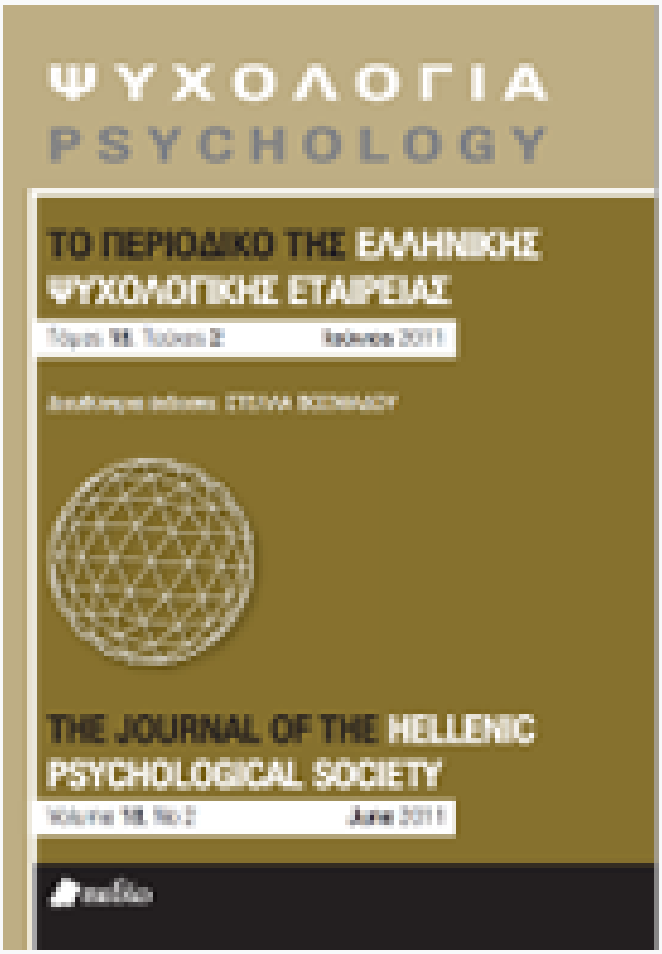
ePublishing

Psychology: the Journal of the Hellenic Psychological Society

Vol 18, No 1 (2011)



Conceptual change in physics learning and the role of physics-related personal epistemology

Χριστίνα Σταθοπούλου

doi: 10.12681/psy_hps.23707

Copyright © 2020, Χριστίνα Σταθοπούλου

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0.

To cite this article:

Σταθοπούλου Χ. (2020). Conceptual change in physics learning and the role of physics-related personal epistemology. *Psychology: The Journal of the Hellenic Psychological Society*, *18*(1), 37–53. https://doi.org/10.12681/psy_hps.23707

https://epublishing.ekt.gr | **e-Publisher:** EKT | **Downloaded at:** 12/02/2026 08:43:54

 ΨΥΧΟΛΟΓΙΑ, 2011, 18 (1) ◆ 37-53

Η εννοιολογική αλλαγή στη μάθηση της φυσικής και ο ρόλος της σχετικής με τη φυσική προσωπικής επιστημολογίας

ΧΡΙΣΤΙΝΑ ΣΤΑΘΟΠΟΥΛΟΥ[1]

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα εργασία διερευνάται ο ρόλος της σχετικής με τη φυσική προσωπικής επιστημολογίας στη διαδικασία της εννοιολογικής αλλαγής, κατά τη μάθηση της φυσικής. Σύμφωνα με τη θεωρητική θέση που υιοθετείται, η σχετική με τη φυσική προσωπική επιστημολογία συνδέεται στενά, άμεσα και έμμεσα, με την εννοιολογική αλλαγή στη μάθηση της φυσικής. Πιο συγκεκριμένα, θεωρείται ότι οι προσωπικές πεποιθήσεις αναφορικά με τη φύση της γνώσης και του γνωρίζειν μπορούν να εμποδίσουν ή να διευκολύνουν την εννοιολογική αλλαγή, επηρεάζοντας με άμεσο και έμμεσο τρόπο το είδος των πληροφοριών που επιλέγονται από το φυσικό και κοινωνικό-πολιτισμικό περιβάλλον, καθώς και την ερμηνεία αυτών των πληροφοριών. Παρουσιάζονται αποτελέσματα από μελέτες που πραγματοποιήθηκαν για να διερευνηθεί η σχέση της προσωπικής επιστημολογίας με την εννοιολογική αλλαγή στη μάθηση της φυσικής, τα οποία υποστηρίζουν την υιοθετούμενη θεωρητική θέση.

Λέξεις-κλειδιά: Εννοιολογική αλλαγή, Μάθηση της φυσικής, Προσωπική επιστημολογία, Επιστημολογικές πεποιθήσεις.

1. Η εννοιολογική αλλαγή στη μάθηση της φυσικής

Η παρούσα εργασία διερευνά πτυχές της διαδικασίας της εννοιολογικής αλλαγής που συνδέεται στενά με τη μάθηση της φυσικής. Από τους γνωστικούς ψυχολόγους γίνεται σε γενικές γραμμές αποδεκτό, στο πλαίσιο της μελέτης της γνωστικής ανάπτυξης, ότι οι άνθρωποι επιλέγουν συγκεκριμένες αισθητηριακής φύσης πληροφορίες από το φυσικό περιβάλλον και τις οργανώνουν σε έννοιες και ευρύτερες εννοιολογικές δομές. Για παράδειγμα, τα παιδιά από τη βρεφική ακόμη ηλικία σχηματίζουν μια αρχική έννοια για τα φυσικά αντικείμενα η οποία αναφέρεται σε μια συμπαγή, συνεκτική οντότητα που διατηρείται στο χρόνο, ακολουθεί χωροχρονικά συνεχείς τροχιές, δεν διαπερνά άλλα φυσικά αντικείμενα και αλληλεπιδρά με αυτά μόνο με την επαφή (Spelke, 1990). Συνακόλουθες, καλά εδραιωμένες οντολογικές και επι-

1. Διεύθυνση: Διδάκτωρ Τμήματος Μεθοδολογίας, Ιστορίας και Θεωρίας της Επιστήμης, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Πανεπιστημιούπολη, 15771, Ιλίσια, Αθήνα, e-mail: chrp@otenet.gr

στημολογικές παραδοχές, δεσμεύσεις ή πεποιθήσεις διαμορφώνονται επί τη βάσει αυτών των πρώτων εννοιολογικών δομών (Vosniadou, 1994, 2002, 2003). Στο οντολογικό επίπεδο, παραδείγματος χάριν, τα φυσικά αντικείμενα θεωρούνται συμπαγείς και σταθερές οντότητες μέσα σε έναν χώρο ο οποίος ορίζεται με βάση την κατεύθυνση προς τα πάνω και προς τα κάτω, και όπου τα φυσικά αντικείμενα, εφόσον δεν στηρίζονται, κινούνται προς τα κάτω. Στο επιστημολογικό επίπεδο, ως αποτέλεσμα των πρώτων προσπαθειών των παιδιών να κατανοήσουν την κίνηση, διαμορφώνονται οι παραδοχές ότι η ακινησία/ηρεμία αποτελεί τη φυσική κατάσταση των αντικειμένων και κατά συνέπεια δεν χρειάζεται ερμηνεία, ενώ αντιθέτως η κίνηση χρειάζεται ερμηνεία επί τη βάσει ενός αιτιακού παράγοντα, όπως είναι η δύναμη, που θεωρείται μια ιδιότητα των κινούμενων αντικειμένων. Οι πληροφορίες που δέχονται τα παιδιά μέσω της παρατήρησης του φυσικού και κοινωνικού-πολιτισμικού περιβάλλοντος ερμηνεύονται υπό το φως αυτών των παραδοχών οντολογικού και επιστημολογικού χαρακτήρα και οδηγούν στη διαμόρφωση συγκεκριμένων στενών μεν αλλά αρκετά συνεκτικών εξηγητικών πλαισίων για τα φυσικά φαινόμενα, τα οποία έρχονται σε αντίθεση με τις επιστημονικά αποδεκτές θεωρίες. Με αυτή τη διαδικασία τα παιδιά αποκτούν ήδη, πριν από τα σχολικά τους χρόνια, μια ουσιώδη γνώση για τον φυσικό κόσμο, την οποία θα αποκαλούμε στη συνέχεια *αφελή φυσική* (Vosniadou, 2002, 2003, 2007). Η αφελής φυσική λοιπόν αποτελεί ένα εξαιρετικά περίπλοκο σύστημα πληροφοριών αντιληπτικού χαρακτήρα, πεποιθήσεων, προϋποθέσεων και νοητικών αναπαραστάσεων, και όχι απλώς ένα σύνολο είτε σταθερών, ανθεκτικών στη διδασκαλία, *παρανοήσεων*[2] που πρέπει να αντικατασταθούν (π.χ. Driver & Easley, 1978. McCloskey, 1983. Posner, Strike, Hewson, & Gertzog, 1982), είτε χαλαρά συνδεδεμένων αποσπασμάτων γνώσης (p-prims)[3] που προέρχονται από επιφανειακές ερμηνείες του φυσικού κόσμου (diSessa, 1988, 1993. Hammer, 1996. Smith, diSessa, & Rochelle, 1993). Σύμφωνα με την προσέγγιση η οποία υιοθετείται στην παρούσα εργασία, η μάθηση της φυσικής απαιτεί την οικοδόμηση από τους μαθητές και τις μαθήτριες ριζικά διαφοροποιημένων *θεωριών* σε σχέση με τις προϋπάρχουσες της αφελούς φυσικής. Με άλλα λόγια, μια ριζική εννοιολογική αλλαγή, ως αλλαγή θεωρίας, με όλες τις δυσκολίες που αυτή συνεπάγε-

2. Ο ευρέως χρησιμοποιούμενος, κυρίως από τους ερευνητές της διδακτικής της φυσικής, όρος παρανοήσεις (misconceptions) αναφέρεται, σύμφωνα με αυτή τη προσέγγιση προϋπάρχουσας γνώσης, σε εδραιωμένες αντιλήψεις των μαθητών, οι οποίες τους κατευθύνουν στο να αντιμετωπίζουν με συστηματικά εσφαλμένο τρόπο καταστάσεις και προβλήματα στη φυσική. Κάποιες από αυτές τις παρανοήσεις μπορεί να προϋπάρχουν της σχολικής διδασκαλίας και κάποιες να προκαλούνται ή να ενισχύονται από τη διδασκαλία, και είναι κατά κανόνα ιδιαίτερα ανθεκτικές σε αυτήν. Οι αντιλήψεις αυτές μπορούν, με κατάλληλες διδακτικές στρατηγικές, να αντικατασταθούν από τις επιστημονικά αποδεκτές, ή απλώς να εξαλειφθούν. Οι Posner, Strike, Hewson και Gertzog (1982) παραλληλίζουν τη διαδικασία αντικατάστασης των παρανοήσεων με την κατά τον Kuhn (1970) *αλλαγή παραδείγματος* –ή με την κατά τον Lakatos (1970) *αλλαγή ερευνητικού προγράμματος*.

3. Κατά τον diSessa (1988, 1993), η προϋπάρχουσα γνώση των μαθητών έχει το χαρακτήρα ενός μη δομημένου συνόλου πολλών «φαινομενολογικών αρχών» (p-prims) που προέρχονται από επιφανειακές ερμηνείες του φυσικού κόσμου και εξαρτώνται στενά από το πλαίσιο αναφοράς. Τα αποσπασματικά αυτά στοιχεία γνώσης οργανώνονται προοδευτικά σε ένα εννοιολογικό δίκτυο και η ενεργοποίησή τους εξαρτάται από τις συνδέσεις που δημιουργούνται μέσα σε αυτό το δίκτυο. Αυτή η μετατροπή των φαινομενολογικών αρχών από μεμονωμένες, αυτο-εξηγητικές οντότητες σε τμήματα ενός συστήματος πολύπλοκων δομών γνώσης, όπως είναι οι νόμοι της φυσικής, από τις οποίες δομές πηγάζουν εξηγήσεις και τεκμηριώσεις, συνιστά κατά τον diSessa (1993, σ. 114) τη μάθηση της φυσικής. Η προϋπάρχουσα γνώση λοιπόν έχει έναν ουσιώδη, παραγωγικό ρόλο στη μάθηση, καθώς αποτελεί τη βάση επί της οποίας οικοδομούνται έννοιες της φυσικής που προσεγγίζουν ολοένα και περισσότερο τις επιστημονικά αποδεκτές. Κατά συνέπεια, οι παρανοήσεις πρέπει να θεωρούνται απλώς ως λανθασμένες προεκτάσεις μιας παραγωγικής γνώσης, δεν είναι κατ' ανάγκη ανθεκτικές στην αλλαγή και δεν είναι αναγκαίο η διδασκαλία να εστιάζει στην αναγνώριση και την αντικατάστασή τους (Smith, diSessa, & Rochelle, 1993).

ται, απαιτείται στη μάθηση πολλών εννοιών της σχολικής φυσικής (Carey, 1985, 2000. Vosniadou, 1994, 1999, 2003, 2007. Vosniadou & Brewer 1994).

Η προσέγγιση της αφελούς φυσικής ως βάσης γνώσης που απαιτεί ριζική αναδιοργάνωση μπορεί να εξηγήσει το φαινόμενο των *παρανοήσεων* οι οποίες παρατηρούνται σε όλα τα επίπεδα της εκπαίδευσης. Οι *παρανοήσεις* μπορούν να θεωρηθούν το αποτέλεσμα μιας μη συνειδητής διαδικασίας συμβιβασμού πληροφοριών από μη συμβατά εξηγητικά πλαίσια, όπως είναι τα αρχικά εξηγητικά πλαίσια των μαθητών/μαθητριών για τα φυσικά φαινόμενα και οι επιστημονικά αποδεκτές θεωρίες. Με άλλα λόγια, οι *παρανοήσεις* δημιουργούνται καθώς οι μαθητές/μαθήτριες προσθέτουν στην προϋπάρχουσα βάση γνώσης τους κάποιες πλευρές των επιστημονικά αποδεκτών θεωριών, οι οποίες τους παρουσιάζονται μέσω της διδασκαλίας (Ioannides & Vosniadou, 2002. Vosniadou, 1999, 2002)[4].

Στη Δυναμική, για παράδειγμα, έχει βρεθεί (Ioannides & Vosniadou, 2002) ότι οι μαθητές/μαθήτριες οικοδομούν αρχικά την έννοια της *εσωτερικής δύναμης,* δηλαδή μιας εσωτερικής ιδιότητας κάθε ακίνητου σώματος που συνδέεται με το μέγεθος και/ή το βάρος του. Σύμφωνα με τις προϋποθέσεις που είναι ενσωματωμένες στο αρχικό τους εξηγητικό πλαίσιο, οι μαθητές/μαθήτριες αντιλαμβάνονται την κίνηση των αντικειμένων όχι ως μια κατάσταση, αλλά ως μια διαδικασία που χρειάζεται εξήγηση. Η εξήγηση γίνεται επί τη βάσει ενός αιτιακού παράγοντα που είναι η δύναμη (αδιαφοροποίητη από το βάρος, σε πρώτη φάση). Η έννοια της *εσωτερικής δύναμης* αντικαθίσταται σταδιακά με την έννοια της *επίκτητης δύναμης* – γνωστής ως *impetus*–, δηλαδή μιας αποκτώμενης ιδιότητας των κινούμενων αντικειμένων. Η διδασκαλία, τουλάχιστον μέχρι το επίπεδο της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης, δεν φαίνεται να μπορεί να αλλάξει αποτελεσματικά την έννοια της *επίκτητης δύναμης*, καθώς δεν μπορεί εύκολα να επηρεάσει τις ενσωματωμένες στο αρχικό εξηγητικό πλαίσιο των μαθητών προϋποθέσεις για την κίνηση. Πιο συγκεκριμένα, η διδασκαλία φαίνεται ότι επιτυγχάνει απλώς την προσθήκη της ιδέας της *έλξης/ώθησης* (push/pull) και της βαρύτητας στην έννοια της *επίκτητης δύναμης*. Από τα στοιχεία αυτά γίνεται σε μεγάλο βαθμό σαφές ότι η εννοιολογική αλλαγή στη μάθηση της φυσικής είναι μια αργή και σταδιακή διαδικασία η οποία επηρεάζεται ισχυρά από το κοινωνικό-πολιτισμικό περιβάλλον και μπορεί να προχωρήσει μέσα από τη σταδιακή αντικατάσταση των προϋποθέσεων και πεποιθήσεων της αφελούς φυσικής.

2. Η σχέση της εννοιολογικής αλλαγής στη μάθηση της φυσικής με την προσωπική επιστημολογία[5]

Στην προτεινόμενη από τους Posner, Strike, Hewson και Gertzog (1982), ευρείας απήχησης – ιδιαίτερα στο χώρο της διδακτικής της φυσικής–

4. Αρκετά συγγενής είναι η εξήγηση της Chi (1992) και συνεργατών της (Chi, De Leeuw, Chiu, & LaVancher, 1994. Reiner, Slotta, Chi, & Resnick, 2000), σύμφωνα με την οποία οι *παρανοήσεις* στη φυσική προκύπτουν όταν, προκειμένου να εξηγηθούν τα φυσικά φαινόμενα και να κατανοηθούν οι πληροφορίες από το περιβάλλον, αποδίδεται σε έννοιες της φυσικής λανθασμένο/ακατάλληλο οντολογικό περιεχόμενο. Για παράδειγμα, πολλές έννοιες της φυσικής που αφορούν σε διαδικασίες (π.χ. θερμότητα) θεωρούνται ύλη/ουσίες. Κατά συνέπεια, η εννοιολογική αλλαγή συνεπάγεται μετακίνηση από μια βασισμένη στην ύλη οντολογία σε μια βασισμένη σε διαδικασίες οντολογία.

5. Στην παρούσα εργασία επιλέγεται η χρήση του αρκετά γενικού όρου *προσωπική επιστημολογία* (Hofer & Pintrich, 1997), αντί του όρου *επιστημική νόηση* (epistemic cognition) που χρησιμοποιούν οι Karen King και Karen Kitchener ως ένα τρίτο επίπεδο επεξεργασίας πληροφοριών (μετά τη *νόηση* και τη *μετα-νόηση*), προκειμένου να αναφερθούν στην προσωπική θεώρηση «των ορίων του γνωρίζειν, της βεβαιότητας του γνωρίζειν και των κριτηρίων για το γνωρίζειν» (Kitchener, 1983, όπως αναφέρεται στο King & Kitchener, 2002, σ. 38). Ωστόσο, στην εργασία εμφανίζεται και ο όρος *επιστημολογικές πεποιθήσεις*, ο οποίος χρησιμοποιήθηκε και εξακολουθεί να χρησιμοποιείται ευρύτατα (π.χ. Hofer & Pintrich, 1997. Qian & Alverman, 1995. Schommer, 1990), αν και εσχάτως η χρήση του δέχεται κριτική (Alexander & Sinatra, 2007. Murphy, Alexander, Greene, & Edwards, 2007. Kitchener, 2002).

μοντελοποίηση της εννοιολογικής αλλαγής ως ορθολογικής διαδικασίας επισημαίνεται η ανάγκη να πληρούνται τέσσερις συνθήκες[6] προκειμένου να σημειωθεί εννοιολογική αλλαγή στο πλαίσιο της *εννοιολογικής οικολογίας* του μαθητή. Με τη χρήση της μεταφοράς *εννοιολογική οικολογία* περιγράφεται το προϋπάρχον δίκτυο των αλληλοσυνδεόμενων εννοιών που επηρεάζουν την επιλογή μιας νέας έννοιας η οποία έχει κεντρικό και οργανωτικό ρόλο στη σκέψη. Στην εννοιολογική οικολογία ανήκουν, σύμφωνα με τους Posner και συνεργάτες (1982), και οι προσωπικές επιστημολογικές δεσμεύσεις, δηλαδή παραδοχές ή απόψεις αναφορικά με τη φύση της γνώσης και του γνωρίζειν. Σε μια μεταγενέστερη, «αναθεωρητική» προσέγγιση αυτού του μοντέλου της εννοιολογικής αλλαγής, οι Strike και Posner τονίζουν ότι, προκειμένου να περιγραφεί ικανοποιητικά η εννοιολογική οικολογία του μαθητή και να κατανοηθεί η επίδρασή της στην εννοιολογική κατανόηση, πρέπει να ληφθούν υπόψη τα προσωπικά κίνητρα και οι στόχοι, καθώς και η θεσμική και κοινωνική τους προέλευση. (Strike & Posner, 1992, σ. 162).

Η ανάγκη να συμπεριληφθούν στα μοντέλα της εννοιολογικής αλλαγής μεταβλητές που αποτυπώνουν κίνητρα ή/και συγκινήσεις/συναισθήματα, όπως είναι οι προσωπικές πεποιθήσεις και στάσεις (για παράδειγμα, πεποιθήσεις αναφορικά με τη φύση της γνώσης και του γνωρίζειν, πεποιθήσεις αναφορικά με τη μάθηση και τον εαυτό ως υποκείμενο της μάθησης, ο προσανατολισμός των στόχων, τα είδη των κινήτρων, τα ενδιαφέροντα, οι αξίες κ.λπ.), τονίζεται επίσης από γνωσιακούς ψυχολόγους οι οποίοι αντιλαμβάνονται την εννοιολογική αλλαγή ως μη-καθαρά-ορθολογική διαδικασία (π.χ. Dole & Sinatra, 1998. Gregoire, 2003. Pintrich, 1999. Pintrich et al., 1993. Sinatra, 2005. Sinatra & Pintrich, 2003). Οι Qian και Alverman υποστηρίζουν ότι οι επιστημολογικές πεποιθήσεις των μαθητών επηρεάζουν έμμεσα τη διαδικασία της εννοιολογικής αλλαγής μέσω της επίδρασής τους στις στρατηγικές μάθησης αλλά και τις στρατηγικές κατανόησης (και μετα-κατανόησης) κειμένου. Την άποψη αυτή συμμερίζονται και άλλοι ερευνητές (π.χ. Ryan, 1984. Schommer, Crouse, & Rhodes, 1992). Οι Hofer και Pintrich (1997) επίσης υποστηρίζουν ότι οι προσωπικές επιστημολογικές πεποιθήσεις μπορούν να επηρεάζουν έμμεσα τις ακαδημαϊκές επιδόσεις μέσω της επίδρασής τους στον προσανατολισμό των στόχων. Οι επιστημολογικές πεποιθήσεις δηλαδή ενδέχεται να επιτρέπουν την επιλογή ορισμένου τύπου μαθησιακών στόχων, όπως είναι η κατάκτηση της γνώσης, η υψηλή επίδοση ή η απλή διεκπεραίωση καθηκόντων, οι οποίοι με τη σειρά τους είναι πιθανό να καθοδηγούν την επιλογή των γνωσιακών και μεταγνωσιακών στρατηγικών (βλ. επίσης Pintrich, 1999. Hofer, 2001). Επιπλέον, σύμφωνα με τη Hofer (2004, σσ. 46-47), οι επιστημολογικές πεποιθήσεις ως σύστημα πεποιθήσεων οργανωμένων σε «θεωρίες» δρουν στο μεταγνωσιακό επίπεδο και παίζουν ενεργό ρόλο στη διαχείριση των νέων πληροφοριών στο πλαίσιο της προσωπικής κατασκευής της γνώσης. Αυτό αφορά κυρίως καταστάσεις στις οποίες πρέπει να αντιμετωπιστούν σύνθετα/δυσεπίλυτα προβλήματα ανοιχτού τύπου και γενικότερα καταστάσεις στις οποίες εμφανίζονται αντικρουόμενοι ισχυρισμοί γνώσης που διεκδικούν την προσοχή και την αποδοχή. Παράλληλα, όπως επισημαίνει η Hofer, αυτές οι «θεωρίες» αναφορικά με τη γνώση και το γνωρίζειν μπορούν να λειτουργούν και ως κίνητρα που συνδέονται με τον προσανατολισμό των μαθησιακών στόχων.

Στη συνέχεια παρουσιάζεται η θεωρητική θέση που υιοθετείται στην παρούσα εργασία αναφορικά με τη φύση της προσωπικής επιστημολογίας και το ρόλο της στην εννοιολογική αλλαγή κατά τη μάθηση της φυσικής.

2.1. Προσωπική επιστημολογία: Θεωρητικά ζητήματα

Οι πιο διαδεδομένες θεωρητικές προσεγγίσεις της φύσης της προσωπικής επιστημολογίας

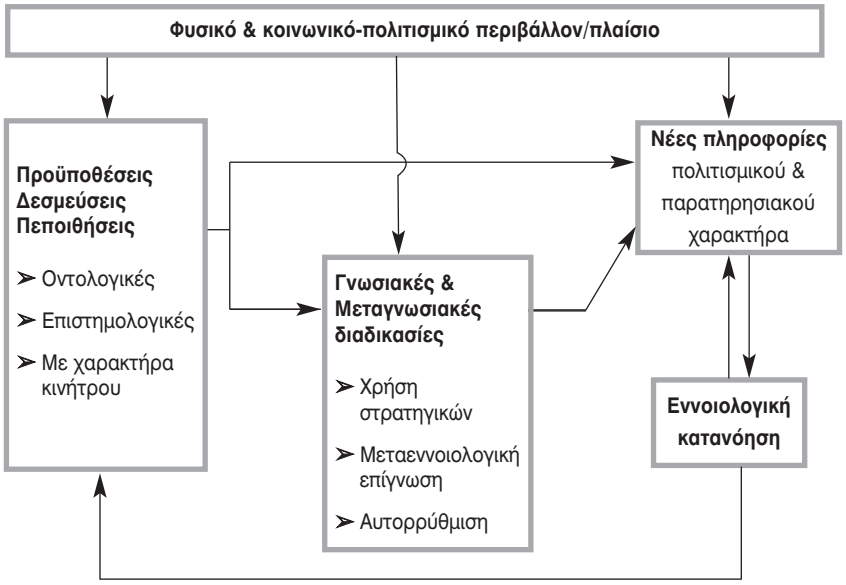
6. Οι συνθήκες αυτές αφορούν την *έλλειψη ικανοποίησης* από την υπάρχουσα, προς αντικατάσταση, έννοια, καθώς και την «*κατανοητότητα*», την «*ευλογοφάνεια*» και την *αποδοτικότητα/χρησιμότητα* της νέας έννοιας.

είναι η *μονοδιάστατη-αναπτυξιακή προσέγγιση* και η *πολυδιάστατη-γνωσιακή προσέγγιση*. Η πρώτη αντιλαμβάνεται την προσωπική επιστημολογία ως μια συνεκτική δομή η οποία μεταβάλλεται κατά τη διάρκεια της ανάπτυξης, ακολουθώντας μια αλληλουχία διακριτών θέσεων, σημείων θεώρησης, σταδίων ή επιπέδων και δεν επιτρέπει την οριζόντια, δηλαδή εντός ενός σταδίου ανάπτυξης, διαφοροποίηση (Baxter Magolda, 1992. Belenky, Clinchy, Goldberger, & Tarule, 1986. King & Kitchener, 1994. Kuhn, 1991. Perry, 1998). Αντιθέτως, η πολυδιάστατη-γνωσιακή προσέγγιση αντιλαμβάνεται την προσωπική επιστημολογία ως ένα σύστημα ολιγάριθμων διαστάσεων-πεποιθήσεων που δεν συμμεταβάλλονται κατ' ανάγκη, δηλαδή δεν αναπτύσσονται υποχρεωτικά με τον ίδιο ρυθμό. Η προσέγγιση αυτή εστιάζει στη σχέση των υποθετικών αυτών διαστάσεων-πεποιθήσεων με άλλες γνωσιακές δομές, όπως είναι, για παράδειγμα, η μάθηση (Schommer, 1990, 1994. Schommer, Crouse, & Rhodes, 1992).

Στην παρούσα εργασία υιοθετείται μια τρίτη προσέγγιση της προσωπικής επιστημολογίας, η οποία συνιστά, ως έναν βαθμό, συγκερασμό των δύο προσεγγίσεων που αναφέρθηκαν. Πρόκειται για την προσέγγιση της προσωπικής επιστημολογίας ως *θεωρητικού-τύπου δομής*, σύμφωνα με την οποία η προσωπική επιστημολογία αποτελεί αρχικά ένα στενό –αλλά σχετικά συνεκτικό– πλαίσιο πεποιθήσεων αναφορικά με τη φύση της γνώσης και του γνωρίζειν, δεδομένου του περιορισμένου εύρους εμπειρίας και πληροφόρησης από το περιβάλλον. Αυτό το πλαίσιο πεποιθήσεων, καθώς αυξάνονται η καθημερινή αισθητηριακή αλλά και η εν γένει κοινωνική-πολιτισμική εμπειρία και πληροφόρηση, τεμαχίζεται σταδιακά σε επιμέρους διαστάσεις, οι οποίες μεταβάλλονται με την πάροδο του χρόνου, όχι όμως όλες με τον ίδιο ρυθμό. Σύμφωνα με αυτή την προσέγγιση, η προσωπική επιστημολογία μπορεί να θεωρηθεί ως πολυδιάστατη δομή, αλλά πιο σύνθετη/οργανωμένη από ένα απλό σύνολο ανεξάρτητων πεποιθήσεων, καθώς οι επιμέρους διαστάσεις της θεωρούνται αλληλένδετες. Με άλλα λόγια, οι διαστάσεις της προσωπικής επιστημολογίας, έχοντας τη δομή και την οργάνωση θεωριών (ή ακριβέστερα θεωρητικού-τύπου δομών), μπορούν ενδεχομένως, αλληλεπιδρώντας σε μεγαλύτερο ή μικρότερο βαθμό, να αναπτύσσονται με κάποιον προβλέψιμο τρόπο, να ακολουθούν δηλαδή κάποιο υπόδειγμα ανάπτυξης (βλ. επίσης Hofer, 2000, 2004. Hofer & Pintrich, 1997).

Η ιδέα ότι οι γνωσιακές δομές μπορούν να περιγραφούν ως θεωρίες προέρχεται από δύο πεδία έρευνας στο χώρο της ψυχολογίας, τα οποία αφορούν τη διερεύνηση και περιγραφή πτυχών της εξελισσόμενης σκέψης του παιδιού. Το πρώτο εστιάζει στις έννοιες και την εννοιολογική αλλαγή (π.χ. Carey, 1985. Vosniadou & Brewer, 1994), ενώ το δεύτερο επικεντρώνεται κυρίως στη θεωρία του νου (π.χ. Wellman, 1990). Και στις δύο περιπτώσεις ο όρος «θεωρία» χρησιμοποιείται για να περιγράψει, σε γενικές γραμμές, αιτιακού χαρακτήρα εξηγητικές δομές, προϊόντα του κοινού νου, με κάποια συνοχή.

Η θέση που υιοθετείται στην παρούσα εργασία είναι από πολλές απόψεις συγγενής με τη θέση της Carey (1985) και της Βοσνιάδου (Vosniadou, 1994), ότι τα παιδιά από πολύ μικρή ηλικία, έχοντας βιολογικά βασισμένες προδιαθέσεις και αλληλεπιδρώντας με το φυσικό και κοινωνικό-πολιτισμικό τους περιβάλλον, οικοδομούν αφελείς θεωρίες (θεωρίες-πλαίσια). Οι θεωρίες αυτές ενσωματώνουν ιδέες και σχέσεις αιτιακού χαρακτήρα, καθώς και βασικές οντολογικές δεσμεύσεις, επιτρέπουν συγκεκριμένες προβλέψεις και εξηγήσεις με βάση τις διαθέσιμες πληροφορίες και μπορούν να διαφοροποιούνται αλλά και να αναδιοργανώνονται ριζικά. Ο όρος «θεωρία» δεν χρησιμοποιείται για να περιγράψει μια δομή όμοια με μια καλά οργανωμένη επιστημονική θεωρία, καθώς υπάρχουν πολλές και ουσιώδεις διαφορές. Για παράδειγμα, μια αφελής θεωρία δεν διακρίνεται από τη συστηματικότητα και την εσωτερική συνέπεια, την αφαιρετικότητα και τα γνωρίσματα κανονιστικού και κοινωνικού-θεσμικού χαρακτήρα (π.χ. ενδεχομενικότητα, διαψευσιμότητα/έλεγχο, δημοσιοποίηση /δημόσιο διάλογο) μιας επιστημονικής θεωρίας, ούτε βέβαια συνοδεύεται από μεταεννοιολογική επίγνωση (Vosniadou, 1994, 2002, 2007).



Σχήμα 1
Το προτεινόμενο θεωρητικό πλαίσιο σε αδρές γραμμές

Με βάση θεωρητικά μοντέλα της εννοιολογικής αλλαγής (π.χ. Dole & Sinatra, 1998. Gregoire, 2003. Pintrich, 1999. Pintrich et al., 1993. Sinatra, 2005. Vosniadou, 1994, 2003, 2007), η προσέγγιση της προσωπικής επιστημολογίας ως θεωρητικού τύπου δομής επιτρέπει την κατανόηση τόσο του μηχανισμού απόκτησης όσο και του μηχανισμού τροποποίησής της. Επιτρέπει, επιπλέον, τη συνύπαρξη αλληλένδετων ειδικών ανά περιοχή γνώσης και γενικών επιστημολογικών θεωρήσεων (οι οποίες, κατά το μάλλον ή ήττον, επηρεάζονται από το πλαίσιο). Με αυτό τον τρόπο μπορεί να εξηγηθεί η ενδεχόμενη εξειδίκευση ανά περιοχή γνώσης της προσωπικής επιστημολογίας (βλ. Buehl, Alexander, & Murphy, 2002. Hofer, 2000, 2004) καθώς και η επίδραση της γενικής και ειδικής ανά περιοχή γνώσης προσωπικής επιστημολογίας στην οικοδόμηση της γνώσης σε επιμέρους περιοχές, όπως είναι η φυσική (Hofer & Pintrich, 1997. Pintrich, 1999, 2002).

Κομβικό σημείο στη θεωρητική συζήτηση για την προσωπική επιστημολογία είναι το ποιος πρέπει να θεωρηθεί ο πυρήνας της προσωπικής επιστημολογίας και, κατά συνέπεια, τι πρέπει να μείνει έξω από τον ορισμό ή να θεωρηθεί ως σχετική αλλά διαφορετική δομή. Στην παρούσα εργασία θεωρείται ότι η προσωπική επιστημολογία αφορά προσωπικές πεποιθήσεις για τη φύση της γνώσης, δηλαδή τη δομή και τη σταθερότητα της γνώσης, και τη φύση του γνωρίζειν, δηλαδή την προέλευση και τεκμηρίωση των ισχυρισμών γνώσης (Hofer & Pintrich, 1997). Οι πεποιθήσεις αναφορικά με τη φύση της μάθησης και της ευφυΐας/νοημοσύνης, οι οποίες συνδέονται με την προσωπική επιστημολογία και ενδεχομένως επηρεάζουν την ακαδημαϊκή μάθηση και επίδοση (π.χ. Schommer, 1990), κρίνονται ως *περιφερειακές* διαστάσεις της προσωπικής επιστημολογίας (Hofer & Pintrich, 1997) και για λόγους θεωρητικής σαφήνειας δεν αποτελούν αντικείμενο μελέτης στην παρούσα εργασία.

2.2. Το προτεινόμενο θεωρητικό πλαίσιο

Η σχετική με τη φυσική προσωπική επιστημολογία μπορεί να έχει τόσο άμεση όσο και έμμεση

σχέση με την εννοιολογική κατανόηση της φυσικής. Όπως φαίνεται στο Σχήμα 1, οι επιστημολογικές πεποιθήσεις μπορούν να εμποδίσουν ή να διευκολύνουν με άμεσο ή έμμεσο τρόπο την εννοιολογική αλλαγή, όπως συμβαίνει και με τις οντολογικές προϋποθέσεις (Vosniadou, 1994), αλλά και άλλες πεποιθήσεις που αποτυπώνουν κίνητρα και συγκινήσεις/συναισθήματα (Pintrich, 1999. Pintrich & De Groot, 1994. Dole & Sinatra, 1998. Sinatra, 2005). Αυτό μπορεί να συμβεί διότι επηρεάζουν τόσο το είδος των πληροφοριών που επιλέγονται από το φυσικό και κοινωνικό-πολιτισμικό περιβάλλον, όσο και τον τρόπο με τον οποίο ερμηνεύονται αυτές οι πληροφορίες (Vosniadou, 1994, 2002, 2003. Vosniadou & Brewer, 1994).

Για παράδειγμα, οι πεποιθήσεις των μαθητών και μαθητριών αναφορικά με την απλή δομή και/ή τη βεβαιότητα της γνώσης στη φυσική είναι ενδεχόμενο να κατευθύνουν την προσοχή τους σε συγκεκριμένες, αποσπασματικές πληροφορίες πραγματολογικού χαρακτήρα, και να την απομακρύνουν από πολλαπλές, αντικρουόμενες πηγές πληροφόρησης. Αντίθετα, πεποιθήσεις αναφορικά με τη σύνθετη δομή και/ή την ενδεχομενικότητα-προσωρινότητα της γνώσης στη φυσική ενδέχεται να κατευθύνουν την προσοχή των μαθητών και μαθητριών σε παραδείγματα σχέσεων και στη μεταβολή τους με την πάροδο του χρόνου.

Οι επιστημολογικές πεποιθήσεις των μαθητών και μαθητριών μπορούν να επηρεάζουν όχι μόνο άμεσα αλλά και έμμεσα την εννοιολογική κατανόηση της φυσικής μέσω της επίδρασης σε γνωσιακές και μεταγνωσιακές διαδικασίες, όπως είναι ο προσανατολισμός των μαθησιακών στόχων, η χρήση στρατηγικών επεξεργασίας πληροφοριών, η αυτορρύθμιση κ.λπ. Για παράδειγμα, η πεποίθηση αναφορικά με την απλή δομή της γνώσης μπορεί να οδηγήσει στην υιοθέτηση στρατηγικών «μηχανικής» επανάληψης (rehearsal strategies) ώστε να επιτευχθούν η απομνημόνευση και η δυνατότητα ανάκλησης συγκεκριμένων, αποσπασματικών πληροφοριών, άρα και η επιδιωκόμενη υψηλή βαθμολογία. Μπορεί επίσης να οδηγήσει στην ταχεία και άκριτη αποδοχή της επιθυμητής, μίας και μοναδικής απάντησης/λύσης, και επομένως στην επιλογή της απομνημόνευσης ως κατάλληλης στρατηγικής μελέτης, εμποδίζοντας την προσωπική εμπλοκή στην αναζήτηση νοήματος μέσω της διερεύνησης εναλλακτικών απαντήσεων/λύσεων. Αντίθετα, η πεποίθηση ότι η γνώση αποτελεί ένα περίπλοκο σύστημα αλληλοσυνδεόμενων εννοιών μπορεί να οδηγήσει στην προσωπική προσπάθεια σύνδεσης των νέων πληροφοριών με την προϋπάρχουσα γνώση και στην επιλογή στρατηγικών για μάθηση που έχουν νόημα, με θετική επίδραση στην εννοιολογική κατανόηση της φυσικής (Novak, 2002).

Στο πλαίσιο της θεωρητικής θέσης που υιοθετείται στην παρούσα εργασία, μπορεί να εξηγηθεί ο ρόλος που έχουν στην εννοιολογική κατανόηση όχι μόνο οι επιμέρους διαστάσεις της προσωπικής επιστημολογίας, αλλά και συνδυασμοί των επιμέρους διαστάσεων (οι οποίες μάλιστα μπορεί να έχουν μεταβληθεί με διαφορετικό ρυθμό, δηλαδή να χαρακτηρίζονται από διαφορετικό βαθμό εκλέπτυνσης). Για παράδειγμα, η θεώρηση της γνώσης στη φυσική ως του αποτελέσματος προσωπικής εμπλοκής και ευθύνης (*προέλευση*), και ως του προϊόντος της συσσώρευσης αποσπασματικών πραγματολογικών πληροφοριών (*δομή*) μπορεί να οδηγήσει τους μαθητές να θέσουν ως στόχο τους την κατάκτηση αυτής της αποσπασματικής γνώσης, εμπλεκόμενοι με ζήλο σε μια διαδικασία επιλογής επιφανειακών στρατηγικών μελέτης, όπως είναι η απομνημόνευση, περιορίζοντας με αυτό τον τρόπο την ενοποίηση-οργάνωση της γνώσης τους και κατά συνέπεια την εννοιολογική κατανόηση (Davies, 2003). Ακόμη, η θεώρηση της γνώσης στη φυσική ως συνόλου αλληλένδετων εννοιών, αφηρημένων και απομακρυσμένων από την καθημερινή αισθητηριακή εμπειρία (*δομή*), το οποίο όμως μεταφέρεται από τους κατόχους του, δηλαδή τους εκπαιδευτικούς και τα σχολικά βιβλία, στους μαθητές (*προέλευση*), μπορεί επίσης να οδηγήσει τους μαθητές στην επιλογή της απομνημόνευσης των εννοιών αυτών –όπως ακριβώς παρουσιάζονται από τους εκπαιδευτικούς και τα βιβλία– ως ενδεδειγμένης στρατηγικής μελέτης (βλ. Roth & Roychoudhury, 1994). Αντίθετα, η πεποίθηση ότι βασικό συστατικό της γνώσης της φυσικής είναι διάφορές πληροφορίες, προϊόντα

της εμπειρίας (*δομή*) από καθημερινή προσωπική συστηματική ενασχόληση –π.χ. στο σχολικό εργαστήριο φυσικής– (*προέλευση και τεκμηρίωση*) συνδέεται ενδεχομένως με μια πιο αυτόνομη προσέγγιση της μάθησης της φυσικής και μπορεί να ενισχύει την ανάγκη για μάθηση που έχει νόημα, επιδρώντας θετικά στην εννοιολογική κατανόηση της φυσικής (Roth & Roychoudhury, 1994).

Το θεωρητικό πλαίσιο που σε αδρές γραμμές παρουσιάζεται στο Σχήμα 1 βασίζεται στο ερευνητικό έργο της Βοσνιάδου αναφορικά με την εννοιολογική αλλαγή (π.χ. Vosniadou, 1994, 2002, 2003, 2007) και λαμβάνει υπόψη τη συζήτηση για το ρόλο των κινήτρων και των συγκινήσεων/συναισθημάτων, καθώς και του κοινωνικού-πολιτισμικού πλαισίου στην εννοιολογική αλλαγή (Caravita & Hallden, 1994. Dole & Sinatra, 1998. Gregoire, 2003. Pintrich, 1999. Pintrich & De Groot, 1990, 1994. Pintrich, Marx, & Boyle, 1993. Sinatra, 2005. Strike & Posner, 1992.).

Το Σχήμα 1 δεν αναπαριστά ένα γραμμικό μοντέλο της εννοιολογικής αλλαγής, δηλαδή ένα μοντέλο που παραπέμπει σε μια καθορισμένη διαδοχή συνθηκών που πρέπει να πληρούνται προκειμένου να επιτευχθεί η εννοιολογική αλλαγή. Αποτελεί μια «μακροσκοπική» αναπαράσταση υποθετικών σχέσεων ανάμεσα: (i) σε πλευρές της προϋπάρχουσας γνώσης, όπως είναι οι επιστημολογικές πεποιθήσεις (ii) σε γνωσιακές και μεταγνωσιακές διαδικασίες επεξεργασίας πληροφοριών και (iii) στην εννοιολογική κατανόηση, ενώ παράλληλα τονίζει το ρόλο του κοινωνικού-πολιτισμικού πλαισίου στις σχέσεις αυτές. Στο Σχήμα 1, αντίθετα, δεν αναπαριστώνται, καθώς δεν αποτελούν αντικείμενο διερεύνησης στην παρούσα εργασία, οι πιθανές αλληλεπιδράσεις σε «μικροσκοπικό» επίπεδο ανάμεσα, για παράδειγμα, στις επιστημολογικές πεποιθήσεις, και άλλες μεταβλητές που αποτυπώνουν κίνητρα και συγκινήσεις/συναισθήματα, όπως είναι οι πεποιθήσεις αναφορικά με τη μάθηση, ο προσανατολισμός των μαθησιακών στόχων, τα προσωπικά κίνητρα, τα ενδιαφέροντα, η αυτοαντίληψη, οι αξίες κ.λπ.

Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα που δείχνει το πλέγμα των ενδεχομένων σχέσεων και αλληλεπιδράσεων σε «μακροσκοπικό» αλλά και σε «μικροσκοπικό» επίπεδο παρουσιάζεται στη συνέχεια. Το χρησιμοποίησαν οι Strike και Posner (1992, σσ. 161-162) προκειμένου να υποστηρίξουν το αναθεωρημένο[7] μοντέλο που προτείνουν για την εννοιολογική αλλαγή. Το παράδειγμα αναφέρεται σε κάποιον υποθετικό μαθητή που έχει θέσει ως στόχο την επίτευξη υψηλής επίδοσης στη φυσική και όχι την προσωπική κατασκευή νοήματος. Κινητοποιούμενος από αυτή την επιθυμία να επιτύχει υψηλή σχολική βαθμολογία στη φυσική, χωρίς αναγκαστικά την κατανόηση της φυσικής, ο μαθητής αυτός είναι πολύ πιθανό να καταφύγει σε επιφανειακές στρατηγικές μελέτης, όπως είναι η απομνημόνευση. Η επιλογή αυτού του είδους των επιφανειακών στρατηγικών –και οι αναπαραστάσεις της γνώσης της φυσικής με τις οποίες συνδέεται– είναι επόμενο να περιορίζει τη βαθύτερη κατανόηση της φυσικής. Η επιφανειακή εννοιολογική κατανόηση με τη σειρά της ενδέχεται να εμποδίζει την κριτική αποτίμηση πληροφοριών –καθώς αυτού του είδους η διαδικασία απαιτεί την εις βάθος κατανόηση– και να οδηγεί σε μια θεώρηση της φυσικής ως απλής συγκέντρωσης αυθαίρετων πληροφοριών, θεώρηση η οποία ενισχύει την προσήλωση σε επιφανειακές στρατηγικές μελέτης, όπως είναι η απομνημόνευση. Αντίθετα, μια μαθήτρια η οποία κινητοποιείται από την ανάγκη της για αυτοσεβασμό, και όχι τόσο από την επιδίωξη υψηλής επίδοσης στη φυσική –ούτε από την επιδίωξη κατανόησης–, είναι ενδεχόμενο, εάν συναντά δυσκολίες στη φυσική που κλονίζουν τον αυτοσεβασμό της, να αρχίσει να απαξιώνει τη γνώση της φυσικής καταφεύγοντας σε έναν σχετικισμό, σύμφωνα με τον οποίο κάθε ισχυρισμός γνώσης είναι εξίσου έγκυρος. Στο πλαίσιο αυτού

7. Πρόκειται για ένα μοντέλο διαδραστικού και όχι απλώς κανονιστικού χαρακτήρα, το οποίο εντάσσει στην «εννοιολογική οικολογία», πέραν των όσων αναφέρονταν στο αρχικό ορθολογικό μοντέλο της εννοιολογικής αλλαγής (Posner et al., 1982), και μεταβλητές που αποτυπώνουν κίνητρα και συγκινήσεις/συναισθήματα.

του σχετικισμού, η φυσική θεωρείται ότι παρέχει απλώς έναν από πολλούς τρόπους εξήγησης των φυσικών φαινομένων, και ότι οι διαδικασίες τεκμηρίωσης που χρησιμοποιεί δεν έχουν κάποια ιδιαίτερη αξία[8]. Κατά συνέπεια, για την υποθετική αυτή μαθήτρια δεν υπάρχει λόγος να προσπαθήσει να καταλάβει τη φυσική και τις διαδικασίες που χρησιμοποιεί. Το αποτέλεσμα είναι, κατά πάσα πιθανότητα, η περιορισμένη εννοιολογική κατανόηση της φυσικής, η οποία με τη σειρά της ανατροφοδοτεί την αρνητική στάση της μαθήτριας απέναντι στη φυσική.

Τέλος, το προτεινόμενο θεωρητικό πλαίσιο λαμβάνει υπόψη, όπως αναφέρθηκε, τη συζήτηση για την εγκαθιδρυμένη νόηση και μάθηση, η οποία, από κοινού με τη συζήτηση για το ρόλο των κινήτρων, των στάσεων και των συναισθημάτων, εμπλούτισε τη γνωσιακή προσέγγιση της εννοιολογικής αλλαγής, ανεβάζοντας την θερμοκρασία των «ψυχρών», δηλαδή στενά γνωσιακών μοντέλων της εννοιολογικής αλλαγής (Gregoire, 2003. Pintrich, Marx, & Boyle, 1993. Sinatra, 2005).

2.3. Αποτελέσματα εμπειρικών ερευνών που υποστηρίζουν το προτεινόμενο θεωρητικό πλαίσιο

Εμπειρικές έρευνες έχουν δείξει θετική συσχέτιση της προσωπικής επιστημολογίας με την κατανόηση (και μετα-κατανόηση) κειμένου, την ακαδημαϊκή επίδοση, τη μάθηση κ.λπ. (π.χ. Kardash & Scholes, 1996. Ryan, 1984. Schommer, 1990. Schommer et al., 1992.). Όσον αφορά ειδικότερα τη φυσική, η έρευνα έδειξε ότι, για μαθητές δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης που θεωρούσαν τη φυσική μια δυναμική διαδικασία εξέλιξης ιδεών των οποίων η μάθηση χρειάζεται ερμηνεία και ενοποίηση, ήταν πιθανότερο μετά από σχετική διδασκαλία 12 εβδομάδων να κατανοήσουν σε βάθος έννοιες της θερμοδυναμικής (όπως η ενέργεια, η θερμότητα και η θερμοκρασία), και να τις ενοποιήσουν επί τη βάσει αρχών της φυσικής, σε σύγκριση με μαθητές που θεωρούσαν τη φυσική ένα σωρευτικό σύνολο αληθών πληροφοριών και αμετάβλητων γεγονότων των οποίων η μάθηση στηρίζεται στην απομνημόνευση (Songer & Linn, 1991).

Οι Qian και Alverman (1995) εξέτασαν επίσης τη σχέση ανάμεσα στις επιστημολογικές πεποιθήσεις μαθητών δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης και την από μέρους τους κατανόηση της φυσικής. Πιο συγκεκριμένα, προσπάθησαν να επιτύχουν την εννοιολογική αλλαγή χρησιμοποιώντας ένα κείμενο διάψευσης-ανατροπής[9] της προϋπάρχουσας γνώσης των μαθητών/μαθητριών και εξέτασαν την ενδεχόμενη επίδραση των επιστημολογικών πεποιθήσεών τους στην εννοιολογική αλλαγή. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι ήταν λιγότερο πιθανό να παρατηρηθεί η επιδιωκόμενη αλλαγή της προϋπάρχουσας γνώσης σε μαθητές/μαθήτριες με πεποιθήσεις που ευνοούσαν από κοινού την απλή δομή και τη βεβαιότητα της γνώσης σε σύγκριση με μαθητές/μαθήτριες που προσέγγιζαν τη γνώση ως σύνθετη και αβέβαιη/υπό δοκιμή.

Στη συνέχεια παρουσιάζονται τα αποτελέσματα από μελέτες οι οποίες διερεύνησαν τη σχέση ανάμεσα στη σχετική με τη φυσική προσωπική επιστημολογία Ελλήνων μαθητών και μαθητριών δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης και στην εννοιολογική κατανόηση της φυσικής.

Οι προσωπικές πεποιθήσεις 394 Ελλήνων μαθητών και μαθητριών της Α΄ τάξης Γενικού Λυκείου μετρήθηκαν μέσω ενός κατάλληλου ποσοτικού εργαλείου που σχεδιάστηκε για το σκοπό αυτόν, του Ελληνικού μέσου Αξιολόγησης Επιστημολογικών Πεποιθήσεων για τη Φυσική (ΕΑΕΠΦ) (Stathopoulou & Vosniadou, 2007a). Τα αποτελέσματα ανέδειξαν τέσσερις διαστάσεις της σχετικής με τη φυσική προσωπικής επιστημολογίας των μαθητών/μαθητριών, οι οποίες αντανακλούν πε-

8. Στην προκειμένη περίπτωση γίνεται αναφορά στον σχετικισμό που δεν συνοδεύεται από μεταεννοιολογική επίγνωση.

9. Το κείμενο επικεντρωνόταν στη διάψευση-ανατροπή ης ιδέας της *επίκτητης δύναμης* (impetus misconception) και στην υποστήριξη του πρώτου νόμου του Νεύτωνα, βάσει της μελέτης βολών μέσα στο πεδίο βαρύτητας.

ποιθήσεις για τη *Δομή της Γνώσης*, την *Κατασκευή και Σταθερότητα της Γνώσης*, την *Κατάκτηση της Απόλυτης/Αντικειμενικής Αλήθειας* και την *Προέλευση του Γνωρίζειν*. Σε μελέτη που ακολούθησε, επιλέχθηκαν από το αρχικό δείγμα ένα σύνολο 76 μαθητών/μαθητριών, αποτελούμενο από τους 38 μαθητές και μαθήτριες με την υψηλότερη βαθμολογία σε όλες τις υποκείμενες του ΕΑΕΠΦ διαστάσεις της προσωπικής τους επιστημολογίας (δηλαδή την ομάδα της υψηλής επιστημολογικής εκλέπτυνσης[10], ΥΕΕ) και τους 38 μαθητές και μαθήτριες με τη χαμηλότερη βαθμολογία σε όλες τις υποκείμενες του ΕΑΕΠΦ διαστάσεις της προσωπικής τους επιστημολογίας (δηλαδή την ομάδα της χαμηλής επιστημολογικής εκλέπτυνσης, ΧΕΕ). Η επιλογή των δύο ακραίων ομάδων έγινε για να εξαιρεθούν οι μαθητές και οι μαθήτριες που ενδεχομένως βρίσκονταν σε μεταβατικό στάδιο ως προς τη σχετική με τη φυσική προσωπική τους επιστημολογία, προκειμένου να μεγιστοποιηθεί η πιθανότητα να ληφθούν όσο το δυνατόν περισσότερο κατανοητά αποτελέσματα Οι μαθητές και μαθήτριες των δύο αυτών ομάδων συμπλήρωσαν ένα αξιόπιστο ερωτηματολόγιο σχεδιασμένο για την αξιολόγηση της εννοιολογικής κατανόησης της Νευτώνειας δυναμικής, το Force and Motion Conceptual Evaluation ή FMCE (Thornton & Sokoloff, 1998). Ο σχεδιασμός και η κατασκευή του FMCE βασίστηκαν στα αποτελέσματα από την εκτενή έρευνα πάνω στις *παρανοήσεις* για τη δύναμη και την κίνηση. Το ερωτηματολόγιο χρησιμοποιήθηκε ευρύτατα, για την αξιολόγηση της εννοιολογικής κατανόησης της Νευτώνειας δυναμικής σε χιλιάδες μαθητών/μαθητριών δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης και φοιτητών/φοιτητριών στις ΗΠΑ. Χρησιμοποιήθηκε επίσης ευρύτατα από το εργαστήριό μας σε Έλληνες μαθητές και μαθήτριες δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης καθώς και σε φοιτητές και φοιτήτριες. Το πλήθος των πληροφοριών που έχει συγκεντρωθεί επιτρέπει να γνωρίζουμε, βάσει της επίδοσης στο FMCE, εάν ένας μαθητής ή μια μαθήτρια έχει επιτύχει βαθιά εννοιολογική κατανόηση της Νευτώνειας δυναμικής, εάν δηλαδή έχει επιτευχθεί η απαιτούμενη αναδιοργάνωση της προϋπάρχουσας *αφελούς φυσικής* όσον αφορά τη δύναμη και την κίνηση.

Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η σχετική με τη φυσική προσωπική επιστημολογία συνδέεται στενά με την εννοιολογική αλλαγή στη νευτώνεια δυναμική. Συγκεκριμένα βρέθηκε ότι οι προσωπικές πεποιθήσεις των μαθητών/μαθητριών για τη *Δομή* και την *Κατασκευή και Σταθερότητα της Γνώσης* μπορούν να προβλέπουν τη βαθμολογία στο FMCE, και κατά συνέπεια το βαθμό εννοιολογικής κατανόησης της Νευτώνειας δυναμικής. Επιπλέον το εύρημα ότι μόνο 11 από τους 76 μαθητές/μαθήτριες, όλοι από την ομάδα υψηλής επιστημολογικής εκλέπτυνσης (ΥΕΕ), πέτυχαν υψηλή βαθμολογία στο FMCE ερμηνεύθηκε ως τεκμήριο ότι η προσωπική επιστημολογική εκλέπτυνση αποτελεί ενδεχομένως αναγκαία συνθήκη για την εννοιολογική κατανόηση της Νευτώνειας δυναμικής, χωρίς βέβαια να επιτρέπεται ο ισχυρισμός ότι αποτελεί και ικανή συνθήκη –όπως φαίνεται και από το ότι κάποιοι μαθητές/μαθήτριες από την ομάδα ΥΕΕ είχαν χαμηλή βαθμολογία στο FMCE (Stathopoulou & Vosniadou, 2007a).

---

10. Ως εκλεπτυσμένη χαρακτηρίζουμε μια κονστρουκτιβιστική προσωπική επιστημολογία, δηλαδή «μια επιστημολογία στο πλαίσιο της οποίας οι μαθητές έχουν επίγνωση του κεντρικού ρόλου που παίζουν οι ιδέες στη διαδικασία απόκτησης της γνώσης, καθώς και του πώς οι ιδέες διαμορφώνονται και αναθεωρούνται μέσα από μια διαδικασία υπόθεσης (conjecture) επιχειρήματος και εξέτασης» (Smith, Maclin, Houghton, & Hennessey, 2000, σ. 350). Θα πρέπει πάντως να επισημανθεί ότι το ζήτημα του ποιες προσωπικές πεποιθήσεις αναφορικά με τη φύση της γνώσης και του γνωρίζειν μπορούν να θεωρηθούν εκλεπτυσμένες είναι σε μεγάλο βαθμό ακανθώδες, διότι, εκτός από την ενδεχόμενη εξάρτηση αυτών των πεποιθήσεων από το πλαίσιο (βλ. Hammer & Elby, 2002. Leach, Millar, Ryder, & Sere, 2000), πρέπει να ληφθεί υπόψη και ο ρόλος του ευρύτερου πολιτισμικού περιβάλλοντος στον ορισμό της προσωπικής επιστημολογικής εκλέπτυνσης (βλ. Alexander & Sinatra, 2007. Hofer & Pintrich, 1997. Qian & Pan, 2002).

11. Η έρευνα πραγματοποιήθηκε στο πλαίσιο του Ευρωπαϊκού Προγράμματος ITCOLE (http://www.eurocscl.org/site/itcole).

Μια άλλη εργασία μελέτησε τρεις μαθητές της Α΄ τάξης Γενικού Λυκείου στο πλαίσιο ενός υποστηριζόμενου από ηλεκτρονικούς υπολογιστές περιβάλλοντος συνεργατικής μάθησης[11] (Computer Supported Collaborative Learning, CSCL) που εφαρμόστηκε στη διδασκαλία της Νευτώνειας δυναμικής (Mol, Stathopoulou, Kollias, & Vosniadou, 2003). Οι τρεις αυτοί μαθητές, οι οποίοι δεν είχαν «εκλεπτυσμένες» πεποιθήσεις αναφορικά με την προέλευση της γνώσης, εμφάνισαν περιορισμένη ικανότητα στο να λειτουργήσουν αποτελεσματικά μέσα στο συνεργατικό περιβάλλον μάθησης. Ειδικότερα, και οι τρεις μαθητές είχαν την πεποίθηση ότι αρκεί να καταφύγουν στον διδάσκοντα για να τους υποδείξει τις σωστές απαντήσεις/λύσεις σε κάθε ερώτημα/πρόβλημα, με αποτέλεσμα να δυσκολεύονται να επιλύσουν μόνοι τους καταστάσεις σύγκρουσης απόψεων. Οι πεποιθήσεις τους για την προέλευση της γνώσης φάνηκε ότι εμπόδιζαν τους τρεις μαθητές να βασίζονται στην προσωπική προσπάθεια και στην ανταλλαγή απόψεων, καθώς και να αναπτύσσουν την απαιτούμενη αναστοχαστική προσέγγιση, προκειμένου να καταφέρνουν να επιλύουν, επί τη βάσει αρχών, καταστάσεις σύγκρουσης απόψεων για τη λειτουργία του φυσικού κόσμου.

Τέλος, σε μια ποιοτική μελέτη, η οποία εστίασε στην ενδεχόμενη έμμεση επίδραση της σχετικής με τη φυσική προσωπικής επιστημολογίας στην εννοιολογική κατανόηση της φυσικής, διερευνήθηκε ο ρόλος κάποιων παραγόντων οι οποίοι ενδεχομένως διαμεσολαβούν στη σχέση ανάμεσα στην προσωπική επιστημολογία και στην εννοιολογική κατανόηση (Stathopoulou & Vosniadou, 2007b). Σύμφωνα με την υπόθεση της μελέτης, η υιοθετούμενη προσέγγιση της μάθησης και της μελέτης, δηλαδή η *βαθιά* έναντι της *επιφανειακής προσέγγισης* (Entwistle, 2007. Entwistle & Peterson, 2003. Entwistle, Tait, & McCune, 2000), και η συνακόλουθη επιλογή στρατηγικών μελέτης, μπορεί να υπεισέλθει στη σχέση μεταξύ προσωπικής επιστημολογίας και εννοιολογικής αλλαγής στη μάθηση της φυσικής. Με βάση αυτή την υπόθεση, η προσωπική επιστημολογική εκλέπτυνση μπορεί να διευκολύνει την εις βάθος εννοιολογική κατανόηση μέσω της επιλογής συγκεκριμένων βαθιών στρατηγικών μελέτης, ενώ αντιθέτως η έλλειψη προσωπικής επιστημολογικής εκλέπτυνσης μπορεί να περιορίζει την εις βάθος εννοιολογική κατανόηση μέσω της επιλογής επιφανειακών στρατηγικών. Δέκα συνολικά μαθητές και μαθήτριες της Α' τάξης Γενικού Λυκείου –έξι αγόρια και τέσσερα κορίτσια– επιλέχθηκαν για να λάβουν μέρος στη μελέτη αυτή, που διερεύνησε ποιοτικά την έμμεση σχέση ανάμεσα στη σχετική με τη φυσική προσωπική επιστημολογία και στην εννοιολογική αλλαγή στη μάθηση της φυσικής. Οι δέκα μαθητές και μαθήτριες επιλέχθηκαν από ένα σύνολο 394 μαθητών/μαθητριών που έλαβαν μέρος σε μια προηγούμενη μελέτη (Stathopoulou & Vosniadou, 2007a). Οι πέντε από τους συμμετέχοντες επιλέχθηκαν λόγω της υψηλής βαθμολογίας τους τόσο στο ΕΑΕΠΦ (και στις τέσσερις διαστάσεις της προσωπικής επιστημολογίας που αναδείχθηκαν από τη χρήση του) όσο και στο FMCE. Οι υπόλοιποι πέντε επιλέχθηκαν λόγω της χαμηλής βαθμολογίας που σημείωσαν στο ΕΑΕΠΦ και στο FMCE. Για τη συλλογή δεδομένων στην ποιοτική αυτή μελέτη πραγματοποιήθηκε συζήτηση δίωρης διάρκειας με κάθε μαθητή, η οποία περιλάμβανε, εκτός από συνέντευξη, και "think alouds" καθώς και παρατήρηση των μαθητών κατά την επίλυση προβλημάτων.

Από την ποιοτική αυτή μελέτη προέκυψαν τεκμήρια υπέρ της αξιοπιστίας του ΕΑΕΠΦ και του FMCE. Επιπλέον, προέκυψαν στοιχεία τα οποία υποστηρίζουν την υπόθεση ότι η υιοθετούμενη προσέγγιση της μάθησης και της μελέτης παρεμβαίνει στη σχέση ανάμεσα στην προσωπική επιστημολογία και στην εννοιολογική κατανόηση – και εννοιολογική αλλαγή. Από τους 10 συνολικά μαθητές και μαθήτριες που έλαβαν μέρος στην ποιοτική αυτή μελέτη, οι πέντε που χαρακτηρίζονταν από περισσότερο εκλεπτυσμένη προσωπική επιστημολογία και από βαθιά κατανόηση της Νευτώνειας δυναμικής φάνηκε ότι υιοθετούσαν τη χαρακτηριζόμενη ως βαθιά προσέγγιση της μάθησης και της μελέτης. Και οι πέντε δηλαδή επιζητούσαν την προσωπική κατασκευή νοήματος μέσω της επιλογής βαθιών στρατηγικών μελέτης, όπως η σύνδεση ιδεών

(π.χ. σύνδεση νέων εννοιών με την προϋπάρχουσα γνώση), η αναζήτηση σχέσεων και υποκείμενων αρχών, η ενδελεχής εξέταση των ενδείξεων και της λογικής συνάφειας των επιχειρημάτων, και ο έλεγχος της κατανόησης. Επιπλέον, και οι πέντε μαθητές επιδείκνυαν υψηλό βαθμό μεταεννοιολογικής επίγνωσης, δηλαδή επίγνωσης των πεποιθήσεών τους και των αλλαγών που οι πεποιθήσεις τους υφίστανται. Αντιθέτως οι υπόλοιποι πέντε μαθητές/μαθήτριες, που χαρακτηρίζονταν από λιγότερο εκλεπτυσμένη προσωπική επιστημολογία καθώς και από επιφανειακή κατανόηση της Νευτώνειας δυναμικής, φάνηκε ότι υιοθετούσαν επιφανειακή προσέγγιση της μάθησης και της μελέτης. Φάνηκε δηλαδή ότι είτε επιδιώκουν την επίτευξη υψηλής επίδοσης και τη διεκπεραίωση των (εξωτερικά επιβαλλόμενων) σχολικών καθηκόντων, είτε αρκούνται στην άσκοπη –ή με περιστασιακούς στόχους– ενασχόληση. Οι μαθητές αυτοί χαρακτηρίζονταν από την προσκόλληση στις στενές απαιτήσεις του σχολείου, δηλαδή σε όσα αξιολογούνται στο σχολείο, και παράλληλα ευνοούσαν την επιλογή επιφανειακών στρατηγικών μελέτης, όπως η απομνημόνευση και η εστίαση σε μεμονωμένες ασύνδετες πληροφορίες, κυρίως πραγματολογικού χαρακτήρα. Οι ίδιοι επιπλέον δεν εμφάνισαν ενδείξεις ουσιώδους μεταεννοιολογικής επίγνωσης.

Τα αποτελέσματα της ποιοτικής αυτής μελέτης συμφωνούν με τη θεώρηση του Entwistle (2007), ότι η πορεία ανάπτυξης των αντιλήψεων για τη γνώση (από δυϊστικές προς σχετικιστικές αντιλήψεις) είναι παράλληλη προς την πορεία ανάπτυξης των αντιλήψεων για τη μάθηση (από την αναπαραγωγή πληροφοριών προς την αναζήτηση νοήματος), και ότι αυτή είναι μια διαδικασία αυξανόμενης μεταεννοιολογικής επίγνωσης. Τα αποτελέσματα είναι επίσης σύμφωνα με τη θεωρητική θέση που υιοθετείται στην παρούσα εργασία, ότι οι επιστημολογικές πεποιθήσεις, είτε ως επιμέρους διαστάσεις είτε ως συνδυασμοί των επιμέρους διαστάσεων, μπορούν να εμποδίσουν ή να διευκολύνουν τη διαδικασία οικοδόμησης της γνώσης όχι μόνο με άμεσο, αλλά και με έμμεσο τρόπο. Συγκεκριμένα, οι επιστημολογικές πεποιθήσεις μπορούν να επηρεάσουν την εννοιολογική κατανόηση: (i) με άμεσο τρόπο, κατευθύνοντας την προσοχή σε συγκεκριμένες πληροφορίες από το φυσικό και κοινωνικό-πολιτισμικό περιβάλλον και επηρεάζοντας τις προθέσεις σε σχέση με την κατασκευή και αναθεώρηση της γνώσης και (ii) με έμμεσο τρόπο, επηρεάζοντας κάποιους παρεμβαίνοντες παράγοντες γνωσιακού, μεταγνωσιακού ή «κινητήριου» χαρακτήρα, όπως ο προσανατολισμός των στόχων, η επιλογή των στρατηγικών μελέτης, η αυτορρύθμιση κ.λπ. (Dole & Sinatra, 1998. Gregoire, 2003. Mason, 2003. Pintrich, 1999. Sinatra, 2005. Sinatra & Pintrich, 2003. Vosniadou, 2002, 2003).

3. Συμπεράσματα

Ανακεφαλαιώνοντας, καταλήγουμε ότι η σχετική με τη φυσική προσωπική επιστημολογία φαίνεται να συνδέεται, με διάφορους τρόπους, με την εννοιολογική κατανόηση (και την εννοιολογική αλλαγή) στο πλαίσιο της μάθησης της φυσικής. Στην προσπάθεια κατανόησης αυτών των τρόπων δεν αρκεί η θεώρηση της εννοιολογικής αλλαγής ως καθαρά ορθολογικής διαδικασίας. Η συχνή σύγκρουση ανάμεσα σε ό,τι είναι ήδη γνωστό και στη νέα πληροφορία δημιουργεί μια μαθησιακή κατάσταση στην οποία υπεισέρχονται, παίζοντας σημαντικό ρόλο, όχι μόνο παράγοντες γνωσιακού αλλά και μεταγνωσιακού χαρακτήρα, καθώς και παράγοντες που αφορούν κίνητρα και συγκινήσεις/συναισθήματα (Dole & Sinatra, 1998. Gregoire, 2003. Pintrich, 1999. Pintrich et al., 1993. Sinatra, 2005. Sinatra & Pintrich, 2003. Strike & Posner, 1992. Vosniadou, 2002, 2003.). Το θεωρητικό πλαίσιο που υιοθετείται στην παρούσα εργασία συνιστά τέτοιου είδους απόπειρα κατανόησης της εννοιολογικής αλλαγής. Η σχέση ανάμεσα στην προσωπική επιστημολογία και την εννοιολογική κατανόηση –και εννοιολογική αλλαγή– πρέπει να θεωρείται αμφίδρομη, Πρόκειται δηλαδή για αλληλεπίδραση μεταξύ των δύο δομών (Pintrich, 2002). Εφόσον γίνεται δεκτό ότι οι προσωπικές πεποιθήσεις αναφορικά με τη φύση της γνώσης και του γνωρίζειν στη φυσική υπόκεινται και οι ίδιες σε αλλαγή, είναι βάσιμο να

θεωρηθεί ότι η εννοιολογική κατανόηση της φυσικής μπορεί να ανατροφοδοτήσει και να επηρεάσει τις προσωπικές αυτές πεποιθήσεις. Οι ακριβείς διαδικασίες μέσω των οποίων η προσωπική επιστημολογία μεταβάλλεται δεν εξετάζονται στην παρούσα εργασία και ασφαλώς είναι ένα ζήτημα που χρειάζεται προσεκτική διερεύνηση. Η προσωπική επιστημολογία θεωρείται μια θεωρητικού-τύπου δομή η οποία επηρεάζεται από το γενικότερο πολιτισμικό και το εκπαιδευτικό/σχολικό περιβάλλον, καθώς και από άλλες πλαισιακού τύπου μεταβλητές, και παίζει ενεργό –και ανάλογο με το πλαίσιο– ρόλο στη διαχείριση των νέων πληροφοριών κατά τη διαδικασία της προσωπικής οικοδόμησης της γνώσης. Η θεώρηση της προσωπικής επιστημολογίας ως θεωρητικού τύπου δομής μπορεί να μας βοηθήσει να καταλάβουμε καλύτερα τους μηχανισμούς μεταβολής της, με βάση τα θεωρητικά μοντέλα εννοιολογικής αλλαγής (π.χ. Dole & Sinatra, 1998. Gregoire, 2003. Pintrich, 1999. Pintrich et al., 1993. Sinatra, 2005. Vosniadou, 1994, 2003.2007).

Βιβλιογραφία

Alexander, P. A. & Sinatra, G. M. (2007). First steps: Scholars' promising movements into a nascent field of inquiry. In S. Vosniadou, A. Baltas & X. Vamvakoussi (Eds.), *Reframing the conceptual change research in learning and instruction*. Oxford: Elsevier.

Baxter Magolda, M. B. (1992). *Knowing and reasoning in college: Gender-related patterns in students' intellectual development.* San Francisco: Jossey-Bass.

Belenky, M. F., Clinchy, B. M., Golberger, N. R., & Tarule, J. M. (1986). *Women's ways of knowing: The development of self, voice, and mind.* New York: Basic Books.

Buehl, M. M., Alexander, P. A., & Murphy, P. K. (2002). Beliefs about schooled knowledge: Domain specific or domain general? *Contemporary Educational Psychology, 27*, 415-449.

Caravita, S. & Hallden, O. (1994). Re-framing the problem of conceptual change. *Learning and Instruction, 4*, 89-111.

Carey, S. (1985). *Conceptual change in childhood*. Cambridge, MA: MIT Press.

Carey, S. (2000). Science education as conceptual change. *Journal of Applied Developmental Psychology, 21*(1), 13-19.

Chi, M. T. H. (1992). Conceptual change within and across ontological categories: Implications for learning and discovery in sciences. In R. Giere (Ed.), *Cognitive models of science.* Minnesota Studies in the Philosophy of Science 15, Minneapolis: University of Minneapolis Press.

Chi, M. T. H., de Leeuw, N., Chiu, M. H., & LaVancher, C. (1994). Eliciting self-explanations improves understanding. *Cognitive Science*, 18, 439-477.

Davies, E.A. (2003). Untangling dimensions of middle school students' beliefs about scientific knowledge and science learning. *International Journal of Science Education*, *25*(4), 439-468.

diSessa, A. A. (1988). Knowledge in pieces. In G. Forman & P. B. Pufall (Eds.), *Constructivism in the computer age*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.

diSessa, A. A. (1993). Toward an epistemology of physics. *Cognition and Instruction, 10,* 105-225.

Dole, J. & Sinatra, G. (1998). Reconceptualizing change in the cognitive construction of knowledge. *Educational Psychologist, 33*, 109-128.

Driver, R. & Easley, J. (1978). Pupils and paradigms: A review of literature related to concept development in adolescent science students. *Studies in Science Education*, *5*, 61-84.

Entwistle, N. (2007). Conceptions of learning and the experience of understanding: Thresholds, contextual influences, and knowledge objects. In S. Vosniadou, A. Baltas & X. Vamvakoussi (Eds.) *Reframing the conceptual change research in learning and instruction*. Oxford: Elsevier.

Entwistle, N. & Peterson, E. (2003). Conceptions of learning and knowledge in higher education: Relationships with study behaviour and influence of learning environments. Paper prepared for the second workshop of the scientific network on Design, Development and Implementation of Powerful Learning Environments - "Conceptions of Students that Affect the Power of Powerful Learning Environments", Antwerp, Belgium, May 15-17 2003.

Entwistle, N., Tait, H., & McCune, V. (2000). Patterns of response to an approaches to study inventory

across contrasting groups and contexts. *European Journal of Psychology of Education, 15*(1), 33-48.

Gregoire, M. (2003). Is it a challenge or a threat? A dual-process model of teachers' cognition and appraisal processes during conceptual change. *Educational Psychology Review, 15*(2), 147-179.

Hammer, D. (1996). More than misconceptions: Multiple perspectives on student knowledge and reasoning, and an appropriate role for education research. *American Journal of Physics, 64*(10), 1316-1325.

Hammer, D. & Elby, A. (2002). On the form of a personal epistemology. In B. K. Hofer & P. R. Pintrich (Eds.), *Personal epistemology: The psychology of beliefs about knowledge and knowing*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Hofer, B. K. (2000). Dimensionality and disciplinary differences in personal epistemology. *Contemporary Educational Psychology*, *25*, 378-405.

Hofer, B.K. (2001). Personal epistemology research: Implications for learning and teaching. *Educational Psychology Review, 13* (4), 353-383.

Hofer, B. K. (2002). Personal epistemology as a psychological and educational construct: An introduction. In B. K. Hofer & P. R. Pintrich (Eds.), *Personal epistemology: The psychology of beliefs about knowledge and knowing*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Hofer, B. K. (2004). Epistemological understanding as a metacognitive process: Thinking aloud during online searching. *Educational Psychologist, 39*(1), 43-55.

Hofer, B. K. & Pintrich, P. R. (1997). The development of epistemological theories: Beliefs about knowledge and knowing and their relation to learning. *Review of Educational Research*, *67*(1), 88-140.

Ioannides, C. & Vosniadou, S. (2002). Exploring the changing meanings of force: From coherence to fragmentation. *Cognitive Science Quarterly*, *2*(1), 5-61.

Kardash, C. M. & Scholes, R. J. (1996). Effects of preexisting beliefs, epistemological beliefs and need for cognition on interpretation of controversial issues. *Journal of Educational Psychology*, *88*, 260-271.

King, P. M. & Kitchener, K. S. (1994). *Developing reflective judgement: Understanding and promoting intellectual growth and critical thinking in adolescents and adults*. San Francisco: Jossey-Bass.

King, P. M. & Kitchener, K. S. (2002). The reflective judgment model: Twenty years of research on epistemic cognition. In B. K. Hofer & P. R. Pintrich (Eds.), *Personal epistemology: The psychology of beliefs about knowledge and knowing*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Kitchener, R. (2002). Folk-epistemology: An introduction. *New Ideas in Psychology, 20*, 69-105.

Kuhn, D. (1991). *The skills of argument*. Cambridge: Cambridge University Press.

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

Lakatos, I. (1970). Falsification and the methodology of scientific research programmes. In I. Lakatos & A. Musgrave (Eds.), *Criticism and the growth of knowledge*. Cambridge: Cambridge University Press.

Leach, J., Millar, R., Ryder, J., & Sere, M. G. (2000). Epistemological understanding in science learning: The consistency of representations across contexts. *Learning and Instruction*, *10*, 497-527.

Mason, L. (2003). Personal epistemologies and intentional conceptual change. In G. M. Sinatra & P. R. Pintrich (Eds.), *Intentional conceptual change*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

McCloskey, M. (1983). Naive theories of motion. In D. Gentner & A. L. Stevens (Eds.), *Mental models.* Hillsdale, NJ: Erlbaum.

Mol, A., Stathopoulou, C., Kollias, V. P., & Vosniadou, S. (2003). Gradual learning of science in a CSCL environment and the quest of epistemologically sophisticated learners. Proceedings of the 3rd IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT'03).

Murphy, P. K., Alexander, P. A., Greene, J. A., & Edwards, M. N. (2007). Epistemological threads in the fabric of conceptual change research. In S. Vosniadou, A. Baltas & X. Vamvakoussi (Eds.), *Reframing the conceptual change research in learning and instruction*. Oxford: Elsevier.

Novak, J. D. (2002). Meaningful learning: The essential factor for conceptual change in limited or inappropriate propositional hierarchies leading to empowerment of learners. *Science Education, 86*(4), 548-571.

Perry, W. C., Jr. (1998). *Forms of intellectual and ethical development in the college years: A scheme.* San Francisco: Jossey-Bass (originally published in 1970. New York: Holt, Rinehart & Winston).

Pintrich, P. R. (1999). Motivational beliefs as resources for and constrains on conceptual change. In W. Schnotz, S. Vosniadou & M. Carretero (Eds.), *New perspectives on conceptual change*. Oxford: Elsevier.

Pintrich, P. R. (2002). Future challenges and directions for theory and research on personal epistemologies. In B. K. Hofer & P. R. Pintrich (Eds.), *Personal epistemology: The psychology of beliefs about knowledge and knowing*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Pintrich, P. R. & De Groot, E. V. (1990). Motivational and self-regulated learning components of classroom academic performance. *Journal of Educational Psychology*, *82*(1), 33-40.

Pintrich, P. R. & De Groot, E. V. (1994). Classroom and individual differences in early adolescents' motivation and self-regulated learning. *Journal of Early Adolescence, 14*(2), 139-161.

Pintrich, P. R., Marx, R. W., & Boyle, R. A. (1993). Beyond cold conceptual change: The role of motivational beliefs and classroom contextual factors in the process of conceptual change. *Review of Educational Research*, *63*(2), 167-199.

Posner, G. J., Strike, K. A., Hewson, P. W., & Gertzog, W. A. (1982). Accommodation of a scientific conception. Toward a theory of conceptual change. *Science Education*, *66*(2), 211-227.

Qian, G. & Alvermann, D. (1995). Role of epistemological beliefs and learned helplessness in secondary school students' learning science concepts from text. *Journal of Educational Psychology*, *87*(2), 282-292.

Qian, G. & Pan, J. (2002). A comparison of epistemological beliefs and learning from science text between American and Chinese high school students. In B. K. Hofer & P. R. Pintrich (Eds.), *Personal epistemology: The psychology of beliefs about knowledge and knowing*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Reiner, M., Slotta, J. D., Chi, M. T. H., & Resnick, L. B. (2000). Naive physics reasoning: A commitment to substance-based conceptions. *Cognition and Instruction*, *18*(1), 1-34.

Roth, W. M. & Roychoudhury, A. (1994). Physics students' epistemologies and views about knowing and learning. *Journal of Research in Science Teaching*, *31*(1), 5-30.

Ryan, M. P. (1984). Monitoring text comprehension: Individual differences in epistemological standards. *Journal of Educational Psychology*, *76*(2), 248-258.

Schommer, M. (1990). Effects of beliefs about the nature of knowledge on comprehension. *Journal of Educational Psychology*, *82*, 498-504.

Schommer, M. (1994). An Emerging conceptualization of epistemological beliefs and their role in learning. In R. Garner & P.A. Alexander (Eds.) *Beliefs about text and instruction with text* (pp. 25-40). Hillsdale, NJ: Erlbaum.

Schommer-Aikins, M. (2002). An evolving theoretical framework for an epistemological belief system. In B. K. Hofer & P. R. Pintrich (Eds.), *Personal epistemology: The psychology of beliefs about knowledge and knowing*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Schommer, M., Crouse, A., & Rhodes, N. (1992). Epistemological beliefs and mathematical text comprehension: Believing it is simple does not make it so. *Journal of Educational Psychology*, *84*(4) 435-443.

Sinatra, G. M. (2005). The "warming trend" in conceptual change research: The legacy of Paul Pintrich. *Educational Psychologist, 40*(2), 107-115.

Sinatra, G. M. & Pintrich, P. R. (2003). The role of intentions in conceptual change learning. In G. M. Sinatra & P. R. Pintrich (Eds.), *Intentional conceptual change*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, Inc.

Smith, C. L., Maclin, D., Houghton, C., & Hennessey, M. G. (2000). Sixth-grade students' epistemologies of science: The impact of school science experiences on epistemological development. *Cognition and Instruction*, *18*(3), 349-422.

Smith, J. P., diSessa, A. A., & Rochelle, J. (1993). Misconceptions reconceived: A constructivist analysis of knowledge in transition. *The Journal of Learning Sciences, 3*(2), 115-183.

Songer, N. B. & Linn, M. C. (1991). How do students' views of science influence knowledge integration? *Journal of Research in Science Teaching*, *28*(9), 761-784.

Spelke, E. S. (1990). Principles of object perception. *Cognitive Science, 14*, 29-56.

Stathopoulou, C. & Vosniadou, S. (2007a). Exploring the relationship between physics-related epistemological beliefs and physics understanding. *Contemporary Educational Psychology*, *32*(3), 255-281.

Stathopoulou, C. & Vosniadou, S. (2007b). Conceptual change in physics and physics-related epistemological beliefs: A relationship under scrutiny. In S. Vosniadou, A. Baltas & X. Vamvakoussi (Eds.), *Reframing the conceptual change approach in learning and instruction*. Oxford: Elsevier.

Strike, K. A. & Posner, G. J. (1992). A revisionist theory of conceptual change. In R. A. Duschl & R. J. Hamilton (Eds.), *Philosophy of Science, Cognitive Psychology and Educational Theory and Practice*... New York: State University of New York Press.

Thornton, R. K. & Sokoloff, D. R. (1998). Assessing student learning of Newton's laws: The Force and Motion conceptual evaluation and the evaluation of active learning laboratory and lecture curricula. *American Journal of Physics*, *66*(4), 338-352.

Wellman, H. M. (1990). *The Child's Theory of Mind*. Cambridge, MA: MIT Press.

Vosniadou, S. (1994). Capturing and modeling the process of conceptual change. *Learning and Instruction*, *4*, 45-69.

Vosniadou, S. (1999). Conceptual change research: State of the art and future directions. In W. Schnotz, S. Vosniadou & M. Carretero (Eds.), *New perspectives on conceptual change*. Oxford: Elsevier.

Vosniadou, S. (2002). On the nature of naive physics. In M. Limon & L. Mason (Eds.), *Reconsidering conceptual change: Issues in theory and practice*. Dordrecht: Kluwer.

Vosniadou, S. (2003). Is intentional learning necessary for conceptual change? In G. Sinatra & P. Pintrich (Eds.), *Intentional conceptual change*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.

Vosniadou, S. (2007). The conceptual change approach and its reframing. In S. Vosniadou, A Baltas & X. Vamvakoussi (Eds.), *Reframing the conceptual change approach in learning and instruction*. Oxford: Elsevier.

Vosniadou, S. & Brewer, W. F. (1994). Mental models of the day/night cycle. *Cognitive Science, 18*, 123-183.

Conceptual change in physics learning and the role of physics-related personal epistemology

CHRISTINA STATHOPOULOU[1]

ABSTRACT The present paper presents a skeletal theoretical model for understanding the role of physics-related personal epistemology in conceptual change in physics learning. It is argued that personal beliefs regarding the nature of knowledge and knowing in physics can function as constraints on the knowledge acquisition process, just like ontological presuppositions and other beliefs of a motivational and affective character can do. Beliefs about knowledge and knowing can have a direct impact on the kind of new information that is picked up from the physical and social-cultural context and the way it is explained. They can also have an indirect impact on picking up and explaining information, by influencing certain mediating cognitive and metacognitive functions, such as study strategies used to accomplish learning goals and self-regulation of knowledge acquisition. Evidence from a number of studies supporting the theoretical model is presented.

Keywords: Conceptual change, Physics learning, Personal epistemology, Epistemological beliefs.

1. *Address*: Ph.D, Department of Philosophy and History of Science, National and Kapodistrian University of Athens, Panepistimioupolis, A. Ilisia 15771, e-mail: chrp@otenet.gr