

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

Χριστίνα Σταθοπούλου και Στέλλα Βοσνιάδου

1. Η εννοιολογική αλλαγή στη μάθηση της φυσικής

Σύμφωνα με τη θεωρητική θέση που διέπει την παρούσα εργασία, οι άνθρωποι είναι εφοδιασμένοι μέσω της εξέλιξης με την ικανότητα να μαθαίνουν από πολύ μικρή ηλικία κάποια πράγματα πιο εύκολα, επιλέγοντας συγκεκριμένες πληροφορίες από το φυσικό περιβάλλον και οργανώνοντας αυτή την αισθητηριακής φύσης εμπειρία σε έννοιες και ευρύτερες εννοιολογικές δομές. Για παράδειγμα, τα παιδιά από τη βρεφική ακόμη ηλικία έχουν, από την εξέλιξη, την προδιάθεση να οργανώνουν κατά τέτοιο τρόπο την εμπειρία τους ώστε να αποκτούν την έννοια του φυσικού αντικειμένου ως μιας συμπαγούς, συνεκτικής, οντότητας που διατηρείται στο χρόνο, ακολουθεί χωρο-χρονικά συνεχείς τροχιές, δεν διαπερνά άλλα φυσικά αντικείμενα και αλληλεπιδρά με αυτά μόνο όταν έλθουν σε επαφή (Spelke, 1990). Συνακόλουθες, καλά εδραιωμένες οντολογικές και επιστημολογικές παραδοχές, δεσμεύσεις ή πεποιθήσεις διαμορφώνονται επί τη βάση αυτών των πρώτων εννοιολογικών δομών (Vosniadou, 1994, 2002, 2003). Στο οντολογικό επίπεδο, παραδείγματος χάριν, τα φυσικά αντικείμενα θεωρούνται ως συμπαγείς και σταθερές οντότητες μέσα σε ένα χώρο που ορίζεται με βάση την κατεύθυνση προς τα πάνω και προς τα κάτω, όπου τα φυσικά αντικείμενα, που δεν στηρίζονται κάπου, 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 την 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 ουσιαστική γνώση για τον φυσικό κόσμο, την οποία θα αποκαλούμε στη συνέχεια *αφελή φυσική* (Vosniadou, 2002). 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, παρανοήσεων¹ που πρέπει να αντικατασταθούν (π.χ. Driver and Easley, 1978; McCloskey, 1983; Posner, Strike, Hewson και Gertzog, 1982), ή χαλαρά συνδεδεμένων αποσπασμάτων γνώσης (p-prims)² που προέρχονται από επιφανειακές ερμηνείες του φυσικού κόσμου, εξαρτώνται στενά από το πλαίσιο αναφοράς και έχουν

¹ 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 στη διδασκαλία. 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*.

² 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 σ' αυτό το δίκτυο. Αυτή η μετατροπή των φαινομενολογικών αρχών από μεμονωμένες, αυτό-εξηγητικές ("self-explanatory") 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 ένα ουσιαστικό, 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 για τη διδασκαλία να εστιάζει στην αναγνώριση και την ακτικατάστασή τους (Smith, diSessa, & Rochelle, 1993).

παραγωγικό ρόλο στη μάθηση (diSessa, 1988,1993; Smith, diSessa & Rochelle, 1993; Hammer, 1996). Σύμφωνα με τη θεωρητική προσέγγιση της φύσης της αφελούς φυσικής την οποία υιοθετούμε, η μάθηση της φυσικής απαιτεί την οικοδόμηση από τους μαθητές ριζικά διαφοροποιημένων, ασύμβατων (incommensurable) θεωριών σε σχέση με τις προ-υπάρχουσες της αφελούς φυσικής. Με άλλα λόγια, ριζική εννοιολογική αλλαγή, ως αλλαγή θεωρίας, με όλες τις δυσκολίες που αυτή συνεπάγεται -και όχι απλώς ασθενής εννοιολογική αλλαγή ως εμπλουτισμός θεωρίας- απαιτείται στη μάθηση πολλών εννοιών της σχολικής φυσικής (Vosniadou, 1994, 1999, 2002; Vosniadou & Brewer 1994; Carey 1985, 2000).

Η προσέγγιση της αφελούς φυσικής ως βάση γνώσης που απαιτεί ριζική αναδιοργάνωση μπορεί αποτελεσματικά να εξηγήσει το φαινόμενο των ‘παρανοήσεων’ οι οποίες παρατηρούνται σε όλα τα επίπεδα της εκπαίδευσης. Οι αποκαλούμενες ‘παρανοήσεις’ μπορούν να θεωρηθούν το αποτέλεσμα της προσπάθειας των μαθητών/μαθητριών να συμβιβάσουν πληροφορίες από μη-συμβατά εξηγητικά πλαίσια, όπως είναι τα αρχικά τους εξηγητικά πλαίσια για τα φυσικά φαινόμενα, και οι επιστημονικά αποδεκτές θεωρίες. Με άλλα λόγια, οι ‘παρανοήσεις’ δημιουργούνται καθώς οι μαθητές/μαθήτριες προσπαθούν να προσθέσουν στη προϋπάρχουσα βάση γνώσης τους κάποιες πλευρές των επιστημονικά αποδεκτών θεωριών, οι οποίες τους παρουσιάζονται μέσω της διδασκαλίας (Vosniadou, 1999, 2002; Ioannides & Vosniadou, 2002)³.

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

³ Αρκετά συγγενής είναι η εξήγηση της Chi (1992) και συνεργατών της (Chi, De Leeuw, Chiu, & LaVancher, 1994; Reiner, Slotka, Chi, & Resnick, 2000), σύμφωνα με την οποία οι ‘παρανοήσεις’ στη φυσική προκύπτουν όταν αποδίδεται ένα λανθασμένο/ακατάλληλο οντολογικό περιεχόμενο σε διάφορες έννοιες της φυσικής, προκειμένου να εξηγηθούν τα φυσικά φαινόμενα και να κατανοηθούν οι πληροφορίες από το περιβάλλον. Έτσι, κατά κανόνα, πολλές έννοιες της φυσικής που αφορούν σε διαδικασίες (πχ. θερμότητα) θεωρούνται ύλη/ουσίες. Κατά συνέπεια, η εννοιολογική αλλαγή συνεπάγεται μετακίνηση από μια βασισμένη στην ύλη οντολογία σε μια βασισμένη σε διαδικασίες οντολογία.

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 βάση ενός αιτιακού παράγοντα που είναι η δύναμη (αδιαφοροποίητη, σε πρώτη φάση από το βάρος). 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 προϋποθέσεις ότι η κίνηση είναι μια διαδικασία που χρειάζεται εξήγηση. 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 κατά τη μάθηση της φυσικής είναι μια αργή και σταδιακή διαδικασία που δεν λαμβάνει αποκλειστικά χώρα στο μυαλό του μαθητή, αλλά επηρεάζεται ισχυρά από το κοινωνικό-πολιτισμικό περιβάλλον και προχωρά 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 επιστημολογία⁴

Στην ευρεία απήχησης, ιδιαίτερα στο χώρο της διδακτικής της φυσικής, μοντελοποίησης της εννοιολογικής αλλαγής ως μιας ορθολογικής διαδικασίας από τους

⁴ Η χρήση του όρου *προσωπική επιστημολογία* (Hofer και Pintrich, 2002) επιλέγεται στην παρούσα εργασία 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 αναφέρεται και ο όρος *επιστημολογικές πεποιθήσεις*, ο οποίος χρησιμοποιήθηκε ευρύτατα (π.χ. Schommer, 1990, 1993, 1994; Hofer & Pintrich, 1997; Qian & Alverman, 1995) και εξακολουθεί να χρησιμοποιείται, αν και εσχάτως η χρήση του δέχεται κριτική (Richard Kitchener, 2002; Alexander & Sinatra, 2007; Murphy, Alexander, Greene, & Edwards, 2007).

Posner, Strike, Hewson και Gertzog (19982), προτείνονται τέσσερις συνθήκες⁵ οι οποίες πρέπει να πληρούνται προκειμένου να σημειωθεί εννοιολογική αλλαγή στα πλαίσια της ‘εννοιολογικής οικολογίας’ του μαθητή. Με τη χρήση της μεταφοράς *εννοιολογική οικολογία* περιγράφεται το (προ-)υπάρχον δίκτυο των αλληλοσυνδεόμενων εννοιών που επηρεάζουν την επιλογή μιας νέας έννοιας, με κεντρικό και οργανωτικό ρόλο στη σκέψη. Μέρος της *εννοιολογικής οικολογίας*, με ιδιαίτερα σημαντικό ρόλο, αποτελούν οι προσωπικές *επιστημολογικές δεσμεύσεις*, δηλαδή παραδοχές ή απόψεις αναφορικά με τη φύση της γνώσης και του γνωρίζειν. Αργότερα, σε μια ‘αναθεωρητική’ προσέγγιση του αρχικού, καθαρά ορθολογικού μοντέλου της εννοιολογικής αλλαγής, οι Strike και Posner υπέδειξαν ότι πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κίνητρα και στόχοι, καθώς και οι θεσμικές και κοινωνικές πηγές προέλευσής τους, προκειμένου να περιγραφεί ικανοποιητικά η εξελισσόμενη εννοιολογική οικολογία του μαθητή και να κατανοηθεί η επίδρασή της στην εννοιολογική κατανόηση (Strike & Posner, 1992, σ.162).

Η ανάγκη να συμπεριληφθούν στα μοντέλα της εννοιολογικής αλλαγής μεταβλητές κινητήριου ή/και συναισθηματικού χαρακτήρα, 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 το ρόλο του εαυτού ως μαθητή (υποκειμένου της μάθησης), ο προσανατολισμός των στόχων, τα είδη των κινήτρων, τα ενδιαφέροντα και οι αξίες κλπ.) τονίζεται επίσης από γνωσιακούς και αναπτυξιακούς ψυχολόγους οι οποίοι αντιλαμβάνονται την εννοιολογική αλλαγή ως μια διαδικασία που δεν είναι καθαρά ορθολογική (π.χ., Pintrich et al., 1993; Pintrich, 1999; Pintrich & Sinatra, 2003; Dole & Sinatra, 1998; Gregoire, 2003; Sinatra, 2005). 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

⁵ Οι συνθήκες αυτές είναι η έλλειψη ικανοποίησης (dissatisfaction) από την υπάρχουσα, προς αντικατάσταση, έννοια και επίσης η επάρκεια (eligibility), η ευλογοφάνεια (plausibility) και η αποδοτικότητα (fruitfulness) της νέας έννοιας

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. Δηλαδή οι επιστημολογικές πεποιθήσεις ενδέχεται να επιτρέπουν την επιλογή ορισμένου τύπου μαθησιακών στόχων, όπως είναι για παράδειγμα, οι στόχοι κατάκτησης της γνώσης (mastery goals), οι στόχοι επίτευξης υψηλών επιδόσεων (performance goals), ή οι στόχοι διεκπεραίωσης καθηκόντων (completion goals), οι οποίοι, με τη σειρά τους, είναι πιθανό να καθοδηγούν την επιλογή των γνωσιακών και μεταγνωσιακών στρατηγικών (βλέπε επίσης Pintrich, 1994, 1999 και Hofer, 2001). Επιπλέον, σύμφωνα με τη Hofer (2004, σ. 46-47), οι επιστημολογικές πεποιθήσεις ως ένα σύστημα πεποιθήσεων οργανωμένων σε 'θεωρίες' δρουν στο μεταγνωσιακό επίπεδο και παίζουν ενεργό ρόλο στην διαχείριση των νέων πληροφοριών στα πλαίσια της προσωπικής κατασκευής της γνώσης. Αυτό αφορά κυρίως σε καταστάσεις κατά τις οποίες πρέπει να αντιμετωπιστούν σύνθετα - δυσεπίλυτα προβλήματα ανοιχτού τύπου (ill-structured problems) 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, αφού πρώτα αναφερθούμε σε ορισμένα θεωρητικά ζητήματα αναφορικά με τη φύση της προσωπικής επιστημολογίας, θα παρουσιάσουμε τη θεωρητική μας θέση για το ρόλο της προσωπικής επιστημολογίας στην εννοιολογική αλλαγή κατά τη μάθηση της φυσικής.

2.1 Προσωπική επιστημολογία: Θεωρητικά ζητήματα

Η θεωρητική προσέγγιση της προσωπικής επιστημολογίας που υιοθετείται στην παρούσα εργασία αποτελεί ένα συγκερασμό των δύο κυριότερων θεωρητικών προσεγγίσεων, δηλαδή της *μονοδιάστατης-αναπτυξιακής προσέγγισης* (πχ., Baxter Magolda, 1992; Belenky, Clinchy, Goldberger, & Tarule, 1986; King & Kitchener, 1994, 2002; Kuhn, 1991; Perry, 1998) και της *πολυδιάστατης-γνωσιακής* (πχ., Schommer, 1990; Schommer, Crouse, & Rhodes; Schommer-Aikins, 2002). Πρόκειται για την προσέγγιση της προσωπικής επιστημολογίας ως *θεωρητικού-τύπου δομή (θεωρία-πλαίσιο)*, 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 αρχικά εύρους εμπειρίας και πληροφόρησης από το περιβάλλον. Αυτό το πλαίσιο πεποιθήσεων, καθώς αυξάνεται η καθημερινή αισθητηριακή, αλλά και η εν γένει κοινωνική-πολιτισμική εμπειρία και πληροφόρηση, τεμαχίζεται σταδιακά σε επιμέρους διαστάσεις, με αποτέλεσμα κάποιες από αυτές τις πεποιθήσεις να αλλάζουν σταδιακά, σε ένα δεδομένο χρονικό διάστημα, και κάποιες όχι. Σύμφωνα με αυτή τη θεωρητική προσέγγιση, η προσωπική επιστημολογία μπορεί μεν να θεωρηθεί ως μια πολυδιάστατη δομή, αλλά είναι 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 (βλέπε επίσης: Hofer, 2000, 2004; Hofer & Pintrich, 1997)

Η ιδέα ότι οι γνωσιακές δομές μπορούν να περιγραφούν ως θεωρίες (δηλαδή έχουν την δομή και οργάνωση θεωριών) προέρχεται από δύο πεδία έρευνας στο χώρο της ψυχολογίας, τα οποία αφορούν στην διερεύνηση και περιγραφή πτυχών της εξελισσόμενης σκέψης του

παιδιού. Το μεν πρώτο εστιάζει στις έννοιες και την εννοιολογική αλλαγή (π.χ., Carey, 1985; Vosniadou & Brewer, 1994), ενώ το δεύτερο 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 παρόμοια 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, με βάση τις διαθέσιμες ενδείξεις, προβλέψεις και εξηγήσεις και μπορούν να διαφοροποιούνται αλλά και να αναδιοργανώνονται ριζικά. Ο όρος *θεωρία*, εν προκειμένω, 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 εσωτερική συνέπεια, από την αφαιρετικότητα και από γνωρίσματα κανονιστικού και κοινωνικού-θεσμικού χαρακτήρα (π.χ. ενδεχομενικότητα, έλεγχος-διαψευσιμότητα, δημοσιοποίηση / δημόσιος διάλογος) μιας επιστημονικής θεωρίας, ούτε βέβαια συνοδεύεται από μεταεννοιολογική επίγνωση (Vosniadou, 1994, 2002).

Η προσέγγιση της προσωπικής επιστημολογίας ως θεωρία-πλαίσιο επιτρέπει την κατανόηση τόσο του μηχανισμού απόκτησης, όσο και του μηχανισμού τροποποίησής της. Επιπλέον, επιτρέπει τη συνύπαρξη αλληλένδετων ειδικών κατά γνωστικό τομέα και γενικών επιστημολογικών θεωρήσεων (οι οποίες, κατά το μάλλον ή ήττον, επηρεάζονται από το πλαίσιο), εξηγώντας έτσι την ενδεχόμενη κατά γνωστικό τομέα εξειδίκευση της προσωπικής επιστημολογίας (βλέπε Buehl, Alexander, & Murphy, 2002; Hofer, 2000, 2004) καθώς και

την επίδρασή της ειδικής κατά τομέα προσωπικής επιστημολογίας σε επιμέρους γνωστικούς τομείς, όπως 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 θεωρούμε ότι η προσωπική επιστημολογία αφορά σε προσωπικές πεποιθήσεις αναφορικά με τη φύση της γνώσης, δηλαδή τη δομή και τη σταθερότητα της γνώσης, και τη φύση των διαδικασιών του γνωρίζειν, δηλαδή την προέλευση και τεκμηρίωση του γνωρίζειν. Οι πεποιθήσεις αναφορικά με τη φύση της μάθησης και της ευφυΐας, οι οποίες συνδέονται με την προσωπική επιστημολογία και ενδεχομένως επηρεάζουν την ακαδημαϊκή μάθηση και επίδοση (πχ., Schommer, 1990) κρίνονται ως ‘περιφερειακές’ (peripheral) 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

Σύμφωνα με το θεωρητική μας θέση, η σχετική με τη φυσική προσωπική επιστημολογία μπορεί να έχει τόσο άμεση όσο και έμμεση επίδραση στην 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) άλλα και άλλες πεποιθήσεις κινητήριου και/ή συναισθηματικού χαρακτήρα (Pintrich, 1994,1999; Dole & Sinatra, 1998; Sinatra, 2002, 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).

---εισαγωγή του Σχήματος 1---

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

Οι επιστημολογικές πεποιθήσεις των μαθητών/μαθητριών μπορούν να επηρεάζουν όχι μόνο άμεσα αλλά και έμμεσα, όπως αναφέρθηκε παραπάνω, την από μέρους των μαθητών εννοιολογική κατανόηση της φυσικής, μέσω της επίδρασής τους σε γνωσιακές και μεταγνωσιακές διαδικασίες, όπως είναι ο προσανατολισμός των μαθησιακών στόχων, η χρήση στρατηγικών επεξεργασίας πληροφοριών, η αυτορρύθμιση κλπ. Για παράδειγμα, η πεποίθηση αναφορικά με την απλή δομή της γνώσης μπορεί να οδηγήσει στην υιοθέτηση στρατηγικών 'μηχανικής' επανάληψης (rehearsal strategies) ώστε να επιτευχθεί 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 στη 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 την αντίστοιχη επιλογή στρατηγικών, προκειμένου να εξασφαλιστεί μάθηση που έχει νόημα

(meaningful learning), με τη συνακόλουθη θετική επίδραση στην εννοιολογική κατανόηση της φυσικής (Novak, 2002).

Στα πλαίσια της θεωρητικής μας θέσης μπορεί να εξηγηθεί πώς όχι μόνο οι επιμέρους διαστάσεις της προσωπικής επιστημολογίας, αλλά και η διασύνδεση μεταξύ επιμέρους διαστάσεων -οι οποίες μάλιστα δεν έχουν μεταβληθεί με τον ίδιο ρυθμό- μπορεί να επηρεάζει την εννοιολογική κατανόηση. Για παράδειγμα, η θεώρηση της γνώσης στη φυσική ως το αποτέλεσμα προσωπικής εμπλοκής και ευθύνης αφενός, και ως το προϊόν της συσσώρευσης αποσπασματικών πραγματολογικών πληροφοριών αφετέρου, 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 της γνώσης τους και κατά συνέπεια την εννοιολογική κατανόηση (Davies, 2003). Ακόμη η θεώρηση της γνώσης στη φυσική ως ένα σύνολο αλληλένδετων εννοιών, αφηρημένων και απομακρυσμένων από την καθημερινή αισθητηριακή εμπειρία, το οποίο όμως μεταφέρεται από τους κατόχους του, δηλαδή τους δασκάλους και τα βιβλία, στους μαθητές, μπορεί επίσης να οδηγήσει τους μαθητές στην επιλογή της απομνημόνευσης των εννοιών αυτών, όπως ακριβώς παρουσιάζονται από τους δασκάλους και τα σχολικά βιβλία, ως την ενδεδειγμένη στρατηγική μελέτης (βλέπε Roth & Roychoudhury, 1994). Αντίθετα, η πεποίθηση ότι βασικό στοιχείο της γνώσης της φυσικής είναι η προσωπική εμπειρία που αποκτάται από μια καθημερινή ενασχόληση (πχ., στο σχολικό εργαστήριο φυσικής), συνδέεται ενδεχομένως με μια πιο αυτόνομη προσέγγιση της μάθησης της φυσικής και μπορεί να αναδεικνύει 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 (πχ., Vosniadou,

1994, 2002a, 2002b), και λαμβάνει υπόψη τη συζήτηση για το ρόλο κινήτρων, συναισθημάτων καθώς και του κοινωνικού-πολιτισμικού περιβάλλοντος-πλαισίου στην εννοιολογική αλλαγή (Pintrich & De Groot, 1990, 1994; Pintrich, Marx, & Boyle, 1993, Strike and Posner, 1992; Caravita & Hallden, 1994; Pintrich, 1999; Dole & Sinatra, 1998; Gregoire, 2003; Sinatra, 2002, 2005). Το Σχήμα 1 δεν αναπαριστά ένα γραμμικό μοντέλο 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 οι πιθανότατες αλληλεπιδράσεις, σε ‘μικροσκοπικό’ επίπεδο, ανάμεσα, για παράδειγμα, στις επιστημολογικές πεποιθήσεις, και άλλες μεταβλητές κινήτριου ή συναισθηματικού χαρακτήρα, όπως είναι οι πεποιθήσεις αναφορικά με τη μάθηση και το ρόλο του εαυτού ως μαθητή, ο προσανατολισμός των μαθησιακών στόχων, τα προσωπικά κίνητρα, τα ενδιαφέροντα και οι αξίες κλπ.

Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα που δείχνει το πλέγμα των σχέσεων και αλληλεπιδράσεων, τόσο σε μακροσκοπικό όσο και σε μικροσκοπικό επίπεδο, είναι το ακόλουθο που χρησιμοποιείται από τους Strike and Posner (1992, σ. 161-162) για να υποστηρίξουν το αναθεωρημένο⁶ μοντέλο που προτείνουν για την εννοιολογική αλλαγή. Το παράδειγμα αναφέρεται σε κάποιον υποθετικό μαθητή που έχει θέσει ως μαθησιακό στόχο την επίτευξη υψηλής επίδοσης στη φυσική και όχι την προσωπική κατασκευή νοήματος. Κινητοποιούμενος λοιπόν από αυτή την επιθυμία να επιτύχει υψηλή σχολική βαθμολογία στη

⁶ 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 κινήτριου και συναισθηματικού χαρακτήρα.

φυσική, χωρίς αναγκαστικά την κατανόηση της φυσικής, 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 περιορίζουν την 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), οδηγώντας σε μια αντίληψη της φυσικής ως μια απλή συγκέντρωση αυθαίρετων πληροφοριών, μια αντίληψη η οποία, όπως αναφέρθηκε παραπάνω, ενισχύει την προσήλωση σε επιφανειακές στρατηγικές μελέτης, όπως είναι η απομνημόνευση. Αντιθέτως, 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, στην περίπτωση που συναντά δυσκολίες στη φυσική, να αρχίσει να απαξιώνει την γνώση της φυσικής καταφεύγοντας σε ένα σχετικισμό, σύμφωνα με τον οποίο κάθε ισχυρισμός γνώσης είναι εξίσου έγκυρος, άρα η φυσική δεν είναι παρά ένας τρόπος, μεταξύ πολλών άλλων, εξήγησης των φυσικών φαινομένων, και οι διαδικασίες κριτικής αποτίμησης και τεκμηρίωσης που χρησιμοποιεί η φυσική δεν έχουν κάποια ιδιαίτερη αξία⁷. Κατά συνέπεια, για την υποθετική αυτή μαθήτρια, δεν υπάρχει λόγος να προσπαθήσει να καταλάβει τη φυσική και να εμπλακεί στις διαδικασίες κριτικής αποτίμησης πληροφοριών για το φυσικό κόσμο τις οποίες χρησιμοποιεί η φυσική. Το αποτέλεσμα για τη μαθήτρια αυτή είναι, κατά πάσα πιθανότητα, η περιορισμένη εννοιολογική κατανόηση της φυσικής, η οποία με τη σειρά της, ανατροφοδοτεί τη 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

⁷ Στην προκειμένη περίπτωση γίνεται αναφορά στον σχετικισμό που δεν συνοδεύεται από μεταενοιολογική επίγνωση.

προσέγγιση της εννοιολογικής αλλαγής, ‘ανεβάζοντας την θερμοκρασία’ των ‘ψυχρών’, δηλαδή στενά γνωσιακών μοντέλων της εννοιολογικής αλλαγής (Pintrich, Marx, & Boyle, 1993; Gregoire, 2003; Sinatra, 2005). Θα πρέπει επίσης να επισημάνουμε ότι το θεωρητικό αυτό πλαίσιο είναι συμβατό με τη θεώρηση της προσωπικής επιστημολογίας ως *θεωρητικού-τύπου δομής (θεωρίας-πλαίσιο)* και μπορεί να βοηθήσει στην κατανόηση τόσο του μηχανισμού απόκτησης όσο του μηχανισμού τροποποίησης της προσωπικής επιστημολογίας.

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 κλπ. (π.χ. Ryan, 1984; Schommer, 1990; Schommer et al., 1992; Kardash & Scholes, 1996).

Όσον αφορά ειδικότερα στη φυσική, η έρευνα έδειξε για μαθητές δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης που θεωρούσαν τη φυσική ως μια δυναμική διαδικασία εξέλιξης ιδεών, των οποίων η μάθηση χρειάζεται ερμηνεία και ενοποίηση, ότι 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 βάση αρχών της φυσικής, σε σύγκριση με μαθητές που θεωρούσαν τη φυσική ως 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 μελέτησαν την επίδραση των επιστημολογικών πεποιθήσεων στη μάθηση της φυσικής, η οποία απαιτεί εννοιολογική αλλαγή. Για να επιτύχουν την εννοιολογική αλλαγή χρησιμοποίησαν ένα κείμενο διάψευσης της προϋπάρχουσας γνώσης

των μαθητών/μαθητριών⁸. 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 απλότητα και τη βεβαιότητα της γνώσης, σε σύγκριση με μαθητές/μαθήτριες που προσέγγιζαν τη γνώση ως σύνθετη και ενδεχομενική.

Σε προηγούμενες εργασίες μας διερευνήσαμε τη σχέση ανάμεσα στη προσωπική επιστημολογία μαθητών/μαθητριών δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης αναφορικά με τη φυσική και την από μέρους τους 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 αυτό, του Ελληνικού μέσου Αξιολόγησης Επιστημολογικών Πεποιθήσεων για τη Φυσική (ΕΑΕΠΦ) (Stathorouliou & Vosniadou, 2007a). Τα αποτελέσματα ανέδειξαν τέσσερις διαστάσεις της σχετικής με τη φυσική προσωπικής επιστημολογίας των μαθητών/μαθητριών, οι οποίες αντανακλούν πεποιθήσεις για τη *Δομή της Γνώσης*, την *Κατασκευή και Σταθερότητα της Γνώσης*, την *Κατάκτηση της Απόλυτης/Αντικειμενικής Αλήθειας* και την *Προέλευση του Γνωρίζειν*. Σε μια 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 εκλέπτυνσης⁹, YEE) και τους 38 μαθητές και μαθήτριες με τη χαμηλότερη βαθμολογία σε όλες τις υποκείμενες του

⁸ Το κείμενο επικεντρώνονταν στη διάψευση της ιδέας της *επίκτητης δύναμης* (*impetus 'misconception'*) και στην υποστήριξη του πρώτου νόμου του Νεύτωνα, βάσει της μελέτης βολών μέσα στο πεδίο βαρύτητας.

⁹ Ως εκλεπτυσμένη χαρακτηρίζουμε μια κonstrουκτιβιστική προσωπική επιστημολογία δηλαδή “μια επιστημολογία στα πλαίσια της οποίας οι μαθητές έχουν επίγνωση του κεντρικού ρόλου που έχουν οι ιδέες στην 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 ως 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. Hofer & Pintrich, 1997; Alexander & Sinatra, 2007; Qian & Pan, 2002).

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 βρίσκονται σε μεταβατικό στάδιο ως προς τη σχετική με τη φυσική προσωπική τους επιστημολογία, ώστε να μεγιστοποιηθεί η πιθανότητα να πάρουμε όσο το δυνατόν πιο 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 (FMCE) (Thornton & Sokoloff, 1998). Ο σχεδιασμός και η κατασκευή του FMCE βασίστηκε στα αποτελέσματα από την εκτενή έρευνα πάνω στις 'παρανοήσεις' αναφορικά με τη δύναμη και τη κίνηση. Το ερωτηματολόγιο αυτό χρησιμοποιήθηκε ευρύτατα για την αξιολόγηση της εννοιολογικής κατανόησης της Νευτώνειας δυναμικής σε χιλιάδες μαθητών/μαθητριών δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης και φοιτητών/φοιτητριών στις ΗΠΑ. Χρησιμοποιήθηκε ευρύτατα επίσης από το εργαστήριό μας σε Έλληνες μαθητές/μαθήτριες δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης καθώς και φοιτητές/φοιτήτριες. Έτσι μπορούμε να ισχυριστούμε ότι έχουμε συγκεντρώσει πλήθος πληροφοριών, οι οποίες μας επιτρέπουν να γνωρίζουμε, βάσει της επίδοσης στο FMCE, πότε ένας μαθητής ή μια μαθήτρια έχει κατανοήσει τους τρεις νόμους του Νεύτωνα, δηλαδή έχει πετύχει σε μεγάλο βαθμό εννοιολογική αλλαγή¹⁰ αναφορικά με τη δύναμη και τη κίνηση.

Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η σχετική με τη φυσική προσωπική επιστημολογία συνδέεται στενά με την εννοιολογική αλλαγή στη Νευτώνεια δυναμική. Πιο συγκεκριμένα βρέθηκε ότι οι προσωπικές πεποιθήσεις των μαθητών/μαθητριών για τη *Δομή* και τη *Κατασκευή και Σταθερότητα της Γνώσης* μπορούν να προβλέπουν τη βαθμολογία στο FMCE, και κατά συνέπεια το βαθμό εννοιολογικής κατανόησης της Νευτώνειας δυναμικής. Επιπλέον

¹⁰ Υπενθυμίζεται ότι η έρευνα στην περιοχή της διδακτικής της φυσικής έχει δείξει ότι είναι πολύ δύσκολο να επιτευχθεί η εις βάθος κατανόηση των τριών νόμων του Νεύτωνα, καθώς απαιτεί τη ριζική αναδιοργάνωση της προϋπάρχουσας *αφελούς φυσικής*.

το αποτέλεσμα ότι μόνο 11 από τους 76 μαθητές/μαθήτριες, όλοι από την ομάδα υψηλής επιστημολογικής εκλέπτυνσης (YEE) 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 μπορούμε να ισχυριστούμε ότι αποτελεί και ικανή συνθήκη -όπως φαίνεται και από το ότι κάποιοι μαθητές/μαθήτριες από την ομάδα YEE είχαν χαμηλή βαθμολογία στο FMCE (Stathopoulou & Vosniadou, 2007a).

Σε άλλη εργασία μελετήσαμε τρεις μαθητές της Α' τάξης Γενικού Λυκείου στα πλαίσια ενός υποστηριζόμενου από ηλεκτρονικούς υπολογιστές περιβάλλοντος συνεργατικής μάθησης¹¹ (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 επεξεργασμένες πεποιθήσεις αναφορικά με την προέλευση της γνώσης, παρουσίασαν περιορισμένη ικανότητά να λειτουργήσουν αποτελεσματικά μέσα στο συνεργατικό περιβάλλον μάθησης. Πιο συγκεκριμένα, 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 τους προσπάθεια και στην ανταλλαγή απόψεων, καθώς και να αναπτύσσουν την απαιτούμενη αναστοχαστική προσέγγιση, προκειμένου να καταφέρνουν να επιλύουν, επί τη βάσει αρχών, διαφορές 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 προσπαθήσαμε να κατανοήσουμε το ρόλο κάποιων παραγόντων που ενδεχομένως

¹¹ Η έρευνα πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια του Ευρωπαϊκού Προγράμματος ITCOLE (<http://www.euro-cscl.org/site/itcole>)

καταλύουν -θετικά ή αρνητικά- την επίδραση της προσωπικής επιστημολογίας στην εννοιολογική κατανόηση (Stathoroulou & Vosniadou, 2007b). Σύμφωνα με την υπόθεσή μας, 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 την εννοιολογική αλλαγή στη μάθηση της φυσικής. Οι δέκα μαθητές/μαθήτριες επιλέχθηκαν από ένα σύνολο 394 μαθητών/μαθητριών που έλαβαν μέρος σε μια μελέτη που είχε προηγηθεί (Stathoroulou & 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 με την χρήση του) όσο και στο FMCE. Οι υπόλοιποι πέντε επιλέχθηκαν λόγω της χαμηλής βαθμολογίας που σημείωσαν στο ΕΑΕΠΦ και το FMCE. Ως μέσο αξιολόγησης στην ποιοτική αυτή μελέτη χρησιμοποιήθηκε συζήτηση δίωρης διάρκειας με κάθε μαθητή και μαθήτρια η οποία περιελάμβανε, 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 την 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 καθώς και από βαθιά κατανόηση της Νευτώνειας δυναμικής, φάνηκε ότι υιοθετούν την χαρακτηριζόμενη ως βαθιά προσέγγιση της μάθησης και της μελέτης. Δηλαδή και οι πέντε επιζητούσαν την προσωπική κατασκευή νοήματος, μέσω της επιλογής βαθιών στρατηγικών μελέτης, όπως η σύνδεση ιδεών (πχ. σύνδεση νέων εννοιών με την προϋπάρχουσα γνώση), η αναζήτηση υποδειγμάτων (patterns) και υποκείμενων αρχών, η ενδελεχής εξέταση των ενδείξεων και της λογικής συνέπειας 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 υιοθετούν επιφανειακή προσέγγιση της μάθησης και της μελέτης. Δηλαδή φάνηκε ότι είτε επιδιώκουν την επίτευξη υψηλής επίδοσης και τη διεκπεραίωση των (εξωτερικά επιβαλλόμενων) σχολικών καθηκόντων, ή 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. Επιπλέον, οι μαθητές αυτοί δεν εμφάνισαν ενδείξεις ουσιώδους μεταεννοιολογικής επίγνωσης.

Τα αποτελέσματα της ποιοτικής αυτής μελέτης είναι σύμφωνα με τη θεώρηση του Entwistle (2007) ότι η πορεία ανάπτυξης των αντιλήψεων για τη γνώση (δυστικές έναντι

σχετικιστικών) είναι παράλληλη προς την πορεία ανάπτυξης των αντιλήψεων για τη μάθηση (αναπαραγωγή πληροφοριών έναντι αναζήτησης νοήματος) και ότι αυτή είναι μια διαδικασία αυξανόμενης μεταενοιολογικής επίγνωσης. Τα αποτελέσματα είναι επίσης σύμφωνα με την θεωρητική μας θέση ότι οι επιστημολογικές πεποιθήσεις, είτε ως επιμέρους διαστάσεις, είτε ως συνδυασμοί των επιμέρους διαστάσεων, μπορούν να εμποδίσουν, η να διευκολύνουν τη διαδικασία οικοδόμησης της γνώσης όχι μόνο με άμεσο τρόπο, κατευθύνοντας την προσοχή σε συγκεκριμένες πληροφορίες από το φυσικό και κοινωνικό-πολιτισμικό περιβάλλον και επηρεάζοντας τις προθέσεις σε σχέση με τη κατασκευή και αναθεώρηση της γνώσης, αλλά και με έμμεσο τρόπο, επηρεάζοντας κάποιους παρεμβαίνοντες παράγοντες, γνωσιακού, μεταγνωσιακού και κινητήριου χαρακτήρα, όπως ο προσανατολισμός των στόχων, η επιλογή των στρατηγικών μελέτης, η αυτορρύθμιση κλπ. (Vosniadou, 2002, 2003; Sinatra & Pintrich, 2003; Mason, 2003; Pintrich, 1999; Dole & Sinatra, 1998; Gregoire, 2003; Sinatra, 2005).

3. Συμπεράσματα

Ανακεφαλαιώνοντας καταλήγουμε ότι η σχετική με τη φυσική προσωπική επιστημολογία φαίνεται να επηρεάζει, με διάφορους τρόπους, την εννοιολογική κατανόηση (και την εννοιολογική αλλαγή) στα πλαίσια 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 χαρακτήρα, αλλά επίσης μεταγνωσιακού, συναισθηματικού και κινητήριου χαρακτήρα (Strike & Posner, 1992; Pintrich et al., 1993; Pintrich, 1999; Gregoire, 2003; Sinatra & Pintrich, 2003; Vosniadou, 2002, 2003; Dole & Sinatra, 1998; Sinatra, 2005). Το θεωρητικό πλαίσιο που υιοθετείται στην παρούσα εργασία συνιστά τέτοιου είδους απόπειρα κατανόησης της εννοιολογικής αλλαγής. Αυτή η σχέση

ανάμεσα στην προσωπική επιστημολογία και την εννοιολογική κατανόηση -και εννοιολογική αλλαγή- θεωρούμε ότι είναι, σε κάποιο βαθμό, αμφίδρομη, πρόκειται δηλαδή για μια αλληλεπίδραση (Pintrich, 2002). Εφόσον δεχόμαστε ότι οι προσωπικές πεποιθήσεις αναφορικά με τη φύση της γνώσης και της διαδικασίας του γνωρίζειν στη φυσική υπόκεινται και οι ίδιες σε αλλαγή, είναι βάσιμο να θεωρούμε ότι η βαθιά 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 ως ένα σύστημα πεποιθήσεων οργανωμένων σε ‘θεωρίες’ (θεωρητικού-τύπου δομές) που επηρεάζονται από το γενικότερο πολιτισμικό και το εκπαιδευτικό/σχολικό περιβάλλον, καθώς και από άλλες πλαισιακού τύπου μεταβλητές, και παίζουν ενεργό -και ανάλογο με το πλαίσιο- ρόλο στην διαχείριση των νέων πληροφοριών κατά την διαδικασία της προσωπικής οικοδόμησης της γνώσης. Η θεώρηση της προσωπικής επιστημολογίας ως μιας θεωρητικού-τύπου δομής μπορεί να μας βοηθήσει να καταλάβουμε καλύτερα τους μηχανισμούς μεταβολής της, προσφεύγοντας στους μηχανισμούς που περιγράφονται στα θεωρητικά μοντέλα εννοιολογικής αλλαγής (π.χ., Vosniadou, 1994, 2003; Dole & Sinatra, 1998; Gregoire, 2003; Sinatra, 2005; Pintrich et al., 1993; Pintrich, 1999).

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

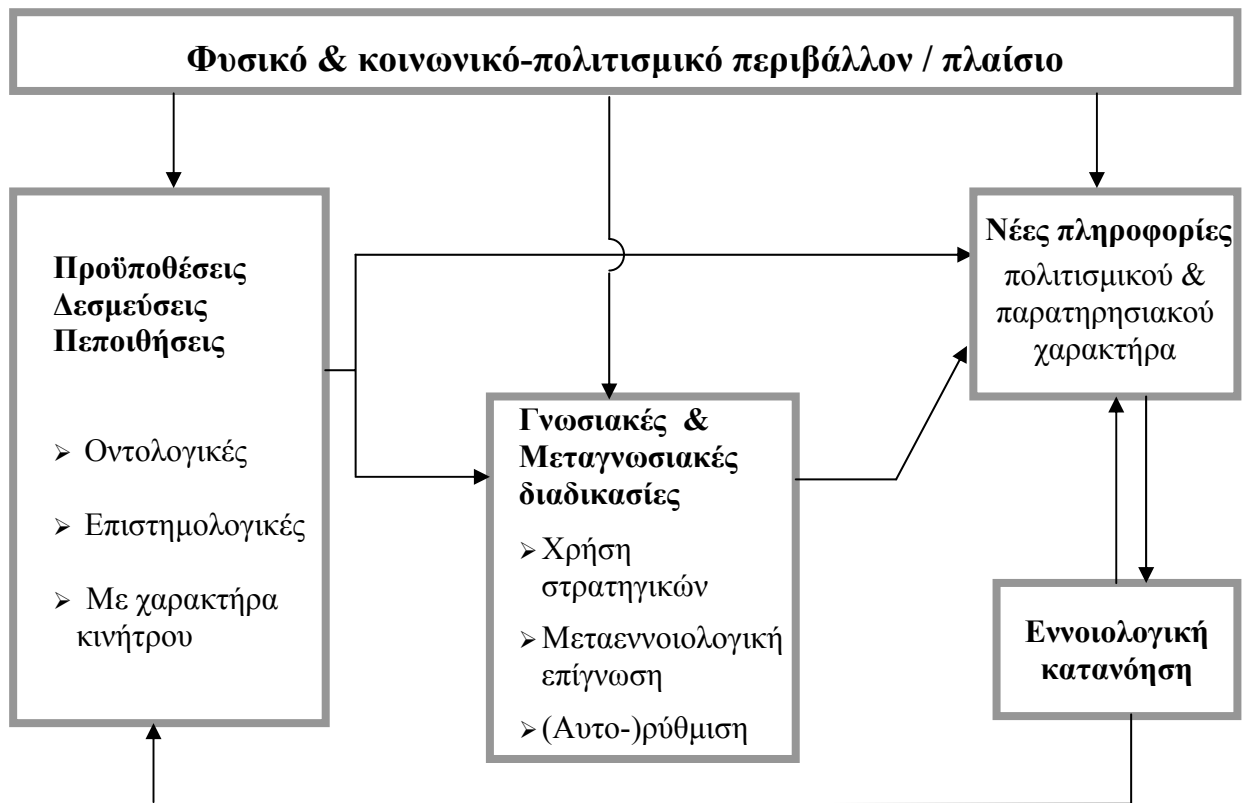
- Songer, N.B., & Linn, M.C. (1991). How do students' views of science influence knowledge integration? *Journal of Research in Science Teaching*, 28 (9), 761-784.
- Spelke, E.S. (1990). Principles of object perception. *Cognitive Science*, 14, 29-56.
- Stathopoulou, C., & Vosniadou, S. (2007a). Exploring 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. Στο S. Vosniadou, A. Baltas & X. Vamvakoussi (Eds.) *Reframing the conceptual change research 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 Practise...* 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 and P. Pintrich (Eds.), *Intentional conceptual change*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.

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

Σχήματα

Σχήμα 1. Το προτεινόμενο θεωρητικό πλαίσιο σε αδρές γραμμές



Σχήμα 1. Το προτεινόμενο θεωρητικό πλαίσιο σε αδρές γραμμές