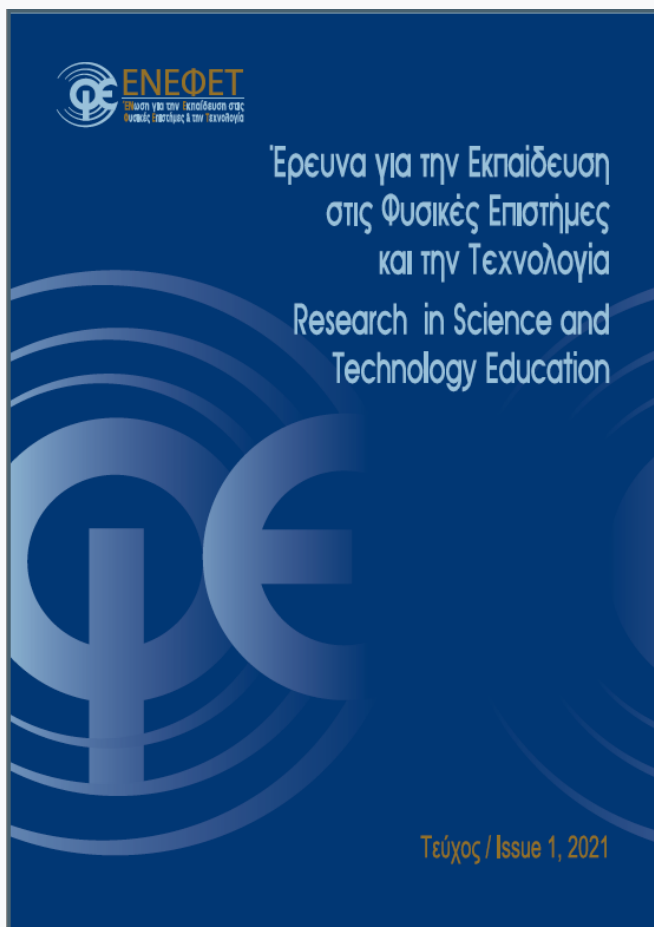


Έρευνα για την Εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες και την Τεχνολογία

Τόμ. 1, Αρ. 1 (2021)

Ειδικό Τεύχος



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

Πέτρος Π. Καριώτογλου

doi: [10.12681/riste.27268](https://doi.org/10.12681/riste.27268)

Βιβλιογραφική αναφορά:

Καριώτογλου Π. Π. (2021). Ο Διδακτικός Μετασχηματισμός Περιεχομένου και η Αναγκαιότητα στη Διδακτική Φυσικών Επιστημών: Ζητήματα, Ευρήματα και Προτάσεις. *Έρευνα για την Εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες και την Τεχνολογία*, 1(1), 39–62. <https://doi.org/10.12681/riste.27268>

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 μετασχηματισμός 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, υponοείται 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 υponοούμενα από τους εκπαιδευτικούς από συστάσεις 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 συμβάλει στην αρχική ή και την ενδoύπηρεσιακή 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 έμφαση 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 επιστημονικής 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 συμπίεστικότητα 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 ονομάστηκαν 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 (Borghì 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 20^{ου} 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 κλασική 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 ανιχνεύθηκαν 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) (Spyritou 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 μετασηματισμένη/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, Srygrou et al., 2008; Ζουπίδης 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 εύρηστο, 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 μπουλ 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 αντιστοίχιση 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 NET (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 νανο-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. Επιλέχθηκαν 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 κλασική εισαγωγή:

- A) 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 αντιστοίχιση 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 7^{ου}, 8^{ου}, 9^{ου} και 10^{ου} 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 NET, 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 20^{ου} 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: πώς 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 πώς 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 στοχαστικό 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 (ΕΥ 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; ΕΥ, 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 αναφορές.



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 7^{ου} πανελληνίου 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.enepnet.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 9^{ου} Συνεδρίου ΕΝΕΦΕΤ, σελ. 313-320, Θεσσαλονίκη.
- Καρώτογλου, 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.enepnet.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, Α. 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 Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση Αλληλεπιδράσεις Εκπαιδευτικής Έρευνας και Πράξης στις Φυσικές Επιστήμες, σελ. 398 - 405. <http://www.7seferet.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-ΠΑΜ, 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 - ΠΑΜ.



- 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. Παπαδοπούλου (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 Πανελληνίου 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 Enseigné*, Editions Pensée 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 Berkeley, 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. & Koutsyiannis, 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. Εργάστηκε 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/>).