

Εποικοδομισμός και Πολιτισμικές προσεγγίσεις στη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών: Οι πολλές όψεις των επιστημονικών εννοιών

Βασίλης Τσελφές και Ειρήνη Σπυράτου
ΤΕΑΠΗ, ΕΚΠΑ

Περίληψη

Στην εργασία αυτή επιχειρούμε να συσχετίσουμε την εποικοδομητική προσέγγιση στη διδασκαλία και μάθηση των φυσικών επιστημών με αυτή που αντιμετωπίζει την επιστήμη ως κουλτούρα και τη διδασκαλία-μάθηση ως επιπολιτισμική διαδικασία. Ως «γέφυρα» χρησιμοποιούμε τη «μονάδα ανάλυσης» της εποικοδομητικής προσέγγισης που θεωρούμε ότι είναι η «έννοια». Συγκεκριμένα, εστιάζουμε από την πλευρά του εποικοδομισμού στην εναλλακτική μεθοδολογική πρόταση, που προτείνεται από το diSessa και τους συνεργάτες του (2004), σύμφωνα με την οποία μια επιστημονική έννοια για να προσδιοριστεί πρέπει να προσεγγιστεί από διάφορες «όψεις», είτε αυτή η έννοια ανασύρεται από το επίσημο περιεχόμενο της επιστήμης, είτε προσεγγίζεται ως ιδέα των μαθητών. Από την πλευρά των πολιτισμικών προσεγγίσεων χρησιμοποιούμε το «κοσμολογικό» μοντέλο του Kearney (1984) και υποστηρίζουμε ότι οι έννοιες (και οι επιστημονικές) αποκτούν τη σημασία τους μέσα σε ένα πλέγμα λειτουργιών που συγκροτούν μια κουλτούρα· λειτουργιών που διαφοροποιούν τη σημασία των εννοιών από κουλτούρα σε κουλτούρα και ταυτόχρονα προσδίδουν στις έννοιες διάφορα χαρακτηριστικά, που δείχνουν να αντιστοιχούν εν μέρει στις «όψεις» που οι diSessa et al. (2004) αναγνωρίζουν. Τον ισχυρισμό αυτό επιρρώνουμε καταρχήν με τη θεωρητική συσχέτιση των δύο μοντέλων και επιφυλασσόμαστε για μια εκτεταμένη εμπειρική επιβεβαίωση.

Εισαγωγή

Στην εποικοδομητική προσέγγιση της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών (ΔΦΕ) η μάθηση έχει επικρατήσει να αντιμετωπίζεται ως διαδικασία εννοιολογικής αλλαγής (Duit & Treagust 2003). Ως «μονάδα ανάλυσης» της προσέγγισης αυτής θεωρείται η «έννοια». Μια «έννοια», στο πλαίσιο της επιστήμης, αναπαριστά με συγκεκριμένο τρόπο μια οντότητα, μια σχέση ή μια διαδικασία του φυσικού κόσμου ενώ προσανατολίζεται προς κάποιο εναλλακτικό (συνήθως) περιεχόμενο στο πλαίσιο της σκέψης των μη ειδικών / μαθητών. Η εννοιολογική αλλαγή σημαίνει τη μετατόπιση (με κάποιο τρόπο και σε κάποιο βαθμό) από το εναλλακτικό περιεχόμενο μιας «έννοιας» προς το επιστημονικό (δες π.χ. Vosniadou & Ioannides 1998, Vosniadou et al. 2001, Duit & Treagust 2003).

Παραμένοντας στο πλαίσιο του εποικοδομισμού, οι diSessa et al. (2004) επιχειρούν σε ένα άρθρο τους μια κριτική προσέγγιση των μεθόδων που ακολουθούνται για να ανασυρθούν οι ιδέες των μαθητών (στο πλαίσιο ενός ευρύτερου ερωτήματος που έχει νόημα εντός της εποικοδομητικής προσέγγισης της μάθησης και αφορά το κατά πόσο οι ιδέες των μη ειδικών / μαθητών είναι συγκροτημένες σε στοιχειώδεις θεωρίες ή όχι). Μεταξύ των άλλων, ο diSessa και οι συνεργάτες του στέκονται στο ζήτημα του πόσο καλά προσδιορίζεται από τους ερευνητές της ΔΦΕ η σημασία που ένας μαθητής αποδίδει σε μια «έννοια». Το ζήτημα, συγκεκριμένα, τίθεται στη βάση της υπόθεσης ότι η αποσαφήνιση μιας έννοιας μπορεί να είναι επιτυχής αν αυτή προσεγγιστεί από περισσότερες από μια πλευρές. Κάθε τέτοια προσέγγιση αποκαλύπτει και μια διαφορετική «όψη» της ίδιας έννοιας. Για παράδειγμα η αποσαφήνιση της έννοιας της δύναμης φαίνεται να έχει (τουλάχιστον):

- Μια *υπαρξιακή* «όψη», που φανερώνει τις συνθήκες κάτω από τις οποίες η έννοια της δύναμης φαίνεται να υπάρχει σε μια περίπτωση. Π.χ. η δύναμη υπάρχει στην περίπτωση μιας σκοπούμενης δράσης ενός σώματος πάνω σε ένα άλλο; Μιας ανάλογης φυσικής δράσης; Υπάρχει στο πλαίσιο της σχέσης δύο σωμάτων; Υπάρχει όπου εμφανίζονται αλλαγές; Είναι συνδεδεμένη με σταθερές καταστάσεις; Ή κάτι άλλο;
- Μια *(ημι-)ποσοτική* «όψη», που φανερώνει το πώς προσεγγίζεται απόλυτα ή συγκριτικά το μέγεθος της έννοιας σε διάφορες περιπτώσεις. Π.χ. το μέγεθός της κρίνεται από το μέγεθος των σωμάτων που δρουν ή έχουν σχέση; Από χαρακτηριστικά της σχέσης των σωμάτων ή από τα αποτελέσματα της ύπαρξής της;
- Μια *οντολογική* «όψη», που φανερώνει τη «φύση» της οντότητας που αναπαριστά η έννοια· το «είναι» της μέσα στο μεταφυσικό «σύμπαν» του υποκειμένου. Π.χ. πρόκειται για υλική οντότητα, για σχέση, για ιδιότητα / ποιότητα των υλικών σωμάτων ή είναι νοητική κατασκευή / αναπαράσταση;
- Μια *συνθετική* «όψη», που φανερώνει το πώς λειτουργεί η συνύπαρξη περισσότερων ομοειδών εννοιών / οντοτήτων, παρόντων σε μια περίπτωση. Π.χ. αλληλεπιδρούν, επηρεάζουν η μια την άλλη ή απλά συντίθενται;
- Μια *αιτιακή* «όψη», που φανερώνει τις συνέπειες που προκύπτουν από την παρουσία της έννοιας / οντότητας πάνω σε άλλες που είναι επίσης παρούσες στην ίδια περίπτωση. Π.χ. προκαλεί την εμφάνισή τους ή την αλλαγή τους; Εμφανίζεται ή αλλάζει λόγω της παρουσίας τους; Συνυπάρχει αδιάφορα ή αναδραστικά προς αυτές;

Αντίστοιχες «όψεις» θα μπορούσε κανείς να αναζητήσει και σε άλλες έννοιες, όπως της κίνησης, της ταχύτητας, της ενέργειας, της μάζας, του φορτίου, του πεδίου κ.ο.κ.

Οι όψεις των εννοιών και η πολιτισμική τους προσέγγιση

Η παραπάνω προσέγγιση (αν και καταρχήν μεθοδολογική) φαίνεται κατά την άποψή μας να στέφει το ενδιαφέρον για τον προσδιορισμό της σημασίας των εννοιών / ιδεών, από την προσπάθεια για έναν (περισσότερο ή λιγότερο) μονοσήμαντο προσδιορισμό τους, προς τον εντοπισμό τους μέσα σε ένα δίκτυο που θα μπορούσε να είναι πολύ πιο γενικό από το «τοπικό» δίκτυο εννοιών που δημιουργεί ένα μοντέλο ή μια περισσότερη ή λιγότερο επεξεργασμένη θεωρία. Συγκεκριμένα, οι πέντε «όψεις» της έννοιας της δύναμης που προτείνουν οι diSessa et al. (2004) φέρνει στο μυαλό μας πολιτισμικές προσεγγίσεις της γνώσης. Στην κατεύθυνση αυτή θα επιχειρήσουμε να ελέγξουμε την υπόθεση ότι η εποικοδομητική προσέγγιση των diSessa et al. αποτελεί περιορισμένη παραλλαγή της προσέγγισης της γνώσης μέσω του μοντέλου των «κοσμολογιών» του Kearney (1984). Μιας προσέγγισης που δεν επιχειρεί να αντιμετωπίσει το ζήτημα που τίθεται μέσα από την κατασκευή ενός αριθμού σχετικά ανεξάρτητων κατηγοριών αλλά προσδίδει σημασία στις κατηγορίες αυτές, καθώς και στις σχέσεις τους, στο πλαίσιο της δυναμικής μιας κουλτούρας.

Σύμφωνα με τον Kearney (1984) μπορούμε να υποθέσουμε ότι μια έννοια / οντότητα αποκτά το περιεχόμενό της από τη χρήση της μέσα σε μια κουλτούρα. Ειδικότερα, μια έννοια που αναπαριστά κάποια οντότητα του φυσικού κόσμου αποκτά περιεχόμενο στη βάση μιας «κοσμολογίας» συνδεδεμένης με την κουλτούρα.

Μια «κοσμολογία» μπορεί να αντιμετωπιστεί σαν ένα σύστημα *λειτουργιών* μέσω του οποίου τοποθετεί κάποιος τον «εαυτό» του έναντι του «άλλου», όπου «άλλο» είναι το οτιδήποτε (φυσικό ή κοινωνικό) «όχι εγώ». Το σύστημα αυτών των λειτουργιών φαίνεται να είναι σχετικά διαχρονικό και παγκόσμιο· ενώ τα διαφορετικά χαρακτηριστικά που προσδίδουν στις ίδιες λειτουργίες οι διαφορετικές κουλτούρες

επιτρέπουν τη σύγκριση και τη διαφοροποίηση των αντίστοιχων με τις κουλτούρες διαφορετικών «κοσμολογιών».

Με βάση αυτή την υπόθεση είναι προφανές ότι τη βασικότερη λειτουργία μέσα σε μια «κοσμολογία» επιτελεί ο τρόπος με τον οποίο οι άνθρωποι αναπαριστούν τη *σχέση* τους με το «άλλο», μια λειτουργία που επηρεάζει και τον τρόπο με τον οποίο δρουν πάνω του. Αντίστροφα, η εσωτερική της εμπειρία από τη δράση πάνω στο «άλλο» επηρεάζει τον τρόπο που το αναπαριστούν. Έτσι, οι εικόνες και οι υποθέσεις που αφορούν τη σχέση ανάμεσα στον «εαυτό» και το «άλλο», αποτελεί ταυτόχρονα και αποτέλεσμα της εμπειρίας του παρελθόντος και φίλτρο μορφοποίησης των τρόπων / στρατηγικών αλληλεπίδρασης του ατόμου με το κοινωνικό ή φυσικό «άλλο».

Δευτερογενή λειτουργία αποτελεί η *κατηγοριοποίηση*, η οποία αφορά τη συγκρότηση των βασικότερων κατηγοριών των εννοιών / οντοτήτων που αναγνωρίζει ένας άνθρωπος ότι «υπάρχουν» (με κάποιο τρόπο) και ταυτόχρονα τα κριτήρια στη βάση των οποίων τα περιεχόμενα των κατηγοριών ομαδοποιούνται κάτω από τις ίδιες ή διαφορετικές κατηγορίες. Η υπόθεση της ύπαρξης των κατηγοριών ως παγκόσμιας λειτουργίας δεν προκύπτει μόνο από την ικανότητα του ανθρώπινου νου να τις κατασκευάζει, ούτε μόνο από τη μορφή του εξωτερικού κόσμου. Προκύπτει μάλλον σαν αποτέλεσμα της αλληλεπίδρασης του ανθρώπου νου με τον εξωτερικό κόσμο (του «εαυτού» με το «άλλο»). Η αλληλεπίδραση αυτή οδηγεί σε ρήξεις συμμετρίας και στη συνέχεια σε εντάξεις. Η κατηγοριοποίηση, μόνο ως περιεχόμενο δεν λέει πολλά πράγματα για μια «κοσμολογία». Η κατανόηση της κατηγοριοποίησης ως λειτουργίας είναι απαραίτητη για μια καλή αναπαράσταση των κατηγοριών μιας «κοσμολογίας», μιας και συνδέεται με τις λειτουργίες της σχέσης «εαυτού» – «άλλου», καθώς και με τη λειτουργία της αιτιότητας.

Η *αιτιότητα* ως λειτουργία είναι μάλλον έγκυρο ότι αναμένεται να υπάρχει σε όλες τις «κοσμολογίες». Αυτό πιστοποιείται και εμπειρικά (από την Ανθρωπολογία) και μέσω της «κοινής λογικής», που μάλλον δεν μπορεί να λειτουργήσει μέσα σε μια ευσταθή κοινότητα ανθρώπων χωρίς μια διάταξη μεταξύ των πράξεων και των αναμενόμενων αποτελεσμάτων τους. Η αιτιότητα μπορεί να θεωρηθεί επίσης ότι προκύπτει από τη σχέση του «εαυτού» με το «άλλο». Για παράδειγμα παρουσιάζουμε την προσέγγιση του Piaget, ο οποίος εντόπισε στα παιδιά τρεις μορφές αιτιότητας συνδεδεμένες με την αντίληψη της σχέσης «εαυτού»-«άλλου»:

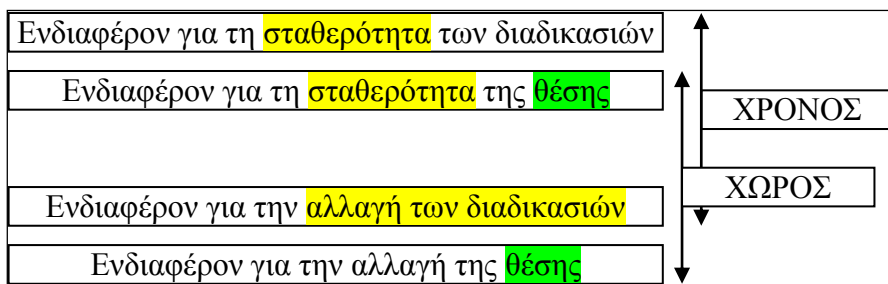
Α. Την αιτιότητα της πρώτης ηλικίας όπου η διάκριση «εαυτού» και «άλλου» δεν έχει πραγματοποιηθεί. Εδώ το παιδί αντιλαμβάνεται τα αισθήματά του, την ηθική του και τις επιθυμίες του ως αιτίες των γεγονότων του εξωτερικού κόσμου, ή τα αντιμετωπίζει με καθαρή τελεοκρατία, ή τα συνδέει αιτιακά μόνο και μόνο επειδή συμβαίνουν συγχρόνως.

Β. Η ανιμιστική αιτιότητα, όπου στη βάση της διάκρισης «εαυτού» και «άλλου», αποδίδεται στο οποιοδήποτε «άλλο» μια εσωτερική δύναμη (βιολογική ή όχι) ή κάποιος κρυφός μηχανισμός υπεύθυνος για τις όποιες μεταβολές.

Γ. Η αιτιότητα της κλασικής φυσικής ή της φιλοσοφίας, όπου ο «εαυτός» μπορεί να διατηρεί μια σχέση παρατηρητή ως προς το «άλλο».

Οι αιτιότητες του Piaget συναντιούνται και σε «κοσμολογίες» του «κόσμου» των ενήλικων και σε μεγάλη έκταση αφορούν τα «φαινόμενα» που κατηγοριοποιούνται στις δυτικές κουλτούρες ως «φυσικά».

Τέλος, στενά συνδεδεμένες με την αιτιότητα είναι οι λειτουργίες του *χώρου* και του *χρόνου*. Σχηματικά οι λειτουργίες αυτές μπορούν να εντοπιστούν στις αναπαραστάσεις και τις δράσεις που πραγματοποιούνται στο πλαίσιο της σχέσης «εαυτού»-«άλλου», βάση του σχήματος 1 (Kearney 1984, p.92):

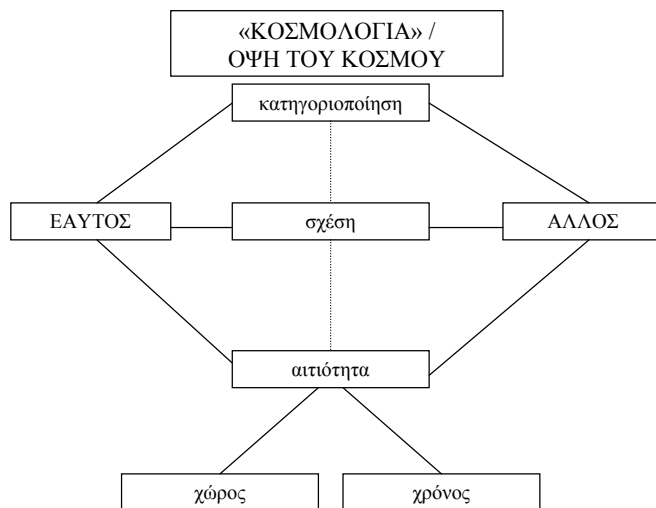


Σχήμα 1. Λειτουργίες του χώρου και του χρόνου

Στο σχήμα αυτό η διαδικασία ως διαδοχή ή εναλλαγή γεγονότων περιέχει αυτόματα την έννοια του χρόνου. Χωρίς όμως τη λειτουργία του χρόνου δεν μπορεί κάποιος να αντιμετωπίσει και την έννοια της σταθερότητας – απουσίας αλλαγής (της σταθερότητας της θέσης συμπεριλαμβανομένης). Αντίστοιχα, η έννοια της θέσης περιέχει αυτονόητα τη λειτουργία του χώρου. Ταυτόχρονα, όμως, μια εικόνα για τον χώρο (που π.χ. στο πλαίσιο των επιστημών είναι και ο χώρος των φάσεων) είναι απαραίτητη για να κατανοηθεί η αλλαγή στις διαδικασίες.

Αν το ενδιαφέρον καθοδηγείται από την απορία για την αιτία της σταθερότητας ή της αλλαγής (είναι συνδεδεμένο με την αιτιότητα), τότε το παραπάνω σχήμα δικαιολογεί την ενοποίηση των λειτουργιών του χώρου και του χρόνου, μέσω της συνύπαρξής τους στις περιοχές ενδιαφέροντος για τη σταθερότητα της θέσης και την αλλαγή των διαδικασιών.

Σχηματικά το σύνολο των λειτουργιών μιας «κοσμολογίας» αναπαρίσταται στο σχήμα 2.



Σχήμα 2. Το «κοσμολογικό» μοντέλο του Kearney

Μια έννοια σύμφωνα με το μοντέλο αυτό συγκροτείται καταρχήν μέσα στο πλαίσιο της αντίληψης της σχέσης του «εαυτού» με το «άλλο». Αυτή η σχέση θεωρούμε ότι έχει διχοτομηθεί στο πλαίσιο (τουλάχιστον) της «ακαδημαϊκής» κουλτούρας (από την εποχή της κατά Αριστοτέλη διάκρισης της «γνώσης» σε «επιστήμη» και «τέχνη») σε *αναπαραστατική* και *παρεμβατική*. Η διάκριση αυτή είναι αποφασιστική για μια καταρχήν οριοθέτηση της σχέσης του εαυτού με το φυσικό άλλο στο πλαίσιο της κλασικής θεωρητικής επιστημονικής κουλτούρας. Στο πλαίσιο αυτό ο εαυτός

αναλαμβάνει αποκλειστικά ρόλο παρατηρητή των φυσικών οντοτήτων, σχέσεων ή γεγονότων. Εδώ οι έννοιες έχουν αναπαραστατική φύση, έχουν τη δική τους εσωτερική / μαθηματική «ζωή» (στο πλαίσιο ενός μοντέλου ή μιας θεωρίας) και δεν ταυτίζονται με τις οντότητες που αναπαριστούν. Αντίθετα, στο πλαίσιο της «καθημερινής ζωής» η σχέση «εαυτού»-«άλλου» είναι καταρχήν παρεμβατική και δευτερευόντως αναπαραστατική (αν θεωρήσουμε ότι τις περισσότερες φορές στην «καθημερινή ζωή» αναπαριστούμε τα γεγονότα για να δράσουμε πάνω στο «κοινωνικό άλλο»). Εδώ οι έννοιες συνήθως ταυτίζονται με τις οντότητες, τις σχέσεις ή τα γεγονότα που με την προηγούμενη λογική αναπαριστούν. Όταν λοιπόν ένας μαθητής κληθεί να διαχειριστεί τον όρο «δύναμη» ως αυτόν που αναπαριστά το βάρος των επί γης σωμάτων, αντιλαμβάνεται άραγε τον εαυτό του ως «παρατηρητή» της οντότητας του βάρους ή ως υφιστάμενο τη δράση της οντότητας αυτής; Η παρεμβατική επίσης δραστηριότητα της κλασικής (και όχι ασφαλώς της νεότερης – π.χ. κβαντικής) εργαστηριακής επιστήμης αντιλαμβάνεται τον «εαυτό» να διευθετεί τα φυσικά γεγονότα και να αναλαμβάνει και πάλι το ρόλο του παρατηρητή (καταγράφει, αναπαριστά και διαχειρίζεται δεδομένα), χωρίς να «ενοχλεί» τη φυσική τάξη που «ζει» τη δική της «ζωή».

Η σχέση των όψεων των εννοιών στο εποικοδομητικό και το πολιτισμικό πλαίσιο

Με βάση διαπιστώσεις όπως οι παραπάνω μπορούμε να κατασκευάσουμε ένα πλαίσιο ανάλυσης των όψεων που μπορεί να παρουσιάσει μια έννοια, συνδεδεμένο με τις λειτουργίες που «γεννούν» τις όψεις αυτές: λειτουργίες που οι πολιτισμικές διαφοροποιήσεις τους δικαιολογούν και την πι κοιλία των όψεων.

Για παράδειγμα, ας δοκιμάσουμε να διερευνήσουμε τις εναλλακτικές υπαρξιακές όψεις της έννοιας της δύναμης που θα μπορούσαν να προκύψουν μέσα στο πλαίσιο μιας κουλτούρας ως αποτέλεσμα της δυναμικής που παρουσιάζουν οι λειτουργίες της τελευταίας.

Το πρώτο βήμα θα έπρεπε να αφορά τη δύναμη στο πλαίσιο της σχέσης του «εαυτού» με το «άλλο». Αν η σχέση αυτή είναι παρεμβατική, η δύναμη θα μπορούσε να νοηθεί ως μια οντότητα που «ασκείται» από τον «εαυτό» πάνω σε κάτι «άλλο» ή από κάτι «άλλο» πάνω στον «εαυτό». Η αντίληψη αυτή δεν οδηγεί, πιθανότατα, σε μια συμμετρική αντίληψη για τις δυνάμεις που «ασκεί» και «δέχεται» ο «εαυτός», μιας και η διάκριση «εαυτού»-«άλλου» έχει από την αρχή εγκαθιδρύσει μια σχέση ασυμμετρίας. Αν η σχέση «εαυτού»-«άλλου» είναι μια αναπαραστατική σχέση, τότε μπορεί να περνά μέσα από το «κανάλι» των αισθήσεων, οπότε είναι μάλλον αδύνατον να εντοπιστεί. Εκείνο που μπορεί να εντοπιστεί αισθητηριακά στην περιοχή του «άλλου» και να οδηγήσει, κατ' αναλογία, σε μια υπόθεση ύπαρξης δύναμης είναι οι κινήσεις ή οι αλλαγές που μπορούν να αποδοθούν στην ύπαρξή της (κινήσεις και αλλαγές που μοιάζουν με αυτές που συμβαίνουν όταν ο «εαυτός» λειτουργεί παρεμβατικά πάνω στο «άλλο»). Η λειτουργία όμως αυτή είναι τελικά αιτιακή. Αναζητά δηλαδή την ύπαρξη της οντότητας της δύναμης ως αιτίας που προκαλεί κινήσεις και αλλαγές που μπορούν να εντοπίσουν οι αισθήσεις μας στην περιοχή του «άλλου».

Η μετακίνηση στη λειτουργία της αιτιότητας θα οδηγήσει πιθανά και σε αντίστροφα ερωτήματα. Αν υπάρχουν δυνάμεις που «ασκούνται» ή «γίνονται δεκτές» από κάτι «άλλο» και προκαλούν κινήσεις και αλλαγές στην περιοχή του «άλλου», τότε ποια είναι η αιτία της ύπαρξής τους; Εδώ η απάντηση μπορεί να είναι τετριμμένη (κάποιο «άλλο» «ασκεί» τη δύναμη και κάποιο τη «δέχεται») ή πιο ευφάνταστη (για παράδειγμα, τη δύναμη την έχει εγκαταστήσει στην περιοχή του «άλλου» μια ανώτερη οντότητα). Η τελευταία υπόθεση εξαρτάται από τη λειτουργία της κατηγοριοποίησης και τα είδη των κατηγοριών που ο «εαυτός» αναγνωρίζει ως λειτουργικά για τη σχέση του με την περιοχή του «άλλου». Αν λοιπόν ο εαυτός διαθέτει μια κατηγορία μεταφυσικών

οντοτήτων μπορεί να λειτουργήσει αποδίδοντας στην ύπαρξη της δύναμης μια μεταφυσική αιτία. Μια τέτοια αντιμετώπιση μπορεί να δημιουργήσει μια εναλλακτική οντότητα δύναμης ανεξάρτητης από αυτό που την ασκεί ή τη δέχεται (με τη λογική ότι η αιτία της ύπαρξης της δύναμης είναι έξω από τα δύο). Διαφορετικά, η δύναμη θα παραμείνει αιτιακά συνδεδεμένη με την πηγή και το δέκτη της, αποτελώντας υποχρεωτικά μια ιδιότητα ή ποιότητα που εκχωρούν ή εισπράττουν.

Η ανάμειξη της αιτιότητας στη διαδικασία αναζήτησης όψεων της έννοιας της δύναμης εμπλέκει αναπόφευκτα τις λειτουργίες του χώρου και του χρόνου. Πού βρίσκεται στο χώρο η οντότητα της δύναμης; Αν λειτουργεί η άποψη της «εκχώρησης» και της «πρόσληψης», τότε βρίσκεται πριν ασκηθεί μέσα στον πομπό και αφού ασκηθεί μεταφέρεται μέσα στο δέκτη. Αν λειτουργεί η μεταφυσικά υποστηριζόμενη άποψη της εξωτερικής ύπαρξης της δύναμης, τότε μπορεί να βρίσκεται ανάμεσα στον πομπό και το δέκτη. Στη δεύτερη περίπτωση η υπόθεση μιας συμμετρίας είναι πιθανή (μιας και πρόκειται για μια οντότητα που αφορά ταυτόχρονα πομπό και δέκτη). Στην πρώτη περίπτωση η υπόθεση μιας συμμετρίας είναι εξαιρετικά απίθανη. Αν ο πομπός και ο δέκτης της δύναμης δεν έχουν συμμετρικά τα υπόλοιπα αισθητηριακά προσλαμβανόμενα χωρικά χαρακτηριστικά τους, τότε ασφαλώς και η δύναμη δεν μπορεί να είναι μεγαλύτερη όταν την ασκεί το μικρότερο σώμα. Στο σημείο αυτό πρέπει να περιμένουμε και την παρέμβαση της χρονικής λειτουργίας που συνδέεται με τους παρατηρούμενους ρυθμούς των κινήσεων και των αλλαγών που αποδίδουμε στη δύναμη. Και περιμένουμε οι ρυθμοί αυτοί να συνδέονται με τις εκτιμήσεις για το μέγεθος της δύναμης.

Με βάση την παραπάνω ανάλυση μπορούμε να ισχυριστούμε ότι η κατά diSessa et al. *υπαρξιακή* όψη της έννοιας της δύναμης μέσα σε ένα πλαίσιο υλικών οντοτήτων πρέπει να ξεκινάει από τον προσδιορισμό της σχέσης που αντιλαμβάνεται το υποκείμενο ότι έχει με το συγκεκριμένο υλικό «άλλο». Και το γεγονός ότι είναι πιθανό ένα υποκείμενο, κατά τη διάρκεια μιας συνέντευξης, να μεταπηδά από καταστάσεις όπου θεωρεί τον «εαυτό» του σε σχέση αλληλεπίδρασης με το φυσικό «άλλο», σε καταστάσεις όπου θεωρεί τον «εαυτό» του ως εξωτερικό παρατηρητή αυτού του «άλλου», δεν μπορεί να θεωρηθεί ασυνέπεια του υποκειμένου. Μπορεί μάλλον να αντιμετωπιστεί ως μεθοδολογικό κενό, που επιτρέπει τέτοιας μορφής μεταβάσεις. Επιπλέον οι *υπαρξιακές* περί δύναμης απόψεις μπορεί να προκύπτουν με αναφορά του υποκειμένου απευθείας στη λειτουργία της κατηγοριοποίησης ή απευθείας από χειρισμούς της αιτιακής του λειτουργίας.

Μεθοδολογικά, πάντως, το μοντέλο του Kearney υπαγορεύει ότι μετά από τη διαφοροποίηση που εισάγει η λειτουργία της σχέσης «εαυτού»-«άλλου», πρέπει να αναζητήσουμε τις επόμενες διαφοροποιήσεις μέσω της λειτουργίας της αιτιότητας (στην οποία αποδίδουν και οι diSessa et al. την *αιτιακή* όψη της έννοιας της δύναμης). Από το σημείο αυτό και μετά μπορούμε να κινηθούμε στην κατεύθυνση της χωρικής και χρονικής λειτουργίας, όπου θα βρούμε τις κατά diSessa et al. *ημι-ποσοτικές* όψεις της έννοιας της δύναμης ή προς την κατεύθυνση της λειτουργίας της κατηγοριοποίησης όπου υπεισέρχονται οι *οντολογικές* όψεις της ίδιας έννοιας. Η *συνθετική* όψη εκτιμούμε ότι θα προκύψει τόσο από την οντολογική κατηγοριοποίηση του υποκειμένου, όσο και από τις ημι-ποσοτικές του αντιλήψεις (παραμένοντας κατά κάποιο τρόπο δευτερογενής όψη της δύναμης).

Συμπεράσματα

Η παραπάνω ανάλυση θεωρούμε ότι υποστηρίζει:

1. Μια υπόθεση που αντιλαμβάνεται την έννοια ως πολυδιάστατη μεταβλητή. Με τη λογική αυτή η ανάδυσή της πρέπει να φροντίζει:

- a. για την αποκάλυψη των όψεων που αυτή παρουσιάζει *υπαρξιακά* στη διάσταση της σχέσης εαυτού-άλλου, στην αιτιακή διάσταση και στη διάσταση της λειτουργίας κατηγοριοποίησης του υποκειμένου,
 - b. για την αποκάλυψη των αιτιακών όψεων της έννοιας, στη διάσταση της αιτιακής λειτουργίας του υποκειμένου,
 - c. για την αποκάλυψη των ημι-ποσοτικών όψεων της έννοιας, στην αιτιακή διάσταση και στην προέκτασή της στις χωρικές και χρονικές λειτουργίες του υποκειμένου,
 - d. για την αποκάλυψη των οντολογικών όψεων της έννοιας, στη διάσταση της λειτουργίας της κατηγοριοποίησης του υποκειμένου.
2. Μια διαφορετική από την κλασική (Driver 1989) εφαρμογή της προσέγγισης αυτής στο χώρο της έρευνας για την ανύψωση των ιδεών των μαθητών των σχετικών με έννοιες των φυσικών επιστημών. Μια εφαρμογή ερευνητικά ενδιαφέρονσα, που ίσως και να αποδειχθεί αποκαλυπτική. Συγκεκριμένα, η ανάπτυξη και εφαρμογή ενός αναλυτικού εργαλείου σύμφωνα προς τις παραπάνω υποθέσεις, θεωρούμε ότι είναι πιθανό να οδηγήσει στην επιβεβαίωση ύπαρξης μάλλον συνεπών, παρά ασυνεπών προς εαυτόν, υποκειμένων. Υποκειμένων, δηλαδή, που στο πλαίσιο της κουλτούρας τους, διαθέτουν σχετικά ολοκληρωμένες θεωρίες.
 3. Αν οι υποθέσεις μας επιβεβαιωθούν εμπειρικά (προσπάθεια που βρίσκεται σε εξέλιξη), τότε η εποικοδομητική διαδικασία της εννοιολογικής αλλαγής συνδέεται με τις επιπολιτισμικές προτάσεις διδασκαλίας και μάθησης, προτάσεις που αντιμετωπίζουν τις φυσικές επιστήμες ως κουλτούρα (Aikenhead 1996, Aikenhead 2000, Cobern 1991, Cobern & Aikenhead 1998).

Βιβλιογραφία

- Aikenhead, G. (1996). Science education: Border crossing into the subculture of science. *Studies in Science Education*, 27, 1-51.
- Aikenhead, G. (2000). Renegotiating the culture of school science. In R. Millar, J. Leach, & J. Osborne (eds), *Improving science education: The contribution of research*. Birmingham, UK: Open University Press, pp. 245-264.
- Cobern, W. (1991). *World view theory and science education research*. NARST Monograph No. 3. Manhattan, KS: National Association for Research in Science Teaching.
- Cobern, W., & Aikenhead, G. (1998). Cultural aspects of learning science. In B. Fraser & K. Tobin (eds), *International handbook of science education*. Dordrecht, The Netherlands: KluwerAcademic Publishers, pp. 39-52.
- diSessa, A., Gillespie, N. & Esterly, J. (2004). Coherence versus fragmentation in the development of the concept of force, *Cognitive Science*, 28, 843-900.
- Driver, R. (1989). Students' conceptions and the learning of science. *International Journal of Science Education*, 11, 481-490.
- Duit, R. & Treagust, D. (2003). Conceptual change: a powerful framework for improving science teaching and learning. *International Journal of Science Education*, 25, 671-688.
- Kearney, M. (1984). *World View*. Novato, CA: Chandler & Sharp Publishers.
- Vosniadou, S. & Ioannides, C. (1998). From conceptual change to science education: a psychological point of view. *International Journal of Science Education*, 20, 1213-1230.
- Vosniadou, S., Ioannides, C., Dimitrakopoulou, A. and Papademetriou, E. (2001). Designing learning environments to promote conceptual change in science. *Learning and Instruction*, 11, 381-419.