsaparlis & Angelopoulos (2000) έπειτα από άδεια του εκδότη John Wiley and Sons. © 2000 Wiley Periodicals, Inc.]

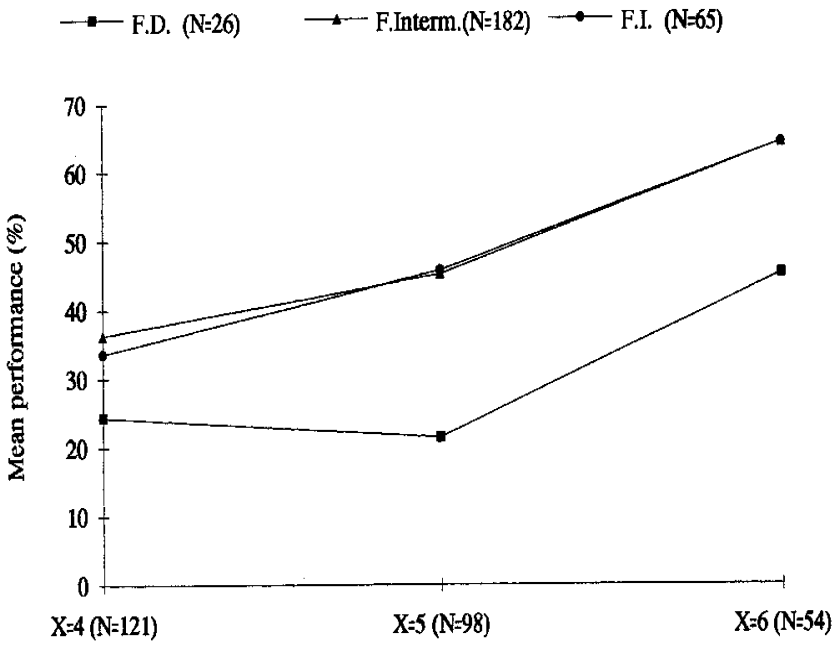


Στην πρώτη περίπτωση διατηρήθηκαν ορισμένα χαρακτηριστικά του μοντέλου Johnstone–El-Banna, ενώ το μοντέλο ήταν ασαφές στην τελευταία περίπτωση. Αυτό το εύρημα, επομένως, δεν είναι μόνο ένδειξη της ισχύος του μοντέλου, αλλά και δείχνει τη σημασία της απαίτησης τα προβλήματα να είναι νέα προβλήματα και όχι αλγοριθμικές ασκήσεις για να λειτουργήσει το μοντέλο. Εξάλλου, έχουμε ήδη διαπιστώσει ότι τα δεδομένα από τους μαθητές φροντιστηρίων ανταποκρίθηκαν καλύτερα στο μοντέλο.

Η επίδραση της εξάρτησης από το πεδίο

Το διάγραμμα 6 συγκρίνει τη μέση επίδοση όλων των μαθητών έναντι της χωρητικότητας της εργαζόμενης μνήμης τους για διάφορα επίπεδα εξάρτησης από το πεδίο. Φαίνεται ότι μόνο οι μαθητές που εξαρτώνται από το πεδίο είχαν μειονεκτική θέση. Από τα γραφήματα (που δεν παρατίθενται εδώ) βρέθηκε επίσης ότι το μοντέλο Johnstone–El-Banna λειτουργούσε για τους ανεξάρτητους από το πεδίο και τους ενδιάμεσους ως προς το πεδίο μαθητές, αλλά σε μικρότερο βαθμό για τους εξαρτώμενους από το πεδίο. Στην περίπτωση των μαθητών ενδιάμεσου πεδίου (N = 66) και ανεξάρτητους πεδίου (N = 23), τα διαγράμματα συμφωνούν με το μοντέλο, αλλά και πάλι η περίπτωση των μαθητών των ανεξάρτητων από το πεδίο βρέθηκε πιο κοντά στη θεωρητική κατάσταση.

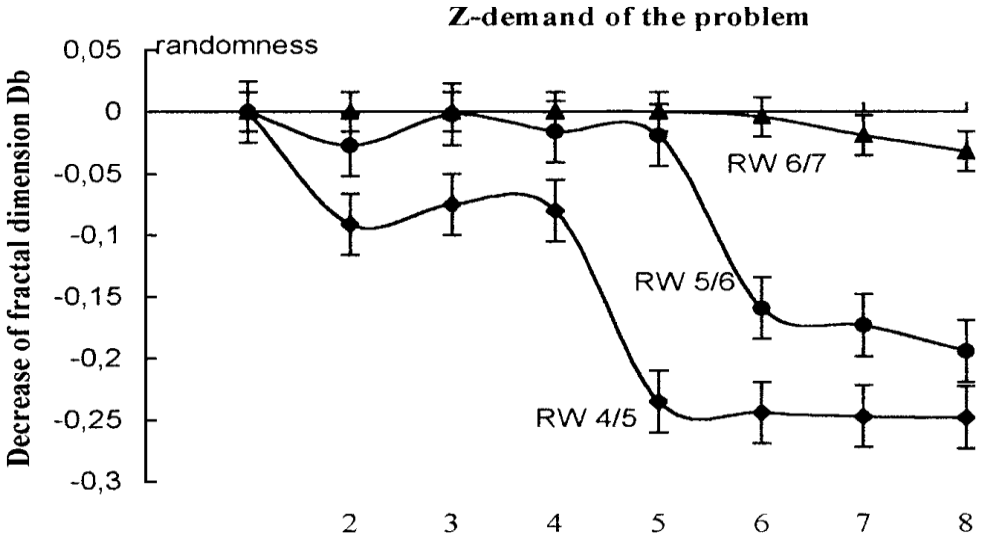
Διάγραμμα 6: Μέση απόδοση όλων των μαθητών (N = 273) έναντι της χωρητικότητας της εργαζόμενης μνήμης X στα τρία επίπεδα εξάρτησης από το πεδίο. (F.D.: εξαρτημένοι πεδίου, F.Interm.(ενδιάμεσοι πεδίου), F.I.: ανεξάρτητοι πεδίου.) [Το διάγραμμα αναπαράγεται εδώ από Tsaparlis & Angelopoulos (2000) έπειτα από άδεια του εκδότη John Wiley and Sons. © 2000 Wiley Periodicals, Inc.]



Εφαρμογή μη γραμμικού μοντέλου θεωρίας πολυπλοκότητας

Η υπόθεση υπερφόρτωσης της εργαζόμενης μνήμης έχει προσεγγιστεί περαιτέρω μέσω ενός μοντέλου θεωρίας πολυπλοκότητας, το οποίο καταδεικνύει τις μη γραμμικές αλλαγές στην επίδοση των σπουδαστών (Σταμοβλάσης και άλλοι 2002). Τα γραμμικά συστήματα έχουν σαφώς καθορισμένες μοναδικές λύσεις, ενώ ένα μη γραμμικό σύστημα έχει πολλαπλές λύσεις, και έτσι παρουσιάζει πολλαπλές συμπεριφορές. Τα μη γραμμικά συστήματα έχουν κανονική συμπεριφορά υπό ορισμένες παραμετρικές συνθήκες, αλλά υπό διαφορετικές παραμετρικές καταστάσεις, το σύστημα μπορεί να παρουσιάζει τυχαία και απρόβλεπτη συμπεριφορά, η οποία ονομάζεται χαώδης συμπεριφορά. Ως παράδειγμα μιας τέτοιας εφαρμογής, χρησιμοποιούμε τα δεδομένα της μελέτης σχετικά με την ισχύ της υπόθεσης υπερφόρτωσης, χρησιμοποιώντας προβλήματα οργανικής σύνθεσης που περιγράφτηκε παραπάνω (N = 319). Το διάγραμμα 7 δείχνει τη μείωση της μορφοκλασματικής διάστασης (διάστασης φράκταλ) των τριών τυχαίων περιπάτων 4/5, 5/6 και 6/7 έναντι της απαίτησης M (Z) του προβλήματος, για τα δεδομένα (Stamovlasis et al. 2001). Κάθε τυχαίος περίπατος συγκρίνει την επίδοση των σπουδαστών που έχουν χωρητικότητα εργαζόμενης μνήμης X = 4 έναντι X = 5, X = 5 έναντι X = 6 και X = 6 έναντι X = 7 αντιστοίχως. Η μείωση της διάστασης του φράκταλ σημαίνει απομάκρυνση από την τυχαιότητα. Η βαθμολογία των υποκειμένων με χωρητικότητα εργαζόμενης μνήμης 4 και 5 κατανέμεται τυχαίως σε προβλήματα με απαιτήσεις Z = 2, 3 και 4, επειδή όλοι λύνουν τα προβλήματα. Το πρόβλημα με Z = 5, που είναι η επόμενη τιμή μετά το κατώφλι, είναι ικανό να διαφοροποιήσει τα υποκείμενα αναλόγως με τη χωρητικότητα της εργαζόμενης μνήμης τους, κάνοντας τους «πεντάρηδες» να προηγούνται των «τεσσάρηδων».

Διάγραμμα 7: Μείωση της κλασματομορφικής διάστασης (διάστασης φράκταλ) των τριών τυχαίων περιπάτων 4/5, 5/6 και 6/7 έναντι της απαίτησης *M* (*Z*) του προβλήματος. Ξαφνικές πτώσεις εμφανίζονται στις τιμές 5, 6 και 7, μετά τις αντίστοιχες τιμές του κατωφλίου. Το αποτέλεσμα για τον τυχαίο περίπατο RW6 / 7 είναι λιγότερο προφανές λόγω του μικρού συνόλου δεδομένων [Αναπαραγωγή διαγράμματος από Stamovlasiς & Tsaparlis (2001) έπειτα από άδεια του εκδότη Springer Nature. © 2001]



Συμπεράσματα: Επεξηγηματικά και προγνωστικά μοντέλα στη λύση προβλημάτων

Τα επεξηγηματικά και προγνωστικά μοντέλα στη λύση προβλημάτων είναι ο στόχος του κεφαλαίου 5 στο βιβλίο «Προβλήματα και Λύση Προβλημάτων στη Διδακτική της Χημείας (Tsaparlis 2021a): «Εξαρτάται από το πρόβλημα και από τον λύτη: Μια επισκόπηση της υπόθεσης υπερφόρτωσης της εργαζόμενης μνήμης, η εφαρμογή της και οι περιορισμοί της» (Tsaparlis 2021b). Τα μοντέλα αυτά μπορεί να είναι πολύ χρήσιμα για την κατανόηση των παραγόντων που επηρεάζουν την ικανότητα των μαθητών και σπουδαστών να λύνουν προβλήματα. Παραδοσιακά, έχει χρησιμοποιηθεί μια ποιοτική, διαισθητική μέθοδος για την αξιολόγηση της δυσκολίας ενός προβλήματος. Επιπλέον, η επίδοση των σπουδαστών μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως εκ των υστέρων κριτήριο της δυσκολίας του προβλήματος. Ο σκοπός της μελέτης των επεξηγηματικών και προγνωστικών μοντέλων είναι να τοποθετηθούν σε αυστηρή και ποσοτική βάση και οι δύο παράγοντες που επηρεάζουν τη γενική ικανότητα λύσης προβλημάτων από τους σπουδαστές και τη δομή των προβλημάτων καθαυτήν. Οι εργασίες του Johnstone, του Niaz, του Tsaparlis και πολλών

άλλων παρέχουν υποστήριξη για τη σημασία της επεξεργασίας πληροφοριών στη λύση προβλημάτων Χημείας.

Το κεφάλαιο εστιάζει στο μοντέλο Johnstone–El-Banna, εξετάζοντας τον κεντρικό ρόλο της εργαζόμενης μνήμης στην επεξεργασία πληροφοριών, αλλά και τον ρόλο άλλων κρίσιμων ψυχομετρικών μεταβλητών, όπως η λειτουργική νοητική ικανότητα (ικανότητα *M*), ο βαθμός εξάρτησης/ανεξαρτησίας από το πεδίο και η επιστημονική συλλογιστική (επίπεδο γνωσιακής ανάπτυξης κατά Piaget).

Τα ευρήματα πολλών μελετών επιβεβαιώνουν ότι η εξάρτηση ή η ανεξαρτησία από το πεδίο (field dependence/ independence) παίζει κυρίαρχο ρόλο στα πολύπλοκα εννοιολογικά προβλήματα και στα μη αλγοριθμικά και ανοιχτού τύπου προβλήματα (Overton et al. 2008; Tsaparlis 2005), ενώ, όπως είδαμε, το επίπεδο γνωσιακής ανάπτυξης μπορεί να είναι σημαντικό στην περίπτωση της κατανόησης και της εφαρμογής εννοιών, ειδικά στα αλγοριθμικά προβλήματα (ασκήσεις).

Καθοδηγούμενοι από τα ευρήματα της έρευνας, είμαστε σε θέση να κατασκευάσουμε μια σειρά προβλημάτων σε ένα επιστημονικό πεδίο με το ίδιο συλλογιστικό μοτίβο (ίδια λογική δομή) και διαφορετική νοητική απαίτηση (απαίτηση *Z*). Στη συνέχεια μπορούμε να διευκολύνουμε την επιτυχία των μαθητών και σπουδαστών, εισάγοντας πρώτα προβλήματα χαμηλής απαίτησης *Z* και αφήνοντας τα προβλήματα υψηλής απαίτησης *Z* για αργότερα στο μάθημα, όταν οι σπουδαστές θα έχουν αποκτήσει εμπειρία και κίνητρα. Επιπλέον, οι εκπαιδευτικοί πρέπει να γνωρίζουν τη διάσταση πληροφορίας ενός προβλήματος και να αποφεύγεται η υπερφόρτωση της εργαζόμενης μνήμης, μειώνοντας την απαίτηση *Z* του προβλήματος, χωρίς να αλλάξει η λογική του δομή.

Το κεφάλαιο συλλέγει σε ένα μέρος τούς πολλούς παράγοντες που επηρεάζουν τη λύση προβλημάτων για ερευνητικές μετρήσεις. Το αποτέλεσμα σχετίζεται με τη ισχύ της υπόθεσης της υπερφόρτωσης της εργαζόμενης μνήμης και την οφειλόμενη σε αυτήν αποτυχία των μαθητών και σπουδαστών και με το πώς η υπόθεση μοντελοποιήθηκε και ερευνήθηκε στη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών. Τα μηνύματα προς τους εκπαιδευτικούς είναι ότι (α) η εξάσκηση στα προβλήματα μπορεί να αυξήσει τη σβολοποίηση της πληροφορίας, ώστε να μετακινηθούν οι αρχάριοι στην κατάσταση των ειδικών, και (β) ο σχεδιασμός προβλημάτων με υψηλή απαίτηση *Z*, μπορεί να εξηγήσει γιατί ορισμένα προβλήματα είναι δύσκολα.

Να σημειωθεί ακόμη ότι η καθοδηγούμενη διδασκαλία είναι ανώτερη από τις μη καθοδηγούμενες ή ελάχιστα καθοδηγούμενες εκπαιδευτικές προσεγγίσεις, επειδή αυτή λαμβάνει υπόψη τη δομή της ανθρώπινης γνώσης, τις διαφορές ειδικών-αρχαρίων και το γνωστικό φορτίο. Το πλεονέκτημα της καθοδήγησης αρχίζει να υποχωρεί μόνο όταν οι σπουδαστές έχουν αποκτήσει αρκετά υψηλή προηγούμενη γνώση που τους παρέχει «εσωτερική» καθοδήγηση.

Τέλος, αξίζει να τονιστεί ότι το τελευταίο κεφάλαιο του βιβλίου (Κεφ. 18), επίσης από τον συγγραφέα του παρόντος άρθρου, αναφέρεται, υπό τη μορφή υστερογράφου, σε δύο συγκεκριμένα ζητήματα επίλυσης προβλημάτων. Το πρώτο ζήτημα τονίζει την ανάγκη, στην πράξη, τόσο για ανώτερης όσο και κατώτερης τάξεως νοητικών δεξιοτήτων (HOTS

και LOTS). Η συνέργεια μεταξύ HOTS και LOTS αναδεικνύεται εξετάζοντας τη συμβολή της Χημείας και της Βιοχημείας στις αγωνιώδεις προσπάθειες σε παγκόσμιο επίπεδο για την υπέρβαση της πανδημίας του κορωνοϊού (COVID-19), καταρχάς με τον προσδιορισμό (μέσα σε μόλις 12 ημέρες) της δομής του ιού SARS-CoV-2 και, στη συνέχεια, με την ανάπτυξη κατάλληλων διαγνωστικών τεστ, φαρμάκων και εμβολίων. Το δεύτερο ζήτημα εξετάζει την αναλογία μεταξύ της θεωρίας του χάους και της έρευνας στη λύση προβλημάτων. Η θεωρία του χάους αναφέρεται σε καταστάσεις δυναμικών συστημάτων όπου τυχαίες καταστάσεις αταξίας και ακανονικότητες διέπονται από ντετερμινιστικούς νόμους που είναι ιδιαίτερα ευαίσθητοι στις αρχικές συνθήκες. Ο χρόνος Lyapunov παρέχει μια αναλογία για τη διάρκεια της προγνωστικής ισχύος των μοντέλων λύσης προβλημάτων, όπως η υπόθεση της υπερφόρτωσης της εργαζόμενης μνήμης. Η χρονική διάρκεια ισχύος των προβλέψεων τέτοιων μοντέλων είναι προς το παρόν άγνωστη. Ελπίζουμε ότι η μελλοντική έρευνα θα είναι σε θέση να παράσχει τις απαντήσεις.

Βιβλιογραφία

Σταμοβλάσης, Δ. & Τσαπαρλής, Γ. (2002). Συγκριτική διερεύνηση μοντέλων επεξεργασίας πληροφοριών στην λύση προβλημάτων χημείας με την συμβολή της θεωρίας πολυπλοκότητας. Πρακτικά του *3ου Πανελλήνιου Συνεδρίου "Η Διδακτική Φυσικών Επιστημών και η Εφαρμογή Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση", Πανεπιστήμιο Κρήτης, Π.Τ.Δ.Ε., Ρέθυμνο,* 516-523.

Τσαπαρλής, Γ. (2020α). Πανελλαδικές Εξετάσεις Χημείας 2019: Η «πανωλεθρία» των μαθητών, η εξήγησή της με βάση τις «ανώτερης τάξεως γνωσιακές δεξιότητες» και οι γνώμες των εκπαιδευτικών. 1ο ΜΕΡΟΣ: Ο ρόλος των ικανοτήτων HOCS και LOCS - Ανάλυση δεδομένων από δείγματα γραπτών των Πανελλαδικών Εξετάσεων. *Χημικά Χρονικά*, 82 (2) (Μάρτιος 2020), 16-22. Πρόσβαση από: http://www.eex.gr/library/ximika-xronika/arxeio-teuxon-apo-to-2016

Τσαπαρλής, Γ. (2020β). Πανελλαδικές Εξετάσεις Χημείας 2019: Η «πανωλεθρία» των μαθητών, η εξήγησή της με βάση τις «ανώτερης τάξεως γνωσιακές δεξιότητες» και οι γνώμες των εκπαιδευτικών. 2ο ΜΕΡΟΣ: Οι γνώμες των εκπαιδευτικών – Οι δεξιότητες HOCS και LOCS ως επεξηγηματικό και προβλεπτικό εργαλείο για τις επιδόσεις. *Χημικά Χρονικά*, 82 (3) (Απρίλιος 2020), 10-16. Πρόσβαση από: http://www.eex.gr/library/ximika-xronika/arxeio-teuxon-apo-to-2016

Atkinson R. C. & Shiffrin, R. M. (1968). Human memory: A proposed system and its control processes, in W.K. Spence and J.T. Spence (eds.), *The psychology of learning and motivation: Advances in research and theory*, vol. 2. New York, NY, Academic Press, 89-185.

Baddeley, A. D. (1986). *Working memory*. Oxford, Oxford University Press.

Baddeley, A. D. (1990). *Human memory: Theory and practice*. London, Erlbaum.

Baddeley, A. D., Eysenck, M. W. & Anderson, M. C (2015). *Memory*. Glasgow, Psychology Press, 2nd edn.

Baddeley, A. D. & Hitch, G. J. (1974). Working memory. In G. A. Bower (ed.), *Recent advances in learning and motivation*, vol. 8. New York, Academic Press, 47-89.

Bodner, G. (1987). Role of algorithms in teaching problem solving. *Journal of Chemical Education*, 64, 513-514.

Bodner, G. M. (2003). Problem solving: The difference between what we do and what we tell students to do. (Nyholm Award Lecture sponsored by the Royal Society of Chemistry.) *University Chemistry Educ*ation, 7, 37-45.

Bodner, G. M. (2015). Research on problem solving in chemistry, in J. Garcia-Martinez and E. Serrano-Torregrosa (eds.), *Chemistry education: Best practices, opportunities and trends*, ch. 8., Weinheim, Germany: Wiley-VCH Verlag, 181–201.

Bodner, G. M. & Herron, J. D. (2002). Problem solving, in J.K. Gilbert, O. DeJong, R. Justi, D.F. Treagust, and J.H. van Driel (eds.), *Chemical education: Research-based practice*. Dordrecht, Kluwer Academic Publishers, 235–266.

Bowen, C. W. (1990). Representational systems used by graduate students while problem solving in organic synthesis. *Journal of Research in Science Teaching,* 27, 351-370.

Bowen, C.W. & Bodner, G. M. (1991). Problem-solving processes used by graduate students while solving tasks in organic synthesis. *International Journal of Science Education*, 13, 143-158.

Brookes, C. J., Betteley, I. G. & Loxston, S. M. (1966). *Mathematics and statistics for chemists*. London, Wiley.

Cabeza, R. & Nyberg, L. (2000). Imaging cognition II: An empirical review of 275 PET and fMRI studies. *Journal of Cognitive Neuroscience,* 2000, 12, 1-47.

Cooper, M. M. & Stowe, R. L. (2018). Chemistry education research: From personal empiricism to evidence, theory, and informed practice. *Chemical Reviews*, 118, 6053-6087.

Demerouti, M., Kousathana, M. & Tsaparlis, G. (2004). Acid-base equilibria, Part II: Effect of developmental level and disembedding ability on students' conceptual understanding and problem-solving ability. *The Chemical Educator*, 9, 132-137.

Eylon, B. H. & Linn, M. C. (1998). Learning and instruction: An examination of four research perspectives in science education. *Reviews of Educational Research*, 58, 251-301.

Gregg, V. H. (1986). *Introduction to human memory*. London, Routledge & Kegan Paul.

Grove, N. P. and Bretz, S. L. (2010). Perry's scheme of intellectual and epistemological development as a framework for describing student difficulties in learning organic chemistry. *Chemistry Education Research and Practice*, 11, 207-211.

Hackling, M. W. & Garnett, P. (1985). Misconceptions of chemical equilibrium. *European Journal of Science Education,* 7, 205-214.

Hancock, L., Howe, C., Jones, G., Phillips, T. & Plana D. (2017). Helping students learn to solve problems. *Education in Chemistry,* April issue.

Holroyd, C. (1985). What is a problem? What is problem solving? In A. H. Johnstone (ed.), *Problem solving. Is there a problem?* St. Andrews, The Royal Society of Chemistry, 2-7.

Johnstone, A. H. (1984). New stars for the teacher to steer by? *Journal of Chemical Education*, 61, 847-849.

Johnstone, A. H. (1993). Introduction, in: C. Wood & R. Sleet (eds.) *Creative problem solving in chemistry*. London, Royal Society of Chemistry, iv-vi.

Johnstone, A. H. & El-Banna, H. (1986). Capacities, demands, and processes - A predictive model for science education. *Education in Chemistry*, *23*, 80-84.

Johnstone, A. H. & El-Banna, H. (1989). Understanding learning difficulties - A predictive research model. *Studies in Higher Education*, 14, 159-168.

Johnstone, A. H. & Kellet, N. C. (1980). Learning difficulties in school science – Towards a working hypothesis. *European Journal of Science Education,* 2, 175-181

Johnstone, A. H. & Wham, A. J. B. (1982). The demands of practical work. *Education in Chemistry*, 19, 71-73.

Lawton, C. A. (1993). Contextual factors affecting errors in proportional reasoning. *Journal of Research in Mathematics Education*, 24, 460-466.

McGaugh, J. L. (2000). Memory – A century of consolidation. *Science,* 287, 248–251.

Niaz, M. (1988). Manipulation of *M*-demand of chemistry problems and its effect on student performance: A neo-Piagetian study. *Journal of Research in Science Teaching*, 25, 643-657.

Niaz, M. (1995a). Relationship between student performance on conceptual and computational problems of chemical equilibrium. *International Journal of Science Education,* 17, 343-355.

Niaz, M. (1995b). Progressive transitions from algorithmic to conceptual understanding in student ability to solve chemistry problems: A Lakatosian interpretation. *Science Education*, 79, 19–36.

Niaz, M. & Robinson, W. R. (1992). Manipulation of logical structure of chemistry problems and its effect on student performance. *Journal of Research in Science Teaching,* 29, 211-226.

Ongley, P. A. (1959). *Tutorial questions in organic chemistry*. London, University of London Press.

Overton, T. L. & Potter, N. M. (2008). Solving open-ended problems, and the influence of cognitive factors on student success. *Chemistry Education Research and Practice*, 9, 65-69.

Smith, E. & Jonides, J. (1997). Working memory: A view from neuroimaging. *Cognitive Psychology*, 33, 5-42.

Stamovlasis, D. & Tsaparlis, G. (2001). Application of complexity theory to an information-processing model in science education. *Nonlinear Dynamics, Psychology and Life Sciences,* 5, 267-286.

Tsaparlis, G. (1998). Dimensional analysis and predictive models in problem solving. *International Journal of Science Education*, 20, 335-350.

Tsaparlis, G. (2005). Non-algorithmic quantitative problem solving in university physical chemistry: A correlation study of the role of selective cognitive variables. *Research in Science & Technological Education*, 23, 125-148.

Tsaparlis, G. (2020). Higher and lower-order thinking skills: The case of chemistry revisited. *Journal of Baltic Science Education*, *19*, 467-483.

Tsaparlis, G. (ed.) (2021a). *Problems and problem solving in chemistry education* – Analysing data, looking for patterns and making deductions. In series: Advances in Chemistry Education Research. London, Royal Society of Chemistry..

http://pubs.rsc.org/bookshop/collections/series?issn=2056-9335

Tsaparlis, G. (2021b). It depends on the problem and on the solver: An overview of the working memory overload hypothesis, its applicability, and its limitations. In G. Tsaparlis (ed.) *Problems and problem solving in chemistry education – Analysing data, looking for patterns and making deductions* (ch. 5). London, Royal Society of Chemistry.

Tsaparlis, G. and Angelopoulos, V. (2000). A model of problem solving: Its operation, validity, and usefulness in the case of organic-synthesis problems. *Science Education,* 84, 131-153.

Tsaparlis, G., Kousathana, M. & Niaz, M. (1998). Molecular-equilibrium problems: Manipulation of logical structure and of *M*-demand, and their effect on student performance. *Science Education,* 82, 437-454.

Tulving, E. (1968). In T. R. Dixon and D. L. Horton (eds.), *Verbal behavior and general behavior theory*. New Jersey, Prentice-Hall.

Tulving, E. (1972). In E. Tulving and W. Donaldson (eds.), *Organization of memory*. New York, Academic Press.

Zoller, U. (1993). Are lecture and learning compatible? Maybe for LOCS: Unlikely for HOCS. *Journal of Chemical Education*, 70, 195-197.

Zoller, U. & Tsaparlis, G. (1997). Higher and lower-order cognitive skills: The case of chemistry. *Research in Science Education*, 27, 117-130.

Συνοπτικό Βιογραφικό Σημείωμα

Ο **Γεώργιος Τσαπαρλής** είναι ομότιμος καθηγητής της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών στο Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων. Έλαβε πτυχίο Χημείας από το ΕΚΠΑ και διπλώματα M.Sc. και Ph.D. στην Κβαντική Χημεία από το University of East Anglia (ΗΒ), με υποτροφία του ΙΚΥ. Το 1990 εργάστηκε ως μεταδιδακτορικός συνεργάτης του καθηγητή Alex H. Johnstone στο Πανεπιστήμιο της Γλασκόβης, ΗΒ. Υπηρέτησε ως μέλος ΔΕΠ του Τμήματος Χημείας (Τομέας Φυσικοχημείας) του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων από το 1978 έως το 2015, ενώ το 1997 επελέγη και υπηρέτησε ως Σύμβουλος Χημικός στο Παιδαγωγικό

Ινστιτούτο. Επιβλέπων καθηγητής 19 εγκριθεισών διδακτορικών διατριβών και 26 εγκριθέντων ΜΔΕ στη Διδακτική των ΦΕ. Προσκεκλημένος κεντρικός ομιλητής σε πολλά διεθνή και ελληνικά συνέδρια Διδακτικής. Συγγραφέας και συσσυγγραφέας περισσότερων από 60 εργασιών σε διεθνή επιστημονικά περιοδικά, κεφαλαίων σε 16 διεθνή βιβλία, συνεπιμελητής έκδοσης του βιβλίου "Concpts of Matter in Science Education" (Springer, 2013) και επιμελητής έκδοσης του βιβλίου "Problems and Problem Solving in Chemistry Education" (Royal Society of Chemistry, 2021). Επιπλέον, έχει δημοσιεύσει εκτενώς στα ελληνικά, συμπεριλαμβανομένου του βιβλίου «Θέματα Διδακτικής Φυσικής και Χημείας στη Μέση Εκπαίδευση (1989 και 1991, Γρηγόρης). Υπήρξε ο ιδρυτής και επιμελητής έκδοσης (2000–2004) και συνεπιμελητής έκδοσης (2005-2011) του περιοδικού Chemistry Education Research and Practice. Ήταν ο νικητής του Βραβείου Εκπαίδευσης (Education Award) της Royal Society of Chemistry για το 2016. Προσωπική ιστοσελίδα:

http://users.uoi.gr/gtseper/

Γενικότερα Εκπαιδευτικά Ζητήματα που Αναδύονται μέσα από την Έρευνα στη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών

Βασίλης Τσελφές
Ομότιμος Καθηγητής, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών
tselfesv@ecd.uoa.gr

Περίληψη

Στο κείμενο που ακολουθεί προσπαθώ να παρουσιάσω έναν περιορισμένο αριθμό ζητημάτων της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών, που σήμερα μπορεί να ισχυρισθεί κάποιος ότι εξελίσσονται χωρίς σαφή προσανατολισμό. Μιλάω για παράδειγμα για τα προβλήματα που εμφανίστηκαν στο πρόγραμμα της εννοιολογικής αλλαγής αλλά και για τη χωρίς ευδιάκριτη κατεύθυνση ανάπτυξη δεκάδων διαφορετικών διδακτικών προσανατολισμών. Ως θεωρητική βάση χρησιμοποιώ το παλιό, προπολεμικό ρεύμα του Πραγματισμού και ως κεντρική υπόθεση το γεγονός ότι η Διδακτική των Φυσικών Επιστημών δεν μπορεί παρά να λαμβάνει υπόψη της το γενικότερο κοινωνικό, εκπαιδευτικό και πολιτικό πλαίσιο εντός του οποίου αναπτύσσεται. Καταλήγω υποστηρίζοντας ότι η Διδακτική των Φυσικών Επιστημών πρέπει να τολμήσει να πραγματοποιήσει έναν απλό προγραμματικό μετασχηματισμό: να αναγνωρίσει ότι η επί του πεδίου εφαρμογή των επιτυχιών της εμποδίζεται από τη σύνδεση των μαθησιακών αποτελεσμάτων με τις μονοσήμαντες έννοιες που έχουν υιοθετήσει οι εκπαιδευτικοί θεσμοί ως επιστημονικές και να στρέψει το ενδιαφέρον της προς την απόκτηση ικανοτήτων.

Λέξεις κλειδιά: Διδακτική Φυσικών Επιστημών, Εκπαιδευτική Πολιτική, Γενική Εκπαίδευση, πολιτισμός.

Abstract

In this paper I try to present a limited number of issues related to Science Education, which I assume as evolving in the field without a clear orientation. I am talking, for example, about the problems that have arisen in the conceptual change program, as well about the recent development of many different didactic orientations which obscure the purposes of General Education. I use the old stream of Pragmatism as a theoretical background and the fact that Science Education depends on the general social, educational and political context as a central hypothesis. I conclude by arguing that

Science Education should dare making a simple programmatic transformation: to recognize that the successes of its application in the field are hindered by the linking of the learning outcomes to the unambiguous concepts adopted as scientific by educational institutions and to focus on the acquisition of scientific competences.

Key words: Science Education, Educational Politics, General Education, culture.

Εισαγωγή

Οι Φυσικές Επιστήμες (ΦΕ) έχουν διαγράψει μια μακρά πορεία προσπαθειών αναπαράστασης της δομής και της δυναμικής του Κόσμου στον οποίο ζούμε. Του Κόσμου που ο πρωτοπόρος Καρτέσιος είχε καταρχήν σπάσει σε δύο κομμάτια, που περιλάμβαναν απολύτως διαφορετικές στη φύση τους οντότητες: τις ενεργητικές γνωστικές οντότητες (res cogitans) και τις παθητικές-εκτεινόμενες υλικές οντότητες (res extensa). Οι ΦΕ ξεκίνησαν τη διάσημη επανάστασή τους εστιάζοντας στη μελέτη των δεύτερων και οδηγήθηκαν στο να θολώσουν την οντολογική επί της ουσίας Καρτεσιανή διχοτομία (Mainzer 1994). Μεθοδολογικά, πέτυχαν να συγχωνεύσουν τον ορθολογισμό και τις τεχνικές συλλογισμού των Φιλοσόφων και των Μαθηματικών, τις δεξιότητες και την εσωτερικευμένη εμπειρία των τεχνικών αλλά και τα μεταφυσικά ερωτήματα των Θεολόγων, σε ένα ενιαίο και παγκόσμιο εγχείρημα. Το εγχείρημα αυτό έγινε διάσημο μέσω των παραγωγών του, οι οποίες θεωρήθηκαν και από τους μη ειδικούς ως απόλυτα επιτυχείς επειδή μπορούσαν α) να προβλέπουν με σχετική ασφάλεια μελλοντικά γεγονότα του βιωμένου καθημερινού Κόσμου και β) να παρεμβαίνουν και να κατασκευάζουν, σε συνεργασία με τεχνολόγους και κάθε είδους τεχνικούς, νέα κομμάτια του, ελεγχόμενης λειτουργικότητας: από χρήσιμα υλικά τεχνήματα μέχρι νέα υβρίδια ζωής (Hacking 1995).

Παγκόσμια, διαφορετικές κοινωνίες και πολιτισμοί διαπιστώνουν αυτά τα δύο χαρακτηριστικά στις ικανότητες των ειδικών επιστημόνων· ικανότητες των ειδικών των διαφορετικών πια μεταξύ τους επιστημονικών κλάδων, που καθιερώθηκαν στη συνείδηση των μη ειδικών πολιτών ως ανώτερες. Η θετική αυτή αξιολόγηση πραγματοποιείται περισσότερο με όρους πίστης (ξέρουν τι λένε και τι κάνουν επειδή είναι επιστήμονες) και λιγότερο με όρους κατανόησης (πείθουν με τα επιχειρήματά τους για τους ισχυρισμούς τους). Ένα μοτίβο αξιολόγησης ακριβώς αντίστροφο από αυτό που ισχύει στο εσωτερικό των επιστημονικών κοινοτήτων, όπου η επιχειρηματολογία και τα τεκμήρια μετρούν πολύ περισσότερο από τον τίτλο ή το όνομα.

Η Διδακτική των Φυσικών Επιστημών (ΔΦΕ), στη μικρότερης διάρκειας ιστορία της, ασχολείται με ένα μέρος των γνωστικών και υλικών, εκτεινόμενων κατά Καρτέσιο, οντοτήτων του Κόσμου, με τρόπους που έχουν κατά καιρούς υποστηριχθεί στους χώρους των ΦΕ. Εστιάζει δηλαδή εκ των υστέρων, σε γνωστικές (θεωρίες, μοντέλα, υποθέσεις, μέθοδοι κ.λπ.) και υλικές (εργαστηριακά τεχνήματα, κατασκευές δεδομένων και ερευνητικών τεκμηρίων κ.λπ.) παραγωγές των ΦΕ και επιλέγει να προωθεί κάποιες απ' αυτές στους μαθητές της Γενικής

Εκπαίδευσης (ΓΕ), ως μέρος μιας σειράς εκπαιδευτικών αντικειμένων, με δύο κατά κανόνα στόχους: ο πρώτος είναι να γνωρίσουν οι νέοι πολίτες όλων των χωρών του κόσμου, κάτι που θα μπορούσα να αποκαλέσω επιστημονικό πολιτισμό· ο δεύτερος, οι εκπαιδευόμενοι να εσωτερικεύσουν στοιχεία αυτού του πολιτισμού ως συνιστώσες της καθημερινής ζωής τους και έτσι να τα διαχύσουν στον πολιτισμό των τοπικών κοινωνιών όπου βρίσκονται ως εκπαιδευόμενοι (Bybee, 2010; DeBoer, 1991).

Η δραστηριότητα αυτή κατατάσσει τη ΔΦΕ στις Επιστήμες του Ανθρώπου (ειδικότερα τις Επιστήμες της Εκπαίδευσης) με έναν ιδιόμορφο και ενοποιητικό, σε σχέση με τη διχοτομία του Καρτέσιου, τρόπο: την απασχολούν εμφατικά οι γνωστικές οντότητες που παράγονται από τη μελέτη των εκτεινόμενων υλικών οντοτήτων και την αναζήτηση της πραγματικότητάς τους, όπως τις προσλαμβάνουν και τις διαχειρίζονται οι μη ειδικοί. Η παραγωγή της ως εκ τούτου είναι φύσει και θέσει συμπεριληπτική και διεπιστημονική. Τείνει να συμπεριλάβει στην παραγωγή και τις συνθέσεις επιστημονικών όψεων του Κόσμου ~~με~~ αντίστοιχες καθημερινές, πολιτισμικές του όψεις. Συνθέσεις δηλαδή υλικών δομών και κατασκευών, τόσο με τις επιστημονικές γνωστικές κατασκευές που τις στηρίζουν ή τις γεννούν, όσο και με τις γνωστικές κατασκευές των διάφορων πολιτισμών που από τη φύση τους τείνουν να προστατεύουν και να αναπαράγουν τις κοινωνικές δομές με τις οποίες συνυπάρχουν. Το γεγονός αυτό υποχρεώνει τη ΔΦΕ να αναζητά ισορροπίες στη σχέση της τόσο με κανονιστικές, θεσμικές κατασκευές των κοινωνιών και των πολιτισμών, όπως είναι οι εκπαιδευτικές δομές, όσο και με καινοτόμες, ακτιβιστικές ιδέες και κινήματα, όπως αυτά της προστασίας του περιβάλλοντος ή της ισότητας, όταν επιχειρούν να τροποποιήσουν τις πρώτες.

Η εικόνα αυτή διεύρυνε τον εφαρμοσμένο χαρακτήρα της ΔΦΕ σε περιοχές εξωτερικές της τυπικής εκπαίδευσης και πολυπλοκοποίησε τη βασική έρευνα στο εσωτερικό της. Από τη δεκαετία του 1980 ο «ορισμός» (Yager, 1984): *Η ΔΦΕ ορίζεται ως η επιστημονική πειθαρχία που ασχολείται με τη μελέτη της αλληλεπίδρασης των Φυσικών Επιστημών με την Κοινωνία· δηλαδή τη μελέτη της επίδρασης των Φυσικών Επιστημών πάνω στην Κοινωνία, καθώς και την επίδραση της Κοινωνίας πάνω στις Φυσικές Επιστήμες*, μετατόπισε τη ΔΦΕ στο ευρύτερο πεδίο των Κοινωνικών Επιστημών. Το γεγονός αυτό είναι ευδιάκριτο, μιας και από τη δεκαετία του 1990, συναντάμε τη ΔΦΕ να εμπλέκεται στην πολιτικής και οικονομικής προέλευσης μεταστροφή του συνόλου των ακαδημαϊκών δραστηριοτήτων από τον παραδοσιακό τους ρόλο, αυτόν της παραγωγής θεωρητικής γνώσης τύπου-1, προς τον ρόλο της παραγωγής εφαρμοσμένης γνώσης τύπου-2, γνώσης που εστιάζει στην επίλυση πρακτικών και κοινωνικών προβλημάτων, προκρίνοντας ένα συνδεδεμένο και με την οικονομία επιχειρηματικό πανεπιστήμιο (Knuuttila, 2013). Μια πολιτικοοικονομική εμπλοκή που εξελίσσεται μέχρι σήμερα αλλά δεν είναι η πρώτη στην ιστορία της.

Υπόβαθρο και ερωτήματα

Τα προβλήματα δεν υπάρχουν από μόνα τους. Τα προβλήματα τα κατασκευάζουμε συναινετικά εμείς, με βάση τις διαφορές που εμφανίζονται ανάμεσα στις προσδοκίες μας και στα τεκμήρια που συλλέγουμε από τα γεγονότα που δημιουργούν οι παρεμβάσεις μας, όταν επιχειρούμε να κάνουμε τις προσδοκίες μας να συμβούν. Τα προβλήματα δηλαδή κατασκευάζονται ως διαφορές ανάμεσα σε δύο μάλλον νοητούς Κόσμους. Τον Κόσμο των προσδοκιών και τον Κόσμο της βιωμένης εμπειρίας.

Ο Κόσμος των προσδοκιών είναι ένας εν δυνάμει, μελλοντικός κάθε φορά Κόσμος, απ' αυτούς που κατασκευάζει καθημερινά το γνωστικό μας σύστημα (αν όχι το «σώμα» μας ως όλον) καθώς ασκεί την «Τέχνη της Ζωής» (Whitehead, 1929), χρησιμοποιώντας μεταβαλλόμενες δόσεις εσωτερικευμένης εμπειρίας, φαντασίας και δημιουργικότητας.

Ο Κόσμος της βιωμένης εμπειρίας είναι ένας εν ενεργεία, παρών Κόσμος, που λογίζεται για πραγματικός, αν και τελικά είναι κατασκευασμένος από τα ίδια υλικά με τον Κόσμο των προσδοκιών. Ναι μεν οι αισθήσεις μας συλλέγουν από το παρόν τεκμήρια των γεγονότων· το γνωστικό μας όμως σύστημα δεν μπορεί παρά να τα διαβάζει με τις προϋπάρχουσες και μεταβαλλόμενες δόσεις εσωτερικευμένης εμπειρίας, φαντασίας και δημιουργικότητας που διαθέτει και για την περίπτωση του Κόσμου των προσδοκιών.

Επιπλέον, βιωμένες εμπειρίες και προσδοκίες δεν είναι εύκολο να διακριθούν. Κάθε στιγμή οι προσδοκίες αντιστοιχούν σε ένα σύνολο εν δυνάμει εμπειριών που η πράξη επιλέγει το ποιες απ' αυτές θα βιωθούν. Το βίωμα προσθέτει μια νέα σταγόνα εμπειρίας (James, 1914) που λειτουργεί για τον «οργανισμό» με ιστορική δυναμική, όπως αυτή που περιγράφουν οι θεωρητικοί της πολυπλοκότητας για τα αυτο-οργανωμένα συστήματα (Mainzer, 1994). Η σταγόνα προστίθεται και παραλλάσει την ήδη βιωμένη εμπειρία επηρεάζοντας, περισσότερο ή λιγότερο, και το σύνολο των προσδοκιών, δηλαδή το σύνολο των εν δυνάμει μελλοντικών σταγόνων εμπειρίας.

Η εκτίμησή μου είναι ότι ~~αυτή είναι η~~ εδώ διαχειριζόμαστε την πολύπλοκη ανθρώπινη κατάσταση· με τις ΦΕ και τη ΔΦΕ να προσπαθούν να τη «συμμαζέψουν», να την κωδικοποιήσουν σε κείμενα, να την καταστήσουν μέρος της εσωτερικευμένης εμπειρίας ειδικών· και κυρίως να τη χρησιμοποιήσουν για να παρέμβουν και να κατασκευάσουν έναν προσχεδιασμένο Κόσμο βιωμένης εμπειρίας που να μοιάζει μ' αυτόν των προσδοκιών-υποθέσεων (π.χ. οι ΦΕ να κατασκευάσουν κομμάτια ενός λειτουργικά προβλέψιμου υλικού κόσμου, η ΔΦΕ να εκπαιδεύσει πολίτες που θα κατανοούν τους επιστημονικούς κώδικες κ.λπ.). Ή και αντίστροφα, να επηρεάσουν πολιτισμικά τον κόσμο των προσδοκιών ώστε να ταιριάξει με αυτόν της βιωμένης εμπειρίας που διαμορφώνεται από άλλους παράγοντες (π.χ. οι ΦΕ να πείσουν ότι «ξέρουν» τι λένε και τι κάνουν στην περίπτωση προβλημάτων όπως η τρέχουσα επιδημία του Covid-19, η ΔΦΕ να μετασχηματίσει γλωσσικά ή παιδαγωγικά τους επιστημονικούς κώδικες ώστε να μπορούν να τους χειριστούν και μη ειδικοί κ.λπ.).

Οι ΦΕ φαίνεται να τα έχουν καταφέρει σε μεγάλο βαθμό. Οι δόσεις της εσωτερικευμένης εμπειρίας των ειδικών έχουν δημιουργήσει περιορισμένου αριθμού κείμενα που διατρέχονται από ικανοποιητικά κωδικοποιημένες θεωρίες καθολικής εφαρμογής, οι οποίες μεταβάλλονται αργά, χωρίς να αποδιοργανώνονται. Οι δόσεις της φαντασίας περιορίζονται από τις θεωρίες και εκφράζονται ως υποθέσεις (προσδοκίες) που συμφωνούν καταρχήν με τις θεωρίες και σε σπάνιες περιπτώσεις τις προσπερνούν και γεννούν νέες. Οι δόσεις της δημιουργικότητας, βέβαια, είναι απίστευτα μεγάλες· μεγάλες όσο και οι αλλαγές που προκαλούν στον Κόσμο της βιωμένης εμπειρίας οι δημιουργικές κατασκευές-υλικά τεχνήματα, που υποδεικνύουν οι θεωρίες και οι υποθέσεις που γεννούν.

Η ΔΦΕ από την άλλη μεριά δεν έχει να επιδείξει ανάλογης έκτασης επιτυχίες. Η εκτίμηση αυτή είναι προφανώς υπόθεση του συγγραφέα, η οποία, με βάση την προηγούμενη υπόθεση, στηρίζεται στις διαφορές που εντοπίζονται ανάμεσα στον Κόσμο των προσδοκιών των ειδικών της ΔΦΕ και τον βιωμένο κοινωνικό Κόσμο των διδακτικών-μαθησιακών παρεμβάσεων και δράσεων. Οι διαφορές αυτές δημιουργούν εντάσεις που επιτρέπουν την κατασκευή προβλημάτων, με τα οποία έχει έρθει αντιμέτωπη η ΔΦΕ. Δύο από αυτά, τα συσχετισμένα μεταξύ τους προβλήματα, θα παρουσιάσω στη συνέχεια, μιας και εκτιμώ ότι κυριαρχούν, επιμένουν και ως εκ τούτου κινητοποιούν τη σχετική έρευνα.

Το πρώτο πρόβλημα είναι επικοινωνιακό. Οι επιστημονικές διάλεκτοι αντιστέκονται στη «μετάφρασή» τους στις διάφορες φυσικές γλώσσες που χρησιμοποιούν οι πολίτες όλων μάλλον των κοινωνιών και πολιτισμών. Με το πρόβλημα αυτό έχει ασχοληθεί η ΔΦΕ επί μακρόν (δες το εμβληματικό πρόγραμμα ανίχνευσης των «ιδεών των μαθητών»), χωρίς να το έχει ουσιαστικά επιλύσει μέσα από τα πολύπλοκα μονοπάτια της «εννοιολογικής αλλαγής» (Duit & Treagust, 2003). Εδώ, θα υποστηρίξω ότι οι ρίζες αυτού του προβλήματος, λόγω της καθολικής του παρουσίας σε όλους τους πολιτισμούς, χρειάζονται μια καθολική υπόθεση για να κατασκευαστούν. Οι διαφορετικές σημασίες-έννοιες που μια φυσική γλώσσα αποδίδει στους επιστημονικούς όρους δεν μπορεί να είναι η καρδιά του προβλήματος, γιατί μια φυσική γλώσσα πάντα αποδίδει διαφορετικές σημασίες σε ίδιους όρους, χωρίς αυτό να δημιουργεί προβλήματα (δες τις διαφορετικές σημασίες ενός όρου σε οποιοδήποτε λεξικό μιας φυσικής γλώσσας).

Το δεύτερο πρόβλημα είναι εκπαιδευτικό-πολιτικό και συμβιώνει με το προηγούμενο. Στον εκπαιδευτικό χώρο εντοπίζεται εύκολα: παρά τους διεθνείς εμβληματικούς στόχους των τελευταίων τριάντα χρόνων περί εκπαιδευτικής συμπερίληψης και διαφοροποίησης (αποτελεσματική εκπαίδευση για ΟΛΟΥΣ και ΟΛΕΣ ανεξαιρέτως), κανένα εκπαιδευτικό σύστημα δεν φαίνεται να μπορεί να επιβιώσει εντός των σύγχρονων, βαθιά ανταγωνιστικών κοινωνιών, χωρίς τελικά να καταλήγει να διαχωρίζει τους εκπαιδευόμενους σε «καλούς», «μέτριους» και «κακούς», με ποσοτικά κριτήρια-βαθμούς. Ένας διαχωρισμός που μπορεί εύκολα να οδηγήσει στην επί της ουσίας καταστρατήγηση του στόχου της συμπερίληψης. Εδώ θα ισχυρισθώ ότι η αποδοχή του προαναφερθέντος επικοινωνιακού προβλήματος ως «άλυτου», μετατρέπει τον βαθμολογικό διαχωρισμό των εκπαιδευόμενων και για τις

περιπτώσεις γνωστικών αντικειμένων από τις ΦΕ, σε δυσμενές για κάποιες κοινωνικές ομάδες «φαινόμενο», για το οποίο δεν διαμαρτύρεται κανείς.

Το συγκεκριμένο πρόβλημα, όμως, έχει μάλλον πιο βαθιές ρίζες. Σχετίζεται με τον πολιτικό ετεροκαθορισμό των προσδοκιών-στόχων της ΔΦΕ (Τσελφές, 2020). Ένα πρόβλημα που προκύπτει αυτονόητα από το γεγονός ότι οι εκπαιδευτικές πολιτικές είναι εκείνες που έχουν το δικαίωμα και την υποχρέωση να καθορίσουν τους σκοπούς και τους στόχους των προγραμμάτων σπουδών της όποιας Γενικής Εκπαίδευσης. Από αυτούς τους σκοπούς και στόχους δεν μπορεί να διαφύγει η ΔΦΕ. Πιέζεται έτσι στην κατεύθυνση μιας εφαρμοσμένης διεπιστημονικής δραστηριότητας-πειθαρχίας, που καταλήγει να θέτει αυτονόητα τους στόχους της εκπαιδευτικής πολιτικής που εκτιμά ότι την αφορούν, ως δικούς της στόχους· συρόμενη με τον τρόπο αυτό στους ξέφρενους ρυθμούς του πολιτικού χρόνου, που στην εποχή μας οδηγούν προς αποσπασματικές αναζητήσεις χρήσιμων-εφαρμοσμένων γνώσεων και όχι προς την ανάπτυξη θεωρητικών-ενοποιητικών αρχών ενός αυτοτελούς ακαδημαϊκού αντικειμένου.

Μεθοδολογία

Η μεθοδολογία είναι εξαιρετικά απλή αν και η a priori δήλωσή της δεν συνηθίζεται. Θα διαβάσω τα δύο προβλήματα που αναφέρω παραπάνω με παλαιότερους από τους τελευταίους καθιερωμένους στη ΔΦΕ θεωρητικούς φακούς· παλαιότερους δηλαδή από τους θεωρητικούς φακούς του κονστρουκτιβισμού ή και του κονστρουξιονισμού. Η ιδέα δεν είναι πρωτοφανής στις μέρες μας. Μια ματιά στην εκπαιδευτική αρθρογραφία (και αυτή της ΔΦΕ) πείθει ότι σε περιόδους κρίσεων και επαναθεωρήσεων, όπως η σημερινή, οι κρυφές ματιές στο παρελθόν συνηθίζονται. Για παράδειγμα, οι ετήσιες αναφορές στον John Dewey, ναι, στον πραγματιστή φιλόσοφο (και της εκπαίδευσης) των επίσης ταραγμένων χρόνων της αρχής του προηγούμενου αιώνα, έχουν εικοσαπλασιαστεί από τη δεκαετία του 1990 μέχρι σήμερα, αριθμώντας από περίπου 1.000, τις 20.000 (https://scholar.google.gr/citations?hl=el&user=dD5DTREAAAAJ).

Τι λέει όμως γενικότερα το πραγματιστικό ρεύμα της εποχής εκείνης (William James, John Dewey, Charles Sanders Peirce, Alfred North Whitehead), καθώς και των επιγόνων (π.χ. Andrew Pickering), για τα δύο παραπάνω προβλήματα;

Αυτό είναι το «διάβασμα» που θα επιχειρήσω, αποφεύγοντας και επομένως μετασχηματίζοντας, τους αυστηρούς ορισμούς των φιλοσοφικών κειμένων.

Το επικοινωνιακό πρόβλημα

Οι μαθητές των ΦΕ όλων των βαθμίδων της εκπαίδευσης γνωρίζουν μια τουλάχιστον φυσική γλώσσα. Μια γλώσσα που έμαθαν να χειρίζονται, κατά κανόνα λειτουργικά, πριν καν ξεκινήσουν τη Γενική Εκπαίδευσή τους. Όλες όμως οι φυσικές γλώσσες έχουν Γραμματική. Και η Γραμματική τους φανερώνει ότι διαθέτουν μια ενσωματωμένη

οντολογία (Martin, 2018) που οι νέοι πολίτες κατανοούν βαθιά, αν και υπόρρητα, από τη νηπιακή ηλικία, όταν σταδιακά κατακτούν, αναπαράγουν αλλά και παράγουν πρωτότυπες γι' αυτούς γλωσσικές δομές. Σε γενικές γραμμές, δηλαδή, κατανοούν ότι η πραγματικότητα του Κόσμου που διαχειρίζονται γλωσσικά περιλαμβάνει οντότητες που αντιστοιχούν σε *ουσιαστικά* και *επίθετα*· αποτελούν οντότητες που σχετίζονται μεταξύ τους, όπως υπαγορεύουν τα *υποκείμενα*, τα *ρήματα*, τα *αντικείμενα* και τα *κατηγορούμενα*. Από πλευράς δηλαδή ύπαρξης, οι φυσικές γλώσσες υπαγορεύουν ότι ο Κόσμος περιλαμβάνει σημαντικές *ουσίες* (κρύβονται πίσω από τα ουσιαστικά) που χαρακτηρίζονται από *ιδιότητες* (προσδιορίζονται από τα επίθετα). Και η δυναμική του είναι γραμμική: τα υποκείμενα *δρουν ενεργητικά πάνω στα αντικείμενα*, όπως περιγράφουν τα ρήματα ή *υφίστανται παθητικά τη δράση* που μεταφέρουν τα ρήματα. Οι ουσίες (ουσιαστικά), υποκείμενα ή αντικείμενα, διαθέτουν *ιδιότητες/χαρακτηριστικά* τις οποίες διατηρούν ή μεταβάλλουν όπως υπαγορεύουν μέσω των συνδετικών ρημάτων τα *κατηγορούμενα* κ.ο.κ.

Από αυτή την οντολογία δεν μπορεί κάποιος να ξεφύγει εύκολα, ακόμη και αν χρησιμοποιεί τη φυσική γλώσσα για εξειδικευμένες επεξεργασίες (δες κριτική του A. N. Whitehead (1929) στην αρχαιοελληνική φιλοσοφία). Και δεν μπορεί να ξεφύγει γιατί η εμπειρία τον οδηγεί με το πρώτο βήμα της σε μια *παραστατική αμεσότητα* που μέσα από αιώνες καθημερινής εφαρμογής και επεξεργασίας εξυπηρετείται από τις φυσικές γλώσσες.

Οι ΦΕ όμως έχουν μετατοπιστεί σημαντικά σε σχέση με την παραπάνω οντολογία, με αποτέλεσμα οι διάλεκτοι που χρησιμοποιούν να μην μπορούν να μεταφραστούν επαρκώς μέσω μιας φυσικής γλώσσας (Τσελφές & Παρούση, 2015). Η πραγματικότητά τους αντιπροσωπεύεται από θεωρητικές κατασκευές με χαρακτηριστικά *αιτιώδους αποτελεσματικότητας*, που δεν προσεγγίζονται από τις αισθήσεις ενώ μπορούν να οικοδομηθούν και εμπειρικά μετά από μακρά ενασχόληση με τις δομές των επιστημονικών διαλέκτων (κάτι που συνέβαινε από πάντα και εξακολουθεί να συμβαίνει με μικρούς αριθμούς μαθητών, ανεξαρτήτως διδακτικής προσέγγισης). Αυτές οι θεωρητικές κατασκευές αιτιώδους αποτελεσματικότητας συγκρούονται ευθέως με την άμεση εμπειρία, αυτή που αναπαρίσταται από την ομιλούμενη γλώσσα. Μια σύγκρουση διάσημη στους χώρους της ΔΦΕ, με τον τίτλο *εννοιολογική σύγκρουση* (Duit & Treagust, 2003).

Εδώ, η υπόθεση που υποστηρίζω λέει ότι η σύγκρουση αυτή είναι αναπόφευκτη για τη μεγάλη πλειοψηφία των μαθητών αλλά και των ενηλίκων και μάλλον αθεράπευτη. Για τις γλωσσικές διαλέκτους των ΦΕ, η πραγματικότητα φαίνεται να δομείται από σχέσεις-αλληλεπιδράσεις και όχι από ουσίες και ιδιότητες. Οι ΦΕ, μετά Νεύτωνα, εξαφάνισαν τις αισθητές υλικές οντότητες, τις κατά Καρτέσιο εκτεινόμενες, μετατρέποντάς τες σε υλικά σημεία, νέφη πιθανοτήτων, κυματοσυναρτήσεις κ.ο.κ. Στη θέση τους κατασκευάζουν σχέσεις: από τη *θέση* και τη *δύναμη* μέχρι την *ενέργεια*, τα *πεδία*, τα *σωματίδια ανταλλαγής* αλλά και τις *μάζες* (δες το πρόσφατο πείραμα στο CERN, το οποίο μάλλον πέτυχε να αναδείξει τη μάζα ως σχέση ενός σωματιδίου με το πεδίο-σωματίδιο Higgs, εις βάρος προφανώς της ιδέας ότι η μάζα είναι ιδιότητα του σωματιδίου). Και μέσω αυτών των σχέσεων-μεταβλητών, οδηγούνται στο να δίνουν μετρήσιμη ταυτότητα πραγματικότητας

και στις οντότητες που η καθημερινή εμπειρία συνδυασμένη με τη φυσική γλώσσα έχει καθιερώσει ως υλικές πραγματικότητες. Ταυτότητα που δεν έχει αναφορά στην ουσία ή τις ιδιότητες των οντοτήτων αλλά στις σχέσεις τους με άλλες οντότητες.

Το αποτέλεσμα είναι οι επιστημονικές διάλεκτοι να έχουν νόημα μέσα σε μια διαφορετική οντολογία (Martin, 2018), η οποία εμποδίζει και τη μετάφραση σε μια φυσική γλώσσα. Κάτι που μάλλον δεν θεραπεύεται ούτε με τον Παιδαγωγικό Μετασχηματισμό του Περιεχομένου. Μετασχηματισμό, που το παιδαγωγικό του πλαίσιο τον υποχρεώνει, στην παρούσα τουλάχιστον φάση, να στηρίζεται στην οντολογία των φυσικών γλωσσών.

Ένα απλό παράδειγμα-πρόβλημα, το οποίο οι γλωσσολόγοι με τους οποίους προσπάθησα να το συζητήσω επιμένουν να αφορίζουν: καθημερινές φράσεις όπως «Ο ήλιος ανατέλλει» (ή δύει) είναι σε χρήση από όλους τους φυσικούς ομιλητές της Ελληνικής γλώσσας. Οι φράσεις αυτές μιλούν για ανθρώπινες καθημερινές εμπειρίες, με το ουσιαστικό Ήλιος να αποτελεί την κεντρική ενεργητική οντότητα που καθορίζει με τη συμπεριφορά του την εναλλαγή μέρας-νύχτας. Οι ΦΕ επιχειρούν ακόμη και από το Νηπιαγωγείο να πείσουν τους μαθητές ότι το καθημερινό αυτό γεγονός είναι αποτέλεσμα της κινητικής σχέσης που υπάρχει μεταξύ Ήλιου και Γης. Λένε για παράδειγμα το απλοϊκό, ότι αυτό συμβαίνει επειδή η Γη, μαζί με τους κατοίκους της, περιστρέφεται γύρω από τον εαυτό της. Η ενεργητική οντότητα δηλαδή είναι η Γη. Υπάρχει κάποια δόκιμη φράση της φυσικής γλώσσας που να δηλώνει ενέργεια της Γης η οποία έχει ως αποτέλεσμα την ανατολή ή τη δύση (του Ήλιου...); Βέβαια, θα πει κάποιος, αν τα όσα γράφονται σε αυτή την παράγραφο είναι κατανοητά τότε η φυσική γλώσσα μπορεί να κάνει τη δουλειά της! Τα όσα όμως γράφονται για να εξηγήσουν μέσω της κίνησης της Γης την ανατολή και τη δύση (του Ηλίου...) είναι ερμηνευτικά· περιέχουν χαρακτηριστικά αιτιώδους αποτελεσματικότητας που δεν προσεγγίζονται άμεσα από τις αισθήσεις (η Γη περιστρέφεται γύρω από τον εαυτό της με εξωφρενική, μάλιστα, ταχύτητα!) και ασφαλώς καλό θα ήταν να μην περιμένει κάποιος ότι θα είναι εξίσου αποτελεσματικά με τα εμπειρικά χαρακτηριστικά της παραστατικής αμεσότητας, όπου ο Ήλιος είναι εκείνος που ανατέλλει ή δύει. Αυτό δεν σημαίνει ότι τα παιδιά δεν καταλαβαίνουν τι τους λέμε. Αντιθέτως, επειδή καταλαβαίνουν περισσότερα από όσα νομίζουμε, κατασκευάζουν εναλλακτικές πραγματικότητες για να τα βγάλουν πέρα. Όταν είναι στο Νηπιαγωγείο, όπου δεν απειλούνται από κακούς βαθμούς, και τους ζητήσουμε να ζωγραφήσουν τη Γη θα ακούσουμε με μεγάλη συχνότητα τη διευκρινιστική ερώτηση: *Ποια κυρία; Τη στρογγυλή ή την άλλη;*

Ακόμη και στις μεγαλύτερες τάξεις, όταν μιλάμε για τη Νευτώνεια *δύναμη*, μάλλον δεν έχουμε κάποια δόκιμη έκφραση για να δηλώνουμε ότι η δύναμη αποτελεί μια πραγματική οντότητα που συγκροτεί μια σχέση μεταξύ δύο σωμάτων, την οποία τα σώματα δεν περιλαμβάνουν ως ιδιότητα-χαρακτηριστικό. Η φυσική γλώσσα μας καθοδηγεί να λέμε ότι το σώμα Α ασκεί δύναμη πάνω στο σώμα Β και το σώμα Β μια ίση και αντίθετη δύναμη πάνω στο σώμα Α. Οντολογικά αυτό σημαίνει ότι τα σώματα Α και Β είναι και ενεργητικές και παθητικές οντότητες. Ασκούν, δηλαδή και δέχονται δυνάμεις και ως εκ τούτου περιέχουν ή αποκτούν κάποια σχετική με τη δύναμη ικανότητα/ιδιότητα. Με ποια άραγε φράση θα μπορούσαμε να διατυπώσουμε το φαινόμενο ως σχέση; Ίσως με το ότι τα

σώματα Α και Β αλληλοεπιδρούν μέσω μιας δύναμης; Και εδώ όμως τα σώματα Α και Β (αλληλοεπι) δρουν… μέσω μιας δύναμης. Η υπονοούμενη παραπάνω ικανότητα των σωμάτων εξακολουθεί να υφίσταται. Αυτό λέει η φυσική γλώσσα και η Νευτώνεια δύναμη χάνει το απίστευτης ευφυίας και φαντασίας περιεχόμενο της σχέσης, που ασφαλώς βρίσκεται έξω από τα σώματα και ενεργοποιείται με βάση και τα χαρακτηριστικά της χωρικής σχέσης των σωμάτων, εντός ενός άπειρου, ομογενούς και ισότροπου σχεσιακού χώρου· χαρακτηριστικά που την υποχρεώνουν να υπάρχει σε συγκεκριμένου τύπου ζεύγη.

Αλλά και στη ΔΦΕ λέμε ότι τα υποκείμενα είναι ενεργητικά και (επ-)οικοδομούν τις γνώσεις. Αναγνωρίζουμε ότι αυτή η ενεργητική διαδικασία περιλαμβάνεται μέσα σε μια σχέση του *υποκειμένου* με το *αντικείμενο* της γνώσης (δες τη γραμματική πίσω από την ορολογία του Piaget). Σπάνια διαβάζουμε ότι η γνώση *αναδύεται* εντός μιας σχέσης. Μια έκφραση που μπορεί να στέκει μόνο μέσα σε μια διαφορετική οντολογία από την καθημερινή. Μια οντολογία που προσεγγίζει τη σχέση ως ενεργητική οντότητα-πραγματικότητα μέσα από την οποία *αναδύονται οι γνώσεις αλλά και τα υποκείμενα και τα αντικείμενα* με διαφορετικά χαρακτηριστικά για τις διαφορετικές σχέσεις.

Στην προέκταση αυτής της σιωπηλής επιστημονικής οντολογίας στην καθημερινή ζωή η πραγματικότητα αλλά και η υπόσταση των γνώσεων συνοψίζεται από τον A. Pickering (2010) στο ότι: *… αν υπάρχει ένας Ήλιος γύρω από τον οποίο γυρίζουν όλα τα άλλα, τότε αυτός είναι η επιτέλεση (performance)· όχι η γνώση. Η γνώση είναι ένας πλανήτης ή ίσως ένας κομήτης, που κάποιες φορές συμμετέχει στη δυναμικής της πράξης (practice) και κάποιες φορές όχι. Και το σημαντικό … είναι ότι η πράξη έχει τη δική της δομή που κάποιος μπορεί να εξερευνήσει και να μιλήσει γι' αυτή…* (σ. 381).

Αν έχει δίκιο και την πραγματικότητα την καθορίζουν οι σχέσεις και οι εντός των σχέσεων πράξεις, τότε τα εννοιολογικά περιεχόμενα είναι μεταβλητές που επιλέγονται ή κατασκευάζονται τοπικά και πρόσκαιρα, ανάλογα με την κατεύθυνση των σχέσεων-πράξεων. Τότε, το ερώτημα «Τι είναι η θερμοκρασία; Μέτρο της κινητικής κατάστασης/ενέργειας των μορίων ή η ένδειξη του θερμομέτρου;» ίσως δεν έχει μονοσήμαντη απάντηση αλλά έχει απάντηση που εξαρτάται από το πλαίσιο την σχέσης-πράξης μέσα από την οποία αναδύεται: θεωρητικό, καθημερινό, εργαστηριακό…

Οπότε και η οργάνωση της Γενικής Εκπαίδευσης στη βάση μονοσήμαντων εννοιολογικών περιεχομένων θα έχει τα δικά της προβλήματα.

Το εκπαιδευτικό-πολιτικό πρόβλημα

Για να διευκρινιστούν οι γενικότερες εκπαιδευτικές αλλά και οι πολιτικές συνιστώσες της ΔΦΕ ως επιστήμης εφαρμοσμένης στον χώρο της ΓΕ αλλά και στον ευρύτερο κοινωνικό χώρο, θα προβάλω μερικά ενδεικτικά ερωτήματα-προβλήματα, τα οποία προκύπτουν από συνδεδεμένα μεταξύ τους «αυτονόητα» (δες και Τσελφές, 2020) που αφορούν τόσο την εκπαίδευση στο σύνολό της όσο και τη ΔΦΕ ως επιστημονική πειθαρχία.

1ο αυτονόητο. Είναι η ΓΕ των πολιτών καταρχήν «δικαίωμα» όλων ή όχι; Γιατί, στις μέρες μας, πολλές συζητήσεις ξεκινούν με τη βασική υπόθεση ότι η εκπαίδευση είναι καταρχήν «οικονομική επένδυση». Επιπλέον, είναι άραγε και «υποχρεωτική»; Γιατί αν η ΓΕ είναι οικονομική επένδυση, ίσως ο υποχρεωτικός χαρακτήρας να την καθιστά ασύμφορη, τουλάχιστον κοντοπρόθεσμα, και να την ανατρέπει στην πράξη, εν μέρει ή στο σύνολό της.

Για παράδειγμα, κάτι αντίστοιχο συμβαίνει με την ψήφο των εκλογών στην Ελληνική Δημοκρατία: είναι δικαίωμα όλων των ενηλίκων πολιτών αλλά ταυτόχρονα είναι και υποχρεωτική. Στην πράξη όμως, το θεσμοθετημένο υποχρεωτικό της ψήφου έχει ανατραπεί. Ποσοστά αποχής που ξεπερνούν το 30% ή το 40%, γίνονται αποδεκτά και δεν κινητοποιούν κανέναν θεσμό δικαίου. Ισχύει το ίδιο και για τη ΓΕ; Είναι δηλαδή αυτή επί της ουσίας δικαίωμα μόνον των «αρίστων» ή των αποκαλούμενων «καλών» μαθητών; Ή είναι δικαίωμα και των «κακών» μαθητών, τους οποίους κάποιος θα πρέπει να αναλάβει την υποχρέωση για να τους πείσει να το ασκήσουν; Ή το υποχρεωτικό της εκπαίδευσης σημαίνει υποχρεωτική και τακτική (χωρίς δηλαδή πολλές απουσίες) *επίσκεψη* στα σχολεία και όχι υποχρεωτική μύηση στην κουλτούρα που οι εκπαιδευτικοί θεσμοί έχουν αποφασίσει;

Πάντως, αν είναι υποχρεωτική μύηση και όχι επίσκεψη στις τάξεις, τότε η ΔΦΕ έχει έναν μείζονα θεσμικό σκοπό, που η υλοποίησή του δεν είναι ικανοποιητική: να πείσει έναν μεγάλο αριθμό μαθητών να ασκήσουν το δικαίωμά τους στη μύηση στον επιστημονικό πολιτισμό!

2ο αυτονόητο. Είναι η ΓΕ των πολιτών μια γενικότερη διαδικασία ολόπλευρης ανάπτυξης των γνώσεων και των ικανοτήτων των παιδιών και των νέων ή αποτελεί διαδικασία συμβολικής χειραγώγησής τους σε επιλεγμένες κατευθύνσεις (Μακρυνιώτη, 1997); Γιατί, τα προγράμματα σπουδών τείνουν γενικά να δηλώνουν ρητά, μέσω των σκοπών και των στόχων της εκπαίδευσης, την πρώτη επιλογή· ενώ τα αναλυτικά προγράμματα, με τον αυστηρό περιορισμό του περιεχομένου, τις προτεινόμενες διδακτικές μεθόδους και κυρίως τις κυρίαρχες μεθόδους αξιολόγησης των μαθητών, φαίνεται να επιδιώκουν τη δεύτερη επιλογή.

Διαφορετικά (Azaola, 2012): η ΓΕ υπάρχει και στηρίζεται από τους θεσμούς και τους πολίτες για να επιδιώκει και να πετυχαίνει την κοινωνική και πολιτισμική αναπαραγωγή (δεύτερη επιλογή) ή το σύστημά της είναι φτιαγμένο με τρόπο που ταυτόχρονα με την αναπαραγωγή είναι σε θέση να συμβάλει και στην αμφισβήτηση, τροποποίηση και εξέλιξη του κοινωνικού και πολιτισμικού συστήματος (πρώτη επιλογή); Και ναι μεν, αν κάποιος ψάξει την ιστορία του ανθρώπινου είδους δεν θα συναντήσει ούτε ένα κοινωνικό σύστημα ή πολιτισμό που απλά αναπαράγεται, χωρίς να εξελίσσεται, προς το καλύτερο ή το χειρότερο· το δικό μας όμως θέμα είναι το αν το εκπαιδευτικό σύστημα περιλαμβάνει, με κάποιον θεσμικά αποδεκτό τρόπο, συνιστώσες που αισθάνονται και φροντίζουν αυτή την παγκόσμια μοίρα των κοινωνιών και των πολιτισμών;

Εδώ, η ΔΦΕ αναλαμβάνει έναν επιπλέον σημαντικό στόχο. Επειδή όλα τα επιστημονικά αντικείμενα των ΦΕ περιλαμβάνουν από τη γέννησή τους ένα ισορροπημένο μείγμα

αναπαραγωγής και αμφισβήτησης του εαυτού τους (κανονικές κατά Kuhn περιόδους και περιόδους επαναστάσεων) είναι ιδανικά για να μυήσουν τους μαθητές τόσο σε πρακτικές στέρεης (επ)οικοδόμησης (δεύτερη επιλογή) όσο και σε πρακτικές αμφισβήτησης με παρρησία (πρώτη επιλογή).

3ο αυτονόητο. Η «ευθύνη» της ΓΕ των πολιτών βαρύνει την πολιτεία; Δηλαδή, η απόφαση για τους στόχους, τη μορφή, τα μέσα της εκπαίδευσης είναι τελικά μια πολιτική απόφαση της εκάστοτε δημοκρατικά επιλεγμένης πολιτικής ηγεσίας; Ή είναι απόφαση των επιστημόνων, των εκπαιδευτικών ή των «σοφών» και των τεχνοκρατών, τους οποίους η εκάστοτε πολιτική ηγεσία συμβουλεύεται; Μήπως είναι ευθύνη του κάθε νέου πολίτη, του κάθε παιδιού, να αποφασίζει ελεύθερα για τον εαυτό του; Ή η θεσμοθετημένη πολιτική ηγεσία είναι η μόνη που μπορεί να σταθμίζει και να αποφασίζει; Γιατί αυτή γνωρίζει επαρκώς και εκτιμά, πάντα ελπίζουμε ορθώς, τις μεταβαλλόμενες κοινωνικές και πολιτικές παραμέτρους που επηρεάζονται από τη ΓΕ· παραμέτρους που ούτε οι επιστήμονες ούτε οι σοφοί ούτε οι ιδιώτες γνωρίζουν «εκ των έσω». Επιπλέον, επειδή στο πολιτικό μας σύστημα ευθύνη σημαίνει και λογοδοσία, ποιος λογοδοτεί για τα εκπαιδευτικά αποτελέσματα; Ο Υπουργός; Οι τεχνοκράτες και οι επιστήμονες (όπου συμπεριλαμβάνονται και αυτοί της ΔΦΕ); Οι εκπαιδευτικοί; Οι μαθητές; Οι γονείς; Γιατί αν ευθύνονται όλοι (κατά το μέρος του ο καθένας), τότε δεν ευθύνεται κανείς. Και αν ευθύνονται οι μαθητές, όπως μάλλον υπονοούν τα κυρίαρχα εξεταστικά συστήματα τα οποία «τιμωρούν» τις αποτυχίες τους, τότε κάτι δεν πάει καλά. Οι υπερκείμενοι θεσμικοί κανόνες θεωρούν τους μαθητές «ανήλικους»· δηλαδή πολίτες περιορισμένης ευθύνης. Περιλαμβάνει η ΔΦΕ στους στόχους και κυρίως στις πρακτικές της, διαδικασίες συγκεκριμενοποίησης αυτής της ασάφειας;

Πίσω από τα παραπάνω τρία προβλήματα που κατασκευάζονται με βάση αντίστοιχα κοινωνικά-πολιτικά αυτονόητα, εκτιμώ ότι βρίσκεται η πολύπλοκη και εν πολλοίς αυτοποιητική δυναμική του εκπαιδευτικού συστήματος. Μια δυναμική που διαμορφώνεται από τις σχέσεις μεταξύ Εκπαιδευτικών Κοινοτήτων, Θεσμών και Πολιτών. Δυναμική, που στην περίπτωση της Ελλάδας, σταθεροποιείται κυρίως μέσω των σχετικά αυτόνομων δράσεων και δημιουργικών πρακτικών των υποκειμένων, που αναδύονται κάθε στιγμή εντός των εντάσεων τις οποίες δημιουργούν οι μεταξύ τους σχέσεις, της επικοινωνιακής (μέσω γραπτών εγκυκλίων, ειδήσεων, διαδόσεων, προσωπικών εμπειριών, υπόρρητων σχολίων, ρητών και υπόρρητων αξιολογήσεων, άρθρων γνώμης κ.ο.κ.) μη εξαιρουμένης.

Τα τεκμήρια της αποτελεσματικής σταθεροποίησης της δυναμικής του Ελληνικού εκπαιδευτικού συστήματος μέσω της αυτονομίας που διαχειρίζονται σήμερα τα υποκείμενα, για παράδειγμα των εκπαιδευτικών κοινοτήτων, είναι πολλά και καταγεγραμμένα. Για παράδειγμα, στη βάση της Ευρυδίκης (European Commission, 2018) αλλά και τα αποτελέσματα του PISA 2015 (OECD, 2016), διαβάζουμε ότι το Ελληνικό εκπαιδευτικό σύστημα, σε σύγκριση με άλλα ευρωπαϊκά, διαθέτει, θεσμικά, μηδενική αυτονομία επιλογής του προς διδασκαλία-μάθηση περιεχομένου (αυτού των αναλυτικών προγραμμάτων) αλλά πλήρη αυτονομία ως προς τις διδακτικές μεθόδους που χρησιμοποιούνται. Δεδομένου όμως, ότι διαφορετικές διδακτικές προσεγγίσεις προβάλλουν διαφορετικές όψεις του επιστημονικού

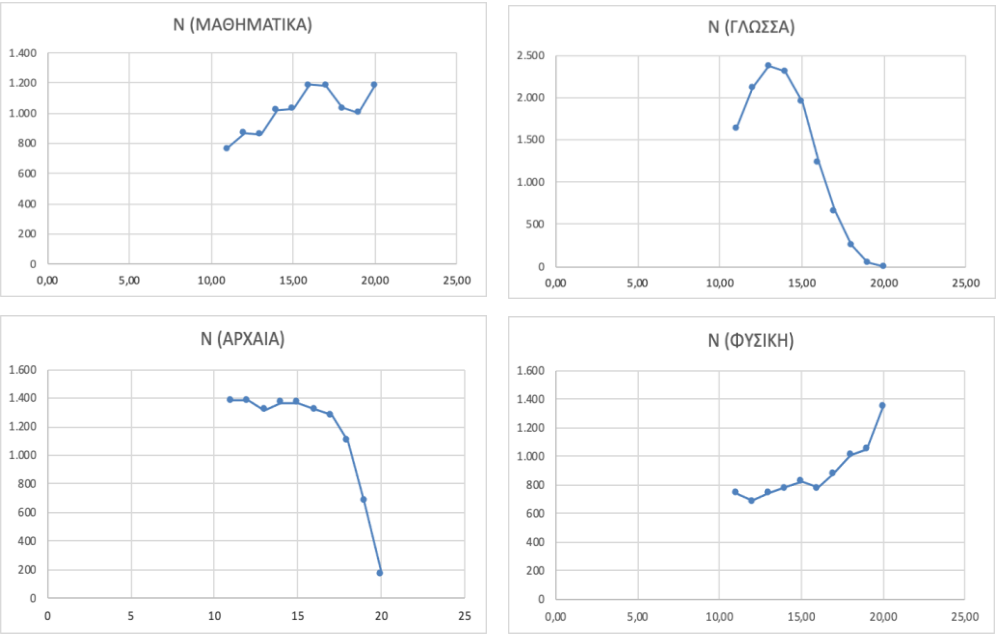
περιεχομένου και το μετατρέπουν σε πλαισιακά τροποποιημένο περιεχόμενο, είναι προφανές ότι το σύστημα παρέχει, τελικά, αυτονομία ως προς την ουσιαστική εννοιολόγηση του περιεχομένου: κάποιος εκπαιδευτικός μπορεί να κάνει φροντιστηριακό μάθημα και να προβάλλει τους κώδικες και τα αφηρημένα σχήματα του περιεχομένου που οδηγούν σε επιτυχείς γραπτές εξετάσεις· κάποιος άλλος εστιάζει σε κοινωνικά ή περιβαλλοντικά ευαίσθητο περιεχόμενο, προβάλλοντας τις κοινωνικές συνέπειες των επιστημονικών τεχνημάτων· κάποιος τρίτος επιμένει στην μέσω καθοδηγούμενων πειραμάτων ανάδειξη της επιστημονικής γνώσης ως εμπειρικά και επαγωγικά τεκμηριωμένης· κάποιος τέταρτος αναδεικνύει τις διαφορές της επιστημονικής γνώσης από την καθημερινή, επιμένοντας εποικοδομητικά· κάποιος πέμπτος μεταφέρει κυρίως το απαγωγικά/ παραγωγικά τεκμηριωμένο θεωρητικό περιεχόμενο των βιβλίων κ.ο.κ. Στην ίδια βάση διαβάζουμε ότι οι Έλληνες εκπαιδευτικοί παρουσιάζουν μια από τις μικρότερες αναλογίες ωρών μη διδακτικής απασχόλησης προς ώρες διδακτικής απασχόλησης, την ίδια στιγμή που εμφανίζονται να έχουν, εκ του Νόμου, τις περισσότερες υποχρεώσεις, σε ευρωπαϊκό επίπεδο, που απαιτούν χρόνο εξωδιδακτικής απασχόλησης. Είναι προφανές ότι και αυτή την αντίφαση οι εκπαιδευτικοί τη λύνουν με αυτόνομες προσωπικές ή και συλλογικές δράσεις, εντός μη καταγεγραμμένου (πολλές φορές και μη συνειδητού) εξωδιδακτικού χρόνου. Επίσης, η αυτονομία τους επηρεάζει πιθανότατα και τα αποτελέσματα των επιμέρους αξιολογήσεων των μαθητών τους, μιας και μπορεί να λειτουργεί είτε ως μέσο για τη βελτίωση της διδασκαλίας και κυρίως της μάθησης, είτε ως μέσο λογοδοσίας του σχολείου προς τους γονείς αλλά και τους θεσμούς, είτε ως μέσο λογοδοσίας των μαθητών, είτε και ως άσκοπη και περιττή διαδικασία (Α.ΔΙ.Π.Π.Δ.Ε., 2019).

Παρόλα αυτά, στο Ελληνικό εκπαιδευτικό σύστημα η *ιδέα* της αξιολόγησης των μαθητών με «αντικειμενικό τρόπο» βρίσκεται πολύ ψηλά στην κλίμακα των εκπαιδευτικών αξιών. Γι' αυτήν φαίνεται να έχουν άποψη όλα τα δρώντα υποκείμενα. Με τον τρόπο αυτό οι «αντικειμενικές εξετάσεις-βαθμολογήσεις», που αναφέρονται στην εισαγωγή φοιτητών στα πανεπιστήμια, φαίνεται να αποτελούν μετά τη δεκαετία του 1960 μια «βραδεία, καθοδηγούσα μεταβλητή» του συστήματος (Mainzer 1994, Τσελφές 2020, Τσελφές 2019), η οποία συμπαρασείρει και υποχρεώνει σε συμμόρφωση και όλες τις άλλες. Κανείς, για παράδειγμα, Υπουργός, εκπαιδευτικός, μαθητής ή πολίτης δεν διανοείται ότι ίσως θα ήταν λογικό τα πανεπιστήμια να επιλέγουν τους απόφοιτους του Λυκείου που εκτιμούν ως καταλληλότερους για φοιτητές τους· κανείς δεν διανοείται ότι μπορεί ένα γνωστικό αντικείμενο που δεν συμπεριλαμβάνεται στα εξεταζόμενα να έχει μεγαλύτερη αξία από κάποιο που εξετάζεται· όλοι θεωρούν την κατανόηση γνώσεων σημαντικότερη από την κατάκτηση πρακτικών, δεξιοτήτων ή ικανοτήτων, μιας και οι πρώτες είναι δυνατόν να εξετάζονται γραπτά και «αντικειμενικά» ενώ οι δεύτερες όχι· όλοι θεωρούν υποχρεωτική την ύπαρξη ενός μοναδικού διδακτικού βιβλίου ανά αντικείμενο, όπου θα καταγράφονται με μοναδικό τρόπο τα όσα εξετάζονται· όλοι θεωρούν ότι οι διαδοχικές βαθμίδες της εκπαίδευσης δεν μπορούν να υφίστανται ως ανεξάρτητες: κάθε κατώτερη προετοιμάζει τους μαθητές για την αμέσως ανώτερη και όλες μαζί για τις εισαγωγικές εξετάσεις στα πανεπιστήμια· και ασφαλώς, για κάθε πιθανή αποτυχία στην εκπαίδευση κάποιας βαθμίδας φταίει η προηγούμενη.

Τι αναδύεται όμως από τις σχέσεις των μαθητών με όλους αυτούς τους παράγοντες του πολύπλοκου εκπαιδευτικού-πολιτικού συστήματος; Αναδύεται, κατά την άποψή μου, κάτι πολύ σημαντικό και μάλλον υποβαθμισμένο και από τη ΔΦΕ. Τα μαθησιακά αποτελέσματα, ικανοποιητικά ή όχι, όλων σχεδόν των γνωστικών αντικειμένων, των ΦΕ συμπεριλαμβανομένων, δεν πετυχαίνουν να γίνουν μέρος των σχέσεων των μαθητών με οντότητες της καθημερινής ζωής τους (της τρέχουσας ή της ενήλικης μελλοντικής). Είναι παγωμένα μαθησιακά αποτελέσματα που η ζωή τους τελειώνει με το τέλος των πανελλαδικών εξετάσεων. Και καταγράφονται ως τέτοια στα αποτελέσματα αυτών των εξετάσεων.

Συγκεκριμένα, αν ρίξουμε μια ματιά στις κατανομές των αποτελεσμάτων των πανελλαδικών εξετάσεων (https://www.minedu.gov.gr/exetaseis-2/epal-m/ anakoinwseis-epala/45730-10-07-20-an1akoinosi-vathmologion-panelladikon-eksetaseon-gel-kai-epal-2022) θα δούμε παράξενα πράγματα. Αν εξαιρέσουμε το αντικείμενο της Νεοελληνικής Γλώσσας, όλες οι άλλες κατανομές βαθμών απέχουν πολύ από το να είναι κανονικές (δες Εικόνα 1).

Εικόνα 1: Παραδείγματα κατανομών, για βαθμούς των πανελλαδικών εξετάσεων του 2020 (πάνω από 10, όπως δίνονται αναλυτικά από το Υπουργείο)



Με ποιον τρόπο παράγονται αυτά τα αποτελέσματα;

Με όρους Καρτεσιανής οντολογίας (για να μη χρησιμοποιήσω πραγματιστικό λόγο και κάνω το κείμενο αχρείαστα δυσνόητο), τα γνωστικά αντικείμενα που εξετάζονται στις Πανελλαδικές Εξετάσεις έχουν πολλές όψεις:

Α. Συγκροτούνται μέσα σε κείμενα που καταγράφονται στα σχολικά αλλά και τα φροντιστηριακά βιβλία που χρησιμοποιούν μαθητές και εκπαιδευτικοί.

Β. Συγκροτούν σώμα γνώσεων και πρακτικών διαχείρισης των γνώσεων, που έχουν στο μυαλό τους οι εκπαιδευτικοί, των σχολείων και των φροντιστηρίων.

Γ. Συγκροτούν σώμα γνώσεων και πρακτικών διαχείρισης των γνώσεων που έχουν στο μυαλό τους οι μαθητές.

Δ. Συγκροτούν, τέλος, σώμα γνώσεων και πρακτικών διαχείρισης των γνώσεων που εξελίσσουν εντός των επιστημονικών κοινοτήτων οι ειδικοί.

Η όψη Α είναι «παγωμένη», περίπου «ιερή» και απαραβίαστη. Αποτελεί σημείο αναφοράς για κάθε νόμιμο, αντικειμενικό και αξιόπιστο γεγονός, εντός των πανελλαδικών εξετάσεων.

Η Β, σχετίζεται κυρίως με την Α, μέσω των διδακτικών πρακτικών διαχείρισης των κειμένων της Α. Πρακτικών που θεωρούνται νόμιμες με βάση την όψη Δ, την οποία οι εκπαιδευτικοί έχουν υπόψη τους.

Η Δ, βρίσκεται κατά κανόνα μακριά από τους χώρους τις Γενικής Εκπαίδευσης. Τα περιεχόμενά της και κυρίως η εξέλιξή της (οι αλλαγές της) αποτελούν ζητήματα της πανεπιστημιακής κοινότητας και δεν ακουμπούν τη σχέση μαθητών και εκπαιδευτικών.

Η όψη Γ, τέλος, συγκροτείται από όσα η όψη Α και η όψη Β αναμειγνύει εντός Γενικής τυπικής και φροντιστηριακής Εκπαίδευσης, με τις προϋπάρχουσες αλλά και τις τρέχουσες εμπειρικές γνώσεις των μαθητών.

Στις πανελλαδικές εξετάσεις οι παραπάνω όψεις των γνωστικών αντικειμένων έρχονται και κατασκευάζουν δύο επίπεδα διαχείρισης: το ένα επίπεδο χρησιμοποιεί τις όψεις Α και Β για να κατασκευάσει τα θέματα και το δεύτερο επίπεδο δημιουργεί τα δεδομένα από τα γραπτά των μαθητών, αποτυπώνοντας την όψη Γ. Η σύγκριση των δύο όψεων, βγάζει τους βαθμούς.

Συστηματικά, και στις πανελλαδικές εξετάσεις του 2020 και σε αυτές προηγουμένων ετών, οι κατανομές των βαθμών στο αντικείμενο της Νεοελληνικής Γλώσσας εμφανίζουν μια κανονική κατανομή, σε αντίθεση με όσα συμβαίνουν με τους βαθμούς όλων των άλλων (από όσα μπόρεσα να δω) γνωστικών αντικειμένων.

Γιατί συμβαίνει αυτό; Θα υποστηρίξω ότι αυτό συμβαίνει επειδή το αντικείμενο της Νεοελληνικής Γλώσσας είναι μάλλον το μόνο «ζωντανό» αντικείμενο. Είναι δηλαδή ένα αντικείμενο για το οποίο οι μαθητές, άσχετα από το αν τα πήγαν καλά τις εξετάσεις, είχαν και έχουν από την καθημερινή τους ζωή γνώση, άποψη και πρακτικές για να το διαχειριστούν. Όλα τα άλλα αντικείμενα είναι «νεκρά». Οι μαθητές δηλαδή δεν έχουν προσωπική γνώση, άποψη και πρακτικές για να τα διαχειριστούν στην καθημερινή τους

ζωή και έτσι να τα πολυπλοκοποιήσουν. Υφίστανται προσωρινά, όσο υφίστανται οι εξετάσεις. Συντελούν στη σχέση των μαθητών με το σχολικό ή και το φροντιστηριακό περιβάλλον και μετά πεθαίνουν. Δεν περνούν ποτέ στην καθημερινή ζωή των μαθητών, μιας και ποτέ δεν απέκτησαν ρίζες σ' αυτή.

Ο παραπάνω ισχυρισμός στηρίζεται σε μια απλή και γενικά αποδεκτή εμπειρική υπόθεση: η ανθρώπινη κατάσταση (δες το κεφάλαιο για το επικοινωνιακό πρόβλημα) δεν επιτρέπει σε δύο οποιουσδήποτε ανθρώπους να διαθέτουν και να διαχειρίζονται στις οποιεσδήποτε δραστηριότητές τους τις ίδιες γνώσεις και πρακτικές (δεξιότητες και ικανότητες). Δεν υπάρχουν δηλαδή σε τούτο τον κόσμο δύο άνθρωποι με την ίδια ακριβώς λειτουργία (ή έστω περιεχόμενο για όσους σκέφτονται το μυαλό ως Η/Υ) των γνωστικών τους συστημάτων. Αυτό σημαίνει ότι αν ένα πλήθος ανθρώπων (οι μαθητές που δίνουν εξετάσεις) κληθούν να αντιμετωπίσουν το ίδιο ακριβώς ζήτημα (τα ίδια θέματα), τότε στα αποτελέσματα αυτής της αντιμετώπισης δεν θα βρεθούν ποτέ δύο ίδιες ακριβώς απαντήσεις. Αυτό το ξέρουμε καλά. Αν βρεθούν, τότε το μυαλό μας πάει στο ότι οι δύο ίδιες απαντήσεις σημαίνουν παράτυπη συνεργασία (αντιγραφή).

Γι' αυτό, αν τα αποτελέσματα ποσοτικοποιηθούν (βαθμολογηθούν), τότε οι βαθμοί ακολουθούν κανονική κατανομή (τη γνωστή κατανομή της καμπάνας). Και αυτό είναι τόσο αναμενόμενο όσο και το προηγούμενο γεγονός (της αδυναμίας ύπαρξης δύο ίδιων απαντήσεων).

Γιατί αυτά τα φυσιολογικά και αναμενόμενα πράγματα συμβαίνουν μόνον με το γνωστικό αντικείμενο της Νεοελληνικής Γλώσσας; Εκτιμώ ότι θέση που υποστηρίζω δίνει μια αξιοπρεπή απάντηση. Όλα τα άλλα, πλην γλώσσας αντικείμενα, φτάνουν μέσω των μαθητών στον χώρο των εξετάσεων αποτυπωμένα με μορφή μνήμης (απομνημόνευση) από τα κείμενα της όψης Α ή μέσω φτωχά τυποποιημένης (μη δημιουργικής) διαχείρισης συνταγών από την όψη Β. Γι' αυτό οι γραπτές απαντήσεις μπορούν να είναι περίπου όμοιες, χωρίς να έχουν προκύψει από αντιγραφές. Δεν συγκροτούν λειτουργική γνώση ή λειτουργικές ικανότητες των μαθητών (γνώση χρήσης στην καθημερινή ζωή). Συγκροτούν έναν μικρό αριθμό εναλλακτικών κατά περίπτωση επιλογών.

Σημαίνει κάτι αυτό για τη Γενική μας Εκπαίδευση; Ενδιαφέρει μήπως κάποιους; Ενδιαφέρει τη ΔΦΕ; Θα ήταν άραγε διαφορετικές οι απόψεις που διαχέονται ως «κοινή γνώμη» για την πανδημία του Covid-19, αν οι μαθητές και οι πολίτες (αλλά και οι θεσμικοί παράγοντες) διαχειρίζονταν στην καθημερινή τους ζωή λειτουργικές επιστημονικές γνώσεις και πρακτικές;

Σ' αυτό το κεφάλαιο και μέχρι εδώ παρουσίασα τα «βαριά» ζητήματα που αντιμετωπίζει η ΔΦΕ εξαιτίας της αναπόφευκτης εμπλοκής της με το συνολικό εκπαιδευτικό σύστημα. Στη συνέχεια θα παρουσιάσω τα αμιγώς πολιτικά ζητήματα που την κατατρέχουν.

Αν παρακολουθήσουμε την πρόσφατη ιστορία της ΔΦΕ (Bybee, 2010; DeBoer, 1991) θα διαπιστώσουμε μάλλον αβίαστα ότι στα πιο παραγωγικά της χρόνια (δεκαετίες του 1960, '70 και '80) προσπάθησε να στηρίξει τον στόχο της μάθησης από τους μαθητές της ΓΕ εννοιών και μοντέλων από θεωρίες των ΦΕ που διαθέταν μακρά παράδοση και ισχυρή επικύρωση.

Προσέγγισε αυτές τις θεωρίες ως βάσεις του επιστημονικού εγχειρήματος και τις προώθησε στην εκπαίδευση με διαδοχικές διδακτικές προτάσεις, μεταξύ των οποίων και οι πλέον μακρόβιες, της ανακάλυψης και της εποικοδόμησης. Παράλληλα, η ΔΦΕ ανέπτυξε και τα δικά της θεωρητικά σχήματα αλλά και προγράμματα βασικής έρευνας, όπως αυτό της καταγραφής των προϋπαρχουσών της διδασκαλίας ιδεών των μαθητών. Η περίοδος αυτή ήταν αποτέλεσμα της μεταπολεμικής πολιτικής της National Defense Education Act του 1958, στην Αμερική του sputnik shock (Fuller, 2000; Harden, 1981; Reisch, 2005; Rudolph, 2002) και εγκαταλείφθηκε σταδιακά με το τέλος του Ψυχρού Πολέμου.

Κατά τη διάρκεια της παγκόσμιας στροφής της δεκαετίας του 1990 προς την παγκοσμιοποίηση, η ΔΦΕ ξεκίνησε με έναν απολογισμό των μέχρι τότε αποτελεσμάτων της (π.χ. Bybee, 2010; Millar & Osborne, 1998) και στη βάση αυτή συμμάχησε με τις αναδυόμενες νέες εκπαιδευτικές πολιτικές του επιστημονικού γραμματισμού (AAAS, 1989), δοκιμάζοντας νέους δρόμους που οδηγούσαν στην υλοποίηση νέων στόχων. Αν ρίξουμε μια ματιά στις δημοσιεύσεις των περιοδικών της ΔΦΕ της δεκαετίας του 1990 και κυρίως μετά, όπου οι πολιτικοί προσανατολισμοί άρχισαν να αφήνουν ανοιχτά σχεδόν τα πάντα, θα τα συναντήσουμε «όλα»: όχι μόνο νέες προσπάθειες επαναθεώρησης της ανακάλυψης, της καθοδηγούμενης ανακάλυψης, της εποικοδόμησης. Θα συναντήσουμε τις πραγματιστικές προσεγγίσεις των προγραμμάτων σπουδών του Dewey (Stoller, 2018), τις συνομήλικές τους προσεγγίσεις της ενότητας των επιστημών (διαθεματικές για τα ελληνικά προγράμματα σπουδών του 2000), τις πρώτες μεταπολεμικές (δεκαετία του 1950) προσεγγίσεις μέσω της ιστορίας των επιστημών, τις προσεγγίσεις μέσω της φιλοσοφίας των επιστημών (αρχές του 20ου αιώνα) με έμφαση στη μεθοδολογία, τις μεταγενέστερες προσεγγίσεις μέσω επιστημολογίας με έμφαση στη φύση των επιστημών (το διάσημο Nature of Science - NOS), τις κοινωνικοποιημένες πιαζετικές προσεγγίσεις (επίσης δεκαετία του 1960) του Vygotsky, τη σημασία των κινήτρων (κοινωνική ψυχολογία) στη μάθηση, την κονστρουξιονιστική γνωσιολογική θεώρηση, την αφηγηματική προσέγγιση-εκλαϊκευση με έμφαση στον επιστημονικό γραμματισμό, τη σχέση των επιστημονικών με τις καλλιτεχνικές αναπαραστάσεις κ.ο.κ. Το σύνολο βέβαια αυτής της προσπάθειας ανέδειξε έναν κοινό παρονομαστή: η επιστημονική γνώση πρέπει να μετασχηματιστεί (δες Παιδαγωγική Γνώση Περιεχομένου στο Park & Oliver 2008) για να καταστεί εφικτή η διαχείρισή της μέσα σε ένα εκπαιδευτικό πλαίσιο (όπως θίγεται και στο κεφάλαιο του επικοινωνιακού προβλήματος). Ταυτόχρονα όμως δεν είναι σαφές αν αναγνωρίστηκαν ως θεμιτοί, μέσα στο ίδιο πλαίσιο, οι μετασχηματισμοί που επιχειρούν ούτως ή άλλως τα υποκείμενα-μαθητές, για να καταστήσουν την επιστημονική γνώση διαχειρίσιμη μέσα στο προσωπικό τους γνωστικό και κυρίως οντολογικό σύστημα. Εδώ, σε μεγάλη έκταση, η ανάγκη του συστήματος για αξιολόγηση των μαθησιακών αποτελεσμάτων αλλά κυρίως των μαθητών, μάλλον έβαλε το ζήτημα κάτω από το χαλί, αν και συμμορφώθηκε, μετατοπίζοντας τον χαρακτηρισμό των ιδεών των μαθητών από λανθασμένες σε προϋπάρχουσες και μετά σε εναλλακτικές.

Ταυτόχρονα, οι σχετικές με τις ΦΕ εκπαιδευτικές πολιτικές, υποστηριζόμενες από τη ΔΦΕ, συνέχισαν να αλλάζουν. Ο στόχος του επιστημονικού γραμματισμού συνεπικουρούμενος από

την παγκόσμια καθιέρωση των νέων ψηφιακών τεχνολογιών στο πεδίο της επικοινωνίας και στη συνέχεια των τεχνολογιών της μηχανικής, δημιούργησε συνιστώσες διεπιστημονικών προσεγγίσεων (Science Technology Society - STS, Science Technology Mathematics - STM, Science Technology Engineering Mathematics - STEM, Science Technology Engineering Art Mathematics - STEAM) με ισχυρή επιστημονική-τεχνολογική συνιστώσα (Science Technology - ST). Παράλληλα την πρώτη δεκαετία του νέου αιώνα αναδύθηκαν και οι στόχοι της δημιουργικότητας, της καινοτομίας και της επιχειρηματικότητας στη ΓΕ, συνεπικουρούμενοι από τη διδακτική προσέγγιση της διερεύνησης-διερώτησης.

Με κάθε επιφύλαξη, η πολιτική μου εκτίμηση λέει ότι οι κυρίαρχες παγκοσμίως εκπαιδευτικές πολιτικές (στην Ευρωπαϊκή Ένωση αλλά και σε χώρες όπως η Αμερική, η Ρωσία ή η Κίνα) είναι μάλλον αμυντικές και ως εκ τούτου μη δηλωμένες ρητά ή δηλωμένες «στο περίπου». Επειδή οι εκπαιδευτικές πολιτικές είναι υποχρεωμένες να οργανώνουν το μέλλον (ότι κάνουμε στη ΓΕ σήμερα θα λειτουργήσει στην κοινωνία μετά από 10-15 χρόνια), μέσα σε ένα εκ των πραγμάτων παγκοσμιοποιημένο και ασαφές τοπίο, τόσο πολιτισμικά (μέσω της δευτερογενούς προφορικότητας που εγκατέστησαν οι νέες ψηφιακές τεχνολογίες), όσο και οικονομικά (μέσω του πανταχού παρόντος αόρατου χρηματοπιστωτικού συστήματος), δεν μπορούν παρά να είναι αμυντικές. Δηλαδή, ο πολιτικά προσανατολισμένος γενικός σκοπός της εκπαίδευσης, σήμερα, μου φαίνεται ότι παγκοσμίως έχει πάρει το σχήμα: προετοιμαστείτε για κάθε ενδεχόμενο! Για τον λόγο αυτό ο ρητός κεντρικός εκπαιδευτικός σκοπός που κερδίζει σταθερά έδαφος, παγκοσμίως, είναι η πρόταση για εκπαίδευση στη δημιουργικότητα και την καινοτομία. Μια πρόταση-εκπαιδευτικός σκοπός που διατυπώνεται ξεκάθαρα από το 2009 και μετά, και στρέφει τα μαθησιακά περιεχόμενα προς τις «επιστημονικές διαδικασίες και πρακτικές» (όχι το περιεχόμενο), τις διδακτικές μεθόδους προς αυτή της «διερεύνησης-διερώτησης» και τα μαθησιακά αποτελέσματα προς τις «δεξιότητες» και τις «ικανότητες» (όχι απλά τις γνώσεις). Ταυτόχρονα όμως επιχειρείται να διασφαλιστεί (μέσω εποικοδόμησης) και μια ελάχιστη σχέση με το περιεχόμενο και ιδιαίτερα τις μεγάλες θεωρίες (Aubusson et al., 2016), οι οποίες φαίνεται να βρίσκονται σε ρίσκο, εξαιτίας της δευτερογενούς προφορικότητας του διαδικτύου (Τσελφές, 2005).

Έτσι, η ΔΦΕ έχει βρεθεί να διαχειρίζεται μια καινούργια ένταση: τόσο η δημιουργικότητα όσο και η καινοτομία, αν επιτύχουν, οδηγούν πιθανότατα σε μη αναμενόμενα μαθησιακά αποτελέσματα, τα οποία στηρίζει η διδακτική πρόταση της ελεύθερης (μη καθοδηγούμενης) διερεύνησης. Αλλά και η διερεύνηση, θα πρέπει να καταλήγει σε κάποια αξιολογούμενη μάθηση, που αυτή τη φορά συντίθεται από κάποιο διαδικαστικό περιεχόμενο, κάποιο ελάχιστο θεωρητικό και κάποιες ικανότητες και δεξιότητες (δες το τρισδιάστατο μοντέλο που στηρίζει στις μέρες μας η αμερικανική εκπαιδευτική πολιτική, στο Next Generation Science Standards (NRC, 2013)). Η αξιολόγηση αυτή δύσκολα μπορεί κάποιος να ισχυριστεί ότι μπορεί να είναι αντικειμενική. Η επαγγελματική επιστημονική διερεύνηση, που προσπαθούμε να προσομοιώσουμε στο σχολείο μέσα από το διδακτικό της ανάλογο, αξιολογείται, σύμφωνα με την παράδοση αιώνων, «τυφλά» και με διχοτομικό τρόπο: δεκτή ή απορρίπτεται. Και κυρίως, δεν αφορά κατά κανόνα άτομα αλλά ερευνητικές ομάδες. Με ποιον τρόπο θα βαθμολογήσουμε

το αποτέλεσμα μιας ελεύθερης διερεύνησης των μαθητών και των μαθητριών μας; Τυφλά και on-off; Θα δώσουμε έναν βαθμό στην ομάδα, χωρίς να διαφοροποιήσουμε τα μέλη της;

Συμπερασματικά, η παραπάνω σύντομη ανάλυση εκτιμώ ότι λέει πως η πολιτική συγκυρία της εποχής μας (τάση προς παγκοσμιοποίηση με ασαφές όραμα) φέρνει στο προσκήνιο όλα όσα η εικονικότητα των εκπαιδευτικών διαδικασιών (Τσελφές & Παρούση, 2010) προσπαθεί επί αιώνες να συγκαλύψει:

1ο. Η ΓΕ επηρεάζει την κοινωνική και πολιτισμική εξέλιξη και ως εκ τούτου δεν μπορεί να αντιμετωπίζεται μόνον ως αναπαραγωγική διαδικασία κοινωνικών δομών και σχημάτων πολιτισμού. Πρέπει με κάποιον τρόπο να «ασφαλίζει» ένα επερχόμενο και μη ακριβώς προβλέψιμο μέλλον (2ο αυτονόητο). Εδώ η ΔΦΕ έχει να διαδραματίσει σημαντικό ρόλο. Γιατί τα γνωστικά αντικείμενα των ΦΕ περιέχουν (όπως προανέφερα), όχι ασφαλώς με την τρέχουσα σχολική μορφή τους, την τέχνη της έγκυρης αμφισβήτησης του εαυτού τους.

2ο. Στο πλαίσιο αυτό, η ΓΕ ως αποτέλεσμα, δεν μπορεί να αφορά μέρος μόνον των πολιτών. Αυτό την υποχρεώνει να στρέψει τους στόχους της, από την απόκτηση γνώσεων προς την απόκτηση δεξιοτήτων και ικανοτήτων. Γιατί κανείς μαθητής δεν υπάρχει περίπτωση να εννοιολογεί τη βιωμένη και εντός εκπαίδευσης εμπειρία του με τον ίδιο τρόπο που την εννοιολογεί κάποιος άλλος. Αυτό που μπορούν να κάνουν όλοι, με τον δικό του τρόπο ο καθένας, είναι να αποκτήσουν και να εξελίξουν τις προσωπικές τους γνώσεις, δεξιότητες και ικανότητες που αρκούν για να φέρουν σε πέρας παρόμοιους στόχους δράσης. Έτσι, πέρα από τις γνώσεις, οι δεξιότητες και οι ικανότητες είναι αυτά που μας ενδιαφέρουν σε επίπεδο αξιολόγησης· μιας αξιολόγησης που δύσκολα μπορεί να προσεγγιστεί από κάποια γραπτή αντικειμενική εξέταση και βαθμολόγηση (1ο αυτονόητο). Σε αυτή τη συμπεριληπτική και διαφοροποιημένη λογική είναι υποχρεωμένη να περάσει και η ΔΦΕ.

3ο. Την ευθύνη για τη στροφή της ΓΕ και της ΔΦΕ σε μια τέτοια κατεύθυνση την έχουν οι εκάστοτε δημοκρατικά εκλεγμένοι θεσμοί της πολιτείας. Αλλά η ευθύνη αυτή δεν βρίσκεται στο επίπεδο της επιτυχίας κάποιων προδιαγεγραμμένων εκπαιδευτικών στόχων. Βρίσκεται στο επίπεδο της ουσιαστικής και με παρρησία ενημέρωσης των πολιτών· των δρώντων εντός του εκπαιδευτικού συστήματος υποκειμένων, που θα προσαρμόσουν τις προσδοκίες και τις αυτόνομες δράσεις τους, κάνοντας το σύστημα να δουλέψει (να αυτό-οργωθεί) σε νέες βιώσιμες κατευθύνσεις (3ο αυτονόητο).

Επίλογος

Όσα συζητήθηκαν παραπάνω είναι πιεσμένα από το γεγονός ότι ζούμε μια περίοδο μεγάλων μετασχηματισμών του συνολικού κοινωνικού συστήματος (Castells, 2010), που δεν είναι δυνατόν να αφήσουν ανεπηρέαστη την εκπαίδευση. Είναι επίσης, εξ υποθέσεως, επηρεασμένα από τις παλιές πραγματιστικές θεωρήσεις που «φωνάζουν» ότι οι σχέσεις και οι πρακτικές λειτουργούσαν από πάντα ως ουσιαστική μονάδα οργάνωσης του ευσταθούς κοινωνικού και εκπαιδευτικού γίγνεσθαι. Με τη χρήση αυτών των θεωρητικών φακών (ή και προκαταλήψεων) και ειδικά για τη ΔΦΕ, φαίνεται ότι η ποικιλία και η

προσαρμοστικότητα σχέσεων και πρακτικών αντιστέκεται σε προσπάθειες εισαγωγής στο εσωτερικό τους «παγωμένων» γνωστικών περιεχομένων, που επιμένουν να επιβιώνουν, υποστηριζόμενα από εκπαιδευτικές πολιτικές.

Επί της ουσίας δηλαδή, η ΔΦΕ είναι μια ώριμη επιστημονική πειθαρχία που πρέπει αυτούς τους δύσκολους καιρούς να πραγματοποιήσει ένα ακόμη κρίσιμο βήμα. Στον αιώνα που σίγουρα μετράει η ζωή της, έχει παραγάγει δεκάδες τρόπους διαχείρισης των διδακτικών-μαθησιακών σχέσεων και πρακτικών, με αναγνωρίσιμες αιχμές την ανακάλυψη, την εποικοδόμηση, τη διερεύνηση. Όλες αυτές οι προσεγγίσεις είναι αποτελεσματικές, αν δεν μας ενδιαφέρει ως αποτέλεσμα η οικοδόμηση/ κατασκευή, από την πλευρά των μαθητών και των μαθητριών, των προδιαγεγραμμένων, μοναδικών και μονοσήμαντων εννοιών και των μεθόδων που έχει υιοθετήσει ως επιστημονικές η σχολική εκπαίδευση. Είναι αποτελεσματικές, αν μας ενδιαφέρει η ανάπτυξη των διαφοροποιημένων ικανοτήτων. Αυτό είναι το βήμα που κατά την άποψή μου πρέπει να πραγματοποιηθεί. Ένα βήμα που θα συμπαρασύρει σε νέες ισορροπίες όλα τα επικοινωνιακά, εκπαιδευτικά και πολιτικά ζητήματα που προσπάθησα να περιγράψω.

Τι εμποδίζει αυτό το βήμα, που ακόμη και αν αργήσει μάλλον θα συμβεί; Νομίζω ότι είναι η αβεβαιότητα για το που θα καταλήξει. Μια σίγουρη αβεβαιότητα που την εγγυάται η δυναμική των πολύπλοκων συστημάτων. Μια αβεβαιότητα που πανικοβάλλει «γιατί μας είναι ... δύσκολο να δούμε ότι ζούμε σε έναν κόσμο που απλά είναι ζωντανός και γεμάτος εκπλήξεις. Κάτι που μάλλον ξεκινάει από όσα διδάσκονται τα παιδιά μας στα σχολεία...» (Pickering, 2013).

Βιβλιογραφία

Αρχή Διασφάλισης της Ποιότητας στην Πρωτοβάθμια και Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση (Α.ΔΙ.Π.Π.Δ.Ε). (2019). *Ετήσια Έκθεση 2019 της Α.ΔΙ.Π.Π.Δ.Ε.* Αθήνα: Α.ΔΙ.Π.Π.Δ.Ε. http://www.adippde.gr/images/data/ektheseis/ekth2019.pdf (πρόσβαση 17/2/2021).

Μακρυνιώτη, Δ. (Επιμ). (1997). *Παιδική Ηλικία*. Αθήνα: Νήσος.

Τσελφές, Β. (2020). Διδακτική των Φυσικών Επιστημών και Εκπαιδευτική Πολιτική. *Επιθεώρηση Εκπαιδευτικών θεμάτων, 22,* υπό δημοσίευση.

Τσελφές, Β. (2019). Οι Φυσικές Επιστήμες στο Ελληνικό Νηπιαγωγείο, δηλαδή σε έναν χώρο με διακριτή εκπαιδευτική παράδοση και υψηλή παιδαγωγική αυτονομία. Στο Παντίδος Π. (Επιμ.), *Ο ρόλος των Φυσικών Επιστημών στην Προσχολική Εκπαίδευση* (σελ. 19-36), Αθήνα: Εκδόσεις Νέων Τεχνολογιών.

Τσελφές, Β. (2005). Αναζητώντας τη θέση των «τεχνολογιών πληροφορίας και επικοινωνίας» στο υπόβαθρο των γνωστικών-εκπαιδευτικών δραστηριοτήτων. Στο Κουζέλης Γ., Πουρνάρη Μ. & Τσελφές Β. (Επιμ.), *Γνώση χρήσης και νέες τεχνολογίες* (σελ. 149-165), Αθήνα: ΕΜΕΑ-Νήσος.

Τσελφές, Β. & Παρούση, Α. (2015). Θέατρο και Επιστήμη. Στο Τσελφές Β. & Παρούση Α. (Επιμ.), *Θέατρο και επιστήμη στην εκπαίδευση,*(σελ.69-80), Αθήνα: ΣΕΑΒ, www.kallipos.gr

Τσελφές, Β. & Παρούση, Α. (2010). Η «εικονικότητα» της εκπαιδευτικής πράξης και η περίπτωση της διδασκαλίας-μάθησης των Φυσικών Επιστημών. *Επιστημονική Επετηρίδα Παιδαγωγικού Τμήματος Δ.Ε. Πανεπιστημίου Ιωαννίνων,* 22, 151-178.

American Association for the Advancement of Science (AAAS). (1989). *Science for all Americans*. https://www.aaas.org/resources/science-all-americans(πρόσβαση 17 Φεβρουαρίου 2021).

Aubusson, P., Panizzon, D. & Corrigan, D. (2016). Science education futures: 'Great potential. Could do better. Needs to try harder'. *Research in Science Education, 46(2),* 203–221. https://doi.org/10.1007/s11165-016-9521-2

Azaola, M. C. (2012). Revisiting Bourdieu: alternative educational systems in the light of the theory of social and cultural reproduction. *International Studies in Sociology of Education, 22(2),* 81-95. https://doi.org/10.1080/09620214.2012.700187

Bybee, R. (2010). *The teaching of science: 21st century perspectives*. Virginia: NSTA Press.

Castells, M. (2010). *The Rise of the Network Society*. UK: Wiley-Blackwell.

DeBoer, G. (1991). *A history of ideas in science education: implications for practice*. NY: Teachers College Press.

Duit, R. & Treagust, D. F. (2003). Conceptual change: A powerful framework for improving science teaching and learning. *International Journal of Science Education, 25(6),* 671-688. https://doi.org/10.1080/09500690305016

European Commission. (2018). *Teaching Careers in Europe: Access, Progression and Support*. Brussels: Education, Audiovisual and Culture Executive Agency.

Fuller, S. (2000). *Thomas Kuhn. A philosophical history for our times*. Chicago, IL: University of Chicago Press.

Hacking, I. (1995). *Representing and Intervening*. Cambridge: Cambridge University Press.

Harden, T. (1981) *The National Defense Education Act: A Turning Point in Federal Aid*. Washington, DC: U.S. Department of Education.

James, W. (1914). *The Meaning of Truth*. US: Prometheus Books [e-book, NY: Cosimo Classics, 2008]

Knuuttila, T. (2013). Science in a new mode: Good old (theoretical) science versus brave new (commodified) knowledge production? *Science & Education, 22,* 2443-2461. https://doi.org/10.1007/s11191-012-9498-9

Mainzer, K. (1994). *Thinking in complexity. The complex dynamics of matter, mind, and mankind*. Berlin, Heidelberg, New York: Springer.

Martin, J. (2018). Ontology matters: a commentary on contribution to cultural historical activity. *Cultural Studies of Science Education, 13*, 639–647. https://doi.org/10.1007/s11422-017-9809-1

Millar, R. & Osborne, J. (1998). *Beyond 2000: Science education for the future. The report of a seminar series funded by the Nuffield Foundation*. London: King's College London, School of Education.

National Research Council (2013). *Next Generation Science Standards: For States, By States*. Washington, DC: The National Academies Press. https://doi.org/10.17226/18290.

Organization for Economic Co-operation and Development (OECD). (2016). *PISA 2015 Results. V. II, Policies and Practices for Successful Schools.* Paris: OECD Publishing.

Park, S. & Oliver, S. (2008) Revisiting the conceptualisation of pedagogical content knowledge (PCK): PCK as a conceptual tool to understand teachers as professionals. *Research in Science Education, 38(3),* 261–284. https://doi.org/10.1007/s11165-007-9049-6

Pickering, A. (2013). Being in an environment: a performative perspective. *Natures Sciences Sociétés, 21*, 77-83. https://doi.org/10.1051/nss/2013067

Pickering, A. (2010). *The cybernetic brain: sketches of another future.* Chicago: The University of Chicago Press.

Reisch, G. (2005). *How the cold war transformed philosophy of science: To the icy slopes of logic.* New York: Cambridge University Press.

Rudolph, J. L. (2002). *Scientists in the classroom: The Cold War reconstruction of American science education.* New York, NY: Palgrave.

Stoller, A. (2018). The flipped curriculum: Dewey's pragmatic university. *Studies in Philosophy and Education, 37(5),* 451-465. https://doi.org/10.1007/s11217-017-9592-1

Whitehead A. N. (1929). *Process and Reality*. Cambridge: Cambridge University Press and NY: Macmillan [Edited by David Ray Griffin and Donald Sherburne, NY/London: The Free Press (1978)].

Yager, R. (1984). Defining the Discipline of Science Education. *Science Education, 68(1),* 35-37.

Συνοπτικό Βιογραφικό Σημείωμα

Ο **Βασίλης Τσελφές** είναι ομότιμος καθηγητής, στο Τμήμα Εκπαίδευσης και Αγωγής στην Προσχολική Ηλικία, του ΕΚΠΑ. Έχει προπτυχιακές και μεταπτυχιακές σπουδές στη Φυσική, μακρά διδακτική εμπειρία στην εκπαίδευση εκπαιδευτικών πρωτοβάθμιας και προσχολικής εκπαίδευσης και σχετική ερευνητική παραγωγή στη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών και τη Φυσική Στερεού Σώματος. Τα πρόσφατα ερευνητικά του ενδιαφέροντα αφορούν τις διεπιστημονικές προσεγγίσεις στη διδασκαλία-μάθηση των Φυσικών Επιστημών και τις επιδράσεις της κοινωνικής-εκπαιδευτικής δυναμικής στη διδακτική-μαθησιακή διαδικασία και τα προγράμματα σπουδών. Έχει δημοσιεύσει πάνω από 200 κείμενα σε διεθνή και ελληνικά περιοδικά, σε συλλογικούς τόμους, πρακτικά συνεδρίων και σε βιβλία.

Διερεύνηση Μαθησιακών Διεργασιών και Ανάπτυξη Μεθόδων Διδασκαλίας και Αξιολόγησης[1]

Χρύσα Τζουγκράκη
Ομότιμη Καθηγήτρια, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών
tzougraki@chem.uoa.gr

Περίληψη

Στην εργασία αυτή περιγράφονται τα ερευνητικά αποτελέσματα τριών θεματικών ενοτήτων που αφορούν στο τρίπτυχο Μαθησιακές Διεργασίες - Μέθοδοι Διδασκαλίας - Μέθοδοι Αξιολόγησης. Στην πρώτη ενότητα διερευνήθηκε με το εργαλείο VACT η μετάβαση ομάδων διδασκόμενων διαφορετικής εμπειρίας από τη χρήση οπτικών στην υιοθέτηση αναλυτικών στρατηγικών κατά την επίλυση προβλημάτων Οργανικής Χημείας. Διερευνήθηκαν, επίσης, τα χαρακτηριστικά των μαθητών που προβλέπουν τη χρήση αυτών των στρατηγικών. Στη δεύτερη ενότητα περιγράφεται η ανάπτυξη και η εφαρμογή μιας συστημικής διδακτικής μεθόδου για τη διδασκαλία και αξιολόγηση στο πεδίο της Οργανικής Χημείας, καθώς και η ανάπτυξη συστημικών ερωτήσεων με τα κατάλληλα χαρακτηριστικά για τη διερεύνηση της συστημικής σκέψης. Στην τρίτη θεματική ενότητα διερευνήθηκαν τα απαραίτητα χαρακτηριστικά που πρέπει να έχουν οι χημικές αναπαραστάσεις ώστε να διευκολύνεται η μάθηση με κατανόηση. Προτάθηκαν κριτήρια αξιολόγησης, με τα οποία αξιολογήθηκαν και οι αναπαραστάσεις σχολικού βιβλίου Β τάξης λυκείου. Εξετάσθηκε, επίσης, η ικανότητα μετάφρασης χημικών αναπαραστάσεων Ελλήνων μαθητών και φοιτητών.

Λέξεις κλειδιά: στρατηγικές επίλυσης προβλημάτων, μέθοδος SATL, SAQ, συστημική σκέψη, χημικές αναπαραστάσεις, αξιολόγηση.

Abstract

This paper describes the research results of three thematic modules related to the triptych Learning Processes - Teaching Methods - Assessment Methods. In the first module, the transition of groups of

[1] *Αφιερώνεται στη μνήμη της Άντας Λυμπεροπούλου - Καραλιώτα, πρωτεργάτριας και στήριγμα του ΔιΧηΝΕΤ.*

students of different experiences from the use of visual to the adoption of analytical strategies when solving Organic Chemistry problems was investigated using the VACT tool. The characteristics of students anticipating the use of these strategies were also investigated. The second module describes the development and application of a systemic teaching method for teaching and assessment in the field of Organic Chemistry, as well as the development of systemic questions for exploring systems thinking. In the third module, the necessary characteristics that chemical representations must have to facilitate comprehension learning were investigated. Evaluation criteria were proposed, by which the representations of a high school textbook were evaluated. The Greek pupils and students' ability to translate chemical representations was also examined.

Keywords: solving problems strategies, SATL method, SAQ, systems thinking, chemical representations, assessment.

Εισαγωγή

Η έρευνα σε θέματα Διδακτικής της Χημείας στο Τμήμα Χημείας του Ε.Κ.Π.Α. αναπτύχθηκε παράλληλα με τη δημιουργία και την πορεία εξέλιξης του Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών «Διδακτική της Χημείας και Νέες Εκπαιδευτικές Τεχνολογίες» (ΔιΧηΝΕΤ), το οποίο ιδρύθηκε το 1998 από τα Τμήματα Χημείας των Πανεπιστημίων Ε.Κ.Π.Α., Α.Π.Θ. και Ιωαννίνων και τη Σχολή Χημικών Μηχανικών του Ε.Μ.Π.

Οι περισσότεροι/ρες συμμετέχοντες/χουσες στη δημιουργία του Π.Μ.Σ. είχαν μία διεθνώς αναγνωρισμένη ερευνητική δραστηριότητα σε αντικείμενα της Χημείας και έντονο ενδιαφέρον για τη Χημική Εκπαίδευση σε όλες τις βαθμίδες, αλλά ο Καθηγητής κ. Γεώργιος Τσαπαρλής ήταν αυτός που διέθετε ερευνητική εμπειρία στο αντικείμενο της Διδακτικής της Χημείας. Ο κ. Τσαπαρλής και οι διδάκτορες του ανέλαβαν τη διδασκαλία του αντικειμένου της Διδακτικής της Χημείας για πολλά χρόνια, ενώ στη συνέχεια συμμετείχαν και διδάσκοντες/σκουσες που εκπόνησαν διδακτορική διατριβή στα πλαίσια του ΔιΧηΝΕΤ.

Τα υπόλοιπα μέλη Δ.Ε.Π. δραστηριοποιούμενα αρχικώς στη διδασκαλία, έρευνα και ανάπτυξη σε θέματα διδακτικής μεθοδολογίας και εφαρμογής των νέων εκπαιδευτικών τεχνολογιών στη διδασκαλία της Χημείας, εκδήλωσαν γρήγορα τη πρόθεση ενασχόλησης τους με θέματα Διδακτικής της Χημείας σε μια προσπάθεια διάχυσης της θεωρίας και της μεθοδολογίας της Διδακτικής με το θετικό τρόπο σκέψης, τη μεθοδολογία έρευνας και τον ορθολογισμό των θετικών επιστημών.

Στα χρόνια που ακολούθησαν παρήχθη ένας μεγάλος όγκος ερευνητικού έργου, δημοσιεύσεων σε διεθνή περιοδικά και ανακοινώσεων σε συνέδρια, σε ένα ευρύ φάσμα σχετικών με τη Χημική Εκπαίδευση αντικειμένων. Τέλος, αξίζει να αναφερθεί ότι στα πλαίσια του ΔιΧΗΝΕΤ έχουν εκπονηθεί μέχρι σήμερα περισσότερες από 400 διπλωματικές εργασίες, έχουν δημοσιευθεί περισσότερες από 35 δημοσιεύσεις σε διεθνή περιοδικά και περισσότερες από 220 ανακοινώσεις σε ελληνικά και διεθνή συνέδρια.

Έχουν, επίσης, εκπονηθεί περισσότερες από 15 διδακτορικές διατριβές στο αντικείμενο της Διδακτικής στα συμμετέχοντα Τμήματα.

Η συμμετοχή μου στον διοικητικό και διδακτικό πυρήνα του ΔιΧηΝΕΤ και η αυτονόητη ανάγκη σύνδεσης της διδασκαλίας με την έρευνα είχε ως αποτέλεσμα τον αναπροσανατολισμό της ερευνητικής μου δραστηριότητας. Έτσι, μετά την εικοσαετή ερευνητική μου πορεία στην Οργανική Χημεία, ασχολήθηκα με έρευνα σε θέματα Διδακτικής της Χημείας, έχοντας πάντα στο πλευρό μου άξιους φοιτητές και εξαιρετικούς συνεργάτες. Στα είκοσι χρόνια που ακολούθησαν παρήχθη ερευνητικό έργο και δημοσιεύσεις σε ποικίλα θέματα στα πλαίσια της εκπόνησης διπλωματικών εργασιών και διδακτορικών διατριβών, στο σχεδιασμό και διαμόρφωση των οποίων συμμετείχαν ενεργά και οι μεταπτυχιακοί φοιτητές και φοιτήτριες. Έτσι, θεωρώ ότι τα όποια επιτυχημένα αποτελέσματα αυτής της ερευνητικής δραστηριότητας είναι αποτέλεσμα μιας συλλογικής προσπάθειας στα πλαίσια της οποίας δίδαξα και διδάχτηκα από τους/τις φοιτητές/τριες μου και τους/τις συνεργάτες/τιδες μου.

Καθώς στα πλαίσια της παρούσας δημοσίευσης είναι προφανές ότι δεν είναι δυνατόν να αναφερθούν όλα τα ερευνητικά αποτελέσματα που επιτεύχθηκαν σε αυτά τα χρόνια, θα περιοριστώ σε αυτά τα οποία θεωρώ ότι εντάσσονται σε ένα τρίπτυχο θεμάτων που απασχολούν περισσότερο τους εκπαιδευτικούς όλων των βαθμίδων και συγκεκριμένα: «Μαθησιακές Διεργασίες» - «Μέθοδοι Διδασκαλίας» - «Μέθοδοι Αξιολόγησης».

Διερεύνηση της μετάβασης από τη χρήση οπτικών στην υιοθέτηση αναλυτικών στρατηγικών κατά την επίλυση προβλημάτων Χημείας

Η έρευνα τα τελευταία χρόνια έχει αναδείξει τον εξαιρετικά σημαντικό ρόλο της οπτικοχωρικής σκέψης στις Φυσικές Επιστήμες, στην Τεχνολογία, στη Μηχανική, και στα Μαθηματικά (επιστήμες STEM). Ο όρος οπτικοχωρική σκέψη (visual-spatial thinking) ή νόηση (cognition) ή νοημοσύνη (intelligence) χρησιμοποιείται στη βιβλιογραφία παράλληλα με τους όρους οπτική σκέψη (visual thinking) και χωρική σκέψη (spatial thinking) και περιλαμβάνει την παρατήρηση (vision) και την απεικόνιση (imagery). Η παρατήρηση αναφέρεται στη διαδικασία χρήσης της όρασης προκειμένου να γνωρίσουμε, να εντοπίσουμε, να αντιληφθούμε τα αντικείμενα και για να προσανατολιστούμε στο χώρο, ενώ η απεικόνιση αφορά στη διαμόρφωση, την εξέταση, τον μετασχηματισμό και τη συντήρηση των προσλαμβανόμενων εικόνων απουσία κάποιου οπτικού ερεθίσματος (Mathewson, 1999).

Κατά την επίλυση προβλημάτων φυσικών επιστημών, και ιδιαιτέρως της Χημείας, ένα είδος στρατηγικών που χρησιμοποιούνται είναι οι οπτικές ή οπτικοχωρικές (spatial-imagistic) στρατηγικές, οι οποίες στηρίζονται στην οπτικοχωρική σκέψη, δηλαδή στην κατασκευή μιας εσωτερικής οπτικοχωρικής αναπαράστασης ενός μορίου ή μίας κατάστασης που δίνεται στο πρόβλημα και εμπεριέχουν νοητικές διεργασίες από τις οποίες απορρέει η λύση του προβλήματος. Ένα διαφορετικό είδος στρατηγικών είναι οι αναλυτικές στρατηγικές (spatial-

analytic). Οι αναλυτικές στρατηγικές εμπεριέχουν κανόνες και ευρετικούς συλλογισμούς, οι οποίοι εφαρμόζονται σε χωρικές πληροφορίες που προκύπτουν από ένα διάγραμμα ή από την εκφώνηση ενός προβλήματος (Hegarty et al., 2013). Η εφαρμογή των αναλυτικών στρατηγικών έχει συνδεθεί με την απόκτηση εμπειρίας και την αλλαγή στα νοητικά μοντέλα των διδασκομένων (Hegarty et al., 2013; Stieff, 2011; Stieff, 2007). Έτσι, ιδιαίτερο ερευνητικό ενδιαφέρον παρουσιάζει η μετάβαση των διδασκομένων - λυτών προβλημάτων Οργανικής Χημείας από τη χρήση οπτικών στην υιοθέτηση αναλυτικών στρατηγικών.

Σύμφωνα με τη θεωρία πλαίσιο (framework theory) (Vosniadou & Skopeliti, 2014), η μάθηση των Φυσικών Επιστημών απαιτεί θεμελιώδεις εννοιολογικές αλλαγές στις οντολογικές και επιστημολογικές δεσμεύσεις των μαθητών, καθώς και στις αναπαραστάσεις τους. Επομένως, η γνώση των νοητικών μοντέλων των διδασκομένων είναι κεφαλαιώδους σημασίας για το σχεδιασμό των αναλυτικών προγραμμάτων και των τρόπων διδασκαλίας, καθώς, κατά τη μαθησιακή διαδικασία, στόχος είναι τα νοητικά μοντέλα να αναδομούνται έτσι ώστε η επιστημονική γνώση να ενισχύεται έναντι της διαισθητικής αντίληψης (Βοσνιάδου, 2001).

Σε αυτά τα πλαίσια προχωρήσαμε σε ένα ερευνητικό πρόγραμμα που αφορά στη διερεύνηση της χρήσης οπτικών (ή οπτικοχωρικών) και αναλυτικών στρατηγικών κατά την επίλυση προβλημάτων Οργανικής Χημείας από διδασκόμενους - λύτες διαφορετικών επιπέδων εμπειρίας (Βλαχολιά, 2017; Βλαχολιά κ.ά., 2017, 2019; Vlacholia et al., 2017).

Η έρευνα σχετικά με τις στρατηγικές που υιοθετούνται κατά την επίλυση προβλημάτων μοριακής δομής οργανικών ενώσεων έχει δείξει ότι οι άπειροι λύτες, όπως είναι οι μαθητές, αλλά συχνά και οι φοιτητές, αρχικά χρησιμοποιούν οπτικοχωρικές στρατηγικές και στη συνέχεια υιοθετούν αναλυτικές στρατηγικές καθώς αποκτούν όλο και περισσότερη εμπειρία σε ένα αντικείμενο. Αντίθετα, οι έμπειροι λύτες, ανάλογα με τη φύση του προβλήματος, χρησιμοποιούν ένα εύρος οπτικοχωρικών και αναλυτικών στρατηγικών με προτίμηση στις αναλυτικές στρατηγικές (Stieff, 2007; Stieff and Raje, 2010).

Στις παραπάνω έρευνες χρησιμοποιείται μια ποικιλία μεθόδων που επιτρέπουν την εξαγωγή συμπερασμάτων για τα είδη των στρατηγικών που χρησιμοποιούν οι λύτες κατά την επίλυση προβλημάτων Οργανικής Χημείας, αλλά δεν επιτυγχάνουν να ανιχνεύσουν άμεσα και γρήγορα τη μετάβαση των λυτών από τη χρήση οπτικών στρατηγικών στη χρήση αναλυτικών στρατηγικών. Αυτό μας ώθησε στην ανάπτυξη, την εφαρμογή και την αξιολόγηση του εργαλείου VACT (Visual Analytic Chemistry Task), το οποίο είναι κατάλληλο για τη διερεύνηση της μετάβασης αυτής κατά την επίλυση προβλημάτων μοριακής δομής οργανικών ενώσεων (Βλαχολιά, 2017; Vlacholia et al., 2017).

Για τη διερεύνηση των χρησιμοποιούμενων στρατηγικών το VACT αποτελείται από δύο (2) υποκλίμακες. Η υποκλίμακα Ι περιέχει εννέα (9) «συνεπή» ερωτήματα, τα οποία μπορούν να επιλυθούν με την εφαρμογή οπτικών στρατηγικών, και κατανέμονται: στην κατηγορία «Φαινομενικότητα +/Πραγματικότητα +», όπου το κάθε ερώτημα φαίνεται να είναι και είναι όντως σωστό (α΄ κατηγορία), και στην κατηγορία «Φαινομενικότητα -/Πραγματικότητα -», όπου το κάθε ερώτημα δε φαίνεται να είναι και δεν είναι όντως σωστό (β’ κατηγορία). Η υποκλίμακα ΙΙ περιέχει δέκα (10) «ασυνεπή» ερωτήματα, τα

οποία δεν μπορούν να επιλυθούν με την εφαρμογή οπτικών στρατηγικών και για την επίλυσή τους απαιτείται γνώση Χημείας και υιοθέτηση αναλυτικών στρατηγικών και κατανέμονται στην κατηγορία «Φαινομενικότητα +/Πραγματικότητα -», όπου το κάθε ερώτημα φαίνεται να είναι, αλλά δεν είναι σωστό (γ΄ κατηγορία) και στην κατηγορία «Φαινομενικότητα -/Πραγματικότητα +», όπου το κάθε ερώτημα δε φαίνεται να είναι και εντούτοις είναι σωστό (δ΄ κατηγορία). Η υψηλότερη επίδοση των λυτών στα ερωτήματα της υποκλίμακας Ι σε σχέση με αυτά της υποκλίμακας ΙΙ θα υποδηλώνει τη χρήση οπτικών στρατηγικών. Αντίθετα, η ικανότητα των λυτών να επιλύουν τα ερωτήματα και των δύο υποκλιμάκων θα υποδεικνύει ότι οι λύτες έχουν πραγματοποιήσει τη μετάβαση από τη χρήση οπτικών στην υιοθέτηση αναλυτικών στρατηγικών. Στον πίνακα 1 παρουσιάζονται ενδεικτικά ερωτήματα από κάθε υποκλίμακα.

Πίνακας 1: Ενδεικτικά ερωτήματα από κάθε κατηγορία των υποκλιμάκων I και II του VACT

Υποκλίμακα		
	I	**Κατηγορία (α)** Οι δύο παρακάτω τύποι δείχνουν το ίδιο μόριο. Σωστό ☐ Λάθος ☐
		Κατηγορία (β) Οι δύο παρακάτω τύποι δείχνουν το ίδιο μόριο. Σωστό ☐ Λάθος ☐
	II	**Κατηγορία (γ)** Οι δύο παρακάτω τύποι δείχνουν το ίδιο μόριο. Σωστό ☐ Λάθος ☐
		Κατηγορία (δ) Οι δύο παρακάτω τύποι δείχνουν το ίδιο μόριο. Σωστό ☐ Λάθος ☐

Προκειμένου να διερευνήσουμε την ικανότητα των λυτών να αγνοούν την διαισθητική απάντηση, η οποία επιβάλλεται ισχυρά από την οπτική παρατήρηση, τα πέντε (5) ερωτήματα της κατηγορίας (γ) σχεδιάστηκαν ώστε να έχουν ισχυρότερη επίδραση στο να παρασύρουν τον λύτη προς την κατεύθυνση της λανθασμένης απάντησης σε σχέση με την επίδραση των πέντε (5) ερωτημάτων της κατηγορίας (δ).

Αρχικά, το VACT χορηγήθηκε πιλοτικά προκειμένου να γίνει ο έλεγχος του περιεχομένου και της δομής του. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι το εργαλείο διαθέτει καλά ψυχομετρικά χαρακτηριστικά, είναι κατάλληλο για τη διερεύνηση τη μετάβασης από τη χρήση οπτικών στη χρήση αναλυτικών στρατηγικών και, συνεπώς, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη διερεύνηση εννοιολογικών αλλαγών στο πεδίο της μοριακής δομής οργανικών ενώσεων (Βλαχολιά, 2017; Vlacholia et al., 2017) και έχει χρησιμοποιηθεί και από ξένους ερευνητές.

Όπως ήδη αναφέρθηκε, η εφαρμογή των αναλυτικών στρατηγικών έχει συνδεθεί με την απόκτηση εμπειρίας και την αλλαγή στα νοητικά μοντέλα των διδασκομένων. Προκειμένου να διερευνήσουμε εκτενέστερα την άποψη αυτή (Βλαχολιά, 2017; Βλαχολιά κ.ά., 2017; Vlacholia et al. 2017), το VACT χορηγήθηκε σε 4 ομάδες διαφορετικού επιπέδου γνώσεων Οργανικής Χημείας, και συγκεκριμένα:

1η ομάδα: 127 μαθητές/τριες (56α/71γ), Β΄ τάξης Πρότυπων Πειραματικών Λυκείων

2η και 3η ομάδα: 71 πρωτοετείς φοιτητές/τριες (18α/53γ) και 61 τριτοετείς (24α/34γ) αντιστοίχως, του Τμήματος Χημείας του Ε.Κ.Π.Α.

4η ομάδα: 26 εκπαιδευτικοί, χημικοί (10α/16γ) που δίδασκαν το μάθημα της Χημείας.

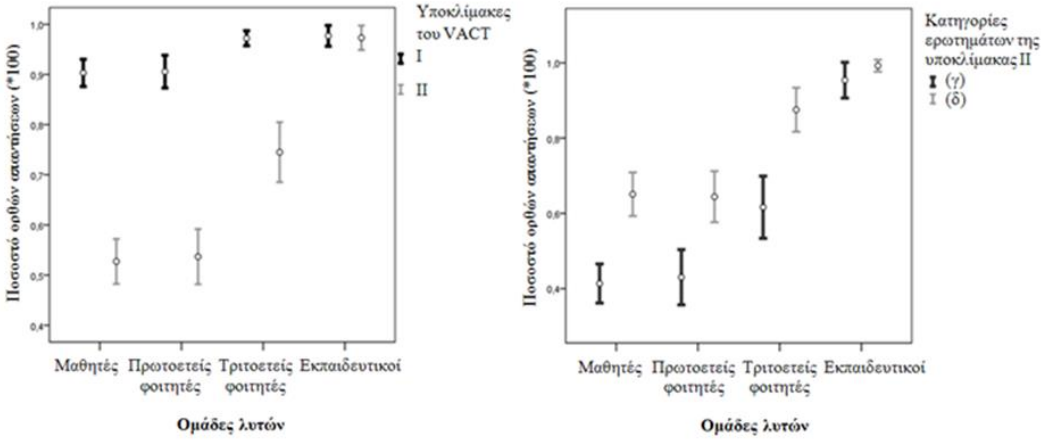
Στους μαθητές χορηγήθηκαν, επίσης, η δοκιμασία γνώσεων «Βασικών Εννοιών Χημείας» (BCCI) (Salta et al., 2016) που μετράει τον βαθμό κατανόησης βασικών εννοιών Χημείας μαθητών δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης, καθώς και δύο δοκιμασίες μέτρησης της οπτικοχωρικής ικανότητας, τη Δοκιμασία Οπτικοποίησης Νοητικών Περιστροφών (ROT ή PVRT) (Bodner & Guay, 1997) και τη Δοκιμασία Raven (Raven et al., 1998), με στόχο να διερευνηθεί ο βαθμός στον οποίο ορισμένα ατομικά χαρακτηριστικά μαθητών μπορούν να προβλέψουν την επίδοσή τους σε προβλήματα που για την επίλυσή τους δύνανται να εφαρμόσουν οπτικές στρατηγικές ή απαιτείται η εφαρμογή αναλυτικών στρατηγικών σε συνθήκες επίδρασης διαισθητικής απάντησης ή μη. Στη διερεύνηση περιλήφθηκαν, επίσης, το φύλο τους, η κατεύθυνση προσανατολισμού τους (θετικές ή ανθρωπιστικές επιστήμες), ο βαθμός εισαγωγής τους στα Μαθηματικά και ο συνολικός βαθμός εισαγωγής τους στο σχολείο (Βλαχολιά, 2017; Βλαχολιά κ.ά., 2019; Vlacholia et al., 2018).

Σε ότι αφορά στη διερεύνηση της υιοθέτησης οπτικών ή αναλυτικών στρατηγικών στην επίλυση προβλημάτων από ομάδες με διαφορετική εμπειρία, τα αποτελέσματα της μονοπαραγοντικής ανάλυσης διακύμανσης έδειξαν ότι η επίδοση των λυτών τόσο στα ερωτήματα των υποκλιμάκων I και II [σχήμα 1 (i)], όσο και στα ερωτήματα των κατηγοριών (γ) και (δ) της υποκλίμακας II [σχήμα 1 (ii)], επηρεάστηκε από την ομάδα στην οποία ανήκαν. Η επίδοση των εκπαιδευτικών δεν διαφοροποιήθηκε μεταξύ των υποκλιμάκων I και II, ούτε μεταξύ των κατηγοριών (γ) και (δ), υποδεικνύοντας ότι οι εκπαιδευτικοί είναι οι μόνοι που είχαν εφαρμόσει αναλυτικούς συλλογισμούς και είχαν την ικανότητα να αγνοήσουν τη διαισθητική απάντηση, ακόμα και όταν αυτή ήταν ισχυρή (κατηγορία γ). Αντίθετα, οι υπόλοιπες τρεις ομάδες έδειξαν να παρασύρονται προς τη λανθασμένη απάντηση και μάλιστα το φαινόμενο αυτό ήταν πιο έντονο όσο το ερέθισμα της

διαισθητικής απάντησης ήταν ισχυρότερο (Βλαχολιά, 2017; Βλαχολιά κ.ά., 2017; Vlacholia et al., 2017).

Τα αποτελέσματα της βηματικής πολλαπλής παλινδρόμησης έδειξαν ότι από τα χαρακτηριστικά των μαθητών που μελετήθηκαν εκείνο που παίζει σημαντικότερο ρόλο τόσο στην ερμηνεία της «συνεπούς» υποκλίμακας Ι, όσο και της κατηγορίας (δ) των «ασυνεπών» ερωτημάτων του VACT είναι η επίδοση των μαθητών στη δοκιμασία βασικών γνώσεων Χημείας (BCCI). Η οπτικοχωρική ικανότητα συνεισφέρει, επίσης, σε στατιστικά σημαντικό επίπεδο στην πρόβλεψη της «συνεπούς» υποκλίμακας Ι. Ο συνολικός βαθμός εισαγωγής στο σχολείο και ο βαθμός εισαγωγής στα Μαθηματικά είναι τα μόνα χαρακτηριστικά που συνεισφέρουν στην πρόβλεψη της «συνεπούς» υποκλίμακας Ι και της κατηγορίας (γ) των «ασυνεπών» ερωτημάτων του VACT, αντίστοιχα, σε στατιστικά σημαντικό επίπεδο. (Βλαχολιά, 2017; Βλαχολιά κ.ά., 2019).

Σχήμα 1: Διαγράμματα σφαλμάτων των ποσοστών των σωστών απαντήσεων (95% CIs) (i) στις υποκλίμακες Ι και ΙΙ του VACT και (ii) στις κατηγορίες των ερωτημάτων (γ) και (δ)



(i) (ii)

Από τα αποτελέσματα της έρευνας συνάγεται ότι τα προβλήματα που μπορούν να επιλυθούν με την εφαρμογή οπτικών στρατηγικών αντιμετωπίζονται εύκολα από όλους τους λύτες ανεξάρτητα από την εμπειρία τους στην επίλυση τέτοιων προβλημάτων. Αντίθετα, τα προβλήματα που απαιτούν γνώσεις Χημείας και εφαρμογή αναλυτικών στρατηγικών επιλύονται με μεγαλύτερη ευκολία από τους λύτες με μεγαλύτερη εμπειρία στην Οργανική Χημεία σε σχέση με τους άπειρους λύτες στο πεδίο αυτό. Οι μαθητές, δηλαδή, αν και διδάσκονται κυρίως αναλυτικές στρατηγικές, φαίνεται να μην τις υιοθετούν. Τα αποτελέσματα αυτά είναι σε συμφωνία με ερευνητικά δεδομένα στο πεδίο της Χημείας (Stieff, 2007), αλλά και άλλων επιστημών όπως της Γεωμετρίας (Kospentaris

et al., 2016) και επιβεβαιώνουν την άποψη ότι η απόκτηση εμπειρίας στη Χημεία απαιτεί σημαντικές εννοιολογικές αλλαγές (Vosniadou & Skopeliti, 2014), οι οποίες μεταξύ άλλων περιλαμβάνουν μια αλλαγή, από την εξάρτηση της οπτικοχωρικής σκέψης στην εφαρμογή αναλυτικών στρατηγικών.

Τέλος, ένα νέο και σημαντικό εύρημα της έρευνας αυτής είναι η επίδραση της διαισθητικής απάντησης όταν αυτή επιβάλλεται ισχυρά από την οπτική παρατήρηση. Η αδυναμία όλων των λυτών, με εξαίρεση την πιο έμπειρη ομάδα των εκπαιδευτικών, να αγνοήσουν τη διαισθητική απάντηση συνιστά ένα σημείο στο οποίο πρέπει να επικεντρωθεί η διδασκαλία. Έτσι, θα ήταν χρήσιμο οι εκπαιδευτικοί να περιλαμβάνουν στη διδασκαλία και στο εκπαιδευτικό υλικό τους έκδηλα παραδείγματα όπου οι απαντήσεις που θα επιβάλλονται από την οπτική παρατήρηση θα είναι λανθασμένες και όπου μόνο η εφαρμογή αναλυτικών στρατηγικών θα μπορεί να οδηγήσει στην ορθή λύση, με στόχο οι διδασκόμενοι θα κατανοήσουν ότι η απευθείας εφαρμογή μιας οπτικής στρατηγικής είναι δυνατόν να τους οδηγήσει σε λανθασμένη απάντηση.

Από τα χαρακτηριστικά των μαθητών που επηρεάζουν την επίδοσή τους, η οπτικοχωρική ικανότητα, είναι αυτή που μπορεί να καλλιεργηθεί στους μαθητές και να συμβάλλει στην επιτυχία τους στην Οργανική Χημεία. Κάτι τέτοιο είναι σε συμφωνία με τη βιβλιογραφία που αναφέρει ότι η εξάσκηση στις οπτικές στρατηγικές συνδέεται με την επιτυχία των διδασκομένων στις επιστήμες STEM γενικά (Newcombe, 2013; Stieff and Uttal, 2015), αλλά και ειδικότερα στη Χημεία (Stull et al., 2016). Από την άλλη πλευρά, η βιβλιογραφία (Hegarty et al., 2013; Stieff, 2007) έχει αναδείξει ότι η επίτευξη της εμπειρίας συνδέεται με την ανάπτυξη αναλυτικών στρατηγικών. Συνεπώς, η βέλτιστη προσέγγιση για τη διδασκαλία της Χημείας θα πρέπει να περιλαμβάνει έναν συνδυασμό εξάσκησης στη χρήση τόσο οπτικών όσο και αναλυτικών στρατηγικών (Stull and Hegarty, 2016).

Με στόχο την ενίσχυση της μετάβασης των μαθητών από τη χρήση οπτικών στη χρήση αναλυτικών στρατηγικών και άρα την αναδόμηση των νοητικών τους μοντέλων, προχωρήσαμε στη δημιουργία υλικού εξάσκησης στη χρήση οπτικών και αναλυτικών στρατηγικών για την επίλυση προβλημάτων Οργανικής Χημείας για μαθητές Β΄ τάξης ΓΕΛ. (Βλαχολιά, 2017; Βλαχολιά & Τζουγκράκη, 2017). Το υλικό εξάσκησης περιέχει συνολικά 100 ερωτήσεις – δραστηριότητες από τις οποίες οι 50 αφορούν στην εξάσκηση των μαθητών στις οπτικοχωρικές στρατηγικές και οι υπόλοιπες στις αναλυτικές στρατηγικές. Οι ερωτήσεις αφορούν στις δισδιάστατες δομές οργανικών μορίων με τις οποίες έρχονται σε επαφή οι μαθητές. Μετά την αξιολόγησή του υλικού, αναπτύχθηκε ένα γνωστικό εργαλείο σχεδιασμού και χειρισμού συντακτικών τύπων με τη μορφή του εξειδικευμένου διαδικτυακού λογισμικού 2DrawChemQuiz (Χαριστός κ.ά. 2017). Η αναλυτική περιγραφή του υλικού εξάσκησης και του λογισμικού 2DrawChemQuiz δίνεται στις (Βλαχολιά, 2017; Χαριστός κ.ά., 2017). Η περαιτέρω αξιολόγησή του, σε συνδυασμό με το εργαλείο VACT, βρίσκεται σε εξέλιξη.

Εφαρμογή και Αξιολόγηση της Συστημικής Προσέγγισης στη Διδασκαλία και Μάθηση

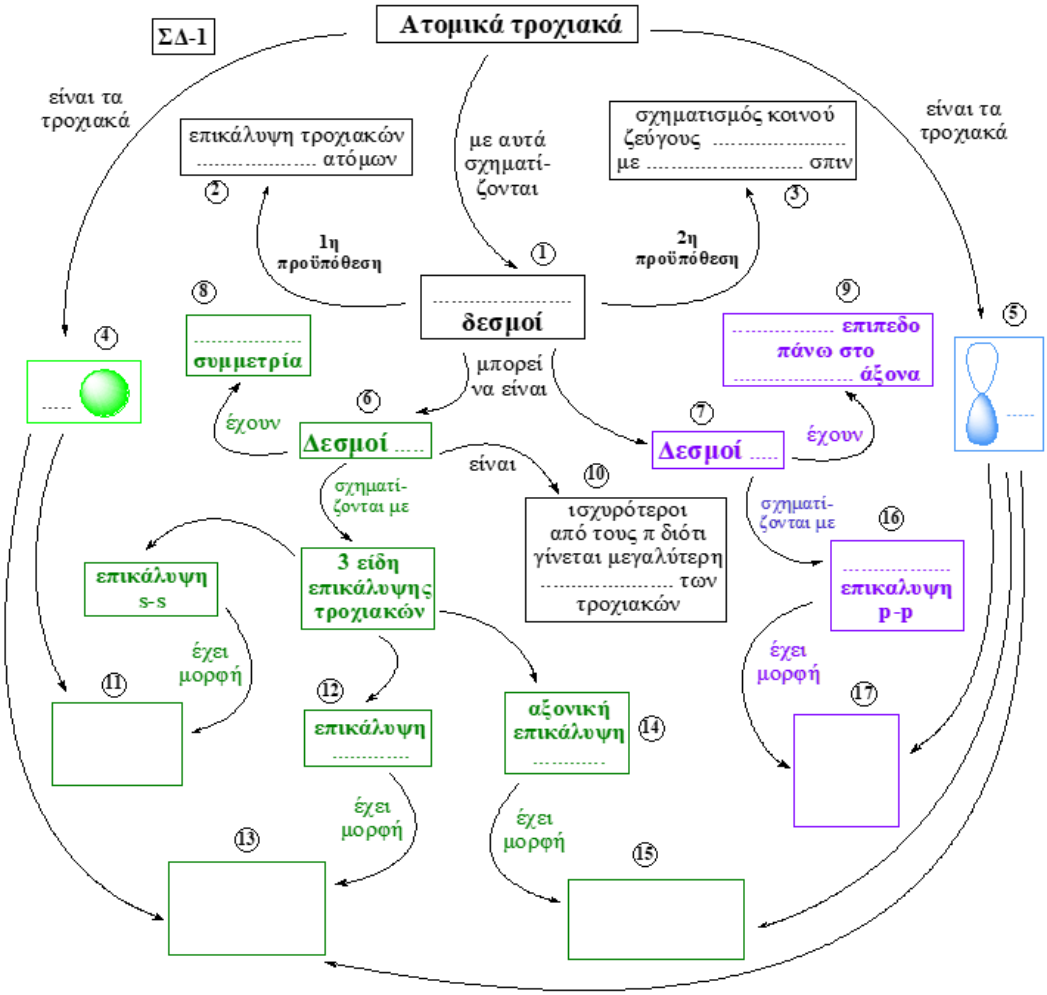
Το διδακτικό μοντέλο SATL

Η δεύτερη ερευνητική ενότητα αφορά στην εφαρμογή και αξιολόγηση του διδακτικού μοντέλου «Συστημική Προσέγγιση στη Διδασκαλία και Μάθηση», ΣΠΔΜ, (Systemic Approach to Teaching and learning, SATL), το οποίο αναπτύχθηκε από τους (Fahmy & Lagowski, 2003; Fahmy, 2017) και έχει ως πρωταρχικό στόχο την επίτευξη από τους μαθητές της σε βάθος μάθησης ή της νοηματικής μάθησης με κατανόηση (deap or meaningful learning). Επιστημολογικά μπορεί να θεωρηθεί ως μια υβριδική διδακτική - μαθησιακή προσέγγιση, η οποία συνδυάζει και χρησιμοποιεί ιδέες και στοιχεία της συστημικής ή του συστημικού κινήματος (systemics or systems movement) και του εποικοδομητισμού (constructivism) προσαρμοσμένα σε διαδικασίες χαρτογράφησης εννοιών (concept mapping). Ο όρος «συστημική» είναι ένας ευρύς όρος που περιλαμβάνει μια ποικιλία συστημικών προσεγγίσεων, οι περισσότερες από τις οποίες εμπεριέχουν όχι μόνο μια θεωρία, αλλά και έναν τρόπο σκέψης (συστημική σκέψη), (Schwaninger, 2006). Σύμφωνα με το μοντέλο DSRP (Distinction, System, Relationship, Perspective) (Cabrera et al., 2008), η συστημική σκέψη φαίνεται να σχετίζεται εγγενώς με την ικανότητα ανάλυσης ενός συστήματος στα θεμελιώδη συστατικά του στοιχεία/υποσυστήματα και σύνθεσης αυτών των στοιχείων σε μία ολότητα που έχει νόημα.

Η βασική διαφοροποίηση της μεθόδου SATL σε σχέση με μία παραδοσιακή διδακτική προσέγγιση είναι αφενός η ενσωμάτωση στη διδασκαλία τεχνικών κυκλικής χαρτογράφησης των εννοιών και αφετέρου η αναπαράσταση και μελέτη των εννοιών και των μεταξύ τους σχέσεων ως ένα «κλειστό» και βαθμιαία αναπτυσσόμενο σύστημα (concept cluster). Η οπτική αναπαράσταση ενός τέτοιου εννοιολογικού συστήματος ονομάζεται Συστημικό Διάγραμμα (ΣΔ) και αποτελεί το βασικό διδακτικό εργαλείο αυτού του μοντέλου (Fahmy & Lagowski, 2003).

Παράδειγμα ενός τέτοιου διαγράμματος για τη διδασκαλία του χημικού δεσμού δίνεται στο σχήμα 2 (Βαχλιώτης, 2012; Βαχλιώτης κ.ά., 2015). Οι μαθητές, αφού διδαχθούν τη σχετική ύλη για την ενότητα Χημικός δεσμός - Θεωρία δεσμού σθένους (Γ΄ Λυκείου) ξεκινώντας από αυτό το αρχικό διάγραμμα, που περιέχει προηγούμενες γνώσεις τους, συμπληρώνουν διαδοχικά σε συνεργασία με τον διδάσκοντα τα δεκαεπτά αριθμημένα κενά ή ημισυμπληρωμένα πλαίσια του αρχικού ΣΔ., με την πρόοδο της διδασκαλίας.

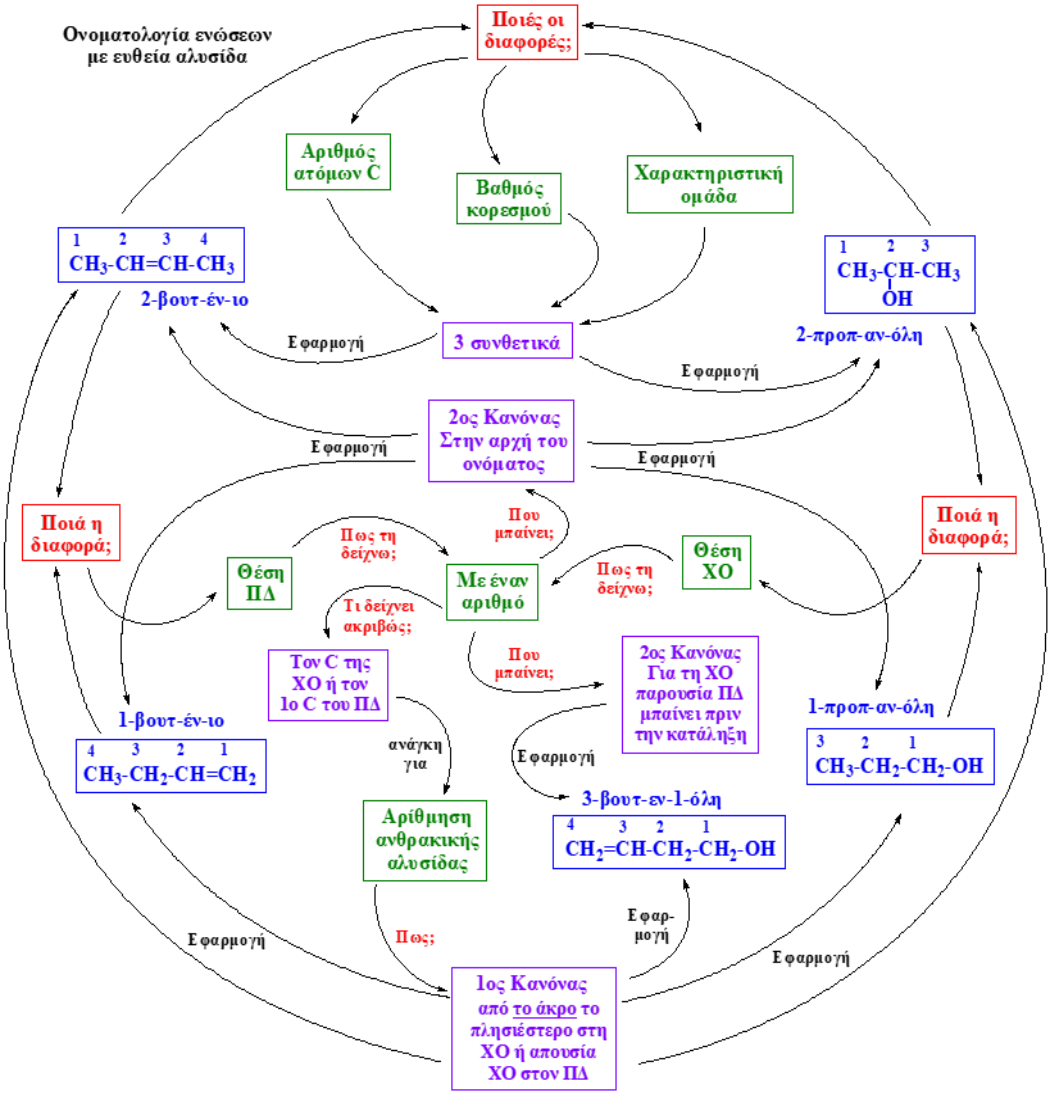
Σχήμα 2: Το αρχικό συστημικό διάγραμμα (ΣΔ-1) για την εισαγωγή στη διδασκαλία του χημικού δεσμού



Η ερευνητική μας ομάδα πρότεινε μια διαφορετική μεθοδολογία δημιουργίας των συστημικών διαγραμμάτων και συγκεκριμένα την εξ αρχής ανάπτυξη ενός συστημικού διαγράμματος. Σύμφωνα με αυτήν, ο διδάσκων υποβάλει τις κατάλληλες ερωτήσεις, οι οποίες μπορούν να απαντηθούν με βάση την κοινή λογική ή/και με ανάκληση από τους μαθητές προϋπάρχουσας γνώσης και οι οποίες καθοδηγούν τους μαθητές να διερευνήσουν νέες σχέσεις μεταξύ των εννοιών. Αυτή η διαδικασία που εμπεριέχει στοιχεία καθοδηγούμενης διερεύνησης επιτρέπει στους μαθητές να συμμετέχουν πιο ενεργά στην ανάπτυξη του ΣΔ. Στο σχήμα 3 φαίνεται το τελικό ΣΔ για τη διδασκαλία της ονοματολογίας οργανικών ενώσεων με ευθεία

ανθρακική αλυσίδα. Αρχικά, παρουσιάστηκαν στους μαθητές μόνο οι συντακτικοί τύποι του 2-βουτενίου και της 2-προπανόλης και το διάγραμμα αναπτύχθηκε σταδιακά κατά τη διάρκεια της διδακτικής -μαθησιακής διαδικασίας, με τη βοήθεια των ερωτήσεων που υπέβαλε ο διδάσκων στους μαθητές (Βαχλιώτης, 2012; Βαχλιώτης κ.ά., 2015).

Σχήμα 3: Το τελικό συστημικό διάγραμμα για τη διδασκαλία της ονοματολογίας οργανικών ενώσεων με ευθεία ανθρακική αλυσίδα



Ανάπτυξη και εφαρμογή εργαλείων αξιολόγησης κατανόησης εννοιών και συστημικής σκέψης στο πλαίσιο της Οργανικής Χημείας

Η ανάπτυξη έγκυρων και αξιόπιστων εργαλείων αξιολόγησης της κατανόησης επιστημονικών εννοιών από τους μαθητές απασχολεί σε μεγάλο βαθμό τους ερευνητές της εκπαίδευσης. Διάφορα σχήματα αξιολόγησης έχουν προταθεί για την αποτελεσματική εκτίμηση της ουσιαστικής κατανόησης των επιστημονικών εννοιών από τους μαθητές, όπως είναι οι εννοιολογικές ερωτήσεις (Robinson and Nurrenbern, 2009), ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής με επεξήγηση (knowledge integration) (Lee et al., 2011), κ. α. Επίσης, έχουν προταθεί διάφορες τεχνικές, όπως η χαρτογράφηση εννοιών (Novak et al., 2000), οι συνεντεύξεις (Southerland et al., 2000), οι λεκτικές αλληλεπιδράσεις (Hogan and Fisherkeller, 2000), οι ανοικτού τύπου ερωτήσεις (Nieswandt, & Bellomo, 2009).

Για τη μέτρηση της συστημικής σκέψης σε εμπειρικές μελέτες έχουν προταθεί διάφορα ερευνητικά εργαλεία (Ben-Zvi Assaraf and Orion, 2010; Brandstädter et al., 2012; Maani and Maharaj, 2004). Κατά την εφαρμογή των σχημάτων και τεχνικών αυτών έχουν προκύψει διάφορα προβλήματα σχετικά με την αποτελεσματικότητα και τις ψυχομετρικές ιδιότητες τους. Δύο σχήματα αξιολόγησης που φαίνεται να μην εμφανίζουν αρκετά από αυτά τα προβλήματα είναι οι Διπλές Εννοιολογικές Ερωτήσεις (ΔΕΕ) (Robinson & Nurrenbern, 2009) και οι Συστημικές Ερωτήσεις Αξιολόγησης (ΣΕΑ), (Systemic assessment questions, SAQ), που προτάθηκαν στα πλαίσια του μοντέλου SATL (Fahmy & Lagowski, 2007/2008).

Στις ΣΕΑ ζητείται, συνήθως, η σωστή ανάλυση, κατασκευή, ή συμπλήρωση ενός πρωτότυπου Συστημικού Διαγράμματος με μοναδικά χαρακτηριστικά. Οι μαθητές, δηλαδή, καλούνται να αναλύσουν το σύστημα στα συστατικά του στοιχεία (έννοιες και συνδέσεις) και να συνθέσουν αυτά τα στοιχεία σε αλληλοσυνδεόμενα υποσυστήματα που συνιστούν μία συνεκτική ολότητα. Η ενασχόληση με αυτές τις ερωτήσεις οδηγεί τον μαθητή να σκεφτεί με ένα συστημικό τρόπο αναπτύσσοντας σημαντικές νοητικές δεξιότητες, όπως η ικανότητα να διαχωρίζει τις έννοιες, να υιοθετεί πολλαπλές προοπτικές, και να αναγνωρίζει σχέσεις προκειμένου να οργανώσει ένα σύστημα εννοιών.

Με στόχο την ανάπτυξη μεθόδων αξιολόγησης, η έρευνά μας επικεντρώθηκε στην ανάπτυξη και αξιολόγηση κατάλληλα σχεδιασμένων Συστημικών Ερωτήσεων Αξιολόγησης (ΣΕΑ): α) ως εργαλείων εκτίμησης του βαθμού κατανόησης εννοιών Οργανικής Χημείας από τους μαθητές Β΄ Λυκείου και ως εργαλείων ανίχνευσης της συστημικής τους σκέψης, β) στην ανάπτυξη και αξιολόγηση κατάλληλα σχεδιασμένων αντικειμενικών ερωτήσεων ως εργαλείων ανίχνευσης του βαθμού κατανόησης επιστημονικών εννοιών και γ) στην ανάπτυξη και εφαρμογή κατάλληλου εκπαιδευτικού υλικού για την εφαρμογή και αξιολόγηση του μοντέλου SATL.

Για την αξιολόγηση των παραπάνω σχημάτων ερωτήσεων πραγματοποιήσαμε δύο μελέτες (Vachliotis et al., 2011, 2014), τα ερωτηματολόγια των οποίων περιείχαν συστημικές ερωτήσεις που απαιτούν την ολοκλήρωση των ημιτελών και δομημένων

συστημικών διαγραμμάτων, και αντικειμενικές ερωτήσεις διαφόρων τύπων. Για το σχεδιασμό των ΣΕΑ χρησιμοποιήσαμε το τριγωνικό πλαίσιο αξιολόγησης που διατυπώθηκε από τους Pellegrino et al., 2001. Οι περισσότερες αντικειμενικές ερωτήσεις σχεδιάστηκαν για να συλλάβουν τουλάχιστον ένα χαρακτηριστικό της ουσιαστικής κατανόησης των μαθητών για συγκεκριμένες έννοιες Οργανικής Χημείας. Παραδείγματα αντικειμενικών ερωτήσεων και σχήματος ΣΕΑ δίδονται στα σχήματα 4 και 5, αντιστοίχως.

Σχήμα 4: Παράδειγμα αντικειμενικών ερωτήσεων

Α1. Συμπλήρωσε τα κενά:

α) Οι οργανικές ενώσεις στις οποίες τα άτομα άνθρακα συνδέονται μεταξύ τους μόνο με απλούς δεσμούς λέγονται ..... Μια τέτοια ένωση, είναι η ένωση που έχει συντακτικό τύπο .....

β) Η συντακτική ισομέρεια διακρίνεται σε ισομέρεια ....., ισομέρεια ..... και ισομέρεια .....

γ) Ένα ισομερές θέσης της ένωσης $CH_3C{\equiv}CCH_3$ είναι η ένωση με συντακτικό τύπο .....

δ) Η ένωση $CH_3CH_2CH_2CH_2OH$ ονομάζεται 1-.....-.....-.....

Α2. Επίλεξε τη σωστή απάντηση σε καθεμιά από τις δυο επόμενες προτάσεις:

α) Κατά την προσθήκη υδρογόνου στο ακετυλένιο προκύπτει:

i) το αιθάνιο ii) το αιθίνιο iii) η αιθανόλη iv) η αιθανάλη

β) Ποιος από τους παρακάτω όρους αφορά μια παρασκευή ενός αλκενίου;

i) πολυμερισμός ii) φωτοχημική αλογόνωση

iii) αφυδάτωση αλκοόλης iv) καταλυτική υδρογόνωση αλκανίου

Α3. Για δυο υδρογονάνθρακες Χ και Ψ γνωρίζουμε ότι:

- Και οι δυο αποχρωματίζουν διάλυμα βρωμίου σε τετραχλωράνθρακα.
- Μόνο ο υδρογονάνθρακας Χ αντιδρά με το νάτριο.
- Με προσθήκη υδρογόνου στους υδρογονάνθρακες Χ και Ψ προκύπτει το ίδιο προϊόν.

Με βάση τα παραπάνω, ποια από τις 4 επόμενες προτάσεις είναι σωστή;

i) Ο υδρογονάνθρακας Χ είναι το αιθένιο και ο υδρογονάνθρακας Ψ είναι το αιθίνιο

ii) Ο υδρογονάνθρακας Χ είναι το προπίνιο και ο υδρογονάνθρακας Ψ είναι το αιθένιο

iii) Ο υδρογονάνθρακας Χ είναι το προπάνιο και ο υδρογονάνθρακας Ψ είναι το προπένιο

iv) Ο υδρογονάνθρακας Χ είναι το αιθίνιο και ο υδρογονάνθρακας Ψ είναι το αιθένιο

Α4. Αντιστοίχισε κάθε αντιδρών της στήλης Α με ένα μόνο προϊόν της στήλης Β:

Στήλη Α	Στήλη Β
α. $CH_3CH=CH_2$	i. CH_3Cl
β. $CH_2=CH_2$	ii. $CH_3CH=O$
γ. $CH_3C\equiv CH$	iii. $CH_3CH_2CH_2OH$
δ. $CH\equiv CH$	iv. $(-CH_2CH_2-)_\nu$
ε. CH_4	v. CH_3CHCH_3 | OH
	vi. $CH_3C=CH_2$

Σχήμα 5: Παράδειγμα σχήματος ΣΕΑ

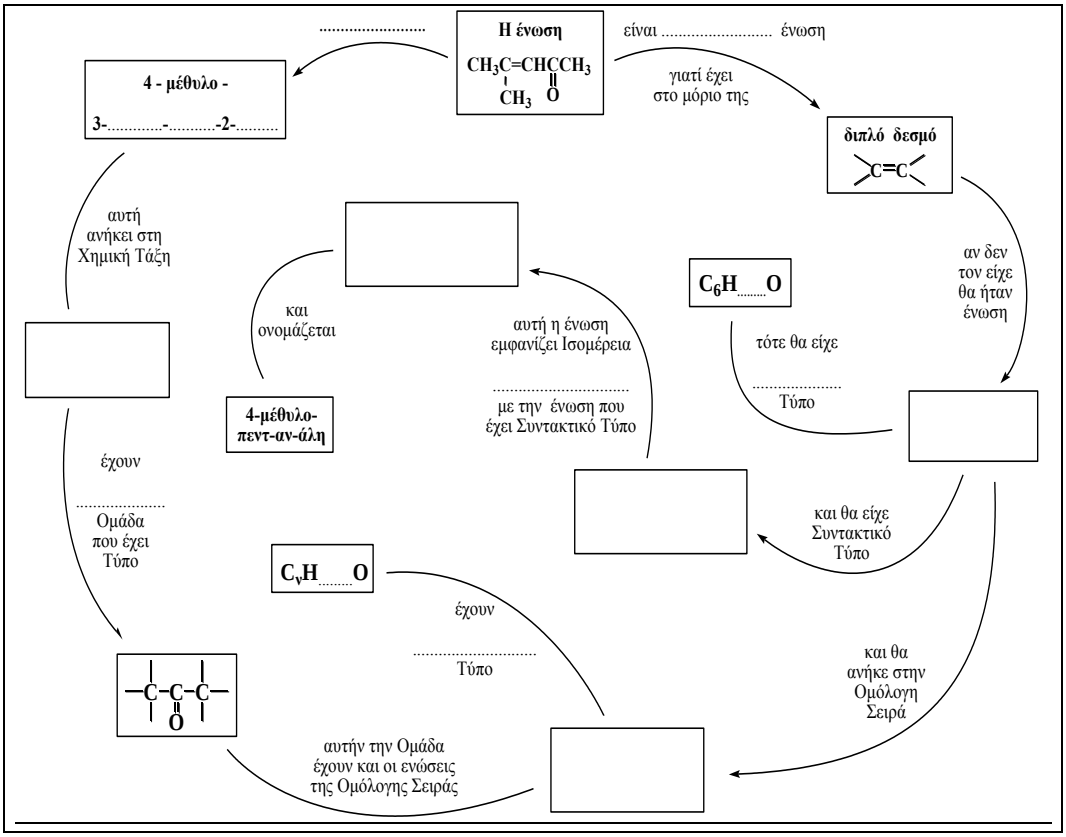
Στο παρακάτω διάγραμμα:

α) Συμπλήρωσε σωστά τα κενά που υπάρχουν σε 8 πλαίσια.

β) Συμπλήρωσε με τις κατάλληλες λέξεις/φράσεις τα 6 κενά που υπάρχουν πάνω στα βέλη.

γ) Προσδιόρισε τη φορά που λείπει σε 5 βέλη.

δ) Συμπλήρωσε δύο ακόμα σχέσεις (σχεδίασε 2 νέα βέλη που να συνδέουν πλαίσια που υπάρχουν στο διάγραμμα και γράψε πάνω στα βέλη αυτά τις κατάλληλες λέξεις/φράσεις που περιγράφουν τις σχέσεις αυτές).



Η εγκυρότητα και η αξιοπιστία των δύο προτεινόμενων σχημάτων αξιολόγησης ελέγχθηκε με μια ποικιλία δοκιμών και βρέθηκε ικανοποιητική. Τα ερωτηματολόγια της 1ης μελέτης χορηγήθηκαν σε 72 μαθητές, ενώ της 2ης σε 91 μαθητές της Β΄ Λυκείου δημοσίων σχολείων της Αττικής. Για τη βαθμολόγηση των ΣΕΑ, η κατανόηση της συστημικής σκέψης αποδόθηκε σε έξι επίπεδα δεξιοτήτων από το 0 έως το 5, τα οποία ορίσθηκαν ως: «Χωρίς απάντηση ή άσχετη απάντηση», «Χωρίς σύνδεση των εννοιών του ΣΔ», «Μερική σύνδεση», «Πλήρης σύνδεση», «Σύνθετη σύνδεση», και «Σύστημα». Εφαρμόστηκε, επίσης, και το σύστημα βαθμολόγησης με απόδοση μίας μονάδα για κάθε σωστή απάντηση. Η στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων έδειξε ότι και το σχήμα ΣΕΑ και το σχήμα των αντικειμενικών ερωτήσεων έχουν αποδεκτές ψυχομετρικές ιδιότητες και είναι κατάλληλα να χρησιμοποιηθούν ως εργαλεία αξιολόγησης της κατανόησης από τους μαθητές και της ανίχνευσης δεξιοτήτων συστημικής σκέψης στο πεδίο της Οργανικής Χημείας. Παρατηρήθηκε, επίσης, ισχυρή συνάφεια μεταξύ των απαντήσεων των μαθητών στα δύο συστήματα αξιολόγησης (Βαχλιώτης, 2012; Vachliotis et al., 2011, 2014).

Αξιολόγηση της διδασκαλίας με το μοντέλο SATL

Έχοντας ενδείξεις από τις προηγούμενές έρευνές μας (Vachliotis et al., 2011, 2014) ότι η συστημική σκέψη στο πεδίο της Οργανικής Χημείας σχετίζεται με την κατανόηση των σχετικών επιστημονικών εννοιών και θεωρώντας ότι το μοντέλο SATL συμβάλλει στην ανάπτυξη δεξιοτήτων συστημικής σκέψης από τους μαθητές, πραγματοποιήσαμε μια μελέτη για να διερευνήσουμε την επίδραση της εφαρμογής της διδακτικής προσέγγισης στην κατανόηση εννοιών οργανικής Χημείας από μαθητές της Β΄ Λυκείου.

Ακολουθήσαμε μια επέκταση του σχεδιασμού της μη ισοδύναμης ομάδας ελέγχου με τη χορήγηση δύο προ-ερωτηματολογίων και εφαρμόστηκαν οι απαραίτητες διαδικασίες για τη διαφύλαξη της εσωτερικής εγκυρότητας (Βαχλιώτης, 2012). Στην έρευνα συμμετείχαν 163 μαθητές/τριες Β΄ Λυκείου από οκτώ τμήματα δύο δημόσιων γενικών λυκείων της Αθήνας. Την πειραματική ομάδα αποτέλεσαν 79 μαθητές/τριες (37α/42γ) και την ομάδα ελέγχου οι υπόλοιποι 84 μαθητές/τριες (50α/34γ). Πριν από την έναρξη της διδασκαλίας, πραγματοποιήθηκε η διαγνωστική αξιολόγηση των μαθητών, με τη χορήγηση του πρώτου προ-ερωτηματολογίου, στην ύλη της Χημείας που είχαν διδαχθεί στην Α΄ λυκείου. Στη πρώτη φάση της διδασκαλίας, οι δύο ομάδες παρακολούθησαν το ίδιο σχέδιο μαθήματος, που είχε δημιουργηθεί για αυτόν τον σκοπό, με τον παραδοσιακό τρόπο διδασκαλίας. Η αξιολόγηση της επίδοσης των μαθητών για αυτήν τη διδακτική ενότητα πραγματοποιήθηκε με το δεύτερο προ-ερωτηματολόγιο, το οποίο περιείχε ερωτήσεις ανάκλησης γνώσεων και ερωτήσεις κατανόησης. Ακολούθως, στην ομάδα ελέγχου συνεχίστηκε η εφαρμογή της μετωπικής διδασκαλίας, ενώ στην πειραματική ομάδα εφαρμόστηκε η μέθοδος που προτείναμε (ΣΠΔΜ εμπλουτισμένη με στοιχεία διερεύνησης). Καθ' όλη τη διάρκεια της έρευνας υπήρξε φροντίδα οι μαθητές και των δύο ομάδων να εμπλέκονται στις ίδιες διδακτικές - μαθησιακές διαδικασίες ίδιας διάρκειας, ώστε η μόνη διαφοροποίηση να είναι στη διδακτική μέθοδο που ακολουθήθηκε. Μετά το πέρας της διδακτικής διαδικασίας, στους μαθητές και των δύο ομάδων χορηγήθηκε το μετά-ερωτηματολόγιο που περιείχε ερωτήσεις ανάκλησης γνώσεων και ερωτήσεις κατανόησης.

Τα αποτελέσματα της ανάλυσης των απαντήσεων των μαθητών έδειξαν ότι δεν υπήρχε στατιστικά σημαντική διαφορά στις επιδόσεις των μαθητών των δύο ομάδων στα δύο προ-ερωτηματολόγια. Αντίθετα, η σύγκριση με τα αποτελέσματα του μετά-ερωτηματολογίου έδειξε μια στατιστικά σημαντική διαφορά ανάμεσα στις δύο ομάδες, τόσο στις συνολικές βαθμολογίες όσο και στις βαθμολογίες των ερωτήσεων κατανόησης. Στις ερωτήσεις ανάκλησης, αν και οι επιδόσεις της πειραματικής ομάδας ήταν καλύτερες, η διαφορά των δύο ομάδων δεν ήταν στατιστικά σημαντική.

Τα αποτελέσματα αυτά υποστηρίζουν την υπόθεση ότι η εφαρμογή της μεθόδου SATL, εμπλουτισμένη με στοιχεία καθοδηγούμενης διερεύνησης, μπορεί να βελτιώσει σημαντικά τις επιδόσεις των μαθητών στην οργανική Χημεία και να ενισχύσει την κατανόηση των αντίστοιχων επιστημονικών εννοιών σε σχέση με μια παραδοσιακή διδακτική προσέγγιση.

Αποτίμηση της διδακτικής προσέγγισης SATL και προοπτικές

Μια «υβριδική» διδακτική προσέγγιση που συνδυάζει την κυκλική χαρτογράφηση των επιστημονικών εννοιών με στοιχεία διερεύνησης θα μπορούσε να προσδώσει σε ένα κλασικό πρόγραμμα σπουδών μια πιο αποτελεσματική μαθησιακή προοπτική, καθώς τα αποτελέσματα της έρευνας έδειξαν σημαντική συσχέτιση μεταξύ του βαθμού ανάπτυξης συστημικής σκέψης και της κατανόησης των επιστημονικών εννοιών από τους μαθητές. Επιπρόσθετα, το σχήμα αξιολόγησης ΣΕΑ που εξετάσθηκε, θεωρητικά θεμελιωμένο σε ένα φορμαλιστικό εννοιολογικό μοντέλο για τη συστημική σκέψη και ανεπτυγμένο στη βάση ενός προτεινόμενου τριγωνικού πλαισίου αξιολόγησης, αποδείχθηκε χρήσιμο για την αξιολόγηση δεξιοτήτων συστημικής σκέψης στο πεδίο της Οργανικής Χημείας. Προς αυτήν την κατεύθυνση θα μπορούσαν να γίνουν περισσότερες διδακτικές εφαρμογές και σχετικές έρευνες. Για παράδειγμα, θα μπορούσε να εφαρμοστεί και να αξιολογηθεί το διδακτικό αυτό μοντέλο σε άλλες θεματικές ενότητες της Χημείας και στο πλαίσιο άλλων διδακτικών στρατηγικών και προσεγγίσεων (ομαδοσυνεργατική, project, κ.ά.). Η εφαρμογή και αξιολόγηση του διδακτικού μοντέλου σε άλλα επιστημονικά πεδία, π.χ. Φυσική, Βιολογία, θα είχε επίσης ιδιαίτερο ενδιαφέρον. Αναγκαία, επίσης, είναι η προσπάθεια περαιτέρω ανάπτυξης και βελτίωσης του προτεινόμενου συστημικού σχήματος αξιολόγησης, καθώς και η περαιτέρω διερεύνηση της σχέσης ανάμεσα σε κατανόηση και ανάπτυξη της συστημικής σκέψης.

Χρήση και Μετάφραση Χημικών Αναπαραστάσεων

Αναπαραστάσεις στα διδακτικά βιβλία Χημείας

Η Χημεία μελετά φαινόμενα που δεν είναι διαθέσιμα για άμεση εμπειρία, όπως είναι η μοριακή δομή, η κίνηση και οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ ατόμων, μορίων, ιόντων κ.λπ. Η κατανόηση της Χημείας βασίζεται στη νοηματοδότηση του αόρατου και ανέγγιχτου και στη δημιουργία νοητικών εικόνων για τα αντίστοιχα μοριακά φαινόμενα. Οι χημικοί προκειμένου να περιγράψουν, να εξηγήσουν, και να οπτικοποιήσουν τα χημικά φαινόμενα, ώστε να διευκολύνουν την επικοινωνία τους, έχουν επινοήσει εξειδικευμένα συμβολικά συστήματα (Hoffmann and Laszlo, 1991; Mathewson, 2005). Οι οπτικοποιήσεις αυτές καλούνται χημικές αναπαραστάσεις και ανάλογα με το είδος τους έχουν κατηγοριοποιηθεί στα παρακάτω τρία βασικά είδη (Gilbert and Treagust, 2009).

1. Οι μακροσκοπικές αναπαραστάσεις απεικονίζουν τα φαινόμενα σύμφωνα με την ανθρώπινη οπτική αντίληψη. Πρόκειται για άμεσες εμπειρίες από εργαστηριακά πειράματα ή από την καθημερινή ζωή και χρησιμοποιούνται για την παρατήρηση των χημικών φαινομένων.
2. Οι υπομικροσκοπικές αναπαραστάσεις απεικονίζουν τη δομή και την κίνηση των υπαρκτών, αλλά μικροσκοπικών σωματιδίων της ύλης (άτομα, μόρια, ιόντα, ηλεκτρόνια, κ.ά.), τα οποία δεν είναι δυνατόν να παρατηρηθούν δια της αισθητηριακής

οδού. Οι αναπαραστάσεις αυτές είναι σημαντικές γιατί είναι το μόνο είδος χημικής αναπαράστασης που μπορεί να απεικονίσει το σωματιδιακό μοντέλο της ύλης.

3. Οι συμβολικές αναπαραστάσεις περιλαμβάνουν τα σύμβολα, τα γράμματα, τους αριθμούς και τα σήματα που χρησιμοποιούνται για να αναπαρασταθούν τα άτομα, τα μόρια, τα ιόντα, οι ενώσεις και οι χημικές διαδικασίες. Χαρακτηριστικά παραδείγματα είναι τα χημικά σύμβολα των στοιχείων, οι χημικοί τύποι των ενώσεων, οι προβολές, οι χημικές και οι αλγεβρικές εξισώσεις, οι γραφικές παραστάσεις, κ.ά.

Οι χημικές αναπαραστάσεις είναι αναπόσπαστο μέρος κάθε διδακτικού υλικού, όπως σχολικά εγχειρίδια, εκπαιδευτικό λογισμικό πολυμέσων, κ.λπ. Ωστόσο, η απλή παρουσία τους δεν εξασφαλίζει την επαρκή υποστήριξη της κατανόησης των μαθητών. Οι καθηγητές, καθώς μπορούν να χρησιμοποιήσουν όλα τα επίπεδα ταυτοχρόνως, συνήθως, υποθέτουν ότι οι μαθητές κατανοούν το ρόλο του κάθε επιπέδου αναπαράστασης, καθώς και τις μεταξύ τους σχέσεις και μπορούν εύκολα να μεταφερθούν από το ένα επίπεδο στο άλλο (Kozma and Russell, 1997; Treagust et al., 2003). Εν τούτοις, η έρευνα έχει δείξει ότι όχι μόνο οι μαθητές, αλλά και οι προπτυχιακοί φοιτητές, έχουν αρκετές και ποικίλες δυσκολίες και παρανοήσεις σχετικά με τις χημικές αναπαραστάσεις (Akaygun, 2016; Keig and Rubba, 1993; Treagust et al., 2003; Zarkadis et al., 2017).

Η δική μας έρευνα σχετικά με τις αναπαραστάσεις πραγματοποιήθηκε σε δύο φάσεις. Στην 1η φάση διερευνήσαμε ποια είναι τα απαραίτητα χαρακτηριστικά που πρέπει να έχουν οι χημικές αναπαραστάσεις ώστε να διευκολύνουν τη μάθηση με κατανόηση, καθώς και τον βαθμό στον οποίον οι αναπαραστάσεις των διδακτικών βιβλίων Χημείας συμβάλλουν στην κατανόηση των μαθητών.

Στη 2η φάση εξετάσαμε την ικανότητα των Ελλήνων μαθητών και φοιτητών να μεταφράζουν χημικές αναπαραστάσεις, καθώς και τα αίτια των δυσκολιών που αντιμετωπίζουν κατά τη μετάφραση.

Για την υλοποίηση της 1ης φάσης, πραγματοποιήσαμε μία λεπτομερή ανάλυση των χημικών αναπαραστάσεων που υπήρχαν σε πέντε βιβλία Χημείας, δύο (2) ελληνικά (Γεωργιάδου κ.ά., 2005; Λιοδάκης κ.ά., 2005) και τέσσερα (4) ξενόγλωσσα (Ebbing and Gammon, 1999; McMurry, 1996; Moore et al., 1998). Από αυτήν την ανάλυση, λαμβάνοντας υπόψη μας και τη βιβλιογραφία, προέκυψε η σειρά κριτηρίων (Πίνακας 2), τα οποία θεωρούμε ότι είναι κατάλληλα για την αξιολόγηση των χημικών αναπαραστάσεων που χρησιμοποιούνται στα σχολικά βιβλία (Γκίτζια, 2013; Gkitzia et. al., 2011).

Πίνακας 2: Το μοντέλο ελέγχου των αναπαραστάσεων

ΚΡΙΤΗΡΙΟ	***ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΟΣ***
Κ1: Είδος Αναπαράστασης	Μακροσκοπική - Μικροσκοπική - Συμβολική - Πολλαπλή - Υβριδική - Μικτή
Κ2: Πολλαπλές Αναπαραστάσεις (Π.Α.)	Υπάρχουν - Δεν υπάρχουν

K3: Επισήμανση Αντιστοιχίας στις Πολλαπλές Αναπαραστάσεις.	Επαρκής - Ελλιπής - Δεν υπάρχει	
K4: Ερμηνεία Επιφανειακών Χαρακτηριστικών	Επαρκής - Ελλιπής - Δεν υπάρχει	
K5: Συνάφεια Κειμένου-Αναπαράστασης	Απόλυτη - Μερική - Δεν υπάρχει	
K6: Θέση Αναπαράστασης	Ενσωματωμένη στο κείμενο - Παράλληλα με το κείμενο, στο περιθώριο της σελίδας - Πριν ή μετά το κείμενο	
K7: Επικεφαλίδα ή Υπότιτλος	Κανονική - Επιμέρους - Εσωτερική	Σαφής - Σύντομη - Περιεκτική - Προσδίδει αυτοτέλεια στην αναπαράσταση
	Δεν υπάρχει	

Από την εφαρμογή του προτεινόμενου μοντέλου ανάλυσης σε ελληνικά σχολικά εγχειρίδια, προέκυψε ότι δεν χρησιμοποιούνται συχνά ταυτόχρονες πολλαπλές αναπαραστάσεις και στα τρία επίπεδα, αλλά στις περισσότερες περιπτώσεις οι έννοιες διδάσκονται στα δύο από τα τρία επίπεδα, με ιδιαίτερη έμφαση στο συμβολικό επίπεδο, λιγότερη στο μακροσκοπικό, και ακόμη λιγότερη στο υπομικροσκοπικό. Επίσης, συχνά δεν δηλώνεται με σαφήνεια η αντιστοιχία μεταξύ των επιφανειακών χαρακτηριστικών τους. Όσον αφορά στη συσχέτιση αυτών των αναπαραστάσεων με τις αντίστοιχες έννοιες που μελετώνται, διαπιστώθηκε ότι βρίσκονται σε κατάλληλη θέση στα περισσότερα εγχειρίδια και έχουν επικεφαλίδα ή υπότιτλο, όμως, δεν δηλώνεται πάντα με σαφήνεια η ερμηνεία των επιφανειακών τους χαρακτηριστικών, και γενικά, δεν γίνονται απευθείας παραπομπές στις αναπαραστάσεις. Συνεπώς, απαιτούνται από τους μαθητές νοητικές διεργασίες που είναι ιδιαίτερα απαιτητικές ώστε να συνδέσουν μόνοι τους τις αναπαραστάσεις με τις αντίστοιχες έννοιες και να τις ερμηνεύουν. Έτσι, είναι αμφίβολο εάν οι μαθητές καταλαβαίνουν το μήνυμα που μεταφέρουν οι αναπαραστάσεις και δεν τις θεωρούν απλές εικόνες που διακοσμούν το βιβλίο, ή εάν προσλαμβάνουν λάθος μήνυμα από αυτές (Γκίτζια, 2013; Gkitzia et al., 2011).

Τα κριτήρια που προέκυψαν από την ανάλυσή μας, η εγκυρότητα των οποίων επιβεβαιώθηκε, καλύπτουν τα βασικά στοιχεία που απαιτούνται για μια ευεργετική ενσωμάτωση των χημικών αναπαραστάσεων σε σχολικά εγχειρίδια. Πιστεύουμε, ότι η χρήση του εργαλείου αυτού μπορεί να δώσει τη δυνατότητα σε όλους τους εμπλεκόμενους με τη διδασκαλία της Χημείας, συγγραφείς, καθηγητές και μαθητές να βελτιώσουν τις ικανότητές τους στη δημιουργία, μεταφορά και απορρόφηση των χημικών αναπαραστάσεων. Ήδη, τα κριτήρια έχουν βρει απήχηση και έχουν χρησιμοποιηθεί από πολλούς ξένους ερευνητές.

Διερεύνηση της ικανότητας μαθητών και φοιτητών να μεταφράζουν χημικές αναπαραστάσεις

Η ικανότητα μετάφρασης των χημικών αναπαραστάσεων είναι αντικείμενο αυξανόμενης έρευνας, καθώς η ικανότητα αυτή έχει συνδεθεί με την εννοιολογική κατανόηση στη Χημεία. Σύμφωνα με τη γνωστική ψυχολογία και τις έρευνες στη διδακτική της Χημείας, η εννοιολογική κατανόηση στη Χημεία περιλαμβάνει την ικανότητα σκέψης ταυτόχρονα στο μακροσκοπικό, υπομικροσκοπικό, και συμβολικό επίπεδο, δηλαδή την ικανότητα αναπαράστασης των χημικών αναπαραστάσεων και της μεταξύ τους μετάφρασης (Gabel, 1993; Johnstone, 1993; Taber, 2013).

Οι Kozma και Russell (2005) πρότειναν τον όρο αναπαραστατική ικανότητα (representational competence*)* και τον περιέγραψαν ως ένα σύνολο δεξιοτήτων και πρακτικών που επιτρέπουν σε ένα άτομο να χρησιμοποιεί διάφορες αναπαραστάσεις ή οπτικοποιήσεις, να σκέφτεται, να επικοινωνεί, και να δρα σε χημικά φαινόμενα. Η ικανότητα αυτή μπορεί να αποτελέσει ένα μέτρο του βαθμού ουσιαστικής κατανόησης των χημικών εννοιών (Gilbert, 2005; Gilbert & Treagust, 2009; Treagust et al., 2003; Tsaparlis, 2009; Wu & Shah, 2004).

Από όσο γνωρίζουμε, δεν υπήρχε κάποια έρευνα που να μελετά συστηματικά και ολοκληρωμένα σε ένα πακέτο βασικών εννοιών την ικανότητα αναπαράστασης και μετάφρασης και στα τρία επίπεδα διδασκομένων. Οι μέχρι τώρα έρευνες επικεντρώνονται είτε σε μία συγκεκριμένη έννοια (π.χ., χημική αντίδραση, φύλο, κ.ά.) ή σε συγκεκριμένο συνδυασμό επιπέδων αναπαράστασης (Chi et al., 2018; Lin et al., 2016; Ye et al., 2018).

Στη συνέχεια της έρευνάς μας, εξετάσαμε την ικανότητα των Ελλήνων μαθητών και φοιτητών να μεταφράζουν αναπαραστάσεις από το ένα επίπεδο (π.χ. υπομικροσκοπικό) σε ένα άλλο (π.χ. συμβολικό) για τις βασικές χημικές έννοιες: «χημικό στοιχείο», «χημική ένωση», «υδατικό διάλυμα», «στερεά κατάσταση της ύλης» και «χημική αντίδραση». Ακολουθήσαμε ένα σχεδιασμό μεικτής μεθόδου εφαρμόζοντας ποιοτική και ποσοτική μελέτη (Greene et al., 1989) αναπτύσσοντας και τα κατάλληλα ερευνητικά εργαλεία (Gkitzia et al., 2020).

Για την κατασκευή του ερωτηματολογίου της ποσοτικής έρευνας προηγήθηκε: α) μία προκαταρκτική διερευνητική έρευνα για το πώς αντιλαμβάνονται οι μαθητές τις αναπαραστάσεις που σκοπεύαμε να χρησιμοποιήσουμε και β) μια πιλοτική έρευνα με αντιπροσωπευτικό δείγμα 91 μαθητών με βάση τα αποτελέσματα των οποίων διαμορφώθηκε ένα ερωτηματολόγιο που αποτελείτο από ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής (11 για τους μαθητές και 14 για τους φοιτητές) και 1 ερώτηση ανοικτού τύπου.

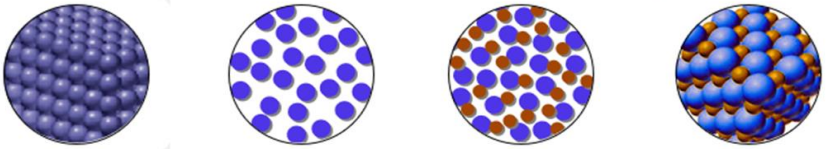
Σχήμα 6: Ενδεικτικά παραδείγματα ερωτήσεων μετάφρασης αναπαραστάσεων για κάθε χημική έννοια στην ποσοτική έρευνα

Χημικό στοιχείο & Στερεή κατάσταση, Μ→ μ

Στην παρακάτω εικόνα φαίνεται ένα κομμάτι **μεταλλικού νατρίου**:

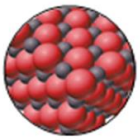
Ποια από τις παρακάτω εικόνες απεικονίζει τη δομή των σωματιδίων στην ουσία αυτή;

α) β) γ) δ)



Χημική ένωση, μ-→Σ

Η παρακάτω εικόνα δείχνει τα σωματίδια μιας ουσίας.

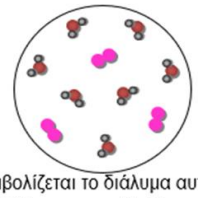


Ποιος από τους παρακάτω είναι ο **χημικός τύπος** της ουσίας αυτής;

α) $LiBr_{(s)}$ β) $LiCN_{(s)}$ γ) $LiBr_{(g)}$ δ) $LiCN_{(aq)}$

Υδατικό διάλυμα, μ→Σ

Η παρακάτω εικόνα δείχνει τα σωματίδια ενός **υδατικού διαλύματος**:



Δίνονται οι συμβολισμοί:

: άτομο υδρογόνου

: άτομο οξυγόνου

: άτομο χλωρίου

Πως συμβολίζεται το διάλυμα αυτό;

α) $Cl_{2(l)}$ β) $Cl_{2\,(aq)}$ γ) $Cl_2H_2O_{\,(aq)}$ δ) Cl_2 και H_2O

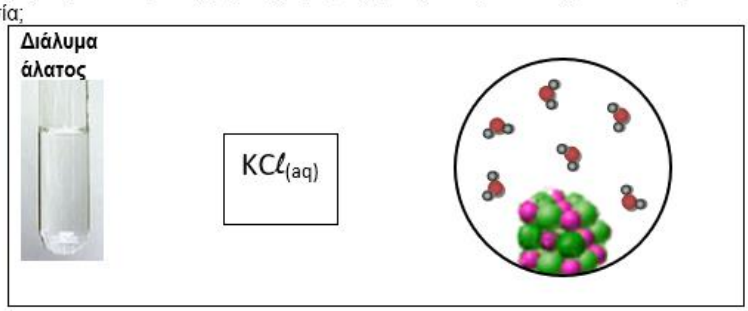
Σε κάθε ερώτηση δόθηκε στους μαθητές/φοιτητές μία χημική αναπαράσταση ενός επιπέδου (π.χ. συμβολικό) και ζητήθηκε από αυτούς να επιλέξουν ή να κατασκευάσουν μία ισοδύναμη αναπαράσταση σε κάποιο άλλο επίπεδο (π.χ. υπομικροσκοπικό). Το ερωτηματολόγιο χορηγήθηκε σε 466 μαθητές Β΄ Λυκείου από όλη την Ελλάδα και σε 86 τριτοετείς φοιτητές Τμήματος Χημείας. Ενδεικτικά παραδείγματα των ερωτήσεων για κάθε χημική έννοια που εξετάστηκε δίνονται στα σχήματα 6 και 7.

Σχήμα 7: Ενδεικτικά παραδείγματα ερωτήσεων μετάφρασης αναπαραστάσεων για κάθε χημική έννοια στην ποσοτική έρευνα

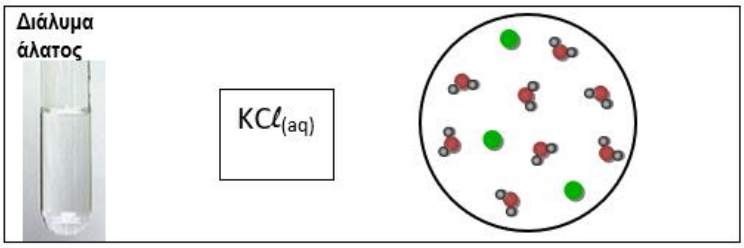
Στερεή κατάσταση Μ→Σ→μ

Σε ποια από τις παρακάτω τριάδες η φωτογραφία, ο χημικός τύπος και το σχέδιο των σωματιδίων απεικονίζουν την ίδια ουσία;

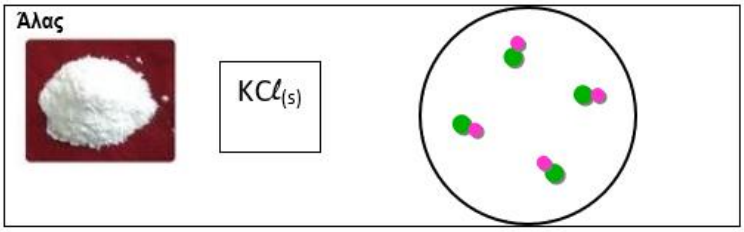
α)



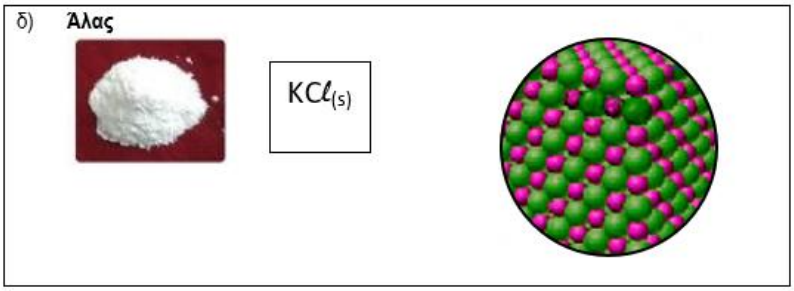
β)



γ)



δ)

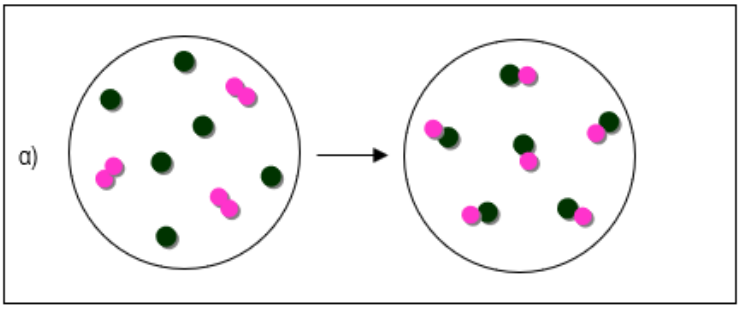


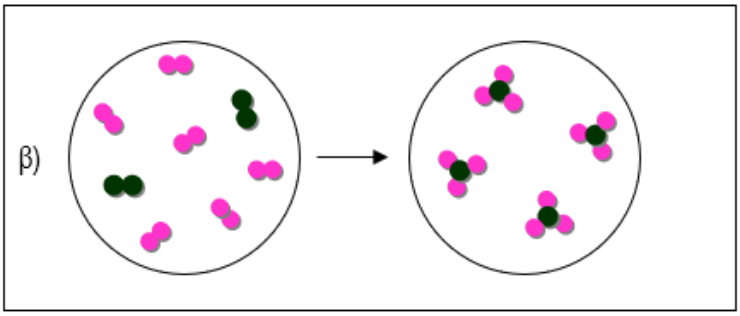
Χημική αντίδραση, Σ→μ

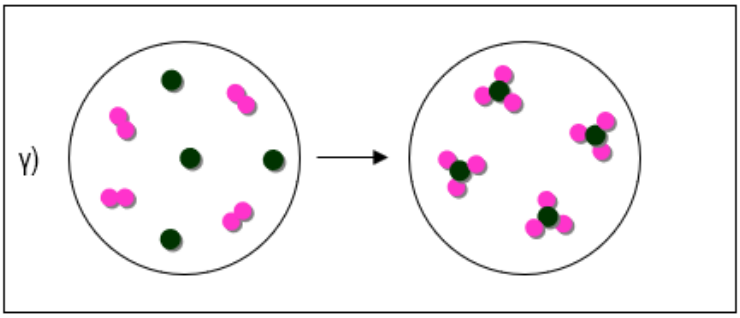
Η αντίδραση του αντιμονίου με το χλώριο συμβολίζεται με τη χημική εξίσωση:

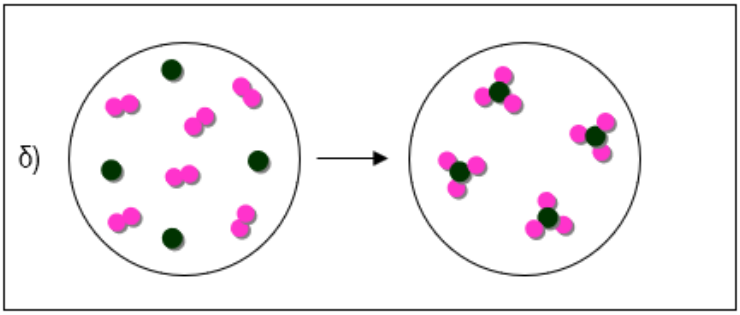
$2\ Sb + 3\ Cl_2 \rightarrow 2\ SbCl_3$

Ποια από τα παρακάτω σχήματα α, β, γ ή δ απεικονίζει την αντίδραση αυτή;

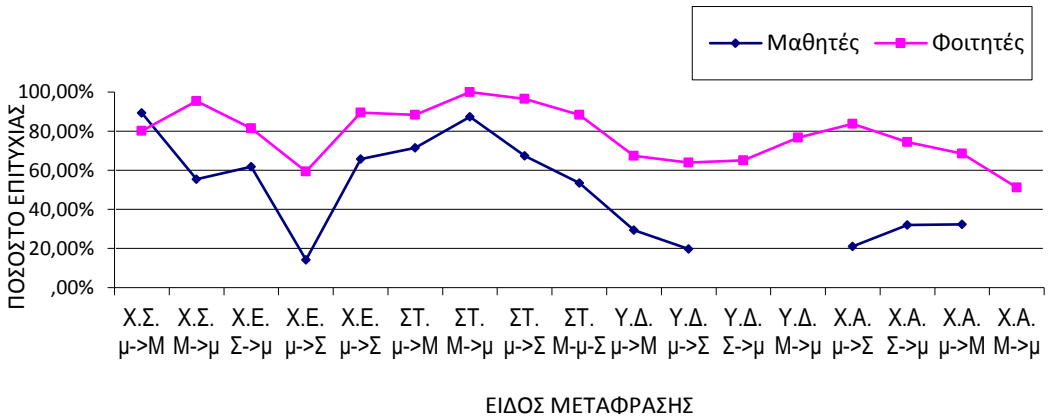








Σχήμα 8: Οι επιδόσεις των μαθητών και φοιτητών στη μετάφραση μεταξύ των τριών αναπαραστάσεων για τις εξεταζόμενες έννοιες



Χ.Σ.: χημικό στοιχείο, Χ.Ε.: χημική ένωση, ΣΤ.: στερεή κατάσταση, Υ.Δ.:

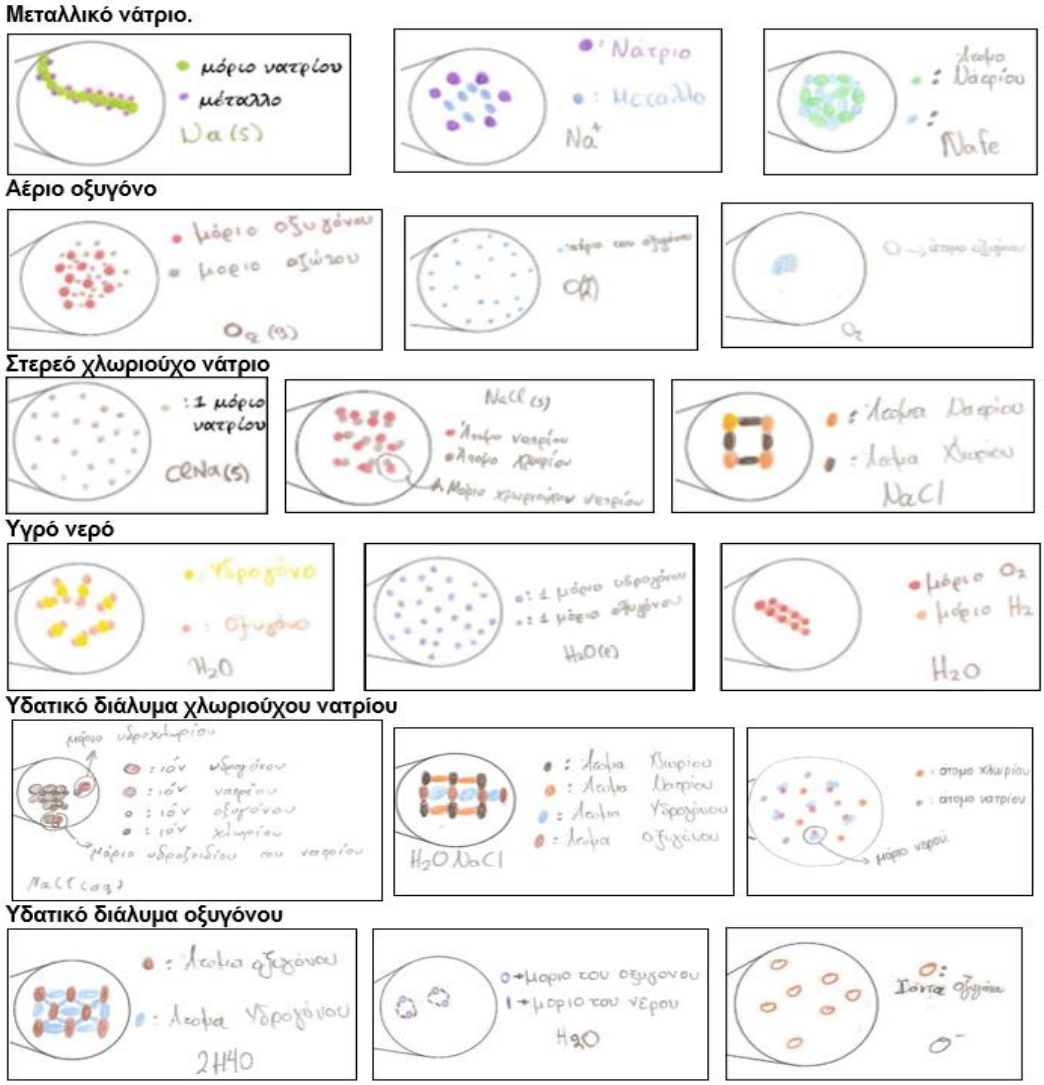
Τα ποσοστά επιτυχίας των μαθητών και φοιτητών για κάθε εξεταζόμενη έννοια και για κάθε είδος της μετάφρασης αποτυπώνονται στο σχήμα 8. Οι έννοιες που δυσκόλεψαν περισσότερο τους μαθητές ήταν το υδατικό διάλυμα και η χημική αντίδραση, ενώ η καλύτερη επίδοση σημειώθηκε στις έννοιες του χημικού στοιχείου και της στερεής φυσικής κατάστασης. Οι φοιτητές δυσκολεύτηκαν περισσότερο στις έννοιες του υδατικού διαλύματος και της χημικής αντίδρασης, ενώ είχαν καλή επίδοση στις έννοιες της στερεής φυσικής κατάστασης και του χημικού στοιχείου. Αναφορικά με τα επίπεδα μετάφρασης οι μαθητές δυσκολεύτηκαν περισσότερο στις μεταφράσεις από το «υπομικρο→συμβο» επίπεδο και οι φοιτητές στη μετάφραση «μακρο→υπομικρο» για μία χημική αντίδραση. Τα αποτελέσματα έδειξαν, επίσης, ότι η ικανότητα μετάφρασης τόσο των μαθητών όσο και των φοιτητών εξαρτάται από την υποκείμενη χημική έννοια και από τον συνδυασμό των επιπέδων μεταξύ των οποίων γίνεται η μετάφραση. Λαμβάνοντας υπόψη ότι αφενός οι εξεταζόμενες έννοιες έχουν διδαχθεί σε προηγούμενα σχολικά έτη και αφετέρου το επίπεδο σπουδών των φοιτητών, θεωρούμε ότι η ικανότητα μετάφρασης των μαθητών είναι περιορισμένη και των φοιτητών μη ικανοποιητική.

Από τις απαντήσεις των μαθητών, και εν μέρει των φοιτητών, αναδείχτηκαν διάφορες εναλλακτικές ιδέες και έλλειψη γνώσεων σχετικά με τις έννοιες που εξετάστηκαν. Έτσι, μερικοί μαθητές δεν φαίνεται να έχουν την επιστημονική αντίληψη για τη σύσταση των χημικών στοιχείων, ενώ κάποιοι άλλο έχουν την αντίληψη ότι τα άτομα και τα μόρια διατηρούν τις μακροσκοπικές ιδιότητες των χημικών ουσιών των οποίων είναι δομικά συστατικά. Μερικοί μαθητές πιστεύουν ότι στην αέρια κατάσταση δεν υπάρχει χημικός δεσμός μεταξύ των ατόμων. Επίσης, σε μερικούς μαθητές και λίγους φοιτητές αναδείχτηκαν και δυσκολίες κατανόησης της

χρήσης των συντελεστών και των δεικτών στους μοριακούς τύπους, καθώς και των συμβόλων των πολυατομικών ιόντων. Αναδείχτηκαν, επίσης, δυσκολίες στη διάκριση μεταξύ των υπομικροσκοπικών αναπαραστάσεων υδατικών διαλυμάτων, ετερογενών μειγμάτων και χημικών ουσιών.

Η ανάλυση της διακύμανσης (ANOVA) έδειξε ότι η επίδραση της κατεύθυνσης σπουδών είναι στατιστικά σημαντική, με τους μαθητές της θετικής κατεύθυνσης να πετυχαίνουν στατιστικά σημαντικά καλύτερες επιδόσεις από τους υπόλοιπους, ενώ η διαφορά μεταξύ των μαθητών θεωρητικής και τεχνολογικής κατεύθυνσης δεν είναι στατιστικά σημαντική. Στατιστικά σημαντική διαφορά διαπιστώθηκε μεταξύ των δύο φύλων, με τα αγόρια να έχουν καλύτερη επίδοση.

Σχήμα 9: Ενδεικτικά παραδείγματα υπομικροσκοπικών και συμβολικών αναπαραστάσεων που κατασκεύασαν οι μαθητές για κάθε χημική έννοια στην ποιοτική έρευνα



Η ποιοτική έρευνα (Γκίτζια κ.ά., 2015), πραγματοποιήθηκε με εργαλείο την προσωπική ημιδομημένη συνέντευξη (Creswell & Plano Clark, 2011) σε δείγμα 16 μαθητών που είχαν συμμετάσχει στην ποσοτική έρευνα (7 θετικής, 3 τεχνολογικής, 6 θεωρητικής κατεύθυνσης). Η συνέντευξη ήταν δομημένη ως εξής: Δείξαμε στους μαθητές μία σειρά φωτογραφιών (μακροσκοπικές αναπαραστάσεις) έξι (6) υλικών και

τους ζητήσαμε να σχεδιάσουν πώς φαντάζονται τα σωματίδια για το κάθε ένα (υπομικροσκοπική αναπαράσταση), να περιγράψουν τις σωματιδιακές αναπαραστάσεις που σχεδίασαν, να εξηγήσουν πώς σκέφτηκαν και να γράψουν πώς συμβολίζεται το κάθε υλικό στη Χημεία (συμβολική αναπαράσταση). Τα υλικά ήταν τα εξής: 1) μεταλλικό νάτριο 2) αέριο οξυγόνο 3) στερεό χλωριούχο νάτριο, 4) υγρό νερό, 5) υδατικό διάλυμα χλωριούχου νατρίου και 6) υδατικό διάλυμα οξυγόνου. Ενδεικτικά παραδείγματα λανθασμένων υπομικροσκοπικών και συμβολικών αναπαραστάσεων που κατασκεύασαν οι μαθητές για κάθε χημική έννοια που εξετάστηκε δίνονται στο σχήμα 9.

Τα αποτελέσματα από τα σχέδια και τις εξηγήσεις των μαθητών επιβεβαίωσαν τα ευρήματα της ποσοτικής έρευνας, αλλά ανέδειξαν και συγκεκριμένες παρανοήσεις για κάθε υλικό. Ενδεικτικά αναφέρουμε: Πολλοί μαθητές θεωρούν ότι τα σωματίδια του υλικού έχουν χρώμα και μάλιστα το ίδιο με αυτό του υλικού. Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι μερικοί μαθητές δεν θεωρούν ότι το σχήμα των ατόμων είναι απαραίτητα σφαιρικό, αλλά θα μπορούσε να είναι τετράγωνο ή ωοειδές. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον έχει το γεγονός ότι σε πολλές περιπτώσεις δεν υπάρχει αντιστοιχία ανάμεσα στη υπομικροσκοπική και τη συμβολική αναπαράσταση που σχεδιάζουν οι μαθητές για ένα υλικό. Πολλοί μαθητές δεν γνωρίζουν τον σωστό συμβολισμό ενός στοιχείου ή μιας ένωσης, ενώ σε άλλες περιπτώσεις οι μαθητές που γνωρίζουν το μοριακό τύπο μίας ένωσης αδυνατούν να τον ερμηνεύσουν, και μάλιστα ισχυρίζονται ότι απλώς έχουν μάθει τους τύπους απ' έξω! Αρκετοί μαθητές δεν έχουν την επιστημονική αντίληψη ότι οι χημικές ενώσεις σχηματίζονται με την ένωση ατόμων ή ιόντων, και μερικοί μαθητές δεν μπορούν να διακρίνουν τους ιοντικούς από τους ομοιοπολικούς δεσμούς, ενώ έχουν μεγάλη δυσκολία να χρησιμοποιήσουν κατάλληλους χημικούς όρους, όπως «άτομο», «μόριο», «ιόν».

Εν κατακλείδι, τα ερευνητικά αποτελέσματα έδειξαν ότι οι μαθητές της Β΄ Λυκείου δεν αντιλαμβάνονται εξίσου τα τρία επίπεδα της Χημείας και η ικανότητα τους να μεταφράζουν τις χημικές αναπαραστάσεις είναι περιορισμένη. Έδειξαν, επίσης, ότι οι μαθητές αντιμετωπίζουν σημαντικές δυσκολίες και έχουν παρανοήσεις ακόμα και για τις βασικές χημικές έννοιες που εξετάστηκαν.

Λαμβάνοντας υπόψη ότι η εννοιολογική κατανόηση στη Χημεία είναι συνυφασμένη με την αντίληψη των φαινομένων στα τρία επίπεδα αναπαράστασης και στις μεταξύ τους συνδέσεις, πιστεύουμε ότι οι παρακάτω προτάσεις θα συνέβαλλαν στη βελτίωση της διδασκαλίας.

α) Να διδάσκονται οι έννοιες και στα τρία επίπεδα της Χημείας και να επισημαίνεται η αντιστοιχία μεταξύ των διαφορετικών αναπαραστάσεων. β) Να εξηγούνται αναλυτικά οι υπομικροσκοπικές και οι συμβολικές αναπαραστάσεις και να δίνεται ιδιαίτερη έμφαση στους κανόνες συμβολισμού. γ) Οι μεταφράσεις αναπαραστάσεων μεταξύ των τριών επιπέδων της Χημείας και η κατασκευή αναπαραστάσεων από τους μαθητές να χρησιμοποιούνται για την αξιολόγηση των μαθητών, διότι αποτελούν ένα δείκτη για την εννοιολογική κατανόηση των εννοιών και ταυτόχρονα δίνουν τη δυνατότητα να αποκαλυφθούν πιθανές παρανοήσεις.

Βιβλιογραφία

Βαχλιώτης, Θ. (2012). Εφαρμογή και αξιολόγηση της μεθόδου «Συστημική Προσέγγιση στη Διδασκαλία και Εκμάθηση (SATL)» στη διδασκαλία της Οργανικής Χημείας. Διδακτορική Διατριβή, Τμήμα Χημείας, Ε.Κ.Π.Α.

Βαχλιώτης Θ., Σάλτα Κ., Τζουγκράκη Χ. (2015). Πρόταση για την εφαρμογή της συστημικής προσέγγισης στη διδασκαλία και αξιολόγηση των μαθητών στην Οργανική Χημεία. *Πρακτικά 9ου Πανελλήνιου Συνέδριου Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση*, Θεσσαλονίκη, 163-171.

Βλαχολιά, Μ. Π. (2017). Διερεύνηση των οπτικών και αναλυτικών στρατηγικών επίλυσης προβλημάτων Οργανικής Χημείας από λύτες διαφορετικής εμπειρίας και της σχέσης τους με την οπτικοχωρική ικανότητα των μαθητών. Διδακτορική διατριβή, Τμήμα Χημείας Ε.Κ.Π.Α.

Βλαχολιά, Μ., Βοσνιάδου, Σ., Σάλτα, Κ., Ρούσσος, Π., Καζή, Σ., Σιγάλας, Μ. & Τζουγκράκη, Χ. (2019). Διερεύνηση των χαρακτηριστικών των μαθητών που προβλέπουν τη χρήση οπτικών και αναλυτικών στρατηγικών. *Πρακτικά 11ου Πανελλήνιου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση*, Φλώρινα, 561-567.

Βλαχολιά, Μ., Βοσνιάδου, Σ., Σάλτα, Κ., Ρούσσος, Π., Καζή, Σ., Σιγάλας, Μ. & Τζουγκράκη, Χ. (2017). Η χρήση οπτικών – αναλυτικών στρατηγικών κατά την επίλυση προβλημάτων Οργανικής Χημείας από μαθητές, φοιτητές και εκπαιδευτικούς. *Πρακτικά 10ου Πανελλήνιου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση, Ρέθυμνο*, 262-269.

Βλαχολιά, Μ. & Τζουγκράκη, Χ. (2017). Δημιουργία υλικού εξάσκησης στη χρήση οπτικών και αναλυτικών στρατηγικών κατά την επίλυση προβλημάτων Οργανικής Χημείας. *Πρακτικά 1ου Πανελλήνιου Συνεδρίου Νέων Ερευνητών*, Κολυμπάρι, Χανιά, 9-12.

Βοσνιάδου, Σ. (2001). Πώς μαθαίνουν οι μαθητές. *Διεθνής Ακαδημία της Εκπαίδευσης. Διεθνές Γραφείο Εκπαίδευσης της UNESCO* (Ελληνική έκδοση).

Γεωργιάδου, Α., Καφετζόπουλος, Κ., Προβής, Ν., Χηνιάδης, Δ. & Σπυρέλλης, Ν. (2005). Χημεία Γ΄ Γυμνασίου. ΟΕΔΒ, Αθήνα.

Γκίτζια, Β. (2013). Διερεύνηση της ικανότητας μαθητών και φοιτητών να μεταφράζουν χημικές αναπαραστάσεις διαφορετικού τύπου. Ανάδειξη των αντιλήψεών τους για βασικές χημικές έννοιες. Διδακτορική Διατριβή, Τμήμα Χημείας, ΕΚΠΑ.

Γκίτζια, Β., Σάλτα, Κ. & Τζουγκράκη, Χ. (2015). Η κατασκευή μικροσκοπικών και συμβολικών αναπαραστάσεων από τους μαθητές ως δείκτης της εννοιολογικής κατανόησης στη Χημεία. *Πρακτικά 9ου Πανελλήνιου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση,* Θεσσαλονίκη, 179-184.

Λιοδάκης, Σ., Γάκης, Δ., Θεοδωρόπουλος, Δ, Θεδωρόπουλος, Π. & Καλλής, Α. (2005). Χημεία Α΄ Λυκείου. ΟΕΔΒ, Αθήνα.

Χαριστός, Ν., Κουταλάς, Β., Βλαχολιά, Μ., Σάλτα, Α., Τζουγκράκη, Χ. & Σιγάλας, Μ. (2017). 2DrawChemQuiz: Σχεδιασμός, Ανάπτυξη και Εφαρμογή ενός Γνωστικού Εργαλείου Εξάσκησης στη Σχεδίαση και Χειρισμό Συντακτικών Τύπων. *Πρακτικά 10ου*

Πανελλήνιου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση, Ρέθυμνο, 352-358.

Akaygun, S. (2016). Is the oxygen atom static or dynamic? The effect of generating animations on students' mental models of atomic structure. *Chemical Education Research and Practice, 17*, 788-807.

Bodner, G.M. & Guay, R.B. (1997). The Purdue Visualization of Rotations test. *The Chemical Educator, 2*, 1-17.

Ben-Zvi Assaraf, O. and Orion, O. (2010). Four Case Studies, Six Years Later: Developing System Thinking Skills in Junior High School and Sustaining Them Over Time. *Journal of Research in Science Teaching*, *47*, 1253-1280.

Brandstädter, K. Harms, U., και Großschedl, J. (2012). Assessing System Thinking through Different Concept-Mapping Practices. *International Journal of Science Education*, 34(14), 2147-2170.

Cabrera, D., Colosi, L. & Lobdell, C. (2008). Systems thinking. *Evaluation and Program Planning, 31*, 299-310.

Chi, S., Wang, Z., Luo, M., Yang, Y. & Huang, M. (2018). Student progression on chemical symbol representation abilities at different grade levels (Grades 10–12) across gender. *Chemical Education Research and Practice, 19*, 1055-1064.

Creswell, J.W. & Plano Clark, V.L. (2011). Designing and conducting mixed methods research. Sage Publications, 2011.

Ebbing, D.D. & Gammon, S.D. (1999). General Chemistry. 6th edn., Boston, Houghton Mifflin Company.

Fahmy, A.F.M., (2017). The systemic approach to teaching and learning chemistry [SATLC]: a 20-years review. *African. Journal of Chemistry Education*, *7(3),* 2-44.

Fahmy, A.F.M. and J.J. Lagowski, (2007/2008). Systemic Multiple-Choice Questions in Chemistry. *Chemical Education International*, vol. 8(1). Retrieved from: http://old.iupac.org/publications/cei/vol8/0801xFahmy.pdf

Fahmy, A.F.M & Lagowski, J.J. (2003). Systemic reform in chemical education: An international perspective. *Journal of Chemical Education, 80(9*), 1078-1083.

Gabel, D. (1993). Use of the particle nature of matter in developing conceptual understanding. *Journal of Chemical Education*, *70 (3),* 193-194.

Gilbert, J.K. & Treagust, D. (2009). Introduction: macro, submicro and symbolic representations and the relationship between them: key models in chemical education. In J.K. Gilbert & D. Treagust (Eds), *Multiple representations in chemical education,* Springer, 1-8.

Gilbert, J.K. (2005). Visualization: A metacognitive skill in science and science education. In J.K. Gilbert (Eds), *Visualization in science education,* Springer, 9-27.

Gkitzia, V., Salta, K. & Tzougraki, C. (2020). Students' competence in translating between different types of chemical representations. C*hemical Education Research and Practice*, *21*, 307-330.

Gkitzia, V., Salta, K. & Tzougraki, C. (2011). Development and application of suitable criteria for the evaluation of chemical representations in school textbooks. *Chemical Education Research and Practice, 12(1),* 5–14.

Greene, J.C., Caracelli, V.J. & Graham, W.F. (1989). Toward a conceptual framework for mixed-method evaluation designs. *Educational Evaluation and Policy Analysis*, *11(3),* 255-274.

Hegarty, M., Stieff, M. & Dixon, B. L. (2013). Cognitive change in mental models with experience in the domain of organic chemistry. *Journal of Cognitive Psychology, 25 (2),* 220-228.

Hoffmann, R. & Laszlo, R. (1991). Representation in chemistry. *Angewandte Chemie, 30*, 1-16.

Hogan, K. & Fisherkeller, J. (2000). Dialogue as data: Assessing students' scientific reasoning with interactive protocols. In J.J. Mintzes, J.H. Wandersee & J.D. Novak (Eds.), *Assessing science understanding. A human constructivist view,* San Diego, CA: Academic Press, 95-127.

Johnstone, A.H. (1993). The development of chemistry teaching. *Journal of Chemical Education, 70,* 701-705.

Keig, P. & Rubba, P. (1993). Translation of representations of the structure of matter and its relationship to reasoning, gender, spatial reasoning, and specific prior knowledge. *Journal of Research in Science Teaching, 30*, 883-903.

Kospentaris, G., Vosniadou, S., Kazi, S. & Thanou, E. (2016). Visual and Analytic Strategies in Geometry. *Frontline Learning Research*, *4 (1)*, 40-58.

Kozma, R. & Russell, J. (2005). Students Becoming Chemists: Developing representational competence. In J. K. Gilbert (Eds), *Visualization in science education. Models and modeling in science education,* Springer, *1*, 121-145.

Kozma, R.B. & Russell, J. (1997). Multimedia and understanding expert and novice responses to different representations of chemical phenomena. *Journal of Research in Science Teaching, 34,* 949-968.

Lagowski, J.J. (2005). Systemic Approach to Teaching and Learning. *Journal of Chemical Education, vol. 82(2)*, 211.

Lee, H.-S., Liu, O.L. & Linn, M.C. (2011). Validating measurement of knowledge integration in science using multiple-choice and explanation items. *Applied Measurement in Education*, *24,* 115-136.

Lin, Y.I., Son, J.Y. & Rudd, J.A. (2016). Asymmetric translation between multiple representations in chemistry. *International Journal Science education*, *38 (4)*, 644-662.

Maani, K.E. and Maharaj, V. (2004). Links Between Systems Thinking and Complex Decision Making. *Systems Dynamics Review*, *20(1),* 21-48.

Markham, J.Y. (2006). Two Techniques for Measuring Systems Thinking. *Paper Presented at the 24th International Conference of the System Dynamics Society*, Nijmegen, The Netherlands, July 23-27, Retrieved from:

http://www.hpsig.com/images/c/cb/Two_Techniques_for_Measuring_Systems_Thinking.pdf

Mathewson, J.H. (2005). The visual core of science: definitions and applications to education. *International Journal Science education, 27,* 529-548.

Mathewson, J. H. (1999). Visual-spatial thinking: An aspect of science overlooked by educators. *Science Education*, *83 (1),* 33-54.

McMurry, J.C. (1996). Organic Chemistry, 4th ed., Pacific Grove, Brooks/Cole Publishing, International Thomson Publishing.

Moore J. W., Stanitski C. L., Wood J. L., Kotz J. C., and Joesten M. D., (1998). *The chemical world: concepts and applications,* 2nd, edition Orlando, Harcourt Brace College Publishers.

Nesbit, J.C. & Adesope, O.O. (2006). Learning with concept and knowledge maps: A metaanalysis. *Review of Educational Research, 76(3),* 413-448.

Newcombe, N.S. (2013). Seeing Relationships: Using Spatial Thinking to Teach Science, Mathematics, and Social Studies. *American Educator*, *37* (1), 26-31.

Nieswandt, M. & Bellomo, K. (2009). Written extended-response questions as classroom assessment tools for meaningful understanding of evolutionary theory. *Journal of Research in Science Teaching*, 46, 333-356.

Novak, J.D., Mintzes, J.J. and Wandersee, J.H. (2000). Epilogue: On Ways of Assessing Science Understanding, στο Assessing Science Understanding: A Human Constructivist View, J.J. Mintzes, J.H. Wandersee, and J.D. Novak, eds., San Diego, CA: Academic Press, 355-374.

Pellegrino, J.W., Chudowsky, N.J. & Glaser, R. (Eds.), (2001). *Knowing what students know: The science and design of educational assessment*, Washington, DC: National Academy of Sciences.

Raven, J., Raven, J.C. & Court, J.H. (1998). *Manual for Raven's Advanced Progressive Matrices*, Oxford, England: Oxford Psychologists Press.

Robinson, W.R. & Nurrenbern, S.C. (2009). Conceptual Questions (CQs). Retrieved from http://jchemed.chem.wisc.edu/JCEDLib/QBank/collection/CQandChP/CQs/TieredCQs.html

Salta, K., Antonoglou, L., Vlacholia, M., Roussos, P., Kazi, S., Vosniadou, S., Sigalas, M. & Tzougraki, C. (2016). Development and Validation of a Basic Chemistry Concept Inventory Assessing Secondary School Student. *13th European Conference on Research in Chemical Education* Barcelona, Book of Abstracts, 224.

Schwaninger, M. (2006). System dynamics and the evolution of the systems movement. *Systems Research and Behavioral Science, 23,* 583-594.

Southerland, S.A., Smith, M.U. & Cummins, C.L. (2000). "What do you mean by that?" Using structured interviews to assess science understanding. In J.J. Mintzes, J.H. Wandersee & J.D. Novak (Eds.), *Assessing science understanding. A human constructivist view,* 71-93, San Diego, CA: Academic Press.

Stieff, M. (2011). When is a molecule three dimensional? A task-specific role for imagistic reasoning in advanced chemistry. *Science Education*, *95 (2),* 310-336.

Stieff, M. (2007). Mental rotation and diagrammatic reasoning in science. *Learning and Instruction, 17*, 219-234.

Stieff, M. & Uttal, D. (2015). How Much Can Spatial Training Improve STEM Achievement? *Educational Psychology Review*, 27, 607-615.

Stieff, M.& Raje, S. (2010). Expert algorithmic and imagistic problem-solving strategies in advanced chemistry. *Spatial Cognition and Computation, 10*, 53-81.

Stieff, M.& Raje, S. (2008). Expertise & Spatial Reasoning in Advanced Scientific Problem Solving. *Proceedings of the 8th international conference on International conference for the learning sciences*, 2, 366-373.

Stull, A.T., Gainer, M., Padalkar, S. & Hegarty, M. (2016). Promoting Representational Competence with Molecular Models in Organic Chemistry. *Journal of Chemical Education, 93 (6),* 994-1001.

Stull, A.T. & Hegarty, M. (2016). Model manipulation and learning: Fostering representational competence with virtual and concrete models. *Journal of Educational Psychology, 108 (4)*, 509-527.

Taber, K.S. (2013). Revisiting the chemistry triplet: drawing upon the nature of chemical knowledge and the psychology of learning to inform chemical education. *Chemical Education Research and Practice, 14,* 156-168.

Treagust, D. F., Chittleborough, G. & Mamiala, T. L. (2003). The role of submicroscopic and symbolic representations in chemical explanations. *International Journal Science education, 25,* 1353-1368.

Tsaparlis, G. (2009). Learning at the macro level: The role of practical work. In J.K. Gilbert & D. Treagust (Eds.), *Multiple representations in chemical education*, Springer, 109-136.

Vachliotis, T., Salta, K. and Tzougraki, C., (2014). Meaningful Understanding and Systems Thinking in Organic Chemistry: Validating Measurement and Exploring Relationships. *Res. Sci. Educ.*, *44*, 239-266.

Vachliotis, T., Salta, K., Vasiliou, P. & Tzougraki, C. (2011). Exploring novel tools for assessing high school students' meaningful understanding of organic reactions. *Journal of Chemical Education, 88(3)*, 337-345.

Vlacholia, M., Vosniadou, S., Roussos, P., Salta, K., Kazi, S., Sigalas, M. & Tzougraki, C. (2017). Changes in Visual/Spatial and Analytic Strategy Use in Organic Chemistry with the Development of Expertise. *Chemistry Education Research and Practice*, *18*, 763-773.

Vosniadou, S. & Skopeliti, I. (2014). Conceptual Change from the Framework Theory Side of the Fence. *Science & Education 23*, 1427-1445.

Wu, H.K. & Shah, P. (2004). Exploring visuospatial thinking in chemistry learning. *Science Education, 88*, 465-492.

Ye, J., Lu, S. & Bi, H. (2018). The effects of microcomputer-based laboratories on students' macro, micro, and symbolic representations when learning about net ionic reactions. *Chemical Education Research and Practice, 20*, 288-301.

Zarkadis, N., Papageorgiou, G. & Stamovlasis, D. (2017). Studying the consistency between and within the student mental models. *Chemical Education Research and Practice, 18*, 893-902.

Ευχαριστίες

Τα ερευνητικά αποτελέσματα που παρουσιάστηκαν προέρχονται από τις διδακτορικές διατριβές των εκπαιδευτικών Μαρίας Βλαχολια, Θοδωρή Βαχλιώτη και Βασιλικής Γκίτζια, τις οποίες εκπόνησαν στο Τμήμα Χημείας υπό τη καθοδήγησή μου, επιδεικνύοντας ξεχωριστή πρωτοβουλία και εργατικότητα. Τους ευχαριστώ για την άψογη συνεργασία μας. Ευχαριστώ, επίσης, την Δρα Κατερίνα Σάλτα, μέλος ΕΔΙΠ του Τμήματος Χημείας, της οποίας η συμμετοχή στις ερευνητικές εργασίες αυτές ήταν ιδιαίτερα σημαντική.

Συνοπτικό Βιογραφικό Σημείωμα

Η **Χρύσα Τζουγκράκη** έλαβε πτυχίο και διδακτορικό δίπλωμα από το Τμήμα Χημείας, ΕΚΠΑ, στο οποίο και εργάστηκε επί 40 χρόνια. Πραγματοποίησε μεταδιδακτορική έρευνα στα εργαστήρια της Hoffmann-La.Roche, Η.Π.Α. και στο Max-Planck-Institut für Biochemie, Γερμανία. Τα ερευνητικά της ενδιαφέροντα αφορούν σε θέματα Βιοοργανικής Χημείας και Διδακτικής της Χημείας. Έχει δημοσιεύσει 133 εργασίες σε διεθνή επιστημονικά περιοδικά και πρακτικά συνεδρίων (1250 αναφορές). Έχει συγγράψει ένα βιβλίο για προπτυχιακούς και έξι διδακτικά βοηθήματα για μεταπτυχιακούς φοιτητές, ενώ συμμετείχε και στη δημιουργία εκπαιδευτικών λογισμικών για τη Β'θμια εκπαίδευση. Έχει επιβλέψει 20 Διπλωματικές Ειδίκευσης και 9 Διδακτορικές Διατριβές. Διετέλεσε αναπληρώτρια Πρόεδρος του Τμήματος, Διευθύντρια του Τομέα ΙΙ και του Εργαστηρίου Οργανικής Χημείας. Συμμετείχε σε 17 χρηματοδοτούμενα ερευνητικά και εκπαιδευτικά προγράμματα (10 ως επιστημονική υπεύθυνη). Διετέλεσε εκπρόσωπος του Τμήματος στο European Chemistry Thematic Network (ECTN). Το 1998 δημιούργησε μαζί με άλλους συναδέλφους το ΠΜΣ "Διδακτική της Χημείας και Νέες Εκπαιδευτικές Τεχνολογίες", και διετέλεσε διευθύντρια σπουδών επί 14 χρόνια. Διετέλεσε ιδρυματική υπεύθυνος του ΕΚΠΑ για τα χρηματοδοτούμενα από το ΕΠΕΑΕΚ έργα «Προγράμματα Μεταπτυχιακών Σπουδών του ΕΚΠΑ». Ήταν ιδρυτικό μέλος της ΕΝΕΦΕΤ στην οποία διετέλεσε μέλος του Δ.Σ. και αντιπρόεδρος, και της Ελληνικής Εταιρείας Γυναικών Πανεπιστημιακών (ΕΛΕΓΥΠ). Έχει διοργανώσει προγράμματα επιμόρφωσης εκπαιδευτικών και ποικίλες δράσεις προβολής της Χημείας.

1999-2020: Στιγμιότυπα από τις Ερευνητικές μου Αναζητήσεις

Κρυσταλλία Χαλκιά
Ομότιμη Καθηγήτρια, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών
kxalkia@primedu.uoa.gr

Περίληψη

Η παρούσα εργασία αναφέρεται στις σημαντικότερες ερευνητικές προσπάθειες των τελευταίων 20 χρόνων της επαγγελματικής μου ζωής. Αναπτύσσεται σε 5 βασικές θεματικές ενότητες που αναφέρονται σε έρευνες σχετικές με: α) τον επιστημονικό γραμματισμό στα Σχολεία Δεύτερης Ευκαιρίας (ΣΔΕ), β) τους τρόπους αναπαράστασης και έκφρασης των εννοιών των φυσικών επιστημών, γ) τις άτυπες πηγές μάθησης στις φυσικές επιστήμες, δ) τους τρόπους διδακτικού μετασχηματισμού των μεγάλων θεωριών της φυσικής και της βιολογίας σε σχολική επιστήμη, και ε) τους τρόπους διδακτικής μετάβασης από το συγκεκριμένο (εμπειρία) στην αφαίρεση (επιστημονική γνώση) σχετικά με έννοιες και φαινόμενα του μεγάκοσμου.

Λέξεις-κλειδιά: επιστημονικός γραμματισμός, Σχολεία Δεύτερης Ευκαιρίας, αναπαραστάσεις εννοιών, άτυπη εκπαίδευση, ιδέες μαθητών/τριών, νοητικά πειράματα, θεωρίες φυσικής και βιολογίας, ηλιακό σύστημα.

Summary

The present work refers to the most important research efforts during the last 20 years of my academic activity. It is developed in 5 main thematic entities referring to works relative to: a) the scientific literacy in Second Chance Schools; b) the various ways that the concepts of science are being visually represented; c) the informal sources of science learning; d) the ways the theories of physics and biology can be transformed into school science; and e) regarding concepts and phenomena of the solar system and the universe, the various ways that 'the specific' (everyday experience) can be didactically transformed in order to grasp the abstract (scientific knowledge).

Key words: scientific literacy; second chance schools; visual representation of science concepts; informal science learning; students' ideas; mental experiments; theories of physics and biology; solar system.

Εισαγωγή

Η πρόταση του ΔΣ της ΕΝΕΦΕΤ για μια προσπάθεια αποτύπωσης της ερευνητικής πορείας μου σε ένα κείμενο, η αλήθεια είναι ότι με βρήκε απροετοίμαστη. Στις μέρες μας που όλοι κοιτούν το παρόν και προβάλλουν στο μέλλον, το παρελθόν μοιάζει παρωχημένο και χωρίς ενδιαφέρον. Αποτελεί πρόκληση, λοιπόν, το γεγονός ότι η ΕΝΕΦΕΤ στο 1ο τεύχος του περιοδικού της επιλέγει να αποτυπώσει την ερευνητική πορεία εκλεκτών συναδέλφων, που φαίνεται να έχουν επίσημα τερματίσει τον εργασιακό βίο τους.

Για μένα, η αναδρομή αυτή ήταν ένα ταξίδι ζωής στις πιο δημιουργικές στιγμές της επαγγελματικής μου καριέρας. Στην πορεία αυτή είναι ενδιαφέρον να τονιστεί ότι πολλές από αυτές τις έρευνες που θα παρουσιαστούν και σχολιαστούν πραγματοποιήθηκαν με τη συνεργασία εξαιρετικά ικανών μεταπτυχιακών φοιτητών/τριών τότε και συναδέλφων/ισσών σήμερα. Στην παρούσα επισκόπηση θα παρουσιαστούν οι κύριες ερευνητικές κατευθύνσεις που ακολούθησα ανά θεματική ενότητα.

Είναι ενδιαφέρον να διαπιστώνει κανείς από ποιες αιτίες μπορεί να πυροδοτηθεί μία ερευνητική προσπάθεια. Ανατρέχοντας -εκ των υστέρων- στο ερευνητικό έργο μου διαπιστώνω ότι οι ερευνητικές κατευθύνσεις μου επηρεάστηκαν από τουλάχιστον πέντε παράγοντες:

α) από την ιδεολογική μου τοποθέτηση στο χώρο της αριστεράς, που με έκανε συνεχώς να αναρωτιέμαι τι σημαίνει επιστημονικός γραμματισμός και πώς αυτός μπορεί να εξασφαλιστεί για τα παιδιά που προέρχονται από διαφορετικά κοινωνικο-πολιτισμικά περιβάλλοντα (1η θεματική ενότητα),

β) από την αγάπη μου για τον κινηματογράφο -σε συνδυασμό με την επιρροή που δέχθηκα από τη συμβίωσή μου με τον Μένη Θεοδωρίδη που ασχολούνταν συστηματικά με τις εικόνες ως σκηνοθέτης, αλλά και με τον οπτικοακουστικό γραμματισμό σε διάφορα εκπαιδευτικά προγράμματα- που με έκαναν να θέλω να ασχοληθώ συστηματικά με τους τρόπους που αναπαρίστανται και εκφράζονται (πολυτροπικότητα) οι έννοιες των φυσικών επιστημών (φ.ε.), αλλά και με το πώς οι τρόποι αυτοί επηρεάζουν τους μηχανισμούς κατανόησής τους από τους/τις μαθητές/τριες (2η θεματική ενότητα),

γ) από τη συνειδητοποίηση ότι υπάρχει μια τεράστια ποικιλία πηγών μάθησης στις φ.ε. (εκτός της τυπικής εκπαίδευσης) και τη διάθεσή μου να διερευνήσω τον πλούτο αλλά και τον τρόπο επίδρασης αυτών των άτυπων πηγών μάθησης στη μάθηση των μαθητών/τριών (3η θεματική ενότητα),

δ1) από τις αρχικές σπουδές μου στο τμήμα φυσικής του ΑΠΘ και την επιρροή που άσκησε επάνω μου ο καθηγητής Μιχάλης Γρυπαίος, αλλά και από τις μετέπειτα διδακτορικές

σπουδές μου στη θεωρητική φυσική στο Πανεπιστήμιο του Sussex με επιβλέποντα έναν εξαίρετο φυσικό και άνθρωπο τον John Philip Elliott (βραβείο Rutherford, βραβείο Lise Meitner), που με έκαναν να θελήσω να ασχοληθώ ερευνητικά με τον τρόπο διδασκαλίας των μεγάλων θεωριών της φυσικής (θεωρία της σχετικότητας, κβαντομηχανική) και τις δυνατότητες κατανόησής τους από μαθητές/τριες της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης (4η θεματική ενότητα),

δ2) από το ιδιαίτερο ιδεολογικό ενδιαφέρον μου για τον τρόπο υποδοχής των μεγάλων θεωριών της επιστήμης, όπως είναι η θεωρία της εξέλιξης, από την κοινωνία, το κράτος και την εκπαίδευση, αλλά και από το κέντρισμα που δέχθηκα από την εξαίρετη εκπαιδευτικό και βιολόγο Λουκία Πρίνου, που με έκανε να θελήσω να ασχοληθώ ερευνητικά με τις απόψεις μαθητών/τριών και εκπαιδευτικών για τη θεωρία της εξέλιξης, καθώς και για τον τρόπο που αυτή παρουσιάζεται στα ελληνικά εγχειρίδια (4η θεματική ενότητα), και

ε) από το ιδιαίτερο ενδιαφέρον μου για την αστρονομία, η μελέτη της οποίας θεωρώ ότι συνδυάζει πολλά τα παραπάνω, που είχε ξεκινήσει ήδη από τα παιδικά μου χρόνια διαβάζοντας εκλαϊκευμένα βιβλία αστρονομίας και ενισχύθηκε από τις προπτυχιακές μου σπουδές με τη βοήθεια των καλών δασκάλων μου στο μάθημα της αστρονομίας (καθηγητών Σωτήρη Περσίδη και Γεωργίου Κοντόπουλου), που με έκανε αφενός να συγγράψω ένα βιβλίο για τη διδακτικής της αστρονομίας και αφετέρου να ασχοληθώ ερευνητικά με τις ιδέες των μαθητών/τριών για έννοιες και φαινόμενα του μεγάκοσμου, αλλά και με τρόπους παρέμβασης σχετικούς με το πώς μπορεί να επιτευχθεί η μετάβαση από την εμπειρία στη θεωρητική σύλληψη του μοντέλου του ηλιακού συστήματος (5η θεματική ενότητα).

1η Θεματική Ενότητα: Επιστημονικός Γραμματισμός στα Σχολεία Δεύτερης Ευκαιρίας (ΣΔΕ)

Η πρώτη θεματική ενότητα αναφέρεται στη διερεύνηση της έννοιας του επιστημονικού γραμματισμού με αφορμή τα ΣΔΕ. Είναι ένα θέμα που με απασχόλησε για ένα μεγάλο μέρος της ακαδημαϊκής ζωής μου. Σχεδόν κατά τύχη μου ανατέθηκε το 2001 να είμαι υπεύθυνη του επιστημονικού γραμματισμού για τα ΣΔΕ που είχαν μόλις δημιουργηθεί. Ο φορέας που έχει την εποπτεία τους είναι το Ινστιτούτο Διαρκούς Εκπαίδευσης Ενηλίκων (ΙΔΕΚΕ), το οποίο σήμερα έχει μετονομαστεί σε Ίδρυμα Νεολαίας και Δια Βίου Μάθησης (ΙΝΕΔΙΒΙΜ). Τα ΣΔΕ - ως γνωστόν- είναι σχολεία εκπαίδευσης ενηλίκων και απευθύνονται σε όσους/ες δεν έχουν ολοκληρώσει την εννιάχρονη υποχρεωτική εκπαίδευση. Οι εκπαιδευόμενοι/ες των ΣΔΕ προέρχονται, συνήθως, από ευάλωτες κοινωνικές ομάδες (Ρομά, μουσουλμάνοι της Θράκης, φυλακισμένοι, πρόσφυγες, μετανάστες, άνεργοι κ.ά.) και είναι άτομα που συχνά βιώνουν την κοινωνική και εργασιακή περιθωριοποίηση (ΙΔΕΚΕ 2003). Με αυτά τα δεδομένα, έπρεπε οι υπεύθυνοι/ες των γνωστικών αντικειμένων να προβληματιστούμε για το είδος του γραμματισμού που θα είχε νόημα να επιδιωχθεί για τις συγκεκριμένες πληθυσμιακές ομάδες και να συγκροτήσουμε προτάσεις για την ανάπτυξη αναλυτικών προγραμμάτων (α.π.). Το

γεγονός ότι αυτά τα σχολεία απευθύνονταν σε ενήλικες, που πολλοί από αυτούς/ες ανήκαν σε περιθωριοποιημένες ομάδες, έδωσε την ευκαιρία στους/ις συντάκτες/ριες να δοκιμάσουν νέες -για την μέχρι τότε ελληνική πραγματικότητα- κατευθύνσεις. Πράγματι, αποφασίστηκε ότι στα ΣΔΕ δεν θα πρέπει να υπάρχει ένα ενιαίο α.π. για κάθε γνωστικό αντικείμενο -γραμματισμό-, αλλά ότι αυτό θα πρέπει να αναπτύσσεται τοπικά, ανά σχολική μονάδα, από τον/την εκπαιδευτικό της κάθε ειδικότητας, προκειμένου να προσαρμόζεται στα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά, στην κουλτούρα, στις ανάγκες και στα ενδιαφέροντα της εκάστοτε πληθυσμιακής ομάδας εκπαιδευομένων (ΙΔΕΚΕ 2003).

Το γεγονός αυτό καθαυτό, αποτέλεσε πρόκληση για μένα, καθώς δεν μπορούσα να ακολουθήσω την πεπατημένη του σχεδιασμού α.π. για τις φ.ε. που ακολουθούσε το ενιαίο σχολείο.

Η μελέτη της σχετικής βιβλιογραφίας με οδήγησε στη σύνταξη ενός κειμένου που περιείχε μια πρώτη διερεύνηση της έννοιας του επιστημονικού γραμματισμού σε σχέση με τις ομάδες στις οποίες απευθύνονταν, και γενικές οδηγίες προς τους/ις εκπαιδευτικούς για το σχεδιασμό α.π. (ενδεικτικούς στόχους, προτάσεις για τη μελέτη κάποιων γενικών θεματικών ενοτήτων για τις φ.ε. και την τεχνολογία, κ.λπ.) (Χαλκιά 2003). Σύμφωνα με το κείμενο αυτό και με τις σχετικές επιμορφώσεις, οι εκπαιδευτικοί των ΣΔΕ σχεδίασαν και ανέπτυξαν εκπαιδευτικό υλικό (Χαλκιά σε συνεργασία με εκπαιδευτικούς των ΣΔΕ, 2003, Χαλκιά & Ζαρίκας σε συνεργασία με εκπαιδευτικό 2006). Το υλικό αυτό ήταν πρωτότυπο και ενδιαφέρον, αλλά ήταν προς την Οπτική Ι κατά Roberts (2007). Δηλαδή, ήταν εστιασμένο προς το περιεχόμενο, αν και είχε καταβληθεί σημαντική προσπάθεια μετασχηματισμού της επιστημονικής γνώσης σε γνώση συμβατή προς το επίπεδο των εκπαιδευομένων στα ΣΔΕ. Επίσης, διακρίνονταν μία έμφαση προς τις εφαρμογές με τις οποίες ήταν πιο εξοικειωμένοι/ες πολλοί/ες από τους/τις εκπαιδευόμενους/ες. Οπωσδήποτε, πολλοί/ες εκπαιδευτικοί φαίνονταν να συναντούν δυσκολίες στο σχεδιασμό α.π. προς την Οπτική ΙΙ κατά Roberts (2007). Δηλαδή, μία κατεύθυνση που θα επέτρεπε τη μελέτη κοινωνικο-επιστημονικών ζητημάτων ή ζητημάτων επιστήμης που αφορούσαν την κάθε τοπική κοινωνία και θα έκαναν νόημα στους/ις εκπαιδευόμενους/ες.

Για το λόγο αυτό, το 2013 κρίθηκε αναγκαίο να γραφεί ένα επιπλέον κείμενο 140 σελίδων που αφορούσε στον Οδηγό Σπουδών για τον επιστημονικό γραμματισμό και περιείχε αναλυτικά μερικές ενδεικτικές θεματικές ενότητες (Χαλκιά & Χαβιαρά, 2013α), καθώς και ένα επιπλέον κείμενο 49 σελίδων που αφορούσε την Συμπλήρωση-επικαιροποίηση του εκπαιδευτικού υλικού για τον επιστημονικό γραμματισμό (Χαλκιά & Χαβιαρά, 2013β), σε μία προσπάθεια να είναι και τα 2 κείμενα προς την κατεύθυνση της Οπτικής ΙΙ κατά Roberts (2007).

Ένα σημαντικό ζήτημα που έπρεπε να αντιμετωπιστεί ήταν πώς εκπαιδευτικοί με ειδικότητα κάποιο κλάδο των φυσικών επιστημών θα μπορούσαν -έστω και με υπόδειγμα τα παραπάνω κείμενα- να σχεδιάσουν θεματικές ενότητες για τον επιστημονικό γραμματισμό σύμφωνες με το κοινωνικο-πολιτισμικό πλαίσιο (το τοπικό περιβάλλον), τα ενδιαφέροντα και τις αξίες των εκπαιδευόμενων στους/ις οποίους/ες απευθύνονταν. Θα

μπορούσε να σχεδιαστεί ένα σεμινάριο επιμόρφωσης των εκπαιδευτικών που να τους/τις καθιστά ικανούς/ες να ανταπεξέλθουν στα παραπάνω; Με βάση αυτό το ερώτημα, εργάστηκε ο Σπύρος Κόλλας με ιδιαίτερη ευαισθησία και ικανότητα στη διδακτορική του διατριβή (2015).

Η μελέτη της σχετικής βιβλιογραφίας οδήγησε στη χαρτογράφηση των διαφορετικών διαστάσεων του επιστημονικού γραμματισμού όπως αποτυπώνονται διεθνώς κατά τον σχεδιασμό των σχετικών α.π.. Στο ένα άκρο του φάσματος κυριαρχεί η Οπτική Ι (εστίαση στο περιεχόμενο της επιστήμης), ενώ το υπόλοιπο φάσμα καταλαμβάνει η Οπτική ΙΙ που διακρίνεται στις εξής διαστάσεις: α) επιστήμη που σχετίζεται με καταστάσεις της καθημερινής ζωής, β) επιστήμη για ενεργούς πολίτες και γ) επιστήμη που σχετίζεται με κοινωνικο-πολιτικά ζητήματα (Kollas & Halkia, 2016a)

Ακολούθως, σχεδιάστηκε ένα διήμερο σεμινάριο διάρκειας 12 ωρών, εποικοδομητικού τύπου (Kollas & Halkia, 2020). Οι συμμετέχοντες/ουσες εκπαιδευτικοί των ΣΔΕ αρχικά εξέφρασαν τις απόψεις τους για το είδος των θεματικών ενοτήτων που θα έπρεπε να περιλαμβάνει ένα α.π. για τον επιστημονικό γραμματισμό, οι οποίες καθορίζονταν από την ειδικότητά τους και ήταν απόλυτα προσανατολισμένες στο περιεχόμενο (Οπτική Ι κατά Roberts, 2007). Το προτεινόμενο α.π. ήταν αντίστοιχο και παρόμοιο με εκείνο του τυπικού σχολείου (Γυμνασίου), όπως άλλωστε είχε διαφανεί και στη σχετική πιλοτική έρευνα (Kollas & Halkia, 2014, 2016). Οι εκπαιδευτικοί, μέσω του σεμιναρίου, οδηγήθηκαν με κατάλληλες ερωτήσεις να προβληματιστούν κατά πόσον αυτές οι θεματικές ενότητες ήταν συμβατές με τις ανάγκες, τις αξίες και το κοινωνικοπολιτισμικό περιβάλλον των εκπαιδευομένων τους. Σχημάτισαν ομάδες ανά δύο και με οδηγό τα κείμενα του Οδηγού Σπουδών, σχεδίασαν επί τόπου μία θεματική ενότητα, ενώ μετά από 15 μέρες παρέδωσαν ο/η καθένας/μία μία επιπλέον θεματική ενότητα (Κόλλας & Χαλκιά, 2016).

Η ανάλυση περιεχομένου των θεματικών ενοτήτων που σχεδιάστηκαν από τους/τις εκπαιδευτικούς έδειξε ότι σε λίγες περιπτώσεις ήταν σύμφωνες με την Οπτική Ι (θεματικές ενότητες εστιασμένες στο περιεχόμενο, αλλά με αναφορά στο τοπικό περιβάλλον, π.χ. *η μελέτη των ανέμων* για ΣΔΕ που βρίσκεται σε νησί και το παρακολουθούν ψαράδες) και σε αρκετές περιπτώσεις ήταν σύμφωνες με την Οπτική ΙΙ, (θεματικές ενότητες προσανατολισμένες σε καταστάσεις που αφορούν την κοινωνία π.χ. *τα σεξουαλικώς μεταδιδόμενα νοσήματα και η κοινωνική αντιμετώπισή τους* ή σε ζητήματα που αφορούν την τοπική κοινωνία π.χ. *η καλλιέργεια αρωματικών - φαρμακευτικών φυτών: μία διαθεματική προσέγγιση*, για ΣΔΕ που βρίσκεται σε αγροτική περιοχή) (Kollas & Halkia, 2016a). Καθοριστικοί παράγοντες για το είδος του προγράμματος που σχεδιάστηκε ήταν το γνωστικό και ιδεολογικό υπόβαθρο των εκπαιδευτικών, οι διδακτικές αντιλήψεις τους και το είδος και η διάρκεια επιμόρφωσής τους.

2η Θεματική Ενότητα: Η Συμβολή των Αναπαραστάσεων και των Πολλαπλών Τρόπων Έκφρασης των Εννοιών των Φυσικών Επιστημών (φ.ε.) στην Κατασκευή του Νοήματος τους από τους/τις Μαθητές/τριες

Ένα από τα πρώτα θέματα που με γοήτευσαν από την αρχή της σταδιοδρομίας μου ήταν οι τρόποι με τους οποίους αναπαρίστανται οι έννοιες, τα φαινόμενα, τα μοντέλα, κ.λπ. που συναντώνται στις φ.ε. Ειδικότερα, οι σχετικοί τρόποι απεικόνισης στα σχολικά εγχειρίδια, στους εκπαιδευτικούς διαδικτυακούς τόπους, στα ΜΜΕ, κ.λπ. Το ενδιαφέρον μου αυτό προκύπτει από το γεγονός ότι οι απεικονίσεις αυτές συμβάλουν καθοριστικά στην κατασκευή του νοήματος, δεδομένου ότι οι πληροφορίες που μεταφέρονται δεν προσλαμβάνονται παθητικά από τους δέκτες-μαθητές, αλλά ερμηνεύονται, ανακατασκευάζονται και μετασχηματίζονται (Colin et al., 2002). Άλλωστε τον σημαντικό ρόλο των εικόνων στον τρόπο με τον οποίο επικοινωνούν το μήνυμά τους οι φ.ε., γενικά αλλά και στο χώρο της εκπαίδευσης, είχαν επισημάνει και οι Kress και Van Leeuwen (1996). Συνεπώς, θεώρησα σημαντικό να ασχοληθώ με τη μελέτη των τρόπων με τους οποίους απεικονίζονται οι έννοιες και τα φαινόμενα των φ.ε. στα σχολικά εγχειρίδια (αλλά και ευρύτερα στα ΜΜΕ και στο διαδίκτυο), οι οποίοι μπορεί να επηρεάσουν την κατανόηση των εννοιών των φ.ε. από τους/τις μαθητές/τριες.

Η μελέτη αυτή έδωσε αρχικά 2 δημοσιεύσεις (Χαλκιά & Θεοδωρίδης, 2002; Theodoridis & Halkia, 2001). Στις δημοσιεύσεις αυτές επισημαίνεται το γεγονός ότι ο σχεδιασμός εικόνων για εκπαιδευτική χρήση απαιτεί καλή γνώση της επιστήμης, αλλά και γνώσεις οπτικού γραμματισμού από τους/τις σχεδιαστές/στριες των εικόνων. Σε αντίθετη περίπτωση, μπορεί να δημιουργήσει ή να ενισχύσει τις εναλλακτικές ιδέες των μαθητών/τριών. Αντίστοιχα, η "ανάγνωση" των εικόνων -σε συνδυασμό με το κείμενο- απαιτεί ένα είδος οπτικού γραμματισμού από τους/τις μαθητές/τριες. Η σχετική έρευνα βασίστηκε στα εγχειρίδια της πρωτοβάθμιας και της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης κατά το χρονικό διάστημα 1985-2000, που αποτέλεσαν και το δείγμα της. Η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε ήταν η ανάλυση περιεχομένου. Βασικοί στόχοι της έρευνας ήταν: α) να αναδείξει τις "κρυφές" διαστάσεις της εικόνας που σχετίζονται με τη σημειολογία της και μπορεί να παρασύρουν τη διδασκαλία μακριά από τον επιδιωκόμενο διδακτικό στόχο, β) να αποτυπώσει, μέσω κάποιας ταξινομίας των εικόνων, τους πολλαπλούς τρόπους λειτουργίας της κάθε εικόνας μέσα στο δεδομένο εκπαιδευτικό πλαίσιο, και γ) να προτείνει κατευθύνσεις αξιολόγησης των εικόνων των φ.ε. με κριτήριο τη διδακτική αξιοποίησή τους. Η σχετική ανάλυση ανέδειξε τη συνθετότητα των κωδίκων που χρησιμοποιούνται στις σχετικές αναπαραστάσεις και πρότεινε τρόπους αξιολόγησης και αξιοποίησής τους στη διδασκαλία.

Σε συνδυασμό με το παραπάνω, ως ένα βήμα παραπέρα, κρίθηκε αναγκαίο να μελετηθεί η γλώσσα επικοινωνίας των φ.ε., η οποία είναι πολυτροπική και, συνεπώς, αρκετά σύνθετη. Όπως χαρακτηριστικά επισημαίνει ο Lemke (1998), οι έννοιες των φ.ε. είναι σημειωτικά "υβρίδια", καθώς συνδυάζουν ταυτόχρονα προφορικές, μαθηματικές, οπτικο-γραφικές και λειτουργικές συνιστώσες. Η δε επικοινωνία στις φ.ε. απαιτεί τη διασύνδεση διαφόρων γενών (genres) όπως προφορικό και γραπτό κείμενο με μαθηματικές εκφράσεις, γραφήματα και

διαγράμματα, πίνακες, χάρτες, σκίτσα, φωτογραφίες και άλλα εξειδικευμένα οπτικά είδη (κόμιξ, κινούμενες εικόνες, ντοκιμαντέρ επιστήμης, κ.λπ.), ενώ κάθε ένα γένος θεωρείται ότι συμβάλλει με το δικό του ιδιαίτερο τρόπο στην κατανόηση των εννοιών των φ.ε. (Lemke, 1998). Μάλιστα, όπως αναφέρεται, όταν μια έννοια των φ.ε. αναπαρίσταται πολυτροπικά, αξιοποιώντας κάθε δυνατή σημειωτική τροπικότητα, το νόημά της πολλαπλασιάζεται, καθώς επιτρέπει τη δημιουργία των κατάλληλων νοητικών αναπαραστάσεων στους/στις μαθητές/τριες.

Ο λειτουργικός συνδυασμός των διαφόρων τροπικοτήτων βρίσκει την πιο δυναμική του έκφραση στο διαδίκτυο. Η διερεύνηση των διαφόρων ιστοσελίδων στο διαδίκτυο φανερώνει μια νέα σημειωτική υβριδική πραγματικότητα, τη δυνατότητα σχηματισμού ενός οπτικο-πολυ-σημειωτικού "κειμένου" για την αναπαράσταση των εννοιών των φ.ε., πολλαπλασιάζοντας έτσι τη δυνατότητά μας να συλλαμβάνουμε αυτές τις έννοιες (Χαλκιά, 2004; Halkia, 2003).

Με βάση τα παραπάνω, μια σειρά ερευνών σχεδιάστηκε και οργανώθηκε για να διερευνηθεί ο τρόπος παρουσίασης των εικόνων για μία έννοια ή ένα φαινόμενο στο διαδίκτυο (Χαλκιά, 2004; Halkia, 2003). Μεταπτυχιακοί/ες φοιτητές/τριες, για μία συγκεκριμένη χρονική περίοδο 6 μηνών, μελέτησαν τις απεικονίσεις για συγκεκριμένες έννοιες ή φαινόμενα των φ.ε. στο διαδίκτυο. Μέσα από μία μεγάλη σειρά απεικονίσεων για κάθε φαινόμενο που ανίχνευσαν σε διαδικτυακούς τόπους μεγάλων διεθνών ερευνητικών κέντρων, ακαδημαϊκών ιδρυμάτων, εκπαιδευτικών οργανισμών, κ.λπ., μελέτησαν τις λύσεις που έδωσαν οι σχεδιαστές για την απόδοση των εννοιών και φαινομένων και επισήμαναν απεικονίσεις που μπορεί να προκαλέσουν εναλλακτικές αντιλήψεις στους/ις μαθητές/τριες. Βασικός στόχος ήταν η διερεύνηση των τρόπων δόμησης της πληροφορίας σε μία οπτική αναπαράσταση. Κάθε οπτική αναπαράσταση αναλύθηκε στα βασικά δομικά στοιχεία της, δηλαδή στις "γλώσσες" ή τους κώδικες που χρησιμοποιεί (αριθμητικές τιμές, γραφικές παραστάσεις, διαγράμματα, σύμβολα, εικόνες, εννοιολογικούς χάρτες, κινούμενα σχέδια, κόμικς, κείμενα, κ.λπ.), προκειμένου να οργανώσει την πληροφορία που επιδιώκει να επικοινωνήσει με τους δέκτες της. Επίσης, ανιχνεύθηκαν τα επίπεδα επικοινωνίας που χρησιμοποιεί κάθε μία από τις αναπαραστάσεις (Χαλκιά, 2004).

Παραδείγματα τέτοιων απεικονίσεων παρουσιάζονται στο Χαλκιά (2004) και αναφέρονται στο άτομο (Σαράντη & Χαλκιά, 2004), τις ακτίνες Χ (Ξένου, κ.ά..2004), το ηλεκτρικό και βαρυτικό πεδίο (Οβαδίας & Χαλκιά, 2004), τις λιθοσφαιρικές πλάκες και η δυναμική τους (Ασημακοπούλου, κ.ά., 2004). Αντίστοιχα, σε συμπόσιο που παρουσιάστηκε σε διεθνές συνέδριο (Halkia, 2003), αναλύονται οι περιπτώσεις του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος (Tsagogeorga & Halkia, 2003), της κίνησης Brown (Dimitradi & Halkia, 2003), της τριβής (Ovadias & Halkia, 2003) και της κυτταρικής διαίρεσης (Prinou & Halkia, 2003). Καθεμία από τις παραπάνω έρευνες ανέδειξε την ποικιλία των τρόπων (modes) με τους οποίους εκφράζεται η γλώσσα των φυσικών επιστημών, τη δυνατότητα διδακτικής αξιοποίησής τους, αλλά και τις περιπτώσεις που η μη προσεκτική χρήση αρκετών από αυτές μπορεί να δημιουργήσει εναλλακτικές ιδέες στους/στις μαθητές/τριες.

3η Θεματική Ενότητα: Άτυπες Πηγές Μάθησης στις Φυσικές Επιστήμες (Μορφές και Τρόποι Αξιοποίησής τους από την Τυπική Εκπαίδευση)

Σε φυσική συνέχεια της προηγούμενης ενότητας, ένα άλλο θέμα που θεώρησα ελκυστικό και σημαντικό να μελετήσω ήταν εκείνο των άτυπων πηγών μάθησης στις φ.ε. Οι λόγοι ήταν ότι ενώ πολλοί ερευνητές είχαν ασχοληθεί με την τυπική εκπαίδευση, λίγοι είχαν - εκείνη την εποχή- ασχοληθεί με τις άτυπες πηγές μάθησης, τον τρόπο που αυτές επηρέαζαν τη γνώση στις φ.ε., αλλά και το πώς μπορούν να αξιοποιηθούν στην τυπική εκπαίδευση. Για να τις κατανοήσω και να τις μελετήσω, προσπάθησα αρχικά να τις χαρτογραφήσω. Η προσπάθεια αυτή ανέδειξε έναν πλούτο πηγών (μουσεία επιστήμης και πλανητάρια, ζωολογικοί και βοτανικοί κήποι, ντοκιμαντέρ επιστήμης, εκλαϊκευτικά άρθρα για διάφορα θέματα επιστήμης στο διαδίκτυο, άρθρα επιστήμης στον ημερήσιο και περιοδικό τύπο, εξωσχολικά βιβλία επιστήμης, πανηγύρια επιστήμης, καφενεία επιστήμης, κ.λπ.) με πολύ διαφορετικά χαρακτηριστικά και επιδιώξεις, αλλά με ένα κοινό σημείο· την επιδίωξη της δημόσιας κατανόησης της επιστήμης (public understanding of science) ή/και τη δημόσια εμπλοκή στην επιστήμη (public engagement in science), μέσω της αναπλαισίωσης και του μετασχηματισμού της επιστημονικής σε δημόσια γνώση (Χαλκιά 2020).

Θα πρέπει να επισημανθεί ότι οι άτυπες πηγές μάθησης ενώ δηλώνουν ότι απευθύνονται στο ευρύ κοινό, ένα σημαντικό μέρος αυτού του κοινού φαίνεται να αποτελεί ο μαθητικός πληθυσμός. Το πρόβλημα βέβαια που τίθεται είναι ότι πολλές από αυτές τις πηγές δεν έχουν φροντίσει να κάνουν τον επιπλέον απαραίτητο μετασχηματισμό της επιστημονικής γνώσης από δημόσια σε σχολική γνώση (ή τουλάχιστον σε γνώση συμβατή με το ηλικιακό επίπεδο των μαθητών/τριών), ούτε βέβαια τα σχολεία και οι εκπαιδευτικοί είναι έτοιμα και πρόθυμα να αναλάβουν τον συγκεκριμένο ρόλο. Η μελέτη της σχετικής βιβλιογραφίας και η δική μου προσπάθεια να τις μελετήσω περαιτέρω, με οδήγησαν αρχικά να τις οργανώσω βάσει διαφόρων συστημάτων ταξινόμησης. Τα συστήματα ταξινόμησης βοηθούν να αναδειχθούν διάφορες διαστάσεις και λειτουργίες τους. Έτσι, διαμορφώθηκαν συστήματα ταξινόμησης με κριτήριο: α) το χώρο και τις συνθήκες υλοποίησης της μάθησης στις φ.ε., β) τον τρόπο σύνταξης ενός «κειμένου» για τις φ.ε. και τους κώδικες που χρησιμοποιούνται (γένος), γ) το μέσο που χρησιμοποιείται για την παρουσίαση ενός κειμένου επιστήμης. Με βάση αυτά τα συστήματα διατύπωσα προτάσεις για την καλύτερη αξιοποίησή τους από το σχολείο στα μαθήματα των φ.ε. (Χαλκιά 2012, Halkia & Theodoridis 2008).

Σε μια προσπάθεια περαιτέρω εμβάθυνσης, σχεδιάστηκαν και πραγματοποιήθηκαν μελέτες και έρευνες σε διάφορες επιμέρους άτυπες πηγές μάθησης, όπως οι παρακάτω:

Α) Η επιστήμη στα Μέσα Μαζικής Ενημέρωσης (ΜΜΕ): Στην κατηγορία αυτή, μία μελέτη αφορούσε την αξιοποίηση των ΜΜΕ στα μαθήματα των φ.ε. (Χαλκιά & Θεοδωρίδης 2012). Στη συγκεκριμένη μελέτη, σχολιάζεται η ιδεολογική επίδραση που ασκούν τα ΜΜΕ στο κοινό τους, αναφορικά με το πώς παρουσιάζονται οι φ.ε. σε αυτά. Επίσης, προτείνονται δραστηριότητες για τη διδακτική αξιοποίηση των ΜΜΕ στην καθημερινή διδακτική

πρακτική των μαθημάτων φ.ε. (δραστηριότητες σχετικά με τις ταινίες άγριας φύσης και ζωής, όπως και με διάφορα θέματα βιολογίας, γεωλογίας, αστρονομίας, κ.λπ.).

Η ανάγκη επιπλέον εμβάθυνσης οδήγησε στη διεξαγωγή επιμέρους ερευνών, όπως:

α) Επιστήμη του τύπου: Προς την κατεύθυνση αυτή, και ειδικότερα για την επιστήμη του τύπου και την αξιοποίησή της από την τυπική εκπαίδευση, έγιναν δύο μεγάλης έκτασης έρευνες, η μία σε πληθυσμό εκπαιδευτικών (152 εκπαιδευτικοί πρωτοβάθμιας και δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης) και η άλλη σε μαθητικό πληθυσμό (351 μαθητές/τριες Λυκείου) (Halkia, 2003; Halkia & Mantzouridis, 2005). Το εργαλείο έρευνας ήταν: 1) ένα ερωτηματολόγιο που μετρούσε συμπεριφορές και στάσεις απέναντι στην επιστήμη του τύπου και 2) μία πειραματική εφαρμογή, όπου τόσο οι εκπαιδευτικοί όσο και οι μαθητές/τριες έπρεπε αρχικά να επιλέξουν 1 από 4 άρθρα επιστήμης (που χρησιμοποιούσαν διαφορετικές επικοινωνιακές τεχνικές και αναφέρονταν σε διαφορετικές διαστάσεις της επιστήμης και της τεχνολογίας) και ακολούθως να επιλέξουν σε κάθε άρθρο ένα κομμάτι που τους έκανε ιδιαίτερη εντύπωση (σε κάθε περίπτωση καλούνταν να αιτιολογήσουν την επιλογή τους). Από τα σημαντικότερα ευρήματα ήταν ότι οι εκπαιδευτικοί χρησιμοποιούσαν την επιστήμη του τύπου ως βασικό μέσο αυτοεπιμόρφωσής τους προκειμένου να ενημερωθούν σε καινοτόμα θέματα επιστήμης, ενώ οι μαθητές/τριες θεωρούσαν ότι η επιστήμη του τύπου αξιοποιεί αρκετά ελκυστικό Λόγο για την επικοινωνία των θεμάτων της επιστήμης, τα οποία αναφέρονται σε σύγχρονα και ενδιαφέροντα θέματα.

Παράλληλα, σε έρευνα την οποία διεξήγαγε, υπό την επίβλεψή μου, με επίπονη δουλειά, εφευρετικότητα και οργάνωση ο τότε υποψήφιος διδάκτορας Δημήτρης Μαντζουρίδης, αναδείχθηκαν τρόποι μετασχηματισμού της επιστήμης του τύπου σε σχολική επιστήμη (εκπαιδευτικό υλικό) και μέθοδοι αξιοποίησης των άρθρων του τύπου από τους/τις εκπαιδευτικούς στη διδασκαλία των φ.ε.. Διαστάσεις αυτής της έρευνας παρουσιάστηκαν σε διεθνή και ελληνικά συνέδρια (Mantzouridis et al., 2005; Μαντζουρίδης κ.ά., 2011; Μαντζουρίδης κ.ά., 2007).

β) Ντοκιμαντέρ επιστήμης: Θέλοντας να διερευνήσω τρόπους αξιοποίησης των ντοκιμαντέρ επιστήμης στη σχολική τάξη, σχεδιάστηκε και οργανώθηκε σχετική έρευνα. Η μεταπτυχιακή τότε φοιτήτρια Στέλλα Βρεττοπούλου στο πλαίσιο της διπλωματικής της εργασίας διεξήγαγε με επιμέλεια τη σχετική έρευνα σε μαθητές/τριες της Ε' και Στ' τάξης του Δημοτικού, με αφορμή ένα ντοκιμαντέρ σχετικό με το ηλιακό σύστημα. Η έρευνα αφορούσε τρόπους αξιοποίησης ενός ντοκιμαντέρ επιστήμης στη σχολική τάξη. Τα σχετικά αποτελέσματα ήταν πολύ ενθαρρυντικά (Βρεττοπούλου & Χαλκιά, 2020).

Β) Η επιστήμη σε εξωσχολικά βιβλία, κόμικς, κ.λπ.: Η κατηγορία αυτή αναφέρεται στη διερεύνηση των τρόπων που μετασχηματίζεται και παρουσιάζεται η επιστήμη σε εξωσχολικά βιβλία ή και στις σχετικές εκδόσεις επιστημονικών ερευνητικών κέντρων. Στις προσπάθειες αυτές, συχνά αξιοποιούνται τα κόμικς και οι φωτο-ιστορίες. Συνεπώς

η κατηγορία αυτή έχει άμεση σχέση με την εικόνα. Αρχικά, σχετική μελέτη που διεξήχθη ανέδειξε τις πολιτισμικές και εκπαιδευτικές διαστάσεις ενός βιβλίου αστρονομίας του 19ου αιώνα σε μια από τις πρώτες προσπάθειες μετασχηματισμού της επιστημονικής σε δημόσια γνώση (Halkia & Botouropoulou, 2005). Ακολούθως, η μελέτη κόμικς και φωτο-ιστοριών που σχεδιάστηκαν για το μετασχηματισμό της επιστημονικής γνώσης σε δημόσια γνώση από σημαντικούς οργανισμούς και ερευνητικά κέντρα (π.χ. Times, CERN- European Laboratory of Particle Physics, ASP-Astronomical Society of the Pacific, κ.λπ.) ανέδειξε τις ιδεολογικές διαστάσεις, τις δυνατότητες, αλλά και τους περιορισμούς (π.χ. εισαγωγή εναλλακτικών ιδεών στους/στις μαθητές/τριες) πολλών από αυτές τις προσπάθειες (Χαλκιά, 2005; Halkia et al., 2003). Είναι σημαντικό να τονιστεί ότι πολλές από αυτές τις εκδόσεις προορίζονται για εκπαιδευτική χρήση. Σε όλες τις περιπτώσεις ως μέθοδος ανάλυσης χρησιμοποιήθηκε η ανάλυση περιεχομένου.

Γ) Η επιστήμη στα μουσεία και τα ερευνητικά κέντρα επιστήμης: Η συγκεκριμένη κατηγορία αναφέρεται στα εκπαιδευτικά προγράμματα που σχεδιάζουν και εφαρμόζουν μουσεία επιστήμης, πλανητάρια και ερευνητικά κέντρα. Σχετικές έρευνες σχεδιάστηκαν και υλοποιήθηκαν από δύο πολύ ικανές μεταπτυχιακές τότε φοιτήτριες στο πλαίσιο των διπλωματικών τους εργασιών. Η μία στο Ευγενίδειο πλανητάριο από την Σταυρούλα Παπανικολοπούλου και η άλλη στο Κέντρο θαλασσίων Ερευνών από την Αναστασία Στριλιγκά (Παπανικολοπούλου & Χαλκιά, 2007; Στριλιγκά & Χαλκιά, 2018). Η ανάλυση περιεχομένου της παράστασης (Κοσμική Οδύσσεια) στην πρώτη περίπτωση και της παρουσίασης του εκπαιδευτικού προγράμματος στη δεύτερη περίπτωση, καθώς και η κωδικοποίηση των βασικών εννοιών που αναφέρονται σε αυτά σε σχέση με την ηλικία των μαθητών/τριών και το ισχύον α.π., αποτέλεσαν τη βάση για τον σχεδιασμό των σχετικών εργαλείων έρευνας (ερωτηματολόγια γνωστικού τύπου και ερωτηματολόγια στάσεων). Τα ερωτηματολόγια περιλάμβαναν τόσο ανοικτού όσο και κλειστού τύπου ερωτήσεις και μοιράστηκαν στους/τις μαθητές/τριες τόσο πριν όσο και μετά το πρόγραμμα. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι ικανοποιήθηκαν μεν οι συναισθηματικοί στόχοι των προγραμμάτων, αλλά ελάχιστα οι αντίστοιχοι γνωστικοί. Ανασταλτικά λειτούργησαν ο υπερβολικός όγκος των πληροφοριών και τα εντυπωσιακά εφέ.

4η Θεματική Ενότητα: Οι Μεγάλες "Σύγχρονες" Θεωρίες της Επιστήμης και οι Προσπάθειες Μετασχηματισμού τους σε Σχολική Επιστήμη

Όπως ανέφερα και στην εισαγωγή, οι σπουδές μου στη θεωρητική πυρηνική φυσική, σε συνδυασμό με τις σπουδές μου στη διδακτική των φυσικών επιστημών, με έκαναν συνεχώς να αναρωτιέμαι πώς θα μπορούσαν οι μεγάλες θεωρίες της επιστήμης, όπως η νευτώνεια θεωρία, η θεωρία της σχετικότητας, η κβαντομηχανική και η θεωρία της εξέλιξης, θεωρίες με μεγάλο εννοιολογικό και ιδεολογικό φορτίο, να αναπλαισιωθούν και να μετασχηματιστούν σε σχολική επιστήμη.

Στόχος μου ήταν ο διδακτικός μετασχηματισμός να οδηγήσει τους/τις μαθητές/τριες στην κατανόηση των βασικών πυρηνικών εννοιών των θεωριών αυτών, χωρίς τη διαμεσολάβηση απαιτητικών μαθηματικών εξισώσεων, που είναι μεν απαραίτητες κυρίως στους/στις φυσικούς, αλλά συχνά αποτελούν εμπόδιο στους/στις μαθητές/τριες. Βοηθοί μου στάθηκαν τα νοητικά εργαλεία που δημιούργησαν οι μεγάλοι στοχαστές αυτών των θεωριών, προκειμένου αφενός να μπορέσουν να κατανοήσουν τις συνέπειες των θεωριών τους και αφετέρου να μπορέσουν να τις επικοινωνήσουν σε άλλους/ες. Τέτοια νοητικά εργαλεία, οργανικά στοιχεία των θεωριών αυτών, είναι τα νοητικά πειράματα. Δεδομένου δε ότι τα νοητικά πειράματα βασίζονται σε ευφάνταστα σενάρια που εγείρουν το φαντασιακό των μαθητών/τριών, αποδεικνύονται και πολύ ισχυρά μαθησιακά εργαλεία.

Στην προσπάθειά μου για την οργάνωση των σχετικών απαιτητικών ερευνών, είχα την τύχη να συνεργαστώ με εξαιρετικούς/ες μεταπτυχιακούς/ες τότε φοιτητές/τριες, όπως ο Θανάσης Βελέντζας, η Κυριακή Δημητριάδη, και η Λουκία Πρίνου (αλφαβητική αναφορά). Οι έρευνες που διεξήχθησαν έδωσαν πολύ ικανοποιητικά αποτελέσματα και οδήγησαν σε μια σειρά δημοσιεύσεων σε καλά περιοδικά.

Στις έρευνες τις σχετικές με τις θεωρίες της φυσικής δούλεψαν ευφάνταστα και ακάματα η Κυριακή Δημητριάδη και ο Θανάσης Βελέντζας.

Η μεν Κυριακή Δημητριάδη επικεντρώθηκε στην ειδική θεωρία της σχετικότητας και ερεύνησε τη δυνατότητα των παιδιών της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης να κατανοήσουν βασικές έννοιές της ακολουθώντας μία ποιοτική προσέγγιση. Για το σκοπό αυτό, σχεδίασε μια διδακτική - μαθησιακή σειρά αποτελούμενη από πέντε μαθήματα (Dimitriadi & Halkia, 2012).

Αντίστοιχα, ο Θανάσης Βελέντζας, μελέτησε την αξιοποίηση των γνωστών ιστορικών νοητικών πειραμάτων στη διδασκαλία των θεωριών της φυσικής (νευτώνεια μηχανική, θεωρία σχετικότητας και κβαντομηχανική). Αρχικά, διερεύνησε τη δυνατότητα παιδιών του Γυμνασίου να κατανοήσουν βασικές διαστάσεις της θεωρίας της σχετικότητας και της κβαντομηχανικής χρησιμοποιώντας ως εκπαιδευτικό υλικό εκλαϊκευτικά βιβλία φυσικής (Velentzas et al., 2007). Τα αποτελέσματα ήταν πολύ ενθαρρυντικά. Εν συνεχεία, επικεντρώθηκε σε μαθητές/τριες του Λυκείου, όπου υλοποίησε την κυρίως έρευνά του.

Και οι δύο (Δημητριάδη και Βελέντζας) δούλεψαν με δείγμα 40 μαθητών/τριών Λυκείου, σε ομάδες των 4 μαθητών/τριών μεικτής απόδοσης. Αξιοποίησαν τα νοητικά πειράματα ως διδακτικά εργαλεία και για τη συλλογή των δεδομένων τους χρησιμοποίησαν αφενός τις συνεντεύξεις σύμφωνα με τη μέθοδο του "διδακτικού πειράματος (teaching experiment)" και αφετέρου ερωτηματολόγια με ανοιχτού τύπου ερωτήσεις. Στη μέθοδο του διδακτικού πειράματος σημαντική βοήθεια είχαμε από τον συνάδελφο Δημήτρη Σταύρου.

Τα ευρήματα των ερευνών τους έδειξαν ότι τα νοητικά πειράματα σε συνδυασμό με τη διδακτική-μαθησιακή σειρά (Δημητριάδη) ή με τα σχέδια μαθήματος (Βελέντζας) βοηθούν τους/τις μαθητές/τριες να συνειδητοποιήσουν καταστάσεις που αναφέρονται σε έναν κόσμο πέρα από την καθημερινή εμπειρία τους και να αναπτύξουν συλλογισμούς σύμφωνους με τις σχετικές θεωρίες. Με αυτόν τον τρόπο οι μαθητές/τριες μπόρεσαν να συλλάβουν νόμους και αρχές της φυσικής που απαιτούν υψηλού βαθμού αφαιρετικούς

συλλογισμούς (Dimitriadi & Halkia, 2012; Velentzas & Halkia, 2013a; Velentzas & Halkia, 2013b; Velentzas & Halkia, 2011).

Ως αποτέλεσμα των σχετικών προβληματισμών και των παραπάνω ερευνών σχεδιάστηκε και υλοποιήθηκε σχετικό συμπόσιο και πραγματοποιήθηκε προσκεκλημένη ομιλία (Χαλκιά, 2013; Χαλκιά, 2011; Βελέντζας & Χαλκιά, 2011; Δημητριάδη & Χαλκιά, 2011).

Σε πιο πρόσφατη έρευνα μελετώνται εργαλεία, όπως οι επεξηγήσεις (explanations), ένα θέμα με ιδιαίτερο φιλοσοφικό ενδιαφέρον. Οι φιλοσοφικές διαστάσεις τους, αλλά και ο τρόπος που οι συγγραφείς σχολικών εγχειριδίων τις χρησιμοποιούν ερευνώνται και αναπτύσσονται στη σχετική εργασία (Velentzas & Halkia, 2018).

Αντίστοιχα, η επιχειρηματολογία αποτελεί το θέμα της τελευταίας διατριβής που έχω αναλάβει και την οποία υλοποιεί με επιμέλεια, επιμονή και υπομονή ο Γιώργος Τσιφτσής. Η έρευνα έχει ως σημείο αναφοράς την επιχειρηματολογία που αναπτύσσουν φοιτητές/τριες του ΠΤΔΕ ΕΚΠΑ, προκειμένου να υποστηρίξουν την άποψή τους, με αφορμή προβλήματα που απαιτούν γνώσεις των νόμων του Νεύτωνα. Το δείγμα αποτελείται από 17 φοιτητές/τριες που εργάζονταν σε ομάδες των 4 ατόμων. Η παρέμβαση διήρκεσε 10 δίωρες συναντήσεις (μία ανά εβδομάδα). Τα εργαλεία έρευνας ήταν: α) ερωτηματολόγια (pre test και το post test), αποτελούμενα από ανοιχτές ερωτήσεις, με στόχο την αξιολόγηση της εξέλιξης της επιχειρηματολογίας των φοιτητών/τριών σε ατομικό επίπεδο αλλά και της εξέλιξης (πιθανή εννοιολογική αλλαγή) της επιστημονικής τους γνώσης, και β) βιντεοσκόπηση των συζητήσεων των φοιτητών/τριών κατά τη διάρκεια της παρέμβασης, με στόχο την αξιολόγηση της εξέλιξης της επιχειρηματολογίας τους σε ομαδικό επίπεδο. Η ανάλυση των απαντήσεών τους και των συζητήσεών τους έγινε με κατάλληλα εργαλεία που επελέγησαν από τη διεθνή βιβλιογραφία (Τσιφτσής & Χαλκιά, 2019). Τα πρώτα αποτελέσματα κρίνονται αρκετά ενθαρρυντικά.

Στην βιολογία εμβληματική για την εμπέδωσή της θεωρείται η θεωρία της εξέλιξης, μια θεωρία που πάντα με εντυπωσίαζε για την τόλμη της και τη διορατικότητά της. Σχετικά με τη θεωρία της εξέλιξης για πρώτη φορά στην Ελλάδα έγινε συστηματική έρευνα στην εκπαίδευση, όπου αναντικατάστατη υπήρξε η συμβολή της Λουκίας Πρίνου, η οποία χειρίστηκε με ιδιαίτερη ευαισθησία ένα τόσο ιδεολογικά φορτισμένο θέμα (Prinou et al., 2011; Prinou et al., 2009; Prinou et al., 2008). Η μελέτη που έγινε ήταν σπονδυλωτή και αφορούσε τη διεξοδική διερεύνηση:

α) της «παρουσίασης» της θεωρίας της βιολογικής εξέλιξης σε όλα τα σχετικά αναλυτικά προγράμματα και εγχειρίδια της δευτεροβάθμιας και πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης από τις αρχές του 20ου αιώνα έως το 2010. Τα αποτελέσματα ανέδειξαν αστοχίες και λάθη στην παρουσίαση της θεωρίας, καθώς και τις ιδεολογικές επιρροές στην παρεμπόδιση της διδασκαλίας της εξέλιξης μέσω της φυσικής επιλογής. Συγκεκριμένα, η εξέλιξη αποτελούσε (*και αποτελεί ακόμη*), ένα ξεχωριστό, ανεξάρτητο κεφάλαιο, που παρατίθεται τελευταίο στα εγχειρίδια δύο τάξεων όλης της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης και δεν αντιμετωπίζεται ως ενοποιητικό πλαίσιο για η βιολογία (Prinou et al., 2009, 2011),

β) των αντιλήψεων των εκπαιδευτικών της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης (που διδάσκουν βιολογία) σε θέματα σχετικά με τη διδασκαλία της θεωρίας της εξέλιξης. Η έρευνα έγινε σε δείγμα 111 εκπαιδευτικών. Το εργαλείο έρευνας ήταν ερωτηματολόγιο αποτελούμενο από ανοιχτές και κλειστές ερωτήσεις και συνεντεύξεις. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι οι εκπαιδευτικοί είχαν θετική στάση προς τη διδασκαλία της εξέλιξης, αλλά, κατά ένα σημαντικό ποσοστό, δεν ήταν σε θέση να εντοπίσουν και διαχειριστούν διδακτικά τις εναλλακτικές αντιλήψεις των μαθητών/ριών τους για τη φυσική επιλογή (Prinou et al., 2005).

γ) των αντιλήψεων των μαθητών/τριών του Λυκείου για την εξελικτική θεωρία μέσω της φυσικής επιλογής. Η έρευνα έγινε σε μεγάλο δείγμα (411) μαθητών/τριών. Το εργαλείο έρευνας ήταν ερωτηματολόγιο αποτελούμενο από ανοιχτές ερωτήσεις και ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι οι μαθητές/τριες: α) θεωρούσαν την εξέλιξη ως αλλαγή των ίδιων των ατόμων και όχι ως «αλλαγές στη σύνθεση των πληθυσμών», β) είχαν άγνοια για τον μηχανισμό με τον οποίο συμβαίνουν οι αλλαγές των οργανισμών (δεν χρησιμοποιούσαν την φυσική επιλογή –μια πυρηνική έννοια- για να τις εξηγούν) και αντιμετώπιζαν τους οργανισμούς ως ενιαίο σύνολο πανομοιότυπων ατόμων, που αλλάζουν ταυτόχρονα εξαιτίας της ανάγκης (Prinou et al., 2008) και

δ) των αντιλήψεων των εκπαιδευτικών της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης για την εξελικτική θεωρία μέσω της φυσικής επιλογής. Η έρευνα έγινε σε δείγμα 153 εκπαιδευτικών. Το εργαλείο έρευνας ήταν ερωτηματολόγιο αποτελούμενο από ανοιχτές ερωτήσεις και ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι οι εκπαιδευτικοί, σε μεγάλο ποσοστό, θεωρούν ότι η εξέλιξη συμβαίνει μέσω της προσαρμογής, ενώ ένας ικανός αριθμός εκπαιδευτικών χρησιμοποιεί ανθρωπομορφικές ερμηνείες. Όμως στην πλειοψηφία τους ήταν ευνοϊκά διακείμενοι απέναντι στην αντίληψη της βιολογικής εξέλιξης και στην αναγκαιότητα να γνωρίζουν την εξελικτική θεωρία, προκειμένου να μπορούν να την διδάξουν σωστά (Prinou et al. 2011).

5η Θεματική Ενότητα: Η Μετάβαση από το Συγκεκριμένο (Καθημερινή Γνώση) στην Αφαίρεση και τη Γενίκευση (Επιστημονική Γνώση) με Αφορμή Έννοιες και Φαινόμενα του Μεγάκοσμου

Η αστρονομία ανέκαθεν με γοήτευε. Η παρατήρηση του ουρανού διεγείρει το φαντασιακό και γεννά φιλοσοφικές αναζητήσεις. Παράλληλα, θεωρώ ότι είναι ένα από τα θέματα που ενδιαφέρουν πολύ τα παιδιά. Επιπλέον, η αστρονομία αποτελεί μία περιοχή γνώσης που για την κατανόησή της απαιτείται ο συνδυασμός διαφόρων επιστημών, όπως: μαθηματικά, φυσική, βιολογία, γεωλογία, τεχνολογία, αλλά και τέχνες και πολιτισμός. Άλλωστε πολλοί καλλιτέχνες έχουν εμπνευστεί έργα με αφορμή διάφορα ουράνια φαινόμενα. Με δεδομένο το ενδιαφέρον των παιδιών και τη διεπιστημονικότητα της αστρονομίας, θεώρησα ότι είναι ένα θέμα που θα άξιζε να ερευνήσω.

Στην προσπάθειά μου αυτή για τη διδακτική διαχείριση των φαινομένων του μεγάκοσμου, αντιμετώπισα το πρόβλημα του πώς μπορώ να οδηγήσω ένα παιδί από το ερμηνευτικό πλαίσιο που έχει διαμορφώσει με βάση την εμπειρία του, καθορισμένη από τη γεωκεντρική σκοπιά και την κοινή λογική, στη διαμόρφωση ενός διαφορετικού ερμηνευτικού πλαισίου, που βασίζεται στην αλλαγή συστήματος αναφοράς και συνακόλουθα την αφαιρετική σύλληψη των φαινομένων.

Προκειμένου να κατανοήσουμε τις συγκεκριμένες δυσκολίες που σχετίζονται με τα παραπάνω, σημαντικό βήμα είναι η ανίχνευση των ιδεών των μαθητών/τριών για διάφορα φαινόμενα του μεγάκοσμου. Ακολούθως, απαραίτητη είναι η διερεύνηση κατάλληλων διδακτικών ερευνητικών προσεγγίσεων για την υπέρβασή τους.

Η συμβολή μου στην παραπάνω ερευνητική προσπάθεια συνίσταται στα εξής:

Α) Την συγγραφή ενός βιβλίου (Χαλκιά 2006), όπου προσπάθησα να παρουσιάσω και συνδυάσω για κάθε θεματική ενότητα: 1) την ιστορική εξέλιξη των ιδεών, 2) την επιστημονική γνώση, 3) τις ιδέες των παιδιών πρωτοβάθμιας και δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης για έννοιες και φαινόμενα του μεγάκοσμου και 4) διδακτικές προτάσεις με δραστηριότητες που λαμβάνουν υπόψη τις ιδέες των παιδιών και προτείνουν τρόπους διδακτικής διαχείρισης τους συνδυάζοντας την επιστημονική γνώση και την πολιτισμική γνώση.

Β) Την επίβλεψη έρευνας που διεξήγαγε με ιδιαίτερη ευρηματικότητα και επιμέλεια ο Γιάννης Σταράκης στο πλαίσιο της διδακτορικής του διατριβής και αναφέρονταν σε ένα αρκετά σύνθετο θέμα στη διδασκαλία των σχετικών κινήσεων Ήλιου - Γης - Σελήνης (http://thesis.ekt.gr/thesisBookReader/id/42089#page/1/mode/2up).
Στην πραγματικότητα, είχαμε να αντιμετωπίσουμε το δύσκολο ζήτημα· πώς παιδιά των τελευταίων τάξεων του Δημοτικού -μέσω κατάλληλης διδασκαλίας- μπορούν να συμβιβάσουν την εμπειρία τους για τη φαινόμενη κίνηση Ήλιου και Σελήνης στον ουρανό με την επιστημονική γνώση της ιδιοπεριστροφής της Γης, της περιφοράς της Γης γύρω από τον Ήλιο και της περιφοράς της Σελήνης γύρω από τη Γη. Μέσω της κατανόησης των σχετικών κινήσεων διδάσκονται και σύνθετα φαινόμενα, όπως οι εποχές, η ταυτόχρονη εμφάνιση του ήλιου και της σελήνης στον ουρανό τις μισές μέρες του μήνα κ.λπ. Για τη διδασκαλία των σχετικών φαινομένων, σχεδιάστηκε, εφαρμόστηκε και αξιολογήθηκε μία διδακτική-μαθησιακή ακολουθία, στην οποία αξιοποιήθηκαν ως διδακτικά εργαλεία πρωτότυπα φωτογραφικά τεκμήρια (καταγραφή των κινήσεων της Σελήνης -σε σχέση με συγκεκριμένο σημείο αναφοράς- σε διαφορετικές ώρες σε μία ημέρα και την ίδια ώρα σε διαφορετικές ημέρες), καθώς και σωματικές προσομοιώσεις με τη βοήθεια επιδαπέδιων ρολογιών (για αναπαράσταση και διερεύνηση των κινήσεων Γης και Σελήνης). Ως μεθοδολογία συλλογής δεδομένων χρησιμοποιήθηκε το διδακτικό πείραμα (στη μεθοδολογία του οποίου πολύτιμος σύμβουλος ήταν ο Δημήτρης Σταύρου) που εφαρμόστηκε σε ομάδες αποτελούμενες από 4 μαθητές/τριες η κάθε μία. Τα αποτελέσματα ήταν πολύ ενθαρρυντικά και παρουσιάστηκαν σε διεθνή και ελληνικά περιοδικά και

συνέδρια (Σταράκης & Χαλκιά, 2018; Σταράκης & Χαλκιά, 2016; Starakis & Halkia, 2014; Halkia & Starakis, 2013; Starakis & Halkia, 2010a; Starakis & Halkia, 2010b).

Γ) Την εκπόνηση μικρών ερευνών με στόχο τη διερεύνηση των ιδεών των μαθητών/τριών για διάφορα φαινόμενα του μεγάκοσμου, ως επιβλέπουσα μεταπτυχιακών διπλωματικών εργασιών. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι οι μεταπτυχιακοί/ες φοιτητές/τριες εργάστηκαν όλα αυτά τα χρόνια με απαράμιλλο ζήλο και διεξήγαγαν ενδιαφέρουσες έρευνες, που τις περισσότερες φορές υπερέβαιναν τα απαιτούμενα. Οι έρευνες αυτές αναφέρονται στη διερεύνηση των ιδεών των παιδιών, μέσω ερωτηματολογίων, αλλά -σε κάποιες περιπτώσεις- και σε αντίστοιχες διδακτικές παρεμβάσεις, για το σύμπαν, το σχήμα της Γης και τη βαρύτητα, τις φάσεις της Σελήνης, το Ηλιακό Σύστημα, κ.λπ.. Παρουσιάστηκαν σε συνέδρια και περιλαμβάνονται στα σχετικά πρακτικά (Κιουρτζή & Χαλκιά, 2016; Πέλλα & Χαλκιά, 2016; Σιμιτζόγλου & Χαλκιά, 2007; Σπυράτου & Χαλκιά, 2007). Αξιοσημείωτο είναι το ενδιαφέρον ακόμη και σήμερα πολλών μεταπτυχιακών φοιτητών/τριών να εκπονήσουν διπλωματικές εργασίες με θέματα σχετικά με την αστρονομία και ήδη έχουν εκπονηθεί αρκετές που θα παρουσιαστούν σε επόμενα συνέδρια. Αφορούν: α) την αντιμετώπιση της ιδέας των μαθητών/τριών ότι η Σελήνη εμφανίζεται μόνον το βράδυ στον ουρανό μέσω καθημερινής παρατήρησης (ζωντανής ή εικονικής μέσω ίντερνετ), καταγραφής ημερολογίου και αντίστοιχης διδακτικής παρέμβασης για την κατανόηση του φαινομένου (Μίχα, 2019; Τσέλιου, 2019), β) τη διερεύνηση της ιδέας των μαθητών/ τριών για το κατά πόσον η Σελήνη είναι αυτόφωτο ή ετερόφωτο σώμα και των παραγόντων που την επηρεάζουν, μέσω ερωτηματολογίου με ανοιχτές ερωτήσεις (Νεοφώτιστος 2020), γ) την συγκριτική μελέτη των αναλυτικών προγραμμάτων πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης 17 χωρών ως προς την παρουσία της αστρονομίας σε αυτά, μέσω ανάλυσης περιεχομένου αναφορικά με τη δομή, το περιεχόμενο, τους στόχους και τις δραστηριότητες που εμπεριέχονται σε αυτά (Χατζημιχάλη 2020). Θα πρέπει να σημειωθεί ότι στις διπλωματικές των Μίχα, Τσέλιου και Νεοφώτιστου σημαντική ήταν η συμβολή του συναδέλφου πλέον Γιάννη Σταράκη. Σε όλες τις παραπάνω εργασίες τα αποτελέσματα ήταν πολύ ενδιαφέροντα.

*

Ανατρέχοντας στα περασμένα, θα μπορούσα να πω ότι με σκληρή δουλειά και εξαντλητική μελέτη, η πορεία των ερευνητικών μου επιλογών επηρεάστηκε από τα ενδιαφέροντά μου, από την έντονη επιθυμία μου να σχεδιάζω έρευνες για να απαντήσω τα ερωτήματα που -κάθε φορά- προέκυπταν, αλλά και από την συνεργασία μου με πολύ ικανούς και έντιμους συνεργάτες.

Και τώρα τι; Μα και βέβαια θα συνεχίσω -για όσο χρονικό διάστημα με χρειάζονται και μπορώ- να διδάσκω και να επιβλέπω ερευνητικές εργασίες.

Βιβλιογραφία

Ασημακοπούλου, Αικ.; Γεωργόπουλος, Γ. & Χαλκιά, Κρ. (2004). Οι λιθοσφαιρικές πλάκες και η δυναμική τους (Έρευνα στο διαδίκτυο, ταξινόμηση και σχολιασμός). Στο Κεφ 8. (Χαλκιά, Κρ. Ο πολυτροπικός «λόγος» των Φυσικών Επιστημών στο διαδίκτυο: Αλληλεπιδράσεις με την Εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες), *Νέες Τεχνολογίες στην Εκπαίδευση: Ζητήματα Σχεδιασμού και Εφαρμογών – Φιλοσοφικές και Κοινωνικές Προεκτάσεις*, (σ. 274-276). Επιμέλεια Ι. Κεκές, Εκδόσεις Ατραπός, Αθήνα, ISBN 960-8325-77-3.

Βελέντζας, Α., & Χαλκιά, Κρ., (2011). Προτάσεις για τη Διδασκαλία Νόμων και Αρχών της Φυσικής του 20ου Αιώνα στο Λύκειο με την αξιοποίηση Ιστορικών Νοητικών Πειραμάτων. Στο: Παπαγεωργίου, Γ. & Κουντουριώτης, Γ. *Πρακτικά 7ου Συνεδρίου ΕΝΕΦΕΤ – Αλληλεπιδράσεις Εκπαιδευτικής Έρευνας και Πράξης στις Φυσικές Επιστήμες* (σελ. 129-137). ISBN: 978-960-99852-0-8, http://www.enephet.gr/library/praktika/2011-a-praktika.pdf (ημερομηνία πρόσβασης 22/08/20).

Βρεττοπούλου Σ. & Χαλκιά Κ. (2020). Η αξιοποίηση άτυπων πηγών μάθησης (ντοκιμαντέρ επιστήμης) στη διδασκαλία εννοιών του ηλιακού συστήματος. *Πρακτικά του 11ου Συνεδρίου της ΕΝΕΦΕΤ, με τίτλο: Επαναπροσδιορίζοντας τη Διδασκαλία και Μάθηση των Φυσικών Επιστημών και της Τεχνολογίας τον 21ο αιώνα.* (Επιμέλεια έκδοσης: Σπύρτου Α., Παπαδοπούλου, Π., Ζουπίδης, Α., Μαλανδράκης, Γ., Καριώτογλου, Π.). Τόπος διεξαγωγής του Συνεδρίου: Φλώρινα (2019), ΤΟΜΟΣ 11, ΣΕΛ. 867-871. ISBN: 978-618-83267-7-4, http://synedrio2019.enephet.gr

Δημητριάδη, Κ., & Χαλκιά, Κρ. (2011). Μια εμπειρική έρευνα για τη διδασκαλία της Ειδικής Θεωρίας της Σχετικότητας στο Λύκειο. Στο: Παπαγεωργίου, Γ. & Κουντουριώτης, Γ. *Πρακτικά 7ου Συνεδρίου ΕΝΕΦΕΤ – Αλληλεπιδράσεις Εκπαιδευτικής Έρευνας και Πράξης στις Φυσικές Επιστήμες* (σελ. 113-120). ISBN: 978-960-99852-0-8, http://www.enephet.gr/library/praktika/2011-a-praktika.pdf (ημερομηνία πρόσβασης 22/08/20).

Ινστιτούτο Διαρκούς Εκπαίδευσης Ενηλίκων, (2003). *Προδιαγραφές Σπουδών για τα Σχολεία Δεύτερης Ευκαιρίας*, Έκθεση του Ινστιτούτου Διαρκούς Εκπαίδευσης Ενηλίκων, Αθήνα, 2003.

Κιουρτζή, Μ. & Χαλκιά, Κρ. (2016). Ιδέες μαθητών δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης για το Σύμπαν. *Πρακτικά του 9ου Πανελλήνιου Συνεδρίου της ΕΝΕΦΕΤ: Διδασκαλία και μάθηση στις Φυσικές Επιστήμες και στην Τεχνολογία: Έρευνες, Καινοτομίες και Πρακτικές* (σελ. 620-627) (Επιμέλεια: Ψύλλος Δ., Μολοχίδης Α., Καλλέρη Μ.), Θεσσαλονίκη (8-10 Μαΐου 2015). ISBN: 978-960-243-702-5. https://drive.google.com/file/d/1K1u1enM75YfDwQ5mZs5s97gCMEQBKAPv/view (ημερομηνία πρόσβασης 27/8/2020).

Κόλλας, Σπ, & Χαλκιά, Κρ., (2016). Συνεργατικός σχεδιασμός θεματικών ενοτήτων για τον επιστημονικό γραμματισμό στα Σχολεία Δεύτερης Ευκαιρίας, *Πρακτικά 2ου Πανελληνίου Συνεδρίου με Διεθνή Συμμετοχή για το Εκπαιδευτικό Υλικό στα Μαθηματικά και τις Φυσικές Επιστήμες* (σελ. 506-515), Ρόδος 14-16 Οκτωβρίου 2016.

Μαντζουρίδης, Δ., Χαλκιά, Κρ., & Σκορδούλης, Κ. (2007). Άρθρα επιστήμης στο τύπο: Τρόποι μετασχηματισμού της επιστήμης του τύπου σε εκπαιδευτικό υλικό. *Πρακτικά σε ηλεκτρονική μορφή του 5ου Πανελληνίου Συνεδρίου ΕΝΕΦΕΤ* (Τεύχος Α΄ - Άτυπες Μορφές Εκπαίδευσης, σελ. 330-339). (Επιμέλεια: Α. Κατσίκης, Κ. Κώτσης, Α. Μικρόπουλος, Γ. Τσαπαρλής), ISSN 1791-1281 Online, http://kodipheet.chem.uoi.gr/fifth_conf/pdf_synedriou/teyxos_A/6_atypes_morfes_ekp/1_FE-06telikiF.pdf (ημερομηνία πρόσβασης 22/8/2020).

Μαντζουρίδης, Δ., Χαλκιά, Κρ., & Σκορδούλης, Κ. (2011). Άρθρα επιστήμης του τύπου: Ο μετασχηματισμός τους σε εκπαιδευτικό υλικό και η χρήση τους στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών. *Πρακτικά 7ου Συνεδρίου ΕΝΕΦΕΤ– Αλληλεπιδράσεις Εκπαιδευτικής Έρευνας και Πράξης στις Φυσικές Επιστήμες* (σελ. 492-499).

http://www.enephet.gr/library/praktika/2011-b-praktika.pdf (ημερομηνία πρόσβασης 22/08/20).

Μίχα, Ελ. (2019). Αναζητώντας τη Σελήνη: Μια διδακτική παρέμβαση με βάση την παρατήρηση για τη συχνότητα εμφάνισης της Σελήνης στον ουράνιο θόλο κατά τη διάρκεια ενός μήνα. Διπλωματική εργασία ΕΚΠΑ, https://pergamos.lib.uoa.gr/uoa/dl/object/2893359.

Νεοφώτιστος, Ρ. (2020). Διερεύνηση των ιδεών των μαθητών και μαθητριών της Ε' και Στ' τάξης Δημοτικού για το κατά πόσον η Σελήνη είναι αυτόφωτο ή ετερόφωτο σώμα, καθώς και των πιθανών παραγόντων που τις επηρεάζουν. Διπλωματική εργασία ΕΚΠΑ, https://pergamos.lib.uoa.gr/uoa/dl/object/2917002

Ξένου, Ζ.; Σπηλιωτοπούλου, Ι & Χαλκιά, Κρ. (2004). Η περίπτωση των ακτίνων Χ (Έρευνα στο διαδίκτυο, ταξινόμηση και σχολιασμός). Στο Κεφ 8. (Χαλκιά, Κρ. Ο πολυτροπικός «λόγος» των Φυσικών Επιστημών στο διαδίκτυο: Αλληλεπιδράσεις με την Εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες), Νέες Τεχνολογίες στην Εκπαίδευση: Ζητήματα Σχεδιασμού και Εφαρμογών – Φιλοσοφικές και Κοινωνικές Προεκτάσεις, (σ. 265-270). Επιμέλεια Ι. Κεκές, Εκδόσεις Ατραπός, Αθήνα, ISBN 960-8325-77-3.

Οβαδίας, Σ. & Χαλκιά, Κρ. (2004). Η περίπτωση του ηλεκτρικού και βαρυτικού πεδίου (Έρευνα στο διαδίκτυο, ταξινόμηση και σχολιασμός). Στο Κεφ 8. (Χαλκιά, Κρ. Ο πολυτροπικός «λόγος» των Φυσικών Επιστημών στο διαδίκτυο: Αλληλεπιδράσεις με την Εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες), Νέες Τεχνολογίες στην Εκπαίδευση: Ζητήματα Σχεδιασμού και Εφαρμογών – Φιλοσοφικές και Κοινωνικές Προεκτάσεις, (σ. 270-274). Επιμέλεια Ι. Κεκές, Εκδόσεις Ατραπός, Αθήνα, ISBN 960-8325-77-3.

Παπανικολοπούλου, Θ., & Χαλκιά, Κρ. (2007). Άτυπες μορφές εκπαίδευσης και αξιοποίησή τους στη διδασκαλία στοιχείων αστρονομίας. Η περίπτωση του Νέου Ευγενιδείου Πλανηταρίου. *Πρακτικά σε ηλεκτρονική μορφή του 5ου Πανελληνίου Συνεδρίου ΕΝΕΦΕΤ*, (Επιμέλεια: Α. Κατσίκης, Κ. Κώτσης, Α. Μικρόπουλος, Γ. Τσαπαρλής), Τεύχος Α΄ - Άτυπες Μορφές Εκπαίδευσης, ISSN 1791-1281 Online, σ. 349-357, http://kodipheet.chem.uoi.gr/fifth_conf/pdf_synedriou/teyxos_A/6_atypes_morfes_ekp/3_GEO-06telikiF.pdf (ημερομηνία πρόσβασης 22/8/2020}.

Πέλλα, Θ., & Χαλκιά, Κρ. (2016).Ιδέες των μαθητών/τριων για τις φάσεις της Σελήνης και μια πρόταση αναδόμησής τους προς το επιστημονικό πρότυπο. *Πρακτικά του 9 ου*

Πανελλήνιου Συνεδρίου ΕΝΕΦΕΤ: Διδασκαλία και μάθηση στις Φυσικές Επιστήμες και στην Τεχνολογία: Έρευνες, Καινοτομίες και Πρακτικές (σελ. 628-636) (Επιμέλεια: Ψύλλος Δ., Μολοχίδης Α., Καλλέρη Μ.), Θεσσαλονίκη (8-10 Μαΐου 2015). ISBN: 978-960-243-702-5, https://drive.google.com/file/d/1K1u1enM75YfDwQ5mZs5s97gCMEQBKAPv/view (ημερομηνία πρόσβασης 27/8/2020)

Σαράντη, Α. & Χαλκιά, Κρ. (2004). Ο μικρόκοσμος: η περίπτωση του ατόμου (Έρευνα στο διαδίκτυο, ταξινόμηση και σχολιασμός). Στο Κεφ 8. (Χαλκιά, Κρ. Ο πολυτροπικός «λόγος» των Φυσικών Επιστημών στο διαδίκτυο: Αλληλεπιδράσεις με την Εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες), Νέες Τεχνολογίες στην Εκπαίδευση: Ζητήματα Σχεδιασμού και Εφαρμογών – Φιλοσοφικές και Κοινωνικές Προεκτάσεις, (σ. 259-265). Επιμέλεια Ι. Κεκές, Εκδόσεις Ατραπός, Αθήνα, ISBN 960-8325-77-3.

Σιμιτζόγλου, Σ., & Χαλκιά, Κρ. (2007). Οι εναλλακτικές ιδέες των παιδιών για το ηλιακό σύστημα. *Πρακτικά σε ηλεκτρονική μορφή του 5ου Πανελληνίου Συνεδρίου: Διδακτική Φυσικών Επιστημών και Νέες Τεχνολογίες στην Εκπαίδευση*, Τεύχος Β΄ - Διδακτική και Διδασκαλία της Γεωγραφίας, (σ. 820-827), Τόμος 5 [ISSN 1791-1281 Online], http://kodipheet.chem.uoi.gr/fifth_conf/pdf_synedriou/teyxos_B/5_didakt_didask_geogr/3_GEO-05-telikiF.pdf (ημερομηνία πρόσβασης 27/8/2020).

Σπυράτου, Ειρ., & Χαλκιά, Κρ. (2007). Οι αντιλήψεις των μαθητών και μαθητριών της Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης για το σχήμα της Γης και τη βαρύτητα. *Πρακτικά σε ηλεκτρονική μορφή του 5ου Πανελληνίου Συνεδρίου της ΕΝΕΦΕΤ*, που διοργανώθηκε από το Π.Τ.Δ.Ε, το τμήμα Χημείας και το τμήμα Φυσικής του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων, Τεύχος Β΄ - *Διδακτική και Διδασκαλία της Γεωγραφίας*, σ. 810-819, Τόμος 5 [ISSN 1791-1281 Online], http://kodipheet.chem.uoi.gr/fifth_conf/pdf_synedriou/teyxos_B/5_didakt_didask_geogr/2_GEO-04-telikiF.pdf (ημερομηνία πρόσβασης 27/8/2020).

Σταράκης, Ι., & Χαλκιά, Κρ. (2018). Διδακτική προσέγγιση των κινήσεων του Συστήματος Ήλιου-Γης-Σελήνης στην Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση. *Πρακτικά του 10ου Πανελληνίου Συνεδρίου ης ΕΝΕΦΕΤ: Γεφυρώνοντας το Χάσμα μεταξύ Φυσικών Επιστημών, Κοινωνίας και Εκπαιδευτικής Πράξης* (σ. 741-748) (Επιμέλεια Σταύρου Δημήτρης, Μιχαηλίδη Αιμιλία, Κοκολάκη Αθανασία), Τόπος διεξαγωγής του Συνεδρίου: Πανεπιστημιούπολη Ρεθύμνου Κρήτης (7-9 Απριλίου 2017), ISBN 978-960-86978-3-6, http://synedrio2017.enephet.gr/images/Praktika-10ou-Synedriou_Teliko.pdf

Σταράκης, Ι, & Χαλκιά, Κρ. (2016).Διδακτική προσέγγιση του φαινομένου της εναλλαγής των εποχών στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση. *Πρακτικά του 9ου Πανελλήνιου Συνεδρίου της ΕΝΕΦΕΤ: Διδασκαλία και μάθηση στις Φυσικές Επιστήμες και στην Τεχνολογία: Έρευνες, Καινοτομίες και Πρακτικές* (σελ. 287-295) (Επιμέλεια: Ψύλλος Δ., Μολοχίδης Α., Καλλέρη Μ.), (8-10 Μαΐου 2015). ISBN: 978-960-243-702-5, https://drive.google.com/file/d/1K1u1enM75YfDwQ5mZs5s97gCMEQBKAPv/view (ημερομηνία πρόσβασης 27/8/2020)

Στριλιγκά, Α., & Χαλκιά, Κρ. (2018). Μελέτη Εκπαιδευτικών Προγραμμάτων σε οργανωμένους Χώρους μη Τυπικής μάθησης των Φυσικών Επιστημών: Η περίπτωση του Ελληνικού Κέντρου Θαλασσίων Ερευνών (ΕΛ.ΚΕ.Θ.Ε.). *Πρακτικά του 1ου Πανελληνίου Συνεδρίου Νέων Ερευνητών ΕΝΕΦΕΤ* (σελ. 91-94) (Επιμέλεια Δ. Σταύρου, Αιμ. Μιχαηλίδη, Α. Κοκολάκη), ISSN: 2623-3622. http://synedrio2017.enephet.gr/newresearchers/ (Διπλωματική εργασία ΕΚΠΑ, https://pergamos.lib.uoa.gr/uoa/dl/object/1667948)

Τσέλιου, Αθ. (2019). Αναζητώντας τη Σελήνη: Μια διδακτική πρόταση για την διδασκαλία της περιφοράς της Σελήνης γύρω από τη Γη. Διπλωματική εργασία ΕΚΠΑ, https://pergamos.lib.uoa.gr/uoa/dl/object/2885830

Τσιφτσής, Γ., & Χαλκιά, Κρ. (2019). Η ανάπτυξη των δεξιοτήτων επιχειρηματολογίας των φοιτητών/τριών του ΠΤΔΕ με αφορμή θέματα φυσικής. *Πρακτικά του 2ου Συνεδρίου Υποψηφίων Διδακτόρων ΕΝΕΦΕΤ* (σελ. 87-90) (Επιμέλεια Ασημακόπουλος Στέφανος), ISSN 2623-3622, https://drive.google.com/file/d/1MPWTMNdi1rO9HxRaJkkUykdoyWbKFImC/view (ημερομηνία πρόσβασης 27/8/2020)

Χαλκιά Κ. (2020). Άτυπες πηγές μάθησης: Το αόρατο υπόβαθρο της τυπικής εκπαίδευσης. Αφιέρωμα για την Μη Τυπική Εκπαίδευση. Δελτίο εκπαιδευτικού προβληματισμού και επικοινωνίας (Ηλεκτρονικό περιοδικό της Σχολής Ι.Μ. Παναγιωτόπουλου), Τεύχος 65, http://impschool.gr/deltio-site/?p=1440 (ημερομηνία πρόσβασης 3/5/2021)

Χαλκιά, Κρ. (2013). Η απουσία των μεγάλων κοσμοθεωριών της φυσικής του 20ου αιώνα από τη δευτεροβάθμια εκπαίδευση του 21ου αιώνα: Διλήμματα και προτάσεις (Προσκεκλημένη Ομιλία). *Πρακτικά του 8ου Συνεδρίου ΕΝΕΦΕΤ* (σελ. 30-39), ISBN: 978-618-80580-1-9, http://www.enephet.gr/library/praktika/2013-praktika.pdf (ημερομηνία πρόσβασης 22/08/20).

Χαλκιά, Κρ., & Χαβιάρα, Αικ. (2013α). *Οδηγός Σπουδών για το γνωστικό αντικείμενο: Γραμματισμός στις Φυσικές Επιστήμες και την Τεχνολογία*. Έκδοση του Ι.ΝΕ.ΔΙ.Β.Μ. (Ινστιτούτο Νεολαίας και Δια Βίου Μάθησης) για τα Σχολεία Δεύτερης Ευκαιρίας (ΣΔΕ). Σύνολο σελ. 140.

Χαλκιά, Κρ. & Χαβιάρα, Αικ. (2013β).*Συμπλήρωση-επικαιροποίηση του εκπαιδευτικού υλικού του γνωστικού αντικειμένου- Γραμματισμός στις Φυσικές Επιστήμες & την Τεχνολογία*. Έκδοση του Ι.ΝΕ.ΔΙ.Β.Μ. (Ινστιτούτο Νεολαίας και Δια Βίου Μάθησης) για τα Σχολεία Δεύτερης Ευκαιρίας (ΣΔΕ). Σύνολο σελ. 49.

Χαλκιά, Κρ. (2012). *Οι άτυπες πηγές μάθησης στις φ.ε. και η αλληλεπίδρασή τους με την τυπική εκπαίδευση,* 7η θεματική ενότητα στο βιβλίο Διδάσκοντας φυσικές επιστήμες: Θεωρητικά ζητήματα, προβληματισμοί, προτάσεις (σελ. 203-238). Επίτομο (495 σελ.), Εκδόσεις Πατάκη.

Χαλκιά, Κρ., & Θεοδωρίδης, Μ. (2012). *Μέσα Μαζικής Ενημέρωσης (ΜΜΕ) και Εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες: Η αξιοποίηση των ΜΜΕ στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών, 8ο Κεφάλαιο* (σελ. 158-180) στο βιβλίο Θεωρητικές και Διδακτικές προσεγγίσεις στις Φυσικές Επιστήμες (Επιμέλεια Μ. Ευαγόρου, Λ. Αβραμίδου), Εκδόσεις Διάδραση.

Χαλκιά, Κρ. (2011), Διδάσκοντας θεωρίες της φυσικής του 20ου αιώνα στην ανώτερη δευτεροβάθμια εκπαίδευση: Θεωρητικά ζητήματα, ερευνητικές κατευθύνσεις, προτάσεις, Στο Παπαγεωργίου, Γ. & Κουντουριώτης, Γ., *Πρακτικά 7ου Συνεδρίου ΕΝΕΦΕΤ – Αλληλεπιδράσεις Εκπαιδευτικής Έρευνας και Πράξης στις Φυσικές Επιστήμες*, σελ.110-112, ISBN: 978-960-99852-0-8, http://www.enephet.gr/library/praktika/2011-a-praktika.pdf (ημερομηνία πρόσβασης 22/08/20).

Χαλκιά, Κρ., & Ζαρίκας, Β. (2006). *Οδηγίες για τη δημιουργία σχεδίων μαθήματος και Εκπαιδευτικό υλικό για τον Γραμματισμό στις Φυσικές Επιστήμες και στην Τεχνολογία. Στο Πρόγραμμα Σπουδών – Εκπαιδευτικό Υλικό, Επιστημονικός Γραμματισμός για τα Σχολεία Δεύτερης Ευκαιρίας*. (σ. 5-16 και 17-88 αντίστοιχα). Έκδοση του ΥΠΕΠΘ, Γενική Γραμματεία Εκπαίδευσης Ενηλίκων, Ινστιτούτο Διαρκούς Εκπαίδευσης Ενήλικων.

Χαλκιά, Κρ. (2006). *Το Ηλιακό Σύστημα μέσα στο Σύμπαν: Η διαδρομή από την επιστημονική γνώση στη σχολική γνώση*. Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης, συν. σελ. 588.

Χαλκιά, Κρ. (2005). *Οι πολλαπλές όψεις της εικόνας στα μαθήματα των φυσικών επιστημών*. Στο *Εικόνα και Παιδί* (Επιμέλεια: Ουρανία Κωνσταντινίδου-Σέμογλου) (Κείμενο: σελ. 597-608, Εικόνες: σελ. 729-730), Εκδόσεις Cannot not design publications

Χαλκιά, Κρ. (2004). Ο πολυτροπικός «λόγος» των Φυσικών Επιστημών στο διαδίκτυο: Αλληλεπιδράσεις με την Εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες. Κεφάλαιο 8. Στο *Νέες Τεχνολογίες στην Εκπαίδευση: Ζητήματα Σχεδιασμού και Εφαρμογών – Φιλοσοφικές και Κοινωνικές Προεκτάσεις* (σ. 251-278). Επιμέλεια Ι. Κεκές, Εκδόσεις Ατραπός, Αθήνα, ISBN 960-8325-77-3.

Χαλκιά, Κρ. (2003). *Επιστημονικός γραμματισμός: Ο γραμματισμός στις Φυσικές Επιστήμες και την Τεχνολογία. Στο Προδιαγραφές Σπουδών για τα Σχολεία Δεύτερης Ευκαιρίας* (σ. 169-184). Επιμέλεια: Λευτέρης Βεκρής – Ελένη Χοντολίδου, Έκδοση της Γενικής Γραμματείας Εκπαίδευσης Ενηλίκων και του Ινστιτούτου Διαρκούς Εκπαίδευσης Ενηλίκων, Αθήνα.

Χαλκιά, Κρ. (σε συνεργασία με εκπαιδευτικούς των ΣΔΕ) (2003). *Επιστημονικός Γραμματισμός: Πρόγραμμα Σπουδών και Εκπαιδευτικό υλικό. Στο Μια νέα ευκαιρία: Σχολεία Δεύτερης Ευκαιρίας. Εκπαιδευτικό υλικό* (σύνολο σελίδων: 59). Έκδοση της Γενικής Γραμματείας Εκπαίδευσης Ενηλίκων και του Ινστιτούτου Διαρκούς Εκπαίδευσης Ενηλίκων, Αθήνα.

Χαλκιά, Κρ., & Θεοδωρίδης, Μ. (2002). Η χρήση της εικόνας στα εγχειρίδια των φυσικών επιστημών: ένα σύστημα ταξινόμησης και αξιολόγησης των εικόνων. *Θέματα στην Εκπαίδευση, 3*(1), 79-95.

Χατζημιχάλη, Ελ. (2020). Συγκριτική μελέτη της παρουσίας της αστρονομίας στα αναλυτικά προγράμματα της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης 17 χωρών προερχομένων από 5 ηπείρους. Διπλωματική εργασία ΕΚΠΑ, https://pergamos.lib.uoa.gr/uoa/dl/object/2916920

Colin F., Chauvet F., & Viennot L. (2002). *Reading images in optics: students' difficulties and teachers' views*, *International Journal of Science Education, 24*(3), p.313-332.

Dimitriadi, K., & Halkia, Kr. (2012). Secondary Students' Understanding of Basic Ideas of Special Relativity. *International Journal of Science Education, 34*(16), p. 2565-2582, DOI: 10.1080/09500693.2012.705048.

Dimitriadi K., & Halkia Kr. (2003). Difficulties in Representing Microscopic Phenomena on the Internet: The Case of Brownian Motion, Proceedings of the 6th International Conference: "*Computer Based Learning in Science*", Vol. I: "*New Technologies and Their Application in Education*", p. 1077-1086. Nicosia Cyprus.

Halkia, Kr., & Starakis, I. (2013). Design, implementation and evaluation of a teaching and learning sequence concerning the moon's apparent movement. *E-Book proceedings of the ESERA 2013 Conference, Nicosia Cyprus, Science Education Research For Evidence-based Teaching and Coherence in Learning* (Editors: Constantinos P. Constantinou, Nicos Papadouris, Angela Hadjigeorgiou), ISBN 978-9963-700-77-6. Strand 16: Science in the primary school. (Co-editors: Petros Kariotoglou and Terence Russell), p. 2973-2982. https://www.esera.org/publications/esera-conference-proceedings/esera-2013#strand-16

Halkia, Kr., & Theodoridis, M. (2008), The Challenge of Using the Multimodal Aspects of Informal Sources of Science Learning, in the Context of Formal Education, In *Science Education Issues and Developments*, (Edited by C. L. Petroselli), Nova Science Publishers, N.Y. Chapter 5, p. 151-177.

Halkia, Kr., & Botouropoulou, I. (2005). Cultural and Educational Dimensions Reflected in Books Popularizing Scientific Knowledge – A Case Study: The Sky, a 19th Century Book Popularizing Astronomy, *Science & Education, 14*(7-8), p. 631-647.

Halkia, Kr., & Mantzouridis, D. (2005). Students' Views and Attitudes towards the Communication Code Used in Press Articles about Science, *International Journal of Science Education, 27*(12), p. 1395-1411.

Halkia, Kr.; Paleopoulou, R., & Koukopoulou, G. (2003). A Comic Strip Version of Galileo's Life: Attempts to Popularize the History of Science, *Themes in Education, 4*(1), 65-74.

Halkia Kr. (2003). Ways of Portraying Science Concepts on the Internet, *Proceedings of the 6th International Conference: "Computer Based Learning in Science", Vol. I: "New Technologies and Their Application in Education"*, p. 1087-1094. Nicosia Cyprus.

Halkia, Kr. (2003). Teachers' views and attitudes towards the communication code and the rhetoric used in press science articles, in *Science Education Research in the Knowledge-Based Society* (Selected Articles), p. 415-423, Kluwer Academic Publishers, Netherlands.

Kress G., & Van Leeuwen T. (1996). *Reading images: the grammar of visual design*. London, Routledge.

Kollas S. and Halkia K. (2020). Scientific Literacy in Second Chance Schools: Training Science Teachers to Design Context-Based Curricula. Universal Journal of Educational Research, 8(10), 4877-4890. DOI:10.13189/ujer.2020.081060.

Kollas, S., & Halkia, Kr. (2016). Second Chance Schools in Greece: A Critical Analysis of Science Teachers' Views and Practices on Designing Scientific Literacy Curricula. In N. Papadouris, A. Hadjigeorgiou, C. Constantinou (eds) *Insights from Research in Science Teaching and Learning, Contributions from Science Education Research,* (Selected Papers from the ESERA 2013 Conference), Chapter 19, p. 289-305, Springer (ISBN 978-3-319-20074-3). Associates, Inc.

Kollas, S., & Halkia, Kr., (2014). Views of second chance schools' science teachers on scientific literacy curriculum. In K. Skordoulis, D. Hill (eds) *Critical Education at the Crossroads, Selected Papers from the 2nd International Conference on Critical Education*. Athens: nissos, pp. 69-81.

Lemke J. (1998). Multiplying meaning: visual and verbal semiotics in scientific text. In J.R. Martin, R. Veel (Eds), *Reading Science, Critical and Functional Perspective on Discourse of Science*, London: Routledge.

Mantzouridis, D., Halkia, Kr, & Skordoulis, K. (2005). Printed and digital press science: ways of transforming press science into school science, *Proceedings of ESERA 2005 Conference: Contributions of Research to Enhancing Students' Interest in Learning Science*, August 28 – September 1, 2005, Barcelona, p. 1421-1424.

Ovadias S., & Halkia Kr. (2003). A Study of the Pictorial Representations of the Phenomenon of Friction on the Internet, *Proceedings of the 6th International Conference: "Computer Based Learning in Science"*, Vol. I: *"New Technologies and Their Application in Education",* p. 1095-1102 Nicosia Cyprus.

Prinou, L., Halkia, Kr. & Skordoulis, C. (2011). The Inability of Primary School to Introduce Children to the Theory of Biological Evolution, *Evolution: Education & Outreach, 4*(2), p. 275-285, https://doi.org/10.1007/s12052-011-0323-8

Prinou, L., Halkia, Kr. & Skordoulis, C. (2009). La Reception de la Theorie de l' Evolution dans l' Enseignement Grec.*Archives Internationales d' Histoire des Sciences*, de l' Academie Internationale d' Histoire des Sciences, 59(162), 255-272. DOI 10.1007/s12052-008-0051-x

Prinou, L., Halkia, Kr. & Skordoulis, C. (2008). What Conceptions do Greek School Students Form about Biological Evolution? *Evolution: Education Outreach,* No. 1, p. 12-317. https://doi.org/10.1007/s12052-008-0051-x

Prinou, L., Halkia, Kr. & Skordoulis, C. (2005). Teaching the Theory of Evolution: Secondary Teachers' Attitudes, Views and Difficulties, *Proceedings of International History, Philosophy and Science Teaching Conference*, Leeds, UK, July 2005.

Prinou L., & Halkia Kr. (2003). Images of 'Cell Division' on the Internet, *Proceedings of the 6th International Conference: "Computer Based Learning in Science", Vol. I: "New Technologies and Their Application in Education*", p. 1103-1113, Nicosia Cyprus.

Roberts, D.A. (2007). Scientific Literacy/Science Literacy. In S.K. Abel & N.G. Lederman (Eds.), *Handbook of Research on Science Education*, Chapter 25, p. 729-780. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.

Starakis, I. & Halkia, Kr. (2014). Addressing k5 students' and preservice elementary teachers' conceptions of seasonal change, *Physics Education (IOP Science), 49*(2), p. 231-239, DOI: 0031-9120/14/020231+09$33.00.

Starakis, J. & Halkia, Kr. (2010 a). Primary School Students' Ideas Concerning the Apparent Movement of the Moon. *Astronomy Education Review, 9*(1). Electronic edition of the American Astronomical Society. DOI: 10.3847/AER2010007. https://access.portico.org/Portico/auView?auId=ark%253A%252F27927%252Fpgg3ztfdqsr&auViewType1=PDF

Starakis, I., & Halkia, Kr. (2010 b). "Distance dependence" or "Angle of sun rays Incidence Dependence"? The design of an Experimental Device for Teaching about Seasonal Change. *7th International Conference Hands-on science, Bridging the Science and Society gap*, July 25-31 July, 2010, Rethymnon, Greece. (Eds. M. Kalogiannakis, D. Stavrou& P. Michaelidis), p.200-204.

Theodoridis M., & Halkia Kr. (2001). Latent aspects in science textbook pictures. *Proceedings of the ESERA (European Science Education Research Association) Third International Conference on Science Education Research in the Knowledge Based Society*, Vol. II, p. 850-852.

Tsagogeorga A., & Halkia K. (2003). Images of the 'Electromagnetic Spectrum' on the Internet, *Proceedings of the 6th International Conference: "Computer Based Learning in Science"*, Vol. I: "*New Technologies and Their Application in Education*", p. 1114-1123. Nicosia Cyprus.

Velentzas, A., & Halkia, Kr. (2018). Scientific explanations in Greek upper secondary physics textbooks. *International Journal of Science Education, 40*(1), p. 90-108, DOI: 10.1080/09500693.2017.1401251

http://dx.doi.org/10.1080/09500693.2017.1401251

Velentzas, A., & Halkia, Kr. (2013 a). The Use of Thought Experiments in Teaching Physics to Upper Secondary-Level Students: Two Examples from the Theory of Relativity. *International Journal of Science Education, 35*(18), p. 3026-3049, DOI: 10.1080/09500693.2012.682182. http://dx.doi.org/10.1080/09500693.2012.682182

Velentzas, A., & Halkia, Kr. (2013 b). From Earth to Heaven: Using 'Newton's Cannon' Thought Experiment for Teaching Satellite Physics. *Science & Education, 22*(10), p. 2621-2640, DOI: 10.1007/s11191-013-9611-8.

Velentzas, A., & Halkia, Kr. (2011). The "Heisenberg's Microscope" as an Example of Using Thought Experiments in Teaching Physics Theories to Students of the Upper Second School. *Research in Science Education, 41*(4), p. 525-539, DOI: 10.1007/s11165-010-9178-1.

Velentzas, A., Halkia Kr., & Skordoulis, C. (2007). Thought Experiments in the Theory of Relativity and in Quantum Mechanics: Their Presence in Textbooks and in Popular Science Books, *Science & Education, 16*(3-5), p.353-370. DOI: 10.1007/s11191-006-9030-1.

Συνοπτικό Βιογραφικό Σημείωμα

Κρυσταλλία Χαλκιά: Γεννήθηκα στην Αθήνα το 1950. Σπούδασα *Φυσική* στο Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο της Θεσσαλονίκης και πραγματοποίησα μεταπτυχιακές σπουδές στο Πανεπιστήμιο του Σάσεξ στην Αγγλία, απ' όπου πήρα το διδακτορικό μου δίπλωμα στη *Θεωρητική Πυρηνική Φυσική*. Επιστρέφοντας στην Ελλάδα, υπηρέτησα ως εκπαιδευτικός στη Δευτεροβάθμια εκπαίδευση και προσανατόλισα τα ερευνητικά μου ενδιαφέροντα σε θέματα διδασκαλίας των φυσικών επιστημών. Αποφάσισα να ακολουθήσω έναν δεύτερο κύκλο μεταπτυχιακών σπουδών στο Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών (ΕΚΠΑ), απ' όπου πήρα διδακτορικό δίπλωμα στη *Διδακτική της Φυσικής*. Παράλληλα με τη δευτεροβάθμια εκπαίδευση, δίδαξα σε κέντρα επιμόρφωσης εκπαιδευτικών μαθήματα *Φυσικής* και *Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών*. Το 1999 εκλέχτηκα στο Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης του ΕΚΠΑ, με γνωστικό αντικείμενο τη *Διδακτική Φυσικών Επιστημών*, όπου δίδαξα το μάθημα *Διδακτική Φυσικών Επιστημών*, τόσο σε προπτυχιακό όσο και σε μεταπτυχιακό επίπεδο, καθώς και το μάθημα *Ο Κόσμος μας: Η διδασκαλία βασικών εννοιών αστρονομίας και επιστημών Γης* σε προπτυχιακό επίπεδο. Έχω διδάξει το μάθημα της *Διδακτικής της Φυσικής* στο ΣΕΜΦΕ του ΕΜΠ και υπήρξα για χρόνια υπεύθυνη του *Επιστημονικού Γραμματισμού* στα Σχολεία Δεύτερης Ευκαιρίας. Επί σειρά ετών συμμετείχα στην αξιολόγηση ευρωπαϊκών προγραμμάτων (FP7/Science&Society, Horizon2020, κ.λπ.). Αφυπηρέτησα το 2017 και έκτοτε συνεχίζω να διδάσκω σε μεταπτυχιακό επίπεδο (Διδακτική φυσικών επιστημών) και σε προπτυχιακό (Διδακτική Αστρονομίας). Έχω δημοσιεύσει 4 βιβλία, 14 κεφάλαια σε ελληνικά και διεθνή βιβλία, 5 τόμους προγραμμάτων σπουδών και εκπαιδευτικού υλικού και περισσότερες από 180 εργασίες σε διεθνή και ελληνικά περιοδικά, καθώς και σε πρακτικά διεθνών και ελληνικών συνεδρίων.

Διδακτική Φυσικών Επιστημών και Ψηφιακές Τεχνολογίες: Όψεις και Μετασχηματισμοί

Δημήτρης Ψύλλος
αφ. Καθηγητής, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης
psillos@eled.auth.gr

Περίληψη

Στην παρούσα εργασία, υποστηρίζουμε ότι η παιδαγωγική αξιοποίηση και ένταξη των ψηφιακών τεχνολογιών μπορεί να συντελέσει, σε κατάλληλες συνθήκες, στη βελτίωση ακόμα και στον δραστικό μετασχηματισμό της εκπαίδευσης στις Φυσικές Επιστήμες. Για τον σκοπό αυτό, εξετάζουμε τις παροχές και την αξιοποίηση των ψηφιακών τεχνολογιών, σε συνάρτηση με τις σύγχρονες έρευνες, τις διδακτικές προσεγγίσεις και τις θεωρίες στην περιοχή της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών. Αναλύεται και συζητείται η δημιουργική χρήση τους στη διδασκαλία και μάθηση των επιστημονικών εννοιών, των μεθόδων και της φύσης της επιστήμης. Η ένταξη των ψηφιακών τεχνολογιών έχει τη δυνατότητα υποστήριξης διδακτικών μετασχηματισμών του γνωστικού αντικειμένου, εργαστηριακής εργασίας και στρατηγικών μοντελοποίησης. Οι Διδακτικές Μαθησιακές Ακολουθίες είναι ένα κατάλληλο πλαίσιο έρευνας και ανάπτυξης, για την αξιοποίηση των ψηφιακών τεχνολογιών συνδυασμό με τη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών.

Λέξεις κλειδιά: Διερεύνηση, Διδακτικός Μετασχηματισμός, Διδακτικές Μαθησιακές Ακολουθίες, Εικονικά Εργαστήρια, Μοντελοποίηση.

Abstract

In the present work we argue that the pedagogical use and integration of technology can , under appropriated conditions, contribute to the improvement and even the radical transformation of Science Education. For this purpose, we examine the affordances and pedagogical use of digital technologies in the context of contemporary research, didactical approaches and theoretical perspectives in the area of Didactics of Science (Science Education). We analyze and discuss their creative use in teaching and learning scientific concepts, the methods and nature of science. The integration of digital technologies potentially supports didactical transformations of scientific conceptual knowledge, laboratory work and modeling. Teaching Learning Sequences provide for an

appropriate research and development framework for the pedagogical use of digital technologies in combination with finding and proposal from Didactics of Science.

Key words: Inquiry, Didactical Transformation, Teaching Learning Sequences, Vistual Laboratories, Modeling

Εισαγωγή

Ερευνητές στη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών (ΦΕ), εκπαιδευτικοί, συγγραφείς αναλυτικών προγραμμάτων, διαμορφωτές εκπαιδευτικής πολιτικής, σε πολλές χώρες υποστηρίζουν ότι η εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες πρέπει να είναι πολυδιάστατη, να προωθεί την παράλληλη ανάπτυξη εννοιολογικής, διαδικαστικής, επιστημολογικής γνώσης, τις αξίες και τον κοινωνικό ρόλο της επιστήμης στις σύγχρονες κοινωνίες. Όμως, πολλοί μελετητές υποστηρίζουν ότι στις Ευρωπαϊκές χώρες η ποιότητα της εκπαίδευσης στις ΦΕ δεν ανταποκρίνεται στις κοινωνικές προσδοκίες και τις ανάγκες επιστημονικού γραμματισμού των πολιτών. Σε έκθεση της Ευρωπαϊκής Ένωσης είχε διαπιστωθεί ότι υπάρχουν προβλήματα τόσο στη φύση όσο και στη δομή των προσπαθειών που γίνονταν για τη βελτίωση της εκπαίδευσης στις ΦΕ και την προώθηση του επιστημονικού εγγραμματισμού στους πολίτες των Ευρωπαϊκών χωρών (Osborne & Dillon, 2008; Rocard, 2007). Η υποχρηματοδότηση της δημόσιας εκπαίδευσης και οι ελλειπείς υποδομές στα σχολεία , ειδικά στην χώρα μας, το υποβαθμισμένο κοινωνικο-οικονομικό περιβάλλον σε πολλές περιοχές και οι εκπαιδευτικές ανισότητες, η υπερφόρτωση των αναλυτικών προγραμμάτων, η έλλειψη εκπαιδευτικών και οι συντηρητικές εκπαιδευτικές πολιτικές δεν συμβάλλουν στην ποιοτική βελτίωση της εκπαίδευσης στις ΦΕ. Αρνητικά επίσης επιδρά η περιορισμένη διάδοση και παιδαγωγική αξιοποίηση των ψηφιακών τεχνολογιών (Anastasiades & Zaranis, 2016).

Στην παρούσα εργασία, υποστηρίζουμε ότι η παιδαγωγική αξιοποίηση και ένταξη των τεχνολογιών μπορεί να συντελέσει, σε κατάλληλες συνθήκες, στη βελτίωση και τον δραστικό μετασχηματισμό της εκπαίδευσης στις ΦΕ. Για τον σκοπό αυτό εξετάζουμε επιλεκτικά, λόγω περιορισμένου χώρου, τις παροχές και την αξιοποίηση των ψηφιακών τεχνολογιών σε συνάρτηση με τις σύγχρονες έρευνες, τις διδακτικές προσεγγίσεις και τις θεωρίες στην περιοχή της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών. Αναλύεται και συζητείται η δημιουργική χρήση και συμβολή τους στον διδακτικό μετασχηματισμό του γνωστικού περιεχόμενου, της εργαστηριακής εργασίας και της κατανόησης των επιστημονικών μοντέλων. Παρουσιάζουμε συνοπτικά και συζητούμε έρευνες και εφαρμογές στη χώρα μας και στον διεθνή χώρο, καινοτομίες, νέες προοπτικές, ανοιχτά ζητήματα και ερωτήματα πού προκύπτουν από την ένταξη των τεχνολογιών στη διδασκαλία και μάθηση των Φυσικών Επιστημών.

Ο Υποστηρικτικός Ρόλος των Ψηφιακών Τεχνολογιών στη Διδασκαλία και Μάθηση των Φυσικών Επιστημών

Οι ψηφιακές τεχνολογίες διαθέτουν πολλές παροχές με εφαρμογές στην εκπαίδευση, π.χ. πολυμεσικές αναπαραστάσεις, μορφές ατομικής και κοινωνικής επικοινωνιακής νοηματοδότησης, σύγχρονες μεθόδους πλοήγησης, εμπλουτισμένα αποθετήρια, δημιουργική έκφραση, διαδικτυακή επικοινωνία, σύγχρονη ή ασύγχρονη σύνθεση κειμένων, ψηφιακές αφηγήσεις (Bumbacher et al., 2017). Συχνά, όμως, παρατηρείται τεχνοκρατική προσέγγισή τους στην εκπαιδευτική πρακτική, όπως η έμφαση στην εξοικείωση με τα εργαλεία, η αναζήτηση πληροφοριών στο διαδίκτυο και η ανάπτυξη τεχνικών δεξιοτήτων. Αντίθετα, στην παρούσα εργασία προσεγγίζουμε τις τεχνολογίες και τη χρήση τους ως γνωστικά εργαλεία, τα οποία έχουν τη δυνατότητα σε κατάλληλο παιδαγωγικό πλαίσιο να υποστηρίξουν σε βάθος την κατανόηση της εννοιολογικής, διαδικαστικής και επιστημολογικής γνώσης.

Ειδικά στην περιοχή των ΦΕ, τα μαθησιακά περιβάλλοντα παρέχουν επιπλέον ισχυρά γνωστικά εργαλεία, όπως η προσομοίωση και η μοντελοποίηση των φυσικών φαινομένων, η συγχρονική δημιουργία γραφικών παραστάσεων και η αυτόματη επεξεργασία πειραματικών δεδομένων. Για παράδειγμα, πρόσφατες εφαρμογές – που διατίθενται ελεύθερα στο διαδίκτυο- παρέχουν στους χρήστες πρόσβαση στους αισθητήρες των έξυπνων κινητών τους- είτε άμεσα είτε μέσω έτοιμων πειραμάτων- με δυνατότητες αλληλεπίδρασης με το φυσικό περιβάλλον καθώς και συγχρονική λήψη και ανάλυση δεδομένων (π.χ. το περιβάλλον https://phyphox.org/). Η ενσωμάτωση των ψηφιακών τεχνολογιών έχει πρόσθετη παιδαγωγική αξία και δυνατότητα μετασχηματισμού των παραδοσιακών μοντέλων μεταφοράς της γνώσης, παρέχοντας στους μαθητές τη δυνατότητα αλληλεπίδρασης με πληθώρα γνωστικών αντικειμένων (Moore et al., 2014). Εφαρμογές όπως, τα εκπαιδευτικά παιχνίδια, η χρήση εικονικών οργάνων μέτρησης των φυσικών μεγεθών, π.χ. θερμοκρασίας (T) και πίεσης (P), ο χειρισμός οπτικοποιημένων εννοιολογικών οντοτήτων, π.χ. της Θερμότητας (Q), διεγείρουν το ενδιαφέρον και συντελούν στη δημιουργική δραστηριοποίηση των μαθητών. Ένα μεγάλο εύρος εκπαιδευτικών πρακτικών, όπως ο συνεργατικός πειραματισμός των μαθητών και η αυθεντική διερεύνηση φαινομένων είναι ήδη εφικτές μέσω των διαδικτυακών εφαρμογών.

Πολλές διεθνείς έρευνες δείχνουν ότι οι ψηφιακές τεχνολογίες έχουν την δυνατότητα να υποστηρίξουν αποτελεσματικά τη μάθηση με νέους τρόπους συγκριτικά με το παρελθόν, π.χ. μέσα από τη χρήση ενός μαθησιακού περιβάλλοντος με ενσωματωμένες δυναμικές διασυνδέσεις πολλαπλών αναπαραστάσεων μακροσκοπικών φυσικών μεγεθών (V,T,P, κ.ά.), με μικροσκοπικές οντότητες. Επιπλέον, οι ψηφιακές τεχνολογίες ενσωματώνουν σκαλωσιές μάθησης, μπορούν να τροφοδοτήσουν τους μαθητές με ισχυρά εργαλεία και καινοτόμους τρόπους που δεν θα μπορούσαμε να φανταστούμε στο παρελθόν, ενισχύοντας και διευκολύνοντας την κατανόηση σύνθετων επιστημονικών εννοιών και διαδικασιών π.χ. με την αξιοποίηση διαδικτυακών περιβαλλόντων διατύπωσης υποθέσεων και πειραματικού σχεδιασμού (Χατζηκρανιώτης & Μολοχίδης, 2017) σύγχρονων πολυμεσικών

λογισμικών μη γραμμικής οργάνωσης και πλοήγησης στις πληροφορίες (Bumbacher et al., 2017) καθώς και αναστοχασμού (Capobianco, 2007).

Συνοψίζοντας την πιο πάνω σύντομη παρουσίαση, θεωρούμε ότι οι ψηφιακές τεχνολογίες παρέχουν γνωστικά εργαλεία τα οποία αλληλεπιδρούν και (συν) διαμορφώνουν την ανθρώπινη σκέψη και πράξη. Σε αυτό το πλαίσιο εξετάζουμε στη συνέχεια τον υποστηρικτικό τους ρόλο και την πρόσθετη παιδαγωγική αξία τους για τη διδασκαλία και μάθηση των ΦΕ, λαμβάνοντας υπόψη μελέτες από την περιοχή της Διδακτικής των ΦΕ και των τεχνολογιών στην εκπαίδευση.

Πλαίσιο Αξιοποίησης των Ψηφιακών Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση των Φυσικών Επιστημών

Οι απόψεις και οι θέσεις που υιοθετούν ερευνητές, σχεδιαστές λογισμικών και εκπαιδευτικοί για τη διδασκαλία και μάθηση της επιστήμης, επιδρούν στον σχεδιασμό των μαθησιακών περιβαλλόντων και στην αξιοποίηση τους στην τάξη, διότι η σχέση μεταξύ των διδακτικών μαθησιακών προσεγγίσεων και της αξιοποίησης της τεχνολογίας είναι πολύπλοκη. Στη Διδακτική των ΦΕ, πολυετείς έρευνες έχουν τεκμηριώσει ότι οι μαθητές έχουν εναλλακτικές αντιλήψεις για τα φυσικά φαινόμενα και τις θεωρίες, οι οποίες διατηρούνται ακόμα και μετά τη διδασκαλία τους. Έχει τεκμηριωθεί η σημασία της διδακτικής αξιοποίησης αυτών των ευρημάτων για την προώθηση της ενεργητικής και συνεργατικής συμμετοχής των μαθητών στην εκπαιδευτική διαδικασία, την εποικοδόμηση και την κατανόηση των επιστημονικών γνώσεων. Διαμορφώθηκαν τα θεωρητικά πλαίσια του γνωσιακού και κοινωνικοπολιτισμικού εποικοδομητισμού, τέθηκε το θέμα της εννοιολογικής αλλαγής ή επαύξησης (π.χ. Duit & Treagust, 1998), σχεδιάσθηκαν και εφαρμόστηκαν καινοτόμες διδακτικές στρατηγικές με θετικά αποτελέσματα, όπως η γνωστική σύγκρουση, η χρήση αναλογιών, οι μεταγνωστικές δραστηριότητες, τα ιστορικά πειράματα καθώς και η αξιοποίηση εκπαιδευτικών λογισμικών. Επίσης, τέθηκε το θέμα του διδακτικού μετασχηματισμού των επιστημονικών γνώσεων σε προς διδασκαλία γνώση προσαρμοσμένη στις αντιλήψεις των μαθητών.

Βασικές αρχές και διδακτικές στρατηγικές του εποικοδομητισμού ενσωματώθηκαν στη διερευνητική προσέγγιση για τη διδασκαλία και μάθηση των ΦΕ, η οποία έχει ήδη προταθεί ή εφαρμοστεί σε πολλά εκπαιδευτικά συστήματα (Duschl & Grandy, 2008; ΙΕΠ, 2014). Η νοηματοδότηση της διερεύνησης ως διδακτική μαθησιακή διαδικασία έχει αλλάξει, από αναφερόμενη αρχικά στην εννοιολογική κατανόηση, συμπεριλαμβάνει την ανάπτυξη δεξιοτήτων και τον συνδυασμό τους ενώ και με την πάροδο του χρόνου συμπεριλαμβάνεται η κατανόηση της φύσης της επιστήμης και της διερεύνησης (Karagianni & Psillos, 2015; Strippel & Sommer, 2015). Η σύγχρονη διερεύνηση εμπεριέχει διαφορετικές στρατηγικές και νοηματοδοτήσεις. Παρά την πολυσημία στον ορισμό κοινό στοιχείο είναι η εστίαση στην ενεργητική συμμετοχή των μαθητών, η αλληλεπίδραση με το φυσικό και τεχνολογικό περιβάλλον τους, η κοινωνική διαπραγμάτευση για την

εποικοδόμηση του επιστημονικού «κόσμου τους» και η κατασκευή νοήματος με πρακτικές που αντιστοιχούν στις πρακτικές των επιστημόνων, όπως η διατύπωση ερωτήματος, ο σχεδιασμός της διερευνητικής διαδικασίας, η ερμηνεία των δεδομένων και η τεκμηριωμένη επιχειρηματολογία (Crawford, 2014). Η διερεύνηση έχει διπλό χαρακτήρα, αποτελεί παιδαγωγική προσέγγιση καθώς και αντικείμενο μάθησης. Οι μαθητές, καθώς διερευνούν ένα φαινόμενο, καθοδηγούνται να αναπτύξουν τις δεξιότητες που απαιτούνται για να υλοποιηθεί η διερευνητική διαδικασία και να εμβαθύνουν στη φύση και τα χαρακτηριστικά της διερεύνησης.

Η διερευνητική μάθηση μπορεί να λάβει χώρα αν οι μαθητές κατασκευάσουν καινούριες γνώσεις με επαγωγικούς ή παραγωγικούς συλλογισμούς, βασιζόμενοι στα δεδομένα και τις πληροφορίες που συλλέγουν μέσω παρατηρήσεων, πειραμάτων, εργασιών πεδίου και των συνδέσεων τους με τις προηγούμενες βιωματικές εμπειρίες και αντιλήψεις τους. Οι μαθητές εμπλέκονται σε γνωσιακές διαδικασίες όπως η παρατήρηση ενός φαινομένου ή προβλήματος, η δημιουργία υποθέσεων, η διατύπωση ερωτημάτων, ο σχεδιασμός πειράματος ή εργασίας πεδίου, η συλλογή δεδομένων, η ανάλυση και ερμηνεία τους, η εξαγωγή συμπερασμάτων, η αξιολόγηση εναλλακτικών ερμηνειών με λογικούς συλλογισμούς. Συμμετέχουν σε μεταγνωστικές δραστηριότητες αναφορικά με τις ενέργειές τους κατά τον σχεδιασμό ή την εκτέλεση πειραματικής εργασίας. Όμως, εμπειρικές έρευνες δείχνουν ότι έχουν δυσκολίες με τις γνωσιακές, διερευνητικές διαδικασίες π.χ. επιλογής ή αναγνώρισης των κατάλληλων μεταβλητών, διάκρισης των εξαρτημένων από τις ανεξάρτητες, διατύπωση υποθέσεων ή ερωτημάτων, σχεδιασμού της εργασίας τους, εξαγωγής συμπερασμάτων και εποικοδόμηση επιστημονικών μοντέλων.

Κατά κανόνα, οι εκπαιδευτικές δραστηριότητες που προάγουν την συμμετοχή των μαθητών συγκροτούνται σε φάσεις, οι οποίες αποτελούν δομικά στοιχεία των διερευνητικών προτάσεων, μοντέλων ή διερευνητικών κύκλων. Ο τρόπος εμπλοκής σε διερευνητικές δραστηριότητες, ρητά η υπόρρητα, αποτελεί αντικείμενο μελετών και αντιπαραθέσων από ερευνητές και παιδαγωγούς (Vorholzer et al., 2020). Από τις εργασίες μας, όπως και άλλων ερευνητών, έχουμε συμπεράνει ότι η εμπλοκή των μαθητών για να υπερβούν τις δυσκολίες τους πρέπει να είναι σταδιακή από αρχικά δομημένες διερευνητικές δραστηριότητες σε καθοδηγούμενες και στη συνέχεια σε ανοιχτές, ειδικά στη χώρα μας όπου οι δυνατότητες πειραματισμού και διερεύνησης φαινομένων είναι περιορισμένες. Η ανοιχτή διερεύνηση αντανακλά ως ένα βαθμό τον τρόπο με τον οποίο εργάζονται οι επιστήμονες συνεπώς απαιτεί σύνθετες δεξιότητες σκέψης όπως ανάλυση, σύνθεση και αξιολόγηση δεδομένων. Από τις έρευνες προκύπτει ότι οι καθοδηγούμενες ρητά ή υπόρρητα διδασκαλίες υπερτερούν των ανοιχτών (Sadeh & Zion, 2009). Στους μαθητές πρέπει να προσφέρεται σταδιακά, από τους εκπαιδευτικούς και τα εκπαιδευτικά υλικά, η δυνατότητα να ελέγχουν τη δική τους μάθηση παίρνοντας πρωτοβουλίες κατά τη μαθησιακή διαδικασία και προσαρμόζοντας τη διαδικασία στις εμπειρίες τους. Μία πρόταση προοδευτικής μετάβασης από δομημένη σε ανοιχτή διερεύνηση αποτελεί το πρότυπο της συνεχούς διερεύνησης (Χατζηκρανιώτης & Μολοχίδης, 2017).

Ενθαρρυντικά αποτελέσματα παρατηρούνται όταν η σταδιακή καθοδήγηση των μαθητών υποστηρίζεται με κατάλληλες σκαλωσιές μάθησης. Οι ψηφιακές τεχνολογίες παρέχουν σκαλωσιές πολλών ειδών που μπορεί να διαδραματίσουν σημαντικό ρόλο στην υποστήριξη αποτελεσματικής διερευνητικής μάθησης π.χ. με περιβάλλοντα τα οποία ενσωματώνουν γνωσιακά εργαλεία, όπως κατάλληλες υποδείξεις, πληροφοριακά κείμενα, φύλλα εργασίας, εργαλεία καταγραφής δεδομένων ή ενεργειών (Bumbacher et al., 2017; Smetana & Bell, 2012,). Υποστηρίζουμε ότι η ένταξη των τεχνολογιών στη διδασκαλία και μάθηση των ΦΕ μπορεί να συντελέσει στον δραστικό μετασχηματισμό της παραδοσιακής διδασκαλίας και να υποστηρίξει με προϋποθέσεις τη διερευνητική προσέγγιση, ανοίγοντας νέες προπτικές αλλά και νέα ερωτήματα, τα οποία αποτελούν αντικείμενο ερευνών.

Οι Διδακτικές Μαθησιακές Ακολουθίες ως Πλαίσιο Έρευνας και Ανάπτυξης

Η αξιοποίηση των ψηφιακών τεχνολογιών με στόχο την πολυδιάστατη εκπαίδευση στις ΦΕ έχει θέσει το ζήτημα της ερευνητικά τεκμηριωμένης ενσωμάτωσής τους στην τάξη και της σχεδιαστικής έρευνας. Στην περιοχή της Διδακτικής των ΦΕ, μία ισχυρή τάση συνδυασμού ερευνητικής και αναπτυξιακής δραστηριότητας είναι οι Διδακτικές Μαθησιακές Ακολουθίες (Teaching Learning Sequences). Το 2004 εκδόθηκε ένα ειδικό τεύχος του IJSE αφιερωμένο στις ΔΜΑ, στο οποίο οι Meheut & Psillos (2004) όρισαν το αντικείμενο των ΔΜΑ και περιέγραψαν τα κύρια χαρακτηριστικά τους. Μία ΔΜΑ είναι ταυτόχρονα ερευνητική δραστηριότητα, καινοτομική διδακτική παρέμβαση και νέο εκπαιδευτικό υλικό για μαθητές και εκπαιδευτικούς, η οποία βασίζεται σε ερευνητικά τεκμηριωμένες εκπαιδευτικές δραστηριότητες και σενάρια, εμπειρικά προσαρμοσμένες στις ιδέες και τους συλλογισμούς των μαθητών καθώς και στα αναμενόμενα μαθησιακά αποτελέσματα. Η διδασκαλία και η μάθηση εστιάζεται σε εννοιολογικά πλούσιες περιοχές, όπως ο ηλεκτρισμός, η οπτική, η φωτοσύνθεση, η δομή της ύλης και διαρκεί συνήθως ένα περιορισμένο χρονικό διάστημα π.χ. μερικών διδακτικών εβδομάδων. Αυτού του είδους η ερευνητική διδακτική δραστηριότητα περιλαμβάνει τον σχεδιασμό, την ανάπτυξη και την εφαρμογή μιας ΔΜΑ ως κυκλικά εξελισσόμενη διαδικασία, η οποία βασίζεται σε ερευνητικά δεδομένα.

Στο ίδιο άρθρο, οι συγγραφείς ανέδειξαν την συγκρότηση διαφορετικών σχεδιαστικών μοντέλων για τις ΔΜΑ π.χ. το Μοντέλο Εκπαιδευτικής Αναδόμησης (MER, Duit et al., 2005), των Διδακτικών Δομών (Lijnse, 2010) που διαμεσολαβούν ανάμεσα στις «μεγάλες» θεωρίες (π.χ. παιδαγωγικές, επιστημολογικές, ψυχολογικές) και στο σχεδιασμό υλικών και διδασκαλιών, εντάσσοντας τις θεωρητικές προτάσεις στις επιστημολογικές και γνωστικές διαστάσεις ενός θέματος της σχολικής επιστήμης. Σε πρόσφατο βιβλίο, οι Psillos & Kariotoglou (2016) συγκρίνουν διεξοδικά νεότερες εκδοχές σχεδιαστικών μοντέλων, επισκοπούν και αναλύουν εμπειρικές έρευνες και καινοτομίες σε πολλές ΔΜΑ, όπως π.χ αξιοποίηση ψηφιακών τεχνολογιών ή ιστορίας και επιστημολογίας των ΦΕ. Μεταξύ άλλων, προτείνουν ότι η ανάπτυξη και η μελέτη μίας ΔΜΑ, μπορεί να οδηγήσει είτε σε δεδομένα

για την αποτελεσματικότητά της που έχουν πραγματολογική αξία, είτε σε δεδομένα με τα οποία με μπορούμε να εμβαθύνουμε σε μαθησιακή διαδρομές των μαθητών, στο διδακτικό μετασχηματισμό και στην πλαισίωση και τον έλεγχο των θεωριών. Στο βιβλίο αυτό αναδείχνεται η σημασία του προσεγγιστικού σχεδιασμού, τον οποίο συζητούμε πιο κάτω.

Η έρευνα σχετικά με τις ΔΜΑ συμβαδίζει με την σχεδιαστική έρευνα (Design-Based Research) η οποία έχει προταθεί ως ένα γενικό πλαίσιο για την καλύτερη προώθηση της σύνδεσης μεταξύ έρευνας και πρακτικής (Design-Based Research Collective, 2003). Η σχεδιαστική έρευνα σκοπεύει στην συγκρότηση «τοπικών» θεωριών μάθησης και διδασκαλίας και ανάπτυξης καινοτόμων παρεμβάσεων σε αυθεντικές συνθήκες. Οι προθέσεις και οι διαδικασίες που προτείνονται διαμορφώνουν ένα πλαίσιο αντιμετώπισης των σύνθετων χαρακτηριστικών της έρευνας σχετικά με την ένταξη της τεχνολογίας. (Design-Based Research Collective, 2003; Kelly et al., 2008). Μία ουσιώδης διαφορά μεταξύ σχεδιαστικής έρευνας και Διδακτικών Μαθησιακών Ακολουθιών, είναι η έμφασή τους στην ανάλυση του γνωστικού περιεχομένου, στο διδακτικό μετασχηματισμό του και στην διαμόρφωση αντίστοιχων πλαισιωμένων θεωριών μάθησης (Rutven et al., 2009).

Ο σχεδιασμός και η εφαρμογή μιας ΔΜΑ δεν είναι δραστηριότητα «μία και έξω», αλλά εξελικτική διαδικασία προσεγγιστικού τύπου ανάπτυξης και οργάνωσης εκπαιδευτικών δραστηριοτήτων και τεκμηριωμένης προσαρμογής τους στις γνώσεις των μαθητών, με στόχο να μειωθεί η απόσταση ανάμεσα στη διδασκαλία και τη μάθηση (Psillos & Kariotoglou, 2016). Επιπλέον, η δημιουργία διδακτικού περιεχομένου προσαρμοσμένου στη σκέψη των μαθητών, εμπεριέχει υπόρρητες ειδικές γνώσεις, πρακτικές και αποφάσεις από τους ερευνητές και εκπαιδευτικούς, που επηρεάζουν σε σημαντικό βαθμό το σχεδιασμό και την ανάπτυξη των αντίστοιχων διδακτικών προσεγγίσεων αλλά συχνά δεν αποτυπώνονται στις δημοσιευμένες εργασίες. Με αυτή την προσεγγιστική, ερευνητική και αναπτυξιακή διαδικασία, αξιολογούνται παρεμβάσεις και υλικά σε αυθεντικά περιβάλλοντα, ενώ ταυτόχρονα διαμορφώνονται και δημοσιεύονται σχεδιαστικές αρχές, οι οποίες μπορεί να αποτελέσουν πλαίσιο για ανάλογα μελλοντικά εγχειρήματα. Ενώ σε δημοσιευμένες έρευνες η αναπαράσταση του επιστημονικού περιεχομένου γίνεται αποδεκτή όπως συνήθως παρουσιάζεται στα εμπειρικά αναπτυγμένα αναλυτικά προγράμματα και σχολικά βιβλία, στο πλαίσιο των ΔΜΑ αποτελεί αντικείμενο η εποικοδομητική διαπραγμάτευσή του, ώστε να προσαρμοστεί στις ιδέες και τις απόψεις των μαθητών. Το αποτέλεσμα μιας ΔΜΑ, μπορεί να είναι ο διδακτικός μετασχηματισμός του επιστημονικού περιεχομένου και η διαφορετική αναπαράστασή του (Andersson & Bach, 2005).

Στα νεότερα χρόνια, ένα αυξανόμενο ποσοστό ερευνών έχει αναδείξει την σημασία της ενεργού συμμετοχής των εκπαιδευτικών στην καινοτομία. Διαφορετικές μορφές συμμετοχικών προσεγγίσεων σχολείου- πανεπιστημίου έχουν προταθεί γύρω από την ιδέα των επαγγελματικών κοινοτήτων μάθησης και στο πλαίσιο των ΔΜΑ . Μολονότι είναι απαιτητικές τόσο για τους εκπαιδευτικούς όσο και για τους ερευνητές, συμβάλλουν στην αναγνώριση «του λόγου των εκπαιδευτικών» και στην επαγγελματική ανάπτυξη των

συμμετεχόντων. Αυτές οι συμμετοχικές προσεγγίσεις είναι επίσης εξαιρετικά κατάλληλες για το συσχετισμό έρευνας και καινοτομίας σχετικά με την ένταξη ψηφιακών τεχνολογιών στην εκπαίδευση των ΦΕ.

Για παράδειγμα, οι ερευνητές Zoupidis et al. (2016), συγκρότησαν ομάδα εργασίας με εκπαιδευτικούς, ανέπτυξαν και εφάρμοσαν μία ΔΜΑ βασισμένη στη διερεύνηση με αξιοποίηση ψηφιακής τεχνολογίας και καθημερινών υλικών για την εισαγωγή της πυκνότητας στο Δημοτικό. Ο διδακτικός μετασχηματισμός του γνωστικού αντικειμένου, οδήγησε σε ποιοτική αντί της φορμαλιστικής, εισαγωγή της πυκνότητας ως ιδιότητα των υλικών στα φαινόμενα επίπλευσης/ βύθισης. Η ΔΜΑ βασίσθηκε σε ένα πραγματικό σενάριο βύθισης (το ατύχημα με το πλοίο Σάμινα), το οποίο αύξησε το ενδιαφέρον και τα κίνητρα των μαθητών, ενώ παράλληλα αποτέλεσε ένα σύνδεσμο μεταξύ επιστήμης και τεχνολογίας. Ο βασικός στόχος της ΔΜΑ ήταν η βελτίωση της εννοιολογικής κατανόησης της πυκνότητας, της διαδικαστικής και επιστημολογικής κατανόησης που σχετίζεται με τη στρατηγική ελέγχου των μεταβλητών, καθώς και τη φύση και το ρόλο των μοντέλων. Οι συγγραφείς διαμορφώνουν σχεδιαστικές αρχές και εφαρμόζουν διαδικασίες προσεγγιστικής βελτίωσης της ΔΜΑ σύμφωνα με το μοντέλο επιστημονικής πρακτικής του Pickering. Συμπεραίνουν ότι οι περισσότερες από τις βελτιώσεις αναφέρονται στη διαδικαστική και επιστημολογική γνώση, ενώ λίγες είναι αυτές που αφορούν το εννοιολογικό περιεχόμενο της ΔΜΑ)

Οι εποικοδομητικές συνέργειες με τους εκπαιδευτικούς δεν είναι σημαντικές μόνο στο στάδιο της ανάπτυξης μίας ΔΜΑ αλλά και στην διάδοση και εφαρμογή της στις τάξεις. Συνοπτικά, επειδή πρόκειται για καινοτομία, οι έρευνες δείχνουν ότι η σαφήνεια των σκοπών, των σχεδιαστικών αρχών και των οδηγιών συμβάλλει στην αποδοχή της από εκπαιδευτικούς. Καθοριστικός παράγων είναι η αντιμετώπιση των εκπαιδευτικών που θα αναλάβουν να εφαρμόσουν μία ΔΜΑ όχι ως παθητικών εκτελεστών έτοιμων υλικών αλλά ως συνεργατών και σχεδιαστών της (ανα)πλαισίωσης και των αλλαγών που θα προκύπτουν ανάλογα με τις σχολικές συνθήκες (Stavrou et al., 2019).

Αναπαριστώντας και Μετασχηματίζοντας το Περιεχόμενο

Σημαντικό πλεονέκτημα των ψηφιακών τεχνολογιών είναι ότι έχουν τη δυνατότητα δυναμικής οπτικοποίησης και επιλεγμένης αναπαράστασης του επιστημονικού περιεχομένου μειώνοντας την πολυπλοκότητά του, ώστε να εστιασθεί η προσοχή των μαθητών μόνο στο υπό μελέτη φαινόμενο και να υποστηριχθεί η διερευνητική μάθηση. Για παράδειγμα, υποστηρίζεται η ορατή απεικόνιση διεργασιών που δεν φαίνονται, όπως οι χημικές αντιδράσεις, η κίνηση των ηλεκτρικών φορτίων, το ανθρώπινο κυκλοφορικό σύστημα και η αυτόματη διασύνδεση μακροσκοπικών μεγεθών με μικροσκοπικούς μηχανισμούς. Οι μαθητές έχουν τη δυνατότητα να διεξάγουν επιστημονικές διερευνήσεις γύρω από διαδραστικές δυναμικές οπτικοποιήσεις, για να εποικοδομήσουν το νόημα δυσνόητων επιστημονικών εννοιών, όπως π.χ. το γραμμομόριο ή δυσδιάκριτων φαινομένων που είναι δύσκολο να διδαχθούν από τους εκπαιδευτικούς, όπως η ομοιόσταση κυττάρων (Olympiou, et al., 2013). Επιπλέον, μπορούν να

μοντελοποιήσουν εύκολα επιστημονικές και προσωπικές γνώσεις, π.χ. μέσω λογισμικών εννοιολογικής χαρτογράφησης (Zhang & Linn, 2011).

Σε αυτό το μέρος της εργασίας, διαπραγματευόμαστε επιλεγμένα θέματα που αφορούν δύο διαστάσεις της αξιοποίησης των ψηφιακών τεχνολογιών, την πολυτροπική αναράσταση και τον διδακτικό μετασχηματισμό του επιστημονικού περιεχόμενου. Ως προς την πρώτη διάσταση, επισημαίνουμε ότι οι παροχές των σύγχρονων μαθησιακών περιβαλλόντων έχουν δημιουργήσει νέες διαστάσεις στην πολυτροπική αναπαράσταση του επιστημονικού περιεχόμενου, νέες μαθησιακές προοπτικές και ερωτήματα, τα οποία αποτελούν αντικείμενο πολύχρονων ερευνών. Οι μαθητές έχουν τη δυνατότητα να διεξάγουν ερευνητικές δραστηριότητες υποστηριζόμενοι από διαδραστικές δυναμικές οπτικοποιήσεις, κατά την διάρκεια των οποίων συχνά είναι αναγκαίο να εκτελέσουν εργασίες που απαιτούν τη χρήση πολλαπλών αναπαραστάσεων για την εποικοδόμηση του επιστημονικού νοήματος. Σπάνια υπάρχει μία μόνο αναπαράσταση που ανταποκρίνεται σε όλες τις διδακτικές απαιτήσεις, ενώ συγκεκριμένες αναπαραστάσεις υποστηρίζουν κατά κανόνα την εκτέλεση μόνο μέρους των απαιτούμενων εκπαιδευτικών δραστηριοτήτων.

Πλήθος ερευνών δείχνει ότι οι μαθητές αντιμετωπίζουν δυσκολίες να κατανοήσουν τη σχέση μεταξύ δύο αναπαραστάσεων και να ανταπεξέλθουν στο γνωστικό φορτίο της διασύνδεσής τους (Ainsworth et al., 2002; Moreno et al., 2011). Για παράδειγμα, όταν μελετούν τη διάδοση κυμάτων αντιμετωπίζουν δυσκολίες μετάβασης μεταξύ δύο αναπαραστάσεων, της ανάλυσης ενός κυματικού παλμού και της συμπεριφοράς των σωματιδίων του μέσου (Tarantino et al., 2005). Πολλά περιβάλλοντα εικονικών εργαστηρίων και προσομοιώσεων εμπεριέχουν γνωσιακές σκαλωσιές για την αντιμετώπιση των δυσκολιών, έχοντας ενσωματώσει πολλαπλές αναπαραστάσεις ενός φαινομένου ή μοντέλου, δυνατότητες διασύνδεσης και μετάβασης από μία αναπαράσταση σε άλλη. Όταν οι μαθητές επεξεργάζονται μία αναπαράσταση, τα αποτελέσματα της φαίνονται παράλληλα σε άλλη, με στόχο τη μείωση του γνωστικού φορτίου. Η διδακτική αξιοποίηση της δυναμικής πολυτροπικής αναπαράστασης του περιεχομένου απασχολεί την ερευνητική κοινότητα, π.χ. η διαδοχική εμφάνιση ή η παράλληλη διασύνδεση των αναπαραστάσεων και η σχέση τους με το γνωστικό περιεχόμενο (Jaakkola & Veermans, 2015; Johnson et al., 2013).

Για παράδειγμα, υλοποιούμε ένα μακράς διάρκειας ερευνητικό πρόγραμμα στην περιοχή των ηλεκτρικών κυκλωμάτων (Ταραμόπουλος & Ψύλλος, 2016) που αφορά τον σχεδιασμό και την εφαρμογή τεχνολογικά υποστηριζόμενων ΔΜΑ, διερευνητικού χαρακτήρα σε αυθεντικές συνθήκες σχολείου (Taramopoulos & Psillos, 2017). Σε μία έρευνα μελετώντας τη δυνατότητα των μαθητών γυμνασίου να μετατρέπουν ένα κύκλωμα DC από μία μορφή σε μια άλλη (πραγματική, ρεαλιστική, σχηματική), φάνηκε πως τα αποτελέσματα εξαρτώνται από την πολυπλοκότητα του κυκλώματος: όλοι οι συμμετέχοντες μαθητές μετατρέπουν απλά κυκλώματα επιτυχώς αλλά όσοι χρησιμοποίησαν εικονικά εργαστήρια με δυναμικές, ρεαλιστικές και σχηματικές αναπαραστάσεις κατά τη διδασκαλία, είχαν συγκριτικά καλύτερες επιδόσεις σε πιο σύνθετα κυκλώματα (Taramopoulos & Psillos, 2019). Σε άλλη έρευνα, η οποία εστιάζει στην επίδραση της πιστότητας των αναπαραστάσεων του πραγματικού κόσμου,

φάνηκε πως για τους μαθητές γυμνασίου, η χρήση των περιβαλλόντων εικονικών εργαστηρίων με ρεαλιστικές αναπαραστάσεις οδηγεί σε παρόμοια εννοιολογική βελτίωση με τη χρήση σχηματικών ηλεκτρικών κυκλωμάτων. Όμως, όταν το περιβάλλον του εικονικού εργαστηρίου συνδυάζει ρεαλιστικά αναπαριστάμενα όργανα με δυναμικά συνδεδεμένες σχηματικές αναπαραστάσεις, ώστε κάθε αλλαγή σε μια αναπαράσταση να εμφανίζεται αυτόματα και στην άλλη, μαθητές λυκείου σημείωσαν καλύτερη επίδοση από αυτούς που χρησιμοποίησαν μόνο μία αναπαράσταση κατά την ενασχόλησή τους με προβλήματα σχετικά υψηλής πολυπλοκότητας, ενώ οι επιδόσεις τους είναι παρόμοιες όταν ασχολούνται μόνο με απλά προβλήματα στα ηλεκτρικά κυκλώματα (Taramopoulos & Psillos, 2017).

Συνοπτικά, τα αποτελέσματα των δικών μας και άλλων ερευνών, δείχνουν ότι η διδασκαλία με διερεύνηση ηλεκτρικών κυκλωμάτων αξιοποιώντας εικονικά εργαστηριακά περιβάλλοντα υποστηρίζει ικανοποιητικά την εννοιολογική εξέλιξη των μαθητών, οι οποίοι αντιλαμβάνονται τη διασύνδεση και τον μετασχηματισμού ηλεκτρικών κυκλωμάτων από μια μορφή σε μια άλλη (Finkelstein et al., 2005). Ωστόσο αυτές οι νέες εκπαιδευτικές εφαρμογές αποτελούν αντικείμενο ερευνών. Τα οφέλη που αποκομίζονται από τη χρήση πολλαπλών αναπαραστάσεων δεν είναι πάντα ορατά, καθώς η δυνατότητα κατανόησης και χρήσης αυτών των αναπαραστάσεων μπορεί να ποικίλει ανάλογα με την πρότερη γνώση, την ηλικία των μαθητών ή το συγκεκριμένο επιστημονικό πεδίο.

Ως προς την δεύτερη διάσταση, υποστηρίζουμε ότι οι εμπλουτισμένες με τεχνολογία ΔΜΑ παρέχουν ένα ισχυρό και δυναμικό πλαίσιο για τη διερεύνηση και τον δημιουργικό διδακτικό μετασχηματισμό του επιστημονικού περιεχομένου, για να το προσαρμόσουν στη σκέψη και τις μαθησιακές απαιτήσεις των μαθητών. Για παράδειγμα, οι Wiser & Amin (2001) λαμβάνοντας υπόψη τις εννοιολογικές δυσκολίες των μαθητών εισάγουν ποιοτικά την αφηρημένη έννοια της θερμότητας μετασχηματίζοντας τη συνήθη φορμαλιστική αναπαράστασή της με τη χρήση υπολογιστικών μοντέλων. Συνοπτικά το ποσό της θερμότητας αναπαρίσταται με έναν αριθμό εικονιδίων «Es» και η θερμοκρασία με το πλήθος αυτών των «Es» σε μία περιοχή, στη «μοριακή κίνηση» τα μόρια αναπαρίστανται με κινούμενους κύκλους, οι δυνάμεις ανάμεσα στα μόρια συμβολίζονται με ελατήρια, η μοριακή ενέργεια (π.χ. η θερμοκρασία) αναπαρίσταται από τον αριθμό των «Es» ανά μόριο που μπορούν να ενεργοποιηθούν ή να απενεργοποιηθούν, ενώ ένας εικονικός μετρητής «E-μετρο» αναπαριστά τον συνολικό αριθμό των «Es» σε ένα αντικείμενο και που προστίθεται σε αυτό. Τα μοντέλα μπορούν να χρησιμοποιηθούν είτε σε λειτουργία προσομοιώσεων, είτε συγχρονικά με πραγματικούς θερμικούς αισθητήρες και πηγές θερμότητας συνδεδεμένες με τον υπολογιστή. Το πλήρες σκεπτικό και η περιγραφή των μοντέλων έχουν δημοσιευτεί σε άλλες εργασίες (Wiser & Amin, 2001). Τα αποτελέσματα των αντίστοιχων διδακτικών παρεμβάσεων ήταν θετικά.

Σε μία άλλη εργασία σχεδιάσαμε και εφαρμόσαμε στο Γυμνάσιο μια καινοτόμα ΔΜΑ η οποία εστιάζει στην μάκρο/μίκρο διαπραγμάτευση της αγωγιμότητας, την επιλογή και την διερευνητική χρήση των αντίστοιχων επιστημονικών μοντέλων (Ψύλλος & Μολοχίδης, 2017). Ακολουθώντας το Μοντέλο της Εκπαιδευτικής Αναδόμησης μετασχηματισμένα,

προσομοιωμένα, μικροσκοπικά μοντέλα αναπτύχθηκαν ειδικά για τη δυναμική οπτικοποίηση της διαδικασίας της μεταφοράς ενέργειας σε διαφορετικές κατηγορίες υλικών. Μοντέλα κεραμικών και μετάλλων οπτικοποιήθηκαν με άκαμπτες μπάλες που προσομοίωναν τα άτομα σε ένα πλέγμα κρυσταλλικού στερεού ενώ μικρές κόκκινες μπάλες αναπαριστούσαν την κίνηση των ελεύθερων ηλεκτρονίων στα μέταλλα. Μελετήθηκε η σχέση των μοντέλων με τα πειράματα ώστε να παρέχουν στους μαθητές εννοιολογικά εργαλεία ερμηνείας και κατανόησης της αγωγιμότητας. Η έρευνα έδειξε ότι η χρήση καλώς σχεδιασμένων δυναμικών εργαλείων οπτικοποίησης σε συνδυασμό με μαθητο-κεντρικές διερευνητικές δραστηριότητες βελτιώνει σημαντικά τη μάθηση.

Μία άλλη όψη του τεχνολογικά υποστηριζόμενου διδακτικού μετασχηματισμού αναφέρεται στην εργασία των Testa et al. (2016), οι οποίοι παρουσιάζουν ένα πλαίσιο συσχέτισης επιστημονικού και τεχνολογικού περιεχομένου και δεξιοτήτων στην περιοχή της Οπτικής. Το μοντέλο Εκπαιδευτικής Αναδόμησης (MER) έχει υιοθετηθεί ως σχεδιαστικό πλαίσιο διδακτικού μετασχηματισμού του περιεχομένου της επιστήμης και της τεχνολογίας, συγκεκριμένα στην διερεύνηση και μοντελοποίηση φυσικών φαινομένων και στην αξιοποίηση εισαγωγικής οπτικής και διάδοσης φωτός σε οπτικές ίνες. Η ΔΜΑ αναπτύχθηκε συμμετοχικά από ερευνητές και εκπαιδευτικούς και βασίσθηκε στο συνδυασμό πραγματικών πειραμάτων και μοντελοποίησης δεδομένων με το λογισμικό Gabri. Η εφαρμογή της σε γυμνάσιο προκάλεσε το ενδιαφέρον και τη δραστηριοποίηση των μαθητών.

Συνοψίζοντας, η αξιοποίηση δυναμικών εργαλείων οπτικοποίησης σε συνδυασμό με μαθητοκεντρικές διερευνητικές δραστηριότητες στο πλαίσιο των υποστηριζόμενων από την τεχνολογία ΔΜΑ, παρέχουν ένα ισχυρό πλαίσιο για τη διερεύνηση, τη δημιουργική αναπαράσταση και μετασχηματισμό του επιστημονικού περιεχομένου, με σκοπό να το προσαρμόσουν στη σκέψη και τις μαθησιακές απαιτήσεις των μαθητών δημιουργώντας νέες διδακτικές προοπτικές.

Μετασχηματίζοντας την Εργαστηριακή Εργασία

Τα εικονικά εργαστηριακά περιβάλλοντα που βασίζονται σε επιστημονικά μοντέλα παρέχουν ευέλικτη και συστηματική αντιμετώπιση των φυσικών μεγεθών, τα οποία αφορούν τα υπό μελέτη φαινόμενα. Συγκεκριμένα, σχεδιαστικά χαρακτηριστικά τους επιτρέπουν -μεταξύ άλλων- την αλλαγή περιβαλλοντικών συνθηκών, όπως η θερμοκρασία και η υγρασία, τη συγχρονική κατασκευή γραφικών παραστάσεων, τη συγχρονική μελέτη και αναπαράσταση της εξέλιξης φυσικών μεγεθών, π.χ. των V-I, παρέχουν ασφάλεια και επαναληπτικότητα χειρισμών και είναι οικονομικά σε σχέση με ακριβούς εργαστηριακούς εξοπλισμούς. Σημαντικό πλεονέκτημα των εικονικών εργαστηρίων, σε σχέση με τα πραγματικά, είναι ότι η «πραγματικότητα» μπορεί να προσαρμοστεί ώστε να υποστηρίζει τη μαθησιακή διαδικασία καθώς και την ύπαρξη δυναμικώς συνδεδεμένων αναπαραστάσεων και μοντέλων διαφόρων επιπέδων ρεαλισμού ή αφαίρεσης. Η «πραγματικότητα» μπορεί να απλοποιηθεί μειώνοντας

την πολυπλοκότητά της και αναδεικνύοντας τις βασικότερες πληροφορίες, ώστε να επικεντρωθεί η προσοχή των μαθητών μόνο στο υπό μελέτη φαινόμενο και να αποφευχθεί η ανάγκη κατάκτησης υπερβολικού όγκου πληροφοριών που μπορεί να εμποδίσει τη μάθηση (Ruten et al., 2012).

Σε αυτό το πλαίσιο, η ενσωμάτωση εικονικών εργαστηριακών περιβαλλόντων στην τάξη και οι διεργασίες που συμβαίνουν κατά την αλληλεπίδραση μαθητών και εκπαιδευτικών μόνο με τα εικονικά ή σε συνδυασμό με τα πραγματικά εργαστήρια, αποτελούν αντικείμενο συνεχών ερευνών (Jaakkola & Veermans, 2015; Zacharia & Olympiou, 2011). Οι περισσότερες από τις μελέτες εστιάζουν κυρίως στην εννοιολογική εξέλιξη και τις επιδόσεις των μαθητών σε όλες τις βαθμίδες της εκπαίδευσης. Όμως η δυνατότητα των εικονικών εργαστηρίων να υποστηρίζουν την ανάπτυξη πειραματικών δεξιοτήτων στους μαθητές δεν έχει ακόμα μελετηθεί σε βάθος, γι' αυτό η επίδρασή τους στη διαδικαστική γνώση αποτελεί ανοιχτό ερευνητικό και διδακτικό θέμα, στο οποίο αναφερόμαστε στις επόμενες παραγράφους (Wang & Tseng, 2018).

Μία από τις πιο σημαντικές δεξιότητες συνδεδεμένες με την εργαστηριακή εργασία θεωρείται ότι είναι ο σχεδιασμός των πειραμάτων, διότι σχετίζεται με την κατανόηση του αντίστοιχου γνωστικού πεδίου αλλά και με την επιστημονική μεθοδολογία (Riesen et al., 2018). Σε μία εργασία μας (Lefkos et al., 2011), αξιολογήθηκε η ικανότητα των μαθητών να σχεδιάζουν πειράματα στην περιοχή της θερμότητας σε οκτώ διαστάσεις, όπως η διατύπωση υπόθεσης, η επιλογή των μεταβλητών, η περιγραφή των αρχικών συνθηκών του πειράματος. Από τα αποτελέσματα αυτά, όπως και άλλων ερευνητών, προκύπτει ότι τα περιβάλλοντα εικονικών εργαστηρίων ενσωματώνουν τις κατάλληλες σκαλωσιές και δομές που θα τους βοηθήσουν να ανταπεξέλθουν σε καθοδηγούμενες δραστηριότητες με σκοπό την κατανόηση και καλλιέργεια του πειραματικού σχεδιασμού.

Σε άλλη έρευνα (Ταραμόπουλος & Ψύλλος, 2013), αναφέραμε ότι, μετά από μία διδακτική παρέμβαση, στην οποία ο πειραματικός σχεδιασμός δεν διδάσκεται άμεσα αλλά έμμεσα, οι περισσότεροι μαθητές που είχαν ενεργή εμπλοκή με εικονικά πειράματα στο πεδίο DC κυκλωμάτων, ήταν σε θέση να σχεδιάζουν και να εκτελούν επιτυχώς τις απαιτούμενες πειραματικές εργασίες. Οι δραστηριότητες εκτελούνταν επιτυχώς ανεξάρτητα αν η αναπαράσταση των κυκλωμάτων ήταν ρεαλιστική, σχηματική, ή δυναμικά διασυσυνδεδεμένη ρεαλιστική και σχηματική. Τα αποτελέσματα αυτά δείχνουν ότι οι συμμετέχοντες ήταν σε θέση να υπερβούν γνωστικά και μεθοδολογικά εμπόδια, π.χ. να αναγνωρίζουν τα μεγέθη που επηρεάζουν το υπό μελέτη φαινόμενο, να περιγράφουν την πειραματική διαδικασία που πρέπει να ακολουθηθεί και να κατασκευάζουν το κύκλωμα του πειράματός τους. Φάνηκε ότι στην αρχή των διδακτικών παρεμβάσεων οι μαθητές, ελλείψει επιστημονικών και διαδικαστικών γνώσεων, χρειάζονται μεγάλη υποστήριξη και ότι ωφελούνται από τη σταδιακή μετάβαση σε σχεδόν ελεύθερου τύπου διερευνητικές δραστηριότητες σύμφωνα με τη Θεωρία Γνωστικού Φόρτου (Kalyuga, 2007). Συνολικά, τα αποτελέσματα της τρέχουσας διεθνούς έρευνας δείχνουν ότι η διδασκαλία σε διερευνητικό πλαίσιο χρησιμοποιώντας εικονικά εργαστηριακά περιβάλλοντα υποστηρίζει ικανοποιητικά την ανάπτυξη των δεξιοτήτων πειραματικού σχεδιασμού και εκτέλεσης .

Η σχέση επιστημονικών γνώσεων και πειραματικών δεξιοτήτων, απασχολεί ερευνητές και εκπαιδευτικούς, διότι έχει παρατηρηθεί διάσταση και αδυναμία εφαρμογής θεωρητικών γνώσεων κατά την εκτέλεση πραγματικών πειραμάτων λόγω του απαιτούμενου χειριστικού φόρτου από τους μαθητές. Ανοιχτό θέμα προς διερεύνηση είναι η εμπέδωση του γνωστικού περιεχόμενου που αποτελεί σημαντική παράμετρο σχετικά με την κατανόηση και εκτέλεση πειραμάτων. Με σκοπό τον σχεδιασμό ενός πειράματος, οι μαθητές οφείλουν να έχουν ικανοποιητικές γνώσεις του τομέα ώστε να είναι σε θέση να διατυπώνουν υποθέσεις, να κατανοούν τις μεταβλητές που επηρεάζουν το πείραμα και πώς να τις ελέγχουν, να κατανοούν τα φαινόμενα που λαμβάνουν χώρα στο πείραμα, να εξάγουν αποτελέσματα και να καταλήγουν σε συμπεράσματα (Vorholzer et al., 2020). Έρευνες σε εξέλιξη δείχνουν ότι η κατανόηση του γνωστικού αντικειμένου, συμβάλλει στο σχηματισμό κατάλληλων υποθέσεων προς διερεύνηση, στην κατανόηση των πειραματικών φαινομένων, στην κατανόηση των πειραματικών αποτελεσμάτων και την εξαγωγή σωστών συμπερασμάτων. Το θέμα παραμένει ανοιχτό προς διερεύνηση.

Εύλογα υπάρχει ο προβληματισμός αν μπορούν να μεταφερθούν από το χώρο των εικονικών εργαστηρίων δεξιότητες σε πραγματικές εργαστηριακές συνθήκες. Μελέτες στο χώρο της Μηχανικής έχουν δείξει ότι η μεταφορά μπορεί να γίνει με επιτυχία (Klahr et al., 2007). Επίσης, στο χώρο του ηλεκτρισμού, οι μαθητές που χρησιμοποίησαν κατά τη διδασκαλία εικονικά εργαστήρια δείχνουν να βοηθούνται από τις παροχές των εικονικών εργαστηρίων να αποκτήσουν καλύτερη κατανόηση του γνωστικού αντικειμένου, σε σημείο που καταφέρνουν να ανταπεξέλθουν σε πειράματα με πραγματικά εργαστηριακά όργανα με μεγαλύτερη επιτυχία από συμμαθητές τους που χρησιμοποίησαν κατά τη διδασκαλία πραγματικά εργαστήρια και επομένως είχαν μεγαλύτερη εμπειρία στη χρήση αυτών (Finkelstein et al., 2005). Αν όμως υπάρχει κάποια δυσκολία στη χρήση των πραγματικών εργαστηριακών οργάνων, τότε οι μαθητές που έχουν αποκτήσει μεγαλύτερη εμπειρία στη χρήση τους πλεονεκτούν έναντι αυτών που δεν τα είχαν ξαναχρησιμοποιήσει (Ταραμόπουλος & Ψύλλος, 2013). Χρειάζονται επί πλέον έρευνες και για αυτό το θέμα.

Συνοπτικά υποστηρίζουμε ότι τα εικονικά περιβάλλοντα ενταγμένα σε κατάλληλες παιδαγωγικές προσεγγίσεις μπορεί να οδηγήσουν σε πρωτόγνωρες μαθησιακές εμπειρίες, στην υποστήριξη, τον εμπλουτισμό και τον ριζικό μετασχηματισμό συνεργατικής πειραματικής εργασίας και αλληλεπιδραστικών επιδείξεων στα σχολεία, ιδιαίτερα στη χώρα μας με τις υποβαθμισμένες εργαστηριακές υποδομές.

Υποστηρίζοντας την Επιστημολογική Κατανόηση

Ερευνητές, εκπαιδευτικοί, συγγραφείς αναλυτικών προγραμμάτων, επισημαίνουν τη σημασία των μοντέλων και της μοντελοποίησης στην επιστήμη και στην επιστημονική δραστηριότητα στη σχολική τάξη. Η μοντελοποίηση είναι θεμελιώδης επιστημονική πρακτική η οποία προωθείται στη σχολική εκδοχή της ως μία πολύτιμη αλλά «γεμάτη προκλήσεις» πολυδιάστατη

παιδαγωγική προσέγγιση, με στόχο την εννοιολογική κατανόηση της φύσης, των μοντέλων και της επιστήμης από τους μαθητές (Bryce et al. 2016; Louca & Zacharia, 2012). Αν και η μάθηση με τα μοντέλα έχει αποτελέσει αντικείμενο έρευνας παλαιότερα, πρόσφατα έχει αυξηθεί το ενδιαφέρον για τη βασισμένη στην τεχνολογία μοντελοποίηση. Η ανάπτυξη ισχυρών και φιλικών μαθησιακών περιβαλλόντων (π.χ. Modelus, https://modellus-x.software.informer.com/0.4/) έκανε εφικτή την άνθιση ερευνών και εφαρμογών που στοχεύουν στην κατανόηση του γνωστικού περιεχόμενου, της φύσης των μοντέλων και των διαδικασιών μοντελοποίησης στο πλαίσιο της πολυδιάστατης εκπαίδευσης στις ΦΕ (Cambell et al., 2015; Fuhrmann et al., 2018; Seel, 2017).

Πέρα από την επίδειξη μοντέλων σε παραδοσιακές διδασκαλίες, η δραστηριοποίηση μαθητών και εκπαιδευτικών στη νοηματοδοτημένη μάθηση επιστημολογικών χαρακτηριστικών των μοντέλων και επιστημονικής μοντελοποίησης έχει δειχθεί ότι είναι απαιτητικός στόχος. Η επιστημολογική κατανόηση για τα μοντέλα, απαιτεί την ανάπτυξη μεταγνωστικών δεξιοτήτων ρύθμισης της γνώσης, της παρακολούθησης και αξιολόγησης των πρακτικών που υιοθετούν τη χρήση μοντέλων κατά τη διερευνητική διαδικασία (Schwarz & White, 2005). Πολλές στρατηγικές έχουν προταθεί και εφαρμοσθεί για να υποστηριχθούν οι μαθητές ώστε να υπερβούν τις παρανοήσεις και τις εναλλακτικές ιδέες τους σχετικά με τα μοντέλα και τη φύση τους, να εξοικειωθούν και να δραστηριοποιηθούν σε νοηματοδοτημένες δραστηριότητες μοντελοποίησης. Κατά κύριο λόγο είναι πέντε: η εξερευνητική (exploratory), η εκφραστική (expressive), η πειραματική (experimental), η αξιολογική (evaluative) και) η κυκλική (cyclic). Οι έρευνες δείχνουν ότι η τεχνολογία υποστηρίζει την εκφραστική (expressive) μοντελοποίηση, κατά την οποία οι μαθητές μπορούν να κατασκευάσουν τα δικά τους μοντέλα, έτσι ώστε να εκφράσουν και να ελέγξουν τις ιδέες που διατηρούν για τον κόσμο και την εξερευνητική (exploratory) μοντελοποίηση, κατά την οποία οι μαθητές πρέπει να εξερευνήσουν και να ελέγξουν ένα δεδομένο μοντέλο. Πρόσφατη επισκόπηση ερευνών (Campbell et al., 2015) βρήκε ότι πολύ συχνός είναι ο συνδυασμός πειραματικής με την εξερευνητική μοντελοποίηση. Η κατάλληλη επιλογή αυτών των στρατηγικών, ο συνδυασμός τους με πειραματική εργασία και η πλαισίωσή τους σε συγκεκριμένο γνωστικό πεδίο αποτελεί αντικείμενο προβληματισμού και ερευνών.

Για παράδειγμα, αναπτύξαμε και εφαρμόσαμε μία ΔΜΑ στην περιοχή της Οπτικής βασισμένη στη διερεύνηση, ενσωματώνοντας χαρακτηριστικές πειραματικές και διερευνητικές στρατηγικές μοντελοποίησης με κυκλικό τρόπο (Κουκιόγλου & Ψύλλος, 2018, Soulios & Psillos, 2016). Η ΔΜΑ στόχευε στη βελτίωση των επιστημολογικών απόψεων μαθητών και εκπαιδευτικών πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης σχετικά με τη φύση, τον σκοπό και την αναθεώρηση των μοντέλων, καθώς και στην κατανόηση της θεωρίας και των φαινομένων οπτικής που σχετίζονται με τις ιδιότητες των οπτικών ινών. Επιλέχθηκαν και ενσωματώθηκαν ψηφιακές τεχνολογίες για να υποστηρίξουν εξερευνητικές, εκφραστικές, και πειραματικές δραστηριότητες μοντελοποίησης σε κυκλική διαδικασία. Κατ' αρχάς, μία προσομοίωση Flash χρησιμοποιείται για να εισαχθούν οι μαθητές στο μοντέλο της οπτικής ακτίνας, που υιοθετείται μέσα στη ΔΜΑ και στα σχολικά εγχειρίδια. Η αξιοποίηση του λογισμικού Cabri Geometre

(https://cabri.com/en/), επιτρέπει τη μεταφορά φωτογραφιών πραγματικών πειραμάτων στον εικονικό κόσμο, δρώντας ως γέφυρα ανάμεσα στον πραγματικό και τον εικονικό κόσμο. Αυτή η διαδικασία επιτρέπει στους μαθητές να οπτικοποιούν, να χειρίζονται, να εξοικειώνονται με βασικά στοιχεία της (Γεωμετρικής) Οπτικής και σταδιακά να αποδεχτούν ότι η ακτίνα δεν είναι πραγματική οντότητα, αλλά ένα μοντέλο του πραγματικού φαινομένου της διάδοσης του φωτός. Επιπλέον η αξιοποίηση της εφαρμογής «Bending Light» (http://phet.colorado.edu/sims/ html/bending-light/latest/bending-light_en.html), παρέχει ένα εικονικό, φιλικό, διαδραστικό περιβάλλον, στο οποίο η διάδοση του φωτός που αναπαρίσταται βασίζεται στο μοντέλο της ακτίνας, επιτρέποντας την ταυτόχρονη οπτικοποίηση ανακλώμενων και διαθλώμενων ακτινών φωτός και τον χειρισμό και τη σταδιακή αλλαγή της γωνίας πρόσπτωσης σε πραγματικό χρόνο. Οι διερευνητικές δραστηριότητες μοντελοποίησης που βασίζονται στις προσομοιώσεις συνδυάστηκαν με εκφραστικές δραστηριότητες, εστιάζοντας την προσοχή των μαθητών σε συγκεκριμένες διαστάσεις των φαινομένων και παρέχοντας τη δυνατότητα να πραγματοποιηθεί η σύνδεση με πειραματική μοντελοποίηση για την εξαγωγή συμπερασμάτων και την ανάπτυξη των ερμηνειών. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι η προτεινόμενη προσέγγιση κυκλικής μοντελοποίησης που ενσωματώθηκε στη ΔΜΑ, συνετέλεσε στη βελτίωση των απόψεων των μαθητών σχετικά με τα μοντέλα, από ένα απλοϊκό προς ενδιάμεσο ή εξελιγμένο επίπεδο σχετικά με τη φύση, τον σκοπό και την αναθεώρηση των μοντέλων.

Η πλαισίωση των μοντέλων και πρακτικών μοντελοποίησης σε κατάλληλο γνωστικό πεδίο αποτελεί ελκυστική δραστηριότητα για τους μαθητές, αναδεικνύει την περιγραφική, ερμηνευτική και προβλεπτική σημασία τους για την κατανόηση της επιστήμης και των επιστημονικών πρακτικών, την ανάγκη για την οπτικοποίηση και χειρισμό μη ορατών οντοτήτων ή μηχανισμών, όπως η σωματιδιακή δομή της ύλης, η μικροσκοπική ερμηνεία της πίεσης, η κίνηση ηλεκτρικών φορτίων κ.ά. Οι Cheng et al. (2014), αναφέρουν ως παράδειγμα μετασχηματισμένου διδακτικά μοντέλου, τη σωματιδιακή φύση του φωτός για να αντιληφθούν οι μαθητές μη ορατές οντότητες και μηχανισμούς. Ένα άλλο παράδειγμα αναφέρθηκε σε προηγούμενο μέρος σχετικά με τη θερμική αγωγιμότητα. Με την εμπλοκή τους οι μαθητές προτρέπονται και υποστηρίζονται να χειριστούν μη ορατές οντότητες και να επιχειρούν λογικές υποθέσεις για την ερμηνεία των φαινομένων.

Η χρήση των μοντέλων και των δραστηριοτήτων μοντελοποίησης υποστηρίζει τη διερεύνηση στην εκπαιδευτική διαδικασία, αφού δίνεται η δυνατότητα στους μαθητές να αντιμετωπίσουν το μοντέλο ως ερευνητικό εργαλείο και να μάθουν μέσω διερεύνησης (Windschitl et al., 2008). Η επικεντρωμένη στα μοντέλα διερεύνηση, αποτελεί μια διδακτική προσέγγιση κατά την οποία οι μαθητές εμπλέκονται στην επιστημονική διερεύνηση, που εστιάζει το ενδιαφέρον της στη χρήση, στη δημιουργία, στην αξιολόγηση και την αναθεώρηση των επιστημονικών μοντέλων, τα οποία μπορούν να εφαρμοστούν για να κατανοήσουμε και να προβλέψουμε τον φυσικό κόσμο. Επιπλέον, προωθεί την ανάπτυξη μεταγνωστικών δεξιοτήτων ρύθμισης της γνώσης, όπως της παρακολούθησης και της αξιολόγησης των πρακτικών που υιοθετούν τη χρήση μοντέλων κατά τη διερευνητική διαδικασία. Ανοιχτό θέμα που έχει προσελκύσει το ερευνητικό ενδιαφέρον,

αποτελεί η συσχέτιση μεταξύ των επιστημολογικών πεποιθήσεων των μαθητών για τα μοντέλα και της γνώσης του περιεχομένου πριν και την εμπλοκή τους σε κατάλληλες πρακτικές μοντελοποίησης. Χρειάζεται περισσότερη έρευνα σε αυτό το θέμα, αν και οι πρώτες ενδείξεις είναι μάλλον θετικές (Cheng et al., 2014; Seel, 2017; Soulios & Psillos, 2016; Sins et al., 2009).

Συμπεράσματα

Τα τεχνολογικά εργαλεία αποτελούν προϊόντα αλληλεπίδρασης της κοινωνίας με την τεχνολογία και τη φύση. Η χρήση τους καθορίζεται από αυτή τη διαλεκτική σχέση και δεν μπορούν να νοηματοδοτηθούν εκτός των ανθρωπίνων σχέσεων. Στην εκπαίδευση, δεν ενδιαφέρουν μόνο τα χαρακτηριστικά και οι ιδιότητες των ψηφιακών τεχνημάτων αλλά και πώς μπορούν να αξιοποιηθούν στο πλαίσιο του εκπαιδευτικού και κοινωνικού περιβάλλοντος. Στην παρούσα εργασία εξετάσαμε τις παροχές και την αξιοποίηση των ψηφιακών τεχνολογιών σε συνάρτηση με τις σύγχρονες έρευνες, τις διδακτικές προσεγγίσεις και τις θεωρίες στο πεδίο της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών. Η παρουσίαση και ανάλυση ερευνών και εφαρμογών δείχνει ότι η ένταξη των τεχνολογιών στη διδασκαλία και μάθηση των Φυσικών Επιστημών, υπό την προϋπόθεση ότι πληρούνται κατάλληλες συνθήκες όπως υποδομές, αναλυτικά προγράμματα και επιμόρφωση εκπαιδευτικών, μπορεί να συντελέσει στον δραστικό μετασχηματισμό και την πολυδιάστατη εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες και να δημιουργήσει νέα πεδία έρευνας στη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών.

Ευχαριστίες

Ευχαριστώ τους Α. Μολοχίδη, Α. Σαμαντά, Θ. Ταραμόπουλο για τις παρατηρήσεις και τα εποικοδομητικά σχόλια κατά την συγγραφής της εργασίας.

Η εργασία αυτή υποστηρίχθηκε από το έργο «Μελέτη των αναπτυξιακών πτυχών του επιστημονικού εγγραμματισμού εκπαιδευόμενων σε συνθήκες τυπικής και άτυπης εκπαίδευσης με την χρήση εικονικών εργαστηρίων και γεωγραφικών δεδομένων» (κωδ. MIS/ΟΠΣ 5002552). Το έργο εντάσσεται στη «Δράση Στρατηγικής Ανάπτυξης Ερευνητικών & Τεχνολογικών Φορέων» του προγράμματος ΕΠΑνΕΚ 2014-2020 και συγχρηματοδοτείται από το ΕΤΠΑ.

Βιβλιογραφία

ΙΕΠ (2014). Πρόγραμμα Σπουδών Φυσικών Επιστημών Δημοτικού για το «Νέο Σχολείο»

Κουκιόγλου, Σ., Ψύλλος, Δ. (2019). Ενισχύοντας τις επιστημολογικές αντιλήψεις μαθητών γυμνασίου για τα επιστημονικά μοντέλα. 11ο Πανελλήνιο Συνέδριο- ΕΝΕΦΕΤ-Φλώρινα

Ταραμόπουλος, Α. & Ψύλλος, Δ. (2013). Σύγκριση πραγματικού και εικονικού εργαστηρίου ως προς την ικανότητα κατασκευής πραγματικών ηλεκτρικών κυκλωμάτων για μαθητές Γυμνασίου 8ο Πανελλήνιο Συνέδριο Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση (ΕΝΕΦΕΤ), Πρακτικά σελ. 280-287, Βόλος.

Ταραμόπουλος, Α. & Ψύλλος, Δ. (2016). Αποτελεσματικότητα των εικονικών εργαστηριακών περιβαλλόντων στη διδασκαλία των ηλεκτρικών κυκλωμάτων στην Ελληνική Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση. Πρακτικά 10ου Πανελλήνιου και Διεθνούς Συνεδρίου "Οι ΤΠΕ στην Εκπαίδευση", Επιμέλεια: Α. Μικρόπουλος, Ν. Παπαχρήστος, Α. Τσιάρα, Π. Χαλκή, 23-25 Σεπτεμβρίου 2016, Ιωάννινα, σελ. 447-453.

Χατζηκρανιώτης Ε., Μολοχίδης Α. (2017). Εισάγοντας μαθητές Γυμνασίου σε πειραματικές διερευνητικές δραστηριότητες. Στο Σταύρου Δ., Μιχαηλίδη Α. & Κοκολάκη Α. (2017). Πρακτικά 10ου Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση – Γεφυρώνοντας το Χάσμα μεταξύ Φυσικών Επιστημών, Κοινωνίας και Εκπαιδευτικής Πράξης, 7-9 Απριλίου 2017 (σσ. 689-697). Ρέθυμνο: Εκδόσεις GUTENBERG. ISBN: 978-960-86978-3-6

Ψύλλος, Δ., Μολοχίδης Α. (2017). Μελέτη επαναληπτικά εξελισσόμενης διδακτικής ακολουθίας για τη θερμική αγωγιμότητα των υλικών. Στο Σταύρου Δ., Μιχαηλίδη Α. & Κοκολάκη Α. (2017). Πρακτικά 10ου Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση – Γεφυρώνοντας το Χάσμα μεταξύ Φυσικών Επιστημών, Κοινωνίας και Εκπαιδευτικής Πράξης, 7-9 Απριλίου 2017 (σσ. 1213-1216). Ρέθυμνο: Εκδόσεις GUTENBERG. ISBN: 978-960-86978-3-6.

Ainsworth, S., Bibby, P. & Wood, D. (2002). Examining the Effects of Different Multiple Representational Systems in Learning Primary Mathematics, Journal of the Learning Sciences, 11(1): 25-61, doi: 10.1207/S15327809JLS1101_2.

Anastasiades P & Zaranis N (2016) (Eds). Research on e-Learning and ICT in Education Technological, Pedagogical and Instructional Perspectives. Springer.

Andersson, B. & Bach, F. (2005). On designing and evaluating teaching sequences taking geometrical optics as an example. Sci. Ed., 89: 196-218. doi:10.1002/sce.20044.

Bryce, C. M., Baliga, V. B., Nesnera, K. L. D., Fiack, D., Goetz, K., Tarjan, L. M. & Ash, D. (2016). Exploring models in the biology classroom. *The American Biology Teacher,* 78(1), 35-42.

Bumbacher E, Salehi S, Wieman C, Blikstein P (2017). Tools for Science Inquiry Learning: Tool Affordances, Experimentation Strategies, and Conceptual Understanding. Journal of Science Education and Technology.

Campbell, T., Seok, Oh P., Maughn, M., Kiriazis, N. & Zuwallack, R. (2015). A Review of Modeling Pedagogies: Pedagogical Functions, Discursive Acts, and Technology in Modeling Instruction *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education* 11(1), 159-176.

Capobianco, B.M. (2007). A Self-Study of the Role of Technology in Promoting Reflection and Inquiry-Based Science Teaching. J Sci Teacher Educ 18, 271–295. https://doi.org/10.1007/s10972-007-9041-z

Cheng, M. F., Lin, J. L., Chang, Y. C., Li, H. W., Wu, T. Y. & Lin, D. M. (2014). Developing explanatory models of magnetic phenomena through model-based inquiry. *Journal of Baltic Science Education*, 13(3), 351-360.

Crawford, B. (2014). From inquiry to scientific practices in the science classroom. In N. G. Lederman & S. K. Abell (Eds.), *Handbook of research on science education, Vol. II* (pp. 515–541). New York, NY: Routledge.

Design-Based Research Collective. (2003). Design-based research: An emerging paradigm for educational inquiry. *Educational Researcher, 32*, 5-8. doi:10.3102/0013189X 032001005.

Duit, R. & Treagust, D. (1998). Learning in science: From behaviourism towards social constructivism and beyond. In B. Fraser & K. Tobin, Eds. *International Handbook of Science Education* (pp. 3-25). Dordrecht, The Netherlands: Kluwer.

Duit, R., Gropengieier, H. & Kattmann, U. (2005). Towards science education research that is relevant for improving practice: The model of educational reconstruction. In H. E. Fischer (Ed.), *Developing standards in research on science education* (pp. 1–9). London: Taylor & Francis.

Duschl, R. & Grandy,R. (2008).Teaching Scientific Inquiry: Recommendations for Research and Implementation.,Sense Publishers,Rotterdam, Netherlands.

Finkelstein N.D., Adams W.K., Keller C.J., Kohl P.B., Perkins K.K., Podolefsky N.S., and Reid S. (2005) When learning about the real world is better done virtually: A study of substituting computer simulations for laboratory equipment, *Physical Review Special Topics - Physics Education Research, 1, p. 1-8.*

Fuhrmann, T., Schneider, B., Blikstein, P. (2018). Should students design or interact with models? Using the Bifocal Modelling Framework to investigate model construction in high school science. International Journal of Science Education 40(8):867-893.

Jaakkola T, Veermans K (2015). Effects of abstract and concrete simulation elements on science learning. Journal of Computer Assisted Learning 31:300-313.

Johnson A. M, Reisslein J, Reisslein M (2013). Representation sequencing in computer-based engineering education. Computers & Education 72:249-261.

Kalyuga, S. (2007). Expertise reversal effect and its implications for learner-tailored instruction. Educational Psychology Review, 19, 509-539.

Karagianni, C. & Psillos, D. (2015). Learning with an about non-linear nature of inquiry. Proceeding ESERA Conference, Helsinki, 31 August- 4 September.

Kelly, A., Baek, J., Lesh, R. & Bannan-Ritland, B. (2008). Enabling innovations in education and systematizing their impact. In: Kelly, A. E., Lesh, R. &Baek. J. (Eds.). (2008a). Handbook of design research methods in education: Innovations in science, technology, mathematics and engineering learning and teaching (pp. 3–16) New York: Routledge.

Klahr, D.; Triona, L.M. & Williams, C. (2007). Hands on what? the relative effectiveness of physical versus virtual materials in an engineering design project by middle school children
Journal of Research in Science Teaching, vol. 44, no. 1, p. 183-203.

Lefkos I, Psillos D, Hatzikraniotis E (2011) Designing experiments on thermal interactions by secondary students in a simulated laboratory environment. Research in Science & Technological Education 29(2):189-204.

Lijnse, P. (2010). Didactical structures as an outcome of research on teaching-learning sequences. In K. Kortland & K. Klaassen (Eds.), *Designing theory-based teaching – Learning sequences*.

Louca, L. T. & Zacharia, Z. C. (2012). Modeling-based learning in science education: Cognitive, metacognitive, social, material and epistemological contributions. *Educational Review*, *64*(4), 471–492.
https://doi.org/10.1080/00131911.2011.628748.

Méheut, M. & Psillos, D. (2004). Teaching-Learning Sequences: aims and tools for science education research. *International Journal of Science Education, 26*(5), 515-535. doi:10.1080/09500690310001614762.

Moore, E. B., Chamberlain, J. M., Parson, R. & Perkins, K. K. (2014). PhET interactive simulations: Transformative tools for teaching chemistry. *Journal of Chemical Education*, 91(8), 1191-1197.

Moreno R, Ozogul G & Reisslein M (2011). Teaching with concrete and abstract visual representations: Effects on students' problem solving, problem representations, and learning perceptions. Journal of Educational Psychology 103(1): 32-47.

Olympiou, G., Zacharias, Z. & deJong, T. (2013). Making the invisible visible: Enhancing students' conceptual understanding by introducing representations of abstract objects in a simulation. *Instructional Science*, *41*(3), 575–596. https://doi.org/10.1007/s11251-012-9245-2

Osborne, J. & Dillon, J. (2008). *Science education in Europe: Critical reflections* (Vol. 13). London: The Nuffield Foundation.

Psillos, D. & Kariotoglou, P., (2016). Theoretical Issues Related to Designing and Developing Teaching-Learning Sequences. In Dimitris Psillos & P. Kariotoglou (Eds.), *Iterative Design of Teaching-Learning Sequences* (pp. 11–34). https://doi.org/10.1007/978-94-007-7808-5_2

Riesen, S., Gijlers, H., Anjewierden A., de Jong, T., (2018). Supporting learners' experiment designEducation Tech Research Dev https://doi.org/10.1007/s11423-017-9568-4

Rocard, M. (2007). *Science education now: a renewed pedagogy for the future of Europe*. EU report on science education_en.pdf. Retrieved 31 January 2011.

Ruten N, van Joolingen W. R, van der Veen J. T (2012). The learning effects of computer simulations in science education. Computers & Education 58:136-153.

Ruthven K, Colette Laborde, John Leach, and Andrée Tiberghien (2009). Design Tools in Didactical Research: Instrumenting the Epistemological and Cognitive Aspects of the Design of Teaching Sequences Educational Researcher, Vol. 38, No. 5, pp. 329–342 DOI: 10.3102/0013189X09338513

Sadeh, I. & Zion, M. (2009). The development of dynamic inquiry performances within an open inquiry setting: A comparison to guided inquiry setting. *Journal of Research in Science Teaching* 46:1137–1160.

Schwarz, C. V. & White, B. Y. (2005). Metamodeling knowledge: Developing students' understanding of scientific modeling. Cognition & Instruction, 23(2), 165–205. doi:10.1207/s1532690xci2302_1

Seel, N. M. (2017). Model-based learning: A synthesis of theory and research. *Educational Technology Research and Development,* 65(4), 931-966.

Sins P.H.M, Savelsbergh, E.R., van Joolingen, W.R. & van Hout-Wolters B.H.A.M (2009) The Relation between Students' Epistemological Understanding of Computer Models and their Cognitive Processing on a Modelling Task, International Journal of Science Education, 31:9, 1205-1229, DOI: 10.1080/09500690802192181.

Smetana, L. & Bell, R. (2012). Computer Simulations to Support Science Instruction and Learning: A critical review of the literature, International Journal of Science Education, 34:9, 1337-1370, DOI: 10.1080/09500693.2011.605182.

Soulios, I. & Psillos, D. (2016). Enhancing student teachers' epistemological beliefs about models and conceptual understanding through a model-based inquiry process. International Journal of Science Education, 38(7):1212-1233.

Stavrou, D., Michailidi, E. & Sgouros, G. (2018). Development and dissemination of a teaching learning sequence on nanoscience and nanotechnology in a context of communities of learners. Chemistry Education Research and Practice, 19(4), 1065–1080.

Strippel, C & Sommer, S. (2015). Teaching Nature of Scientific Inquiry in Chemistry: How do German chemistry teachers use labwork to teach NOSI?, International Journal of Science Education, 37(18): 2965-2986, DOI: 10.1080/09500693.2015.1119330.

Taramopoulos, A. & Psillos, D. (2019). Promoting Representational Fluency through Dynamically Linked Concrete and Abstract Representations in Electric Circuits. Journal of Science Education and Technology 28(6):638-650.

Taramopoulos, A. & Psillos, D. (2017). Complex phenomena understanding in electricity through dynamically linked concrete and abstract representations. Journal of Computer Assisted Learning 33(2): 151-163.

Tarantino, G., Fazio, C. & Guastella, I. (2005). Designing and Validating a Teaching/ Learning Sequence about Elastic Wave Propagation: The Role of Pedagogical Tools. In Pinto, R and Couso, D. (eds.), *Proceedings of the fifth international conference of ESERA* (Barcelona, Spain).

Testa, Italo, Lombardi, S., Monroy, G. & Sassi, E. (2016). Integrating Science and Technology in School Practice Through the Educational Reconstruction of Contents. In Dimitris Psillos & P. Kariotoglou (Eds.), *Iterative Design of Teaching-Learning Sequences* (pp. 101–125). https://doi.org/10.1007/978-94-007-7808-5_6

Vorholzer, A., Von Aufschnaiter, C. & Boone, W.J. (2020). Fostering Upper Secondary Students' Ability to Engage in Practices of Scientific Investigation: a Comparative Analysis of an Explicit and an Implicit Instructional Approach. *Res Sci Educ* 50, 333-359 doi.org/10.1007/s11165-018-9691-1.

Wang, T.L. & Tseng, Y.K. (2018). The comparative effectiveness of physical, virtual, and virtual-physical manipulatives on third-grade students' science achievement and conceptual understanding of evaporation and condensation. *International Journal of Science and Mathematics Education, 16*(2), 203-219. doi:10.1007/s10763-016-9774-2.

Windschitl, M., Thompson, J. & Braaten, M. (2008). Beyond the scientific method: Model-based inquiry as a new paradigm of preference for school science investigations. Science Education, 92(5), 941-967. doi:10.1002/sce.20259.

Wiser, M. & Amin, T. G. (2001). Is heat hot? Inducing conceptual change by integrating everyday and scientific perspectives on thermal phenomena. *Learning and Instruction* 11:331-335.

Zacharias, Z. C. & Olympiou, G. (2011). Physical versus virtual manipulatives: Rethinking physics experimentation. *Learning and Instruction, 21, 317-331.*

Zhang, Z.H. & Linn, M.C. (2011). Can generating representations enhance learning with dynamic visualizations?. *J. Res. Sci. Teach.*, 48: 1177-1198. doi:10.1002/tea.20443.

Zoupidis A., Spyrtou A., Malandrakis, G. & Kariotoglou, P. (2016). A Teaching Learning Sequence for introducing inquiry aspects and density as materials' property, in floating / sinking phenomena: the process of the sequence refinement. In Iterative design of teaching-learning sequences: introducing the science of materials in European schools, Springer Dordrecht Heidelberg New York London, ISBN-13:978-94-007-7807-8, p.167-199, DOI:10.1007/978-94-007-7808-5.

Συνοπτικό Βιογραφικό Σημείωμα

Δημήτρης Ψύλλος: Διετέλεσε Καθηγητής της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και της Εκπαιδευτικής Τεχνολογίας στο Παιδαγωγικό Τμήμα ΔΕ, ΑΠΘ. Έχει Πτυχίο Φυσικής, ΑΠΘ, MED και PhD, Exeter UK, στις Επιστήμες της Εκπαίδευσης, ειδίκευση στη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών. Δίδαξε στα Τμήματα Φυσικής, Χημείας, ΠΤΔΕ του ΑΠΘ, Επιστημών Αγωγής (Κύπρος) μαθήματα Φυσικής, Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών, Εκπαιδευτικής Τεχνολογίας σε προπτυχιακό μεταπτυχιακό επίπεδο. Διδάσκει σε ΠΜΣ στο ΑΠΘ, Παιδαγωγικό Τμήμα ΔΕ και Τμήμα Φυσικής καθώς και στο Πανεπιστήμιο Δ. Μακεδονίας. Διηύθυνε ερευνητικά προγράμματα, ήταν κριτής σε περιοδικά και συνέδρια. Διετέλεσε, μεταξύ άλλων, Πρόεδρος της ΕΣΕΡΑ και της ΕΝΕΦΕΤ. Στο έργο του περιλαμβάνονται δημοσιεύσεις σε έγκριτα διεθνή και ελληνικά περιοδικά, σε πρακτικά συνεδρίων, καθώς και εκδόσεις βιβλίων που αφορούν στη διερεύνηση και μοντελοποίηση των αντιλήψεων μαθητών και εκπαιδευτικών, στο σχεδιασμό και ανάπτυξη καινοτόμων διδακτικών προσεγγίσεων, Διδακτικών Μαθησιακών Ακολουθιών, στην ανάπτυξη και διερεύνηση μαθησιακών περιβαλλόντων βασισμένων σε ΤΠΕ, στην επιμόρφωση εκπαιδευτικών στη Διδακτική των ΦΕ και στις ΤΠΕ.