

Μια εποικοδομητική προσέγγιση για τη διδασκαλία της ενέργειας στο Δημοτικό Σχολείο: πιλοτική εφαρμογή

Κυριακή Καμίδου, Άννα Σπύρτου, Πέτρος Καριώτογλου

Π.Τ.Δ.Ε., Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας

kikitsakamidou@yahoo.gr aspirtou@uowm.gr pkariotog@uowm.gr

Περίληψη. Στην εργασία αυτή περιγράφουμε μέρος της πιλοτικής εφαρμογής μιας Διδακτικής-Μαθησιακής Ακολουθίας που έγινε σε μαθητές / τριες της ΣΤ΄ Δημοτικού. Το περιεχόμενο της ακολουθίας αφορά τον ορισμό της ενέργειας και πέντε χαρακτηριστικά της: τη μεταφορά, τη μετατροπή, την αποθήκευση, την υποβάθμιση και τη διατήρηση. Στο πρώτο δίωρο διδάσκονται ο ορισμός της ενέργειας, η μεταφορά καθώς και η μετατροπή και στο δεύτερο δίωρο τα υπόλοιπα τρία χαρακτηριστικά της ενέργειας. Στην ακολουθία εφαρμόζουμε δύο διδακτικά μοντέλα με διαφορετικό προσανατολισμό, μεταφοράς και εποικοδόμησης. Στην εργασία αυτή εστιάζομαστε στο 2^ο δίωρο της ακολουθίας. Παρουσιάζουμε συνοπτικά το σχεδιασμό και την ανάπτυξη της και στη συνέχεια περιγράφουμε την πιλοτική εφαρμογή καθώς και ορισμένα αποτελέσματα από την εφαρμογή της. Τα αποτελέσματα της πιλοτικής εφαρμογής είναι ενθαρρυντικά, δεδομένων και των περιορισμών της έρευνας, όσον αφορά τις αλλαγές που παρατηρήσαμε στις ιδέες των μαθητών/τριών για την αποθήκευση και την υποβάθμιση της ενέργειας ενώ για το χαρακτηριστικό της διατήρησης δεν φαίνεται να είχαμε ουσιαστικές αλλαγές.

Εισαγωγή

Οι Διδακτικές-Μαθησιακές Ακολουθίες (Δ.Μ.Α.) είναι διδακτικές παρεμβάσεις μεσαίας κλίμακας, δηλαδή παρεμβάσεις που εφαρμόζονται σε λίγες διδακτικές ώρες στη σύγχρονη βιβλιογραφία θεωρούνται δυναμικά εργαλεία για να βελτιώσουμε τη διδασκαλία και τη μάθηση στις Φυσικές Επιστήμες (Kariotoglou et al. 2003, Meheut 2005). Οι Δ.Μ.Α. δομούνται πάνω σε δύο διαστάσεις, την «επιστημονική» και την «παιδαγωγική» διάσταση. Η «επιστημονική» διάσταση αφορά τη σχέση ανάμεσα στην επιστημονική γνώση και τον υλικό κόσμο π.χ. την ανάλυση του περιεχομένου της ακολουθίας, το διδακτικό μετασχηματισμό του κ.α., ενώ η «παιδαγωγική» διάσταση αφορά τη σχέση μεταξύ εκπαιδευτικού και μαθητευομένων, π.χ. τη διδακτική μέθοδο που εφαρμόζεται στη Δ.Μ.Α., το ρόλο του/της εκπαιδευτικού και τον αντίστοιχο των μαθητευομένων, κ.α. (Meheut & Psillos 2004). Ο συνδυασμός αυτών των δύο διαστάσεων στοχεύει στη δημιουργία μιας ομάδας δραστηριοτήτων οι οποίες αφενός προσαρμόζονται στους συλλογισμούς των μαθητευομένων και αφετέρου είναι επικεντρωμένες σε ένα συγκεκριμένο επιστημονικό περιεχόμενο.

Η συνολική εργασία μας αφορά το σχεδιασμό, την ανάπτυξη και την πιλοτική εφαρμογή μιας Δ.Μ.Α. διάρκειας 4 διδακτικών ωρών σε μαθητές / τριες του Δημοτικού. Το περιεχόμενο της Δ.Μ.Α. αφορά τον ορισμό της ενέργειας, τη μεταφορά και τη μετατροπή ενέργειας (1^ο δίωρο) καθώς και τρία ακόμη χαρακτηριστικά της, την αποθήκευση, την υποβάθμιση και τη διατήρηση (2^ο δίωρο). Η διδασκαλία στο 1^ο δίωρο έχει χαρακτηριστικά του μοντέλου της μεταφοράς της γνώσης ενώ στο 2^ο δίωρο της Δ.Μ.Α. είναι εποικοδομητικής κατεύθυνσης. Επειδή η εποικοδομητική διδακτική προσέγγιση του περιεχομένου της ενέργειας απασχολεί τη σχετική βιβλιογραφία την τελευταία περίπου εικοσαετία και

συνεχίζει να έχει ερευνητικό ενδιαφέρον (Kruger et al. 1991, Domenech et al. 2001, Pinto et al. 2004)., αποφασίσαμε στην ανακοίνωση αυτή να επικεντρωθούμε στο 2^ο δίωρο της ακολουθίας έτσι ώστε να αναδειχθούν τα εποικοδομητικά διδακτικά χαρακτηριστικά της.

Η ταυτότητα της έρευνας

Η έρευνα υλοποιήθηκε σε τρεις φάσεις.

(1) Η πρώτη φάση περιλαμβάνει την ανάπτυξη της «επιστημονικής» και «παιδαγωγικής» διάστασης της ακολουθίας. Όσον αφορά την «επιστημονική» διάσταση, αξιοποιήσαμε τα πορίσματα της βιβλιογραφίας που αφορούν τον τρόπο με τον οποίο τα σχολικά εγχειρίδια της Φυσικής διαπραγματεύονται το περιεχόμενο της ενέργειας. Όσον αφορά την «παιδαγωγική» διάσταση μελετήσαμε τις εναλλακτικές ιδέες που έχουν οι μαθητές / τριες για το περιεχόμενο της ενέργειας καθώς και προτάσεις για τη διδακτική τους αξιοποίηση. Ακόμη, η ανάπτυξη της παιδαγωγικής διάστασης περιλαμβάνει τη διεξαγωγή μικρής εμπειρικής έρευνας με στόχο να καταγράψουμε τις ιδέες των μαθητών/τριών -οι οποίοι/ες παρακολούθησαν την ακολουθία – σχετικά με τα 3 χαρακτηριστικά της ενέργειας, αποθήκευση, διατήρηση, υποβάθμιση.

(2) Λαμβάνοντας υπόψη τα αποτελέσματα της πρώτης φάσης της έρευνας προχωρήσαμε στη δεύτερη φάση της, η οποία αφορά το διδακτικό μετασχηματισμό του περιεχομένου, δηλαδή σχεδιάσαμε το περιεχόμενο, τη δομή και τα διδακτικά έργα της ακολουθίας.

(3) Στην τρίτη φάση της έρευνας έγινε η πιλοτική εφαρμογή της ακολουθίας σε 29 μαθητές /τριες της ΣΤ΄ τάξης σε δημοτικό σχολείο της Θεσσαλονίκης. Η διδασκαλία διενεργήθηκε από τη φοιτήτρια η οποία αναπτύσσει την έρευνα αυτή στα πλαίσια της πτυχιακής της εργασίας. Μια βδομάδα πριν και μετά την υλοποίηση της διδασκαλίας μοιράστηκε ένα ερωτηματολόγιο στους/στις μαθητές /τριες για να αξιολογήσουμε τα αποτελέσματα της εφαρμογής της.

Στις επόμενες ενότητες παρουσιάζουμε σύντομα τα αποτελέσματα της πρώτης φάσης της έρευνας, περιγράφουμε βασικά χαρακτηριστικά της Δ.Μ.Α., όπως τη δομή, το περιεχόμενό της και τα διδακτικά έργα. Τέλος παρουσιάζουμε τα αποτελέσματα από την πιλοτική της εφαρμογή.

Η ανάπτυξη της «επιστημονικής» και της «παιδαγωγικής» διάστασης της Δ.Μ.Α.

Οι σημαντικότερες παρατηρήσεις της βιβλιογραφίας (Σπύρτου 2007) σε σχέση με τη διδασκαλία της ενέργειας είναι συνοπτικά οι εξής:

(i) Ο ορισμός της ενέργειας και πέντε χαρακτηριστικά της (η μετατροπή, η μεταφορά, η αποθήκευση, η διατήρηση και η υποβάθμισή της) αναγνωρίζονται ως ο «πυρήνας» του περιεχομένου της ενέργειας (Kruger et al. 1991, Domenech et al. 2001).

(ii) Οι ορισμοί της ενέργειας ποικίλουν. Ωστόσο ο ορισμός της ενέργειας ως «η ικανότητα για πρόκληση αλλαγών» υποστηρίζεται ως ο πιο κατανοητός για μαθητές /τριες του Δημοτικού και των πρώτων τάξεων της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης, αν και αναγνωρίζεται ως πολύ γενικός (Duit 1986).

(iii) Η προσέγγιση της αποθήκευσης της ενέργειας παρουσιάζει ιδιαίτερες δυσκολίες, γίνεται με διαφορετικούς τρόπους, άλλοτε υπονοείται μέσα από τη χρήση του όρου «δυναμική» ενέργεια κι άλλοτε δηλώνεται με σαφήνεια ως χαρακτηριστικό της ενέργειας. Όσον αφορά τη διατήρηση και την υποβάθμιση οι σύγχρονες προτάσεις υποστηρίζουν ότι η εκμάθηση της υποβάθμισης συμβάλλει ουσιαστικά στην εκμάθηση της διατήρησης. Κρίνεται αναγκαίο να διατυπωθούν με απλούστερες εκφράσεις (δηλαδή να μετασχηματισθούν διδακτικά) ο νόμος διατήρησης της ενέργειας και η υποβάθμισή της (Kruger et al. 1991, Mutimucio et al. 1999, Pinto et al. 2004).

(iv) Μια μεγάλη σειρά εμπειρικών ερευνών έχει καταγράψει και ταξινομήσει τις ιδέες των μαθητών/τριών για την ενέργεια. Οι ιδέες «όταν ένα σώμα ηρεμεί ή δεν προκαλεί αλλαγές,

δεν μπορεί να έχει ενέργεια» και «όταν οι αλλαγές παύουν να συμβαίνουν, τότε η ενέργεια χάνεται» είναι ευρέως καταγεγραμμένες στη βιβλιογραφία και σχετίζονται με τις δυσκολίες που παρουσιάζουν οι μαθητές/τριες να κατανοήσουν την αποθήκευση, τη διατήρηση και την υποβάθμιση της ενέργειας, (Trumper 1990a, b, Spirtou & Koumaras 1993, Κουλαϊδής & Τσελφές 1995, Κολιόπουλος & Ραβάνης 1998, Driver et al. 2000, Σπύρτου 2002).

Στη χώρα μας έχουν δημοσιευτεί διδακτικές παρεμβάσεις για τη διδασκαλία του περιεχομένου της ενέργειας όπως στο Γυμνάσιο (Κολιόπουλος & Ψύλλος 1992, Κολιόπουλος 2000), στο Δημοτικό (Tsagliotis 2001) και στην εκπαίδευση μελλοντικών εκπαιδευτικών της Α'θμιας εκπαίδευσης (Σπύρτου 2002), στις οποίες γίνονται προτάσεις για τη διαπραγμάτευση των απόψεων των μαθητευομένων.

Η πρώτη φάση της έρευνας ολοκληρώθηκε με την εμπειρική έρευνα. Αναπτύξαμε ένα ερωτηματολόγιο το οποίο αποτελείται από πέντε φυσικές καταστάσεις: (i) ένα ποτήρι με νερό, (ii) μία κότα που κάθεται στο χώμα, (iii) ένα αναμμένο κερί που στη συνέχεια σβήνει, (iv) ένα ρολόι μπαταρίας που αρχικά λειτουργεί και στη συνέχεια σταματά τη λειτουργία του και (v) ένα αυτοκίνητο που αρχικά κινείται και στη συνέχεια σταματά την κίνησή του. Από τις πέντε περιπτώσεις οι δύο πρώτες αφορούν σώματα που βρίσκονται σε ακινησία και στις άλλες τρεις απεικονίζονται φαινόμενα σε εξέλιξη. Με τις δύο πρώτες εικόνες θέλουμε να καταγράψουμε τις ιδέες των μαθητών/τριών για την αποθήκευση και με τις υπόλοιπες τρεις διερευνούμε τις ιδέες τους για την υποβάθμιση και τη διατήρηση. Οι πέντε καταστάσεις φαίνονται στους πίνακες (3) και (4) σε επόμενη ενότητα όπου παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της έρευνας.

Η Διδακτική Μαθησιακή Ακολουθία και η εφαρμογή της

Στη συνέχεια περιγράφουμε το περιεχόμενο, τη Σύνταξη των Φάσεων του εποικοδομητικού μοντέλου και αντιπροσωπευτικά διδακτικά έργα από το 2^ο δίωρο της ακολουθίας.

Όπως φαίνεται στον πίνακα 1, το δίωρο αποτελείται από τρία Διδακτικά Επεισόδια (Spirtou et al. 2003), την αποθήκευση, τη διατήρηση / υποβάθμιση και τα τρία μαζί ενεργειακά χαρακτηριστικά (αποθήκευση, διατήρηση/υποβάθμιση της ενέργειας). Η Σύνταξη των Φάσεων (Spirtou et al. 2003) υλοποιείται με τη διπλή εφαρμογή 4 Φάσεων ενός μοντέλου εποικοδομητικού χαρακτήρα (Κουμαράς κ.α. 1992) ενώ στο 3^ο Διδακτικό Επεισόδιο εφαρμόζεται μόνο η Φάση της ανασκόπησης των απόψεων.



Πίνακας 1: Η δομή του περιεχομένου και η Σύνταξη των Φάσεων στο 2^ο δίωρο της Δ.Μ.Α.

Διδακτικά Επεισόδια	Σύνταξη των Φάσεων
Αποθήκευση της ενέργειας	Ανάδειξη αρχικών απόψεων Δοκιμασία αρχικών απόψεων Παρουσίαση νέας γνώσης Εφαρμογή της νέας γνώσης
Διατήρηση και Υποβάθμιση της ενέργειας	Ανάδειξη αρχικών απόψεων Δοκιμασία αρχικών απόψεων Παρουσίαση νέας γνώσης Εφαρμογή της νέας γνώσης
Αποθήκευση, Διατήρηση και Υποβάθμιση της ενέργειας	Ανασκόπηση των απόψεων

Όσον αφορά την αποθήκευση της ενέργειας, η διδασκαλία επικεντρώνεται στην αλλαγή της εναλλακτικής άποψης «ό,τι δεν κινείται, δεν έχει ενέργεια» προς την άποψη ότι ένα ακίνητο σώμα μπορεί να έχει αποθηκευμένη ενέργεια, γιατί η ενέργειά του μπορεί να βρίσκεται σε «εν δυνάμει» κατάσταση ή αλλιώς σε λανθάνουσα κατάσταση. Αν ένα σώμα έχει αποθηκευμένη ενέργεια μπορεί να επιφέρει αλλαγές σε άλλα σώματα όταν αλληλεπιδράσει κατάλληλα μαζί τους. Για παράδειγμα, στη Φάση ανάδειξης οι μαθητές / τριες στην πλειοψηφία τους υποστηρίζουν ότι μια κότα που κάθεται ή ένα ακίνητο ποτήρι νερό δεν έχουν ενέργεια γιατί είναι ακίνητα, δεν κάνουν τίποτα. Στη Φάση δοκιμασίας θέτουμε το ερώτημα, «πώς μπορούμε να υποστηρίξουμε ότι μια ακίνητη κότα ή ένα ποτήρι νερό έχουν αποθηκευμένη ενέργεια;». Με σειρά απλών δραστηριοτήτων (π.χ. σε διαφάνεια εμφανίζονται αυγά κάτω από μια κότα ή ρίχνουμε παγάκια μέσα στο ποτήρι) στοχεύουμε οι μαθητές / τριες να αντιληφθούν ότι μια κότα που κάθεται έχει αποθηκευμένη ενέργεια γιατί μπορεί να ζεστάνει τα αυγά της, ένα ακίνητο ποτήρι νερό έχει αποθηκευμένη ενέργεια γιατί μπορεί να λιώσει τα παγάκια που θα ρίξουμε μέσα στο νερό κ.ο.κ.

Για τη διδασκαλία της διατήρησης/υποβάθμισης της ενέργειας στοχεύουμε στην αλλαγή της εναλλακτικής άποψης «όταν οι αλλαγές παύουν να συμβαίνουν, τότε η ενέργεια χάνεται» προς την άποψη όταν οι αλλαγές παύουν να συμβαίνουν, τότε η ενέργεια διασκορπίζεται στο περιβάλλον και δε μπορεί να ξαναχρησιμοποιηθεί ενώ η αρχική της ποσότητα συνεχίζει να μένει η ίδια. Η διδασκαλία (Kruger et al. 1991, Pinto et al. 2004) επικεντρώνεται στη διασπορά της ενέργειας και στις έννοιες, «σώμα» και «περιβάλλον» με σχετικά βέλη. Για παράδειγμα, στο 2^ο Διδακτικό Επεισόδιο, στη Φάση εφαρμογής της νέας γνώσης, η συζήτηση αναπτύσσεται γύρω από την ενέργεια ενός ντραμίστα, η ενέργεια του οποίου δεν χάνεται (βλ. πίνακα 2) αλλά διασκορπίζεται στον αέρα, στις μπαγκέτες, στο δέρμα του νταμπούρλου, και δεν μπορεί να ξαναχρησιμοποιηθεί. Οι μαθητές /τριες χρειάζεται να αναγνωρίσουν αφενός

Πίνακας 2: Υποβάθμιση και Διατήρηση της ενέργειας - Δραστηριότητα για την εφαρμογή της επιστημονικά αποδεκτής άποψης

Δραστηριότητα	Κυρίαρχη εναλλακτική άποψη	Επιστημονικά αποδεκτή άποψη
 <p>Ντραμίστας¹</p>	<p>Η ενέργεια που έχει ο ντραμίστας χάνεται, εξαφανίζεται.</p> <p>Ενέργεια — — — Χάθηκε</p> <p>Ντραμίστας — — — η ενέργεια</p>	<p>Η αποθηκευμένη ενέργεια του ντραμίστα γίνεται κινητική, θερμότητα, ηχητική</p>  <p>Θερμότητα στο νταμπούρλο</p> <p>Θερμότητα στις μπαγκέτες</p> <p>Ηχητική</p> <p>Κινητική του αέρα</p>

ότι ο ντραμίστας είναι το «σώμα» που έχει αρχικά την ενέργεια ενώ ο αέρας, οι μπαγκέτες, το δέρμα του νταμπούρλου είναι το «περιβάλλον» στο οποίο η ενέργεια διασκορπίζεται χωρίς να εξαφανίζεται. Στον πίνακα 2, στη δεύτερη στήλη φαίνεται η κυρίαρχη εναλλακτική άποψη των μαθητών/τριών, δηλαδή στην αρχή του μαθήματος οι μαθητές /τριες θεωρούν ότι η ενέργεια του ντραμίστα εξαφανίζεται, γι' αυτό και σχεδιάζονται στον πίνακα διακεκομμένες γραμμές που απεικονίζουν (μετά από τη συμφωνία δασκάλας – μαθητών /τριών) την εξαφάνιση της ενέργειας. Στην τρίτη στήλη του πίνακα, φαίνεται το διάγραμμα το οποίο

¹ Η δραστηριότητα αυτή προέρχεται από τη διδακτική πρόταση των Kruger, C., Palacio, D. & Summers, M. (1991), σελ. 69 & 79.

στοχεύουμε οι μαθητές /τριες να σχεδιάσουν στη φάση εφαρμογής για να απεικονίσουν την υποβάθμιση / διατήρηση της ενέργειας. Παρατηρούμε ότι οι διακεκομμένες γραμμές αντικαθίσταται με βέλη, το καθένα από τα οποία συμβολίζει συγκεκριμένη διασκόρπιση της ενέργειας, π.χ. στον αέρα, στο νταμπούρλο κ.λπ. Παράλληλα οι μαθητές /τριες στοχεύουμε να προχωρήσουν σε ποιοτική διατύπωση της διατήρησης της ενέργειας, δηλαδή ότι όλες μαζί αυτές οι διασκορπισμένες ενέργειες είναι ίσες με την ενέργεια που έφυγε από το ντραμίστα.

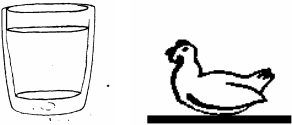
Αποτελέσματα

Στο πίνακα 3, συγκεντρώνονται τα αποτελέσματα για την αποθήκευση της ενέργειας. Στην πρώτη στήλη του πίνακα είναι συνοπτικά διατυπωμένες οι δύο σχετικές ερωτήσεις. Στη δεύτερη στήλη παρατηρούμε τον αριθμό των μαθητών/τριών που υποστηρίζουν πριν τη διδασκαλία ότι τα δύο αυτά σώματα δεν έχουν ενέργεια καθώς και την αιτιολόγηση που δίνουν οι περισσότεροι / ες. Αντιστοίχως στην τρίτη στήλη είναι συγκεντρωμένα ο αριθμός των μαθητών/τριών που αναγνωρίζει ότι τα δύο σώματα έχουν αποθηκευμένη ενέργεια και η αντίστοιχη κυρίαρχη αιτιολόγησή τους.

Από τον πίνακα 3 φαίνεται ότι πριν την υλοποίηση της Δ.Μ.Α. από τους 29 μαθητές /τριες της τάξης, 17 (περίπου 59%) και 15 (περίπου 52%) μαθητές /τριες δεν συνδέουν την ενέργεια με το ποτήρι και την κότα αντιστοίχως. Αντιπροσωπευτικές απαντήσεις είναι: «Δεν έχει ενέργεια (το ποτήρι) γιατί δεν κινείται», «Δεν έχει ενέργεια (το ποτήρι) γιατί είναι άψυχο», «Η κότα δεν έχει ενέργεια γιατί δεν κινείται», «Η κότα έχει ενέργεια μόνο όταν έχει αβγά, τώρα δεν έχει».

Στην τρίτη στήλη του πίνακα 3, φαίνεται ότι μετά την υλοποίηση της ακολουθίας, όλοι / ες οι μαθητές/τριες υποστηρίζουν ότι και τα δύο σώματα έχουν ενέργεια. Ενδιαφέρον ωστόσο παρουσιάζουν οι αιτιολογήσεις τους. Έτσι διαπιστώνουμε ότι στην περίπτωση του ποτηριού: (i) 15 μαθητές /τριες απαντούν συγκεκριμένα, «Έχει ενέργεια γιατί αν βάλουμε παγάκια στο νερό, θα λιώσουν», (ii) 6 άτομα αναφέρονται γενικά, «Έχει ενέργεια γιατί μπορεί να προκαλεί αλλαγές», (iii) 8 άτομα δίνουν διάφορες απαντήσεις όπως, «Έχει ενέργεια γιατί είναι γεμισμένο μέχρι πάνω με νερό», «Έχει ενέργεια γιατί η ενέργεια μετακινείται», «Έχει ενέργεια στα τοιχώματα του ποτηριού». Παρατηρούμε δηλαδή ότι 21 άτομα διατυπώνουν απαντήσεις που

Πίνακας 3: Τα αποτελέσματα για την αποθήκευση της ενέργειας

ΕΡΩΤΗΜΑΤΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ	ΠΡΙΝ ΤΗ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑ (N = 29)	ΜΕΤΑ ΤΗ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑ (N = 29)
	Δεν έχουν ενέργεια Ποτήρι: 17 μαθητές/τριες Κότα: 15 μαθητές/τριες	Έχουν ενέργεια Ποτήρι: 29 μαθητές/τριες Κότα: 29 μαθητές/τριες
Θα ήθελα να εξηγήσετε αν το νερό που είναι μέσα στο ποτήρι (μια κότα που κάθεται στο έδαφος) έχει ενέργεια ή όχι; Γιατί;	Αιτιολόγηση Γιατί είναι ακίνητο, δεν προκαλεί αλλαγή	Αιτιολόγηση Γιατί το σώμα μπορεί να προκαλέσει αλλαγές.

είναι σύμφωνες με το διδακτικά μετασηματισμένο περιεχόμενο για την αποθήκευση της ενέργειας, ενώ τα υπόλοιπα 8 άτομα αναπτύσσουν συλλογισμούς που δεν είναι ορθοί. Αντίστοιχα είναι τα αποτελέσματα για την περίπτωση της κότας, για παράδειγμα 20 άτομα αναφέρουν, «Έχει ενέργεια γιατί αν είχε αβγά από κάτω, αυτά θα ήταν ζεστά». Τα αποτελέσματα

αυτά δείχνουν ότι η πλειοψηφούσα ορθή αιτιολόγηση μετά τη διδασκαλία έχει συγκεκριμένο χαρακτήρα δηλαδή οι μαθητές /τριες ερμηνεύουν την αλληλεπίδραση του σώματος (ποτήρι ή κότα) με ένα συγκεκριμένο παράδειγμα που παρατήρησαν κατά τη διάρκεια της διδασκαλίας (παγάκια ή αβγά). Ο αριθμός των μαθητών/τριών που διατυπώνει ένα γενικότερο συλλογισμό είναι περιορισμένος, π.χ. «Αν μπορεί να προκαλέσει αλλαγή σε ένα άλλο σώμα, τότε...».

Στον πίνακα 4, συγκεντρώνονται τα αποτελέσματα για την υποβάθμιση και τη διατήρηση της ενέργειας. Για λόγους συντομίας επικεντρώνασθε μόνο στην τελευταία ερώτηση της κάθε μιας από τις τρεις περιπτώσεις (Τι συμβαίνει με την ενέργεια τώρα που το σώμα σταμάτησε να...). Στην πρώτη στήλη του πίνακα είναι συνοπτικά διατυπωμένες οι τρεις σχετικές ερωτήσεις. Στη δεύτερη στήλη παρατηρούμε τον αριθμό των μαθητών/τριών που υποστηρίζουν πριν τη διδασκαλία ότι η ενέργεια χάθηκε καθώς και την αιτιολόγηση που δίνουν οι περισσότεροι / ες. Αντιστοίχως στην τρίτη στήλη είναι συγκεντρωμένα ο αριθμός των μαθητών/τριών που αναγνωρίζει τη διασκόρπιση / διατήρηση της ενέργειας και η αντίστοιχη κυρίαρχη αιτιολόγησή τους.

Από τον πίνακα 4 φαίνεται ότι πριν την υλοποίηση της Δ.Μ.Α. από τους 29 μαθητές /τριες της τάξης, οι περισσότεροι/ ες υποστηρίζουν την άποψη ότι στο τέλος των αλλαγών η ενέργεια χάνεται: (i) 28 άτομα (περίπου 97%) στην περίπτωση του κεριού που σβήνει, (ii) 25 άτομα (περίπου 83%) στο ρολόι που σταματά να λειτουργεί και (iii) 24 άτομα (περίπου 79%) στο αυτοκίνητο που σταματά να κινείται. Αντιπροσωπευτικές απαντήσεις που αντιστοιχούν σε αυτή την εναλλακτική άποψη είναι: «Η ενέργεια χάθηκε» (κερί), «Τέλειωσε-Χάθηκε» (ρολόϊ), «Χάθηκε» (αυτοκίνητο). Υπάρχει ένας μικρός αριθμός μαθητών/τριών που χωρίς βέβαια να

Πίνακας 4: Τα αποτελέσματα για την υποβάθμιση και τη διατήρηση της ενέργειας

ΕΡΩΤΗΜΑΤΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΥΠΟΒΑΘΜΙΣΗ & ΔΙΑΤΗΡΗΣΗ	ΠΡΙΝ ΤΗ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑ	ΜΕΤΑ ΤΗ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑ
	<p>Η ενέργεια δεν διατηρείται</p> <p>Κερί: 28 μαθητές/τριες</p> <p>Ρολόϊ: 25 μαθητές/τριες</p> <p>Αυτοκίνητο: 24 μαθητές/τριες</p>	<p>Η ενέργεια διασκορπίστηκε</p> <p>Κερί: 21 μαθητές/τριες</p> <p>Ρολόϊ: 16 μαθητές/τριες</p> <p>Αυτοκίνητο: 17 μαθητές/τριες</p>
<p>Τι συμβαίνει με την ενέργεια τώρα που το κερί έσβησε; (...το ρολόι σταμάτησε να δουλεύει; ...το αυτοκίνητο σταμάτησε να κινείται;) Γιατί;</p>	<p>Αιτιολόγηση</p> <p>Γιατί η ενέργεια χάθηκε</p>	<p>Αιτιολόγηση</p> <p>Γιατί η ενέργεια διασκορπίστηκε</p>

χρησιμοποιεί τον όρο της διασκόρπισης φαίνεται να υποστηρίζει ότι η ενέργεια πάει σε άλλα σώματα, στο τέλος των αλλαγών. Π.χ. «Η ενέργεια του κεριού πήγε στο περιβάλλον», «Η ενέργεια πήγε στην ατμόσφαιρα» (ρολόϊ), και για το αυτοκίνητο, «Πήγε στη μηχανή», «Πήγε στις ρόδες», «Πήγε στο δρόμο». Τα αποτελέσματα αυτά θεωρούμε ότι είναι σύμφωνα με τις θέσεις της βιβλιογραφίας, δηλαδή ότι οι διαισθητικές αντιλήψεις των μαθητών/τριών φαίνεται να είναι πλησιέστερες στην υποβάθμιση της ενέργειας από ό,τι στη διατήρησή της (Lijnse 1990).

Μετά την εφαρμογή της ακολουθίας ο αριθμός των μαθητών/τριών που απαντά με τον όρο «διασκόρπιση» της ενέργειας είναι: (i) 21 άτομα (περίπου 72%) για το κερί, (ii) 16 άτομα (περίπου 55%) για το ρολοί και (iii) 17 άτομα (περίπου 59%) για το αυτοκίνητο. Αντιπροσωπευτικές απαντήσεις είναι: «Η ενέργεια διασκορπίστηκε» (κερί), «Η ενέργεια διασκορπίστηκε» (ρολόι), «Η ενέργεια του διασκορπίστηκε» (αυτοκίνητο). Ωστόσο από τους /τις μαθητές /τριες που απαντούν χρησιμοποιώντας τον όρο της διασκόρπισης, ελάχιστοι / ες αναφέρουν αναλυτικά το περιβάλλον στο οποίο η ενέργεια διασκορπίστηκε. Το αποτέλεσμα αυτό δεν μας ικανοποιεί, γιατί πιστεύουμε ότι φανερώνει την ελλιπή προσέγγιση που κάναμε για να αναδείξουμε τη σημασία που έχει όχι μόνο το «σύστημα» από όπου φεύγει η ενέργεια αλλά και το περιβάλλον στο οποίο διασκορπίζεται. Το συμπέρασμα αυτό ενισχύεται με ένα ακόμη αποτέλεσμα: κανένα από τα άτομα του δείγματος δεν προσπάθησε να ερμηνεύσει τη διασκόρπιση της ενέργειας με διαγράμματα αν και κατά τη διάρκεια της διδασκαλίας (βλ. παραπάνω) προσεγγίσαμε μ' αυτόν τον τρόπο τη διασκόρπιση. Όσον αφορά τη διατήρηση της ενέργειας δεν υπήρξε μαθητής/ τρια που να χρησιμοποιήσει τον όρο «διατήρηση» στις απαντήσεις του /της, γεγονός που αναδεικνύει για μια ακόμη φορά την ιδιαίτερη δυσκολία που παρουσιάζουν οι μαθητές /τριες στο να κατανοήσουν το χαρακτηριστικό αυτό.

Συμπεράσματα

Στην παρούσα εργασία παρουσιάστηκε ένα μέρος από το σχεδιασμό, την ανάπτυξη και την πιλοτική εφαρμογή μιας καινοτομικής Δ.Μ.Α. η οποία διδάχτηκε με το μοντέλο της μεταφοράς της γνώσης καθώς και με το εποικοδομητικό διδακτικό μοντέλο. Το περιεχόμενο της ακολουθίας αφορά την έννοια της ενέργειας και πέντε χαρακτηριστικά της, τη μεταφορά, τη μετατροπή, την αποθήκευση, τη διατήρηση και την υποβάθμισή της. Η ακολουθία υλοποιήθηκε σε μαθητές/ τριες της ΣΤ' τάξης του Δημοτικού σχολείου. Ένα από τα χαρακτηριστικά της, όσον αφορά την «επιστημονική» της διάσταση είναι ο διδακτικός μετασηματισμός της υποβάθμισης/διατήρησης της ενέργειας ο οποίος επιγραμματικά εντοπίζεται σε δύο χαρακτηριστικά: (α) την ταυτόχρονη διαπραγμάτευση της διατήρησης με τη διασκόρπιση της ενέργειας και (β) την προσέγγιση της υποβάθμισης με την έννοια της διασκόρπισης. Όσον αφορά την «παιδαγωγική» διάσταση, καινοτομικό χαρακτηριστικό της Δ.Μ.Α., είναι η εποικοδομητική προσέγγιση και των τριών χαρακτηριστικών της ενέργειας (αποθήκευση, διατήρηση, υποβάθμιση).

Η πιλοτική εφαρμογή αυτής της έρευνας δεν παρέχει αποτελέσματα που μπορούν να γενικευτούν αλλά αποτελέσματα που μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε για να προχωρήσουμε σε συγκεκριμένες αλλαγές τόσο στα χαρακτηριστικά της ακολουθίας όσο και στην ερευνητική της μεθοδολογία. Τα αποτελέσματα της πιλοτικής εφαρμογής αφενός ενθαρρύνουν τα βασικά αυτά καινοτομικά χαρακτηριστικά της ακολουθίας κι αφετέρου φανερώνουν τις αδυναμίες που υπάρχουν σε επιμέρους διδακτικά έργα καθώς και στην ερευνητική της μεθοδολογία. Για παράδειγμα, το γεγονός ότι οι μαθητές/ τριες αφενός δεν παρουσιάζουν βελτίωση στην κατανόηση της διατήρησης της ενέργειας κι αφετέρου δεν προχωρούν σε σαφείς αναφορές όσον αφορά το περιβάλλον στο οποίο διασκορπίζεται η ενέργεια, αναδεικνύει την αναγκαιότητα να εμπλουτίσουμε το δεύτερο Διδακτικό Επεισόδιο με έργα στα οποία θα τους/ τις βοηθήσουμε να εμπλακούν πιο ουσιαστικά σε δραστηριότητες σχετικές με τη διασκόρπιση και τη διατήρηση της ενέργειας. Ακόμη η πλειοψηφία των μαθητών/τριών μετά τη διδασκαλία μπορεί μεν να δίνει ορθή αιτιολόγηση για την αποθήκευση της ενέργειας αλλά οι σχετικές αιτιολογήσεις είναι επικεντρωμένες πάνω στα παραδείγματα που διδάχτηκαν. Λαμβάνοντας υπόψη μας το αποτέλεσμα αυτό, αποφασίσαμε στην επόμενη εφαρμογή της ακολουθίας να συμπληρώσουμε στο ερωτηματολόγιο περιπτώσεις τις οποίες δεν διαπραγματεύομαστε κατά τη διάρκεια της διδασκαλίας, έτσι ώστε να εξετάσουμε αν και κατά πόσο πετυχαίνουμε το στόχο μας, δηλαδή στο να δομήσουν οι

μαθητές /τριες το γενικό συλλογισμό: αν ένα σώμα έχει αποθηκευμένη ενέργεια μπορεί να επιφέρει αλλαγές σε άλλα σώματα όταν αλληλεπιδράσει κατάλληλα μαζί τους. Επιπλέον, σε επόμενη εφαρμογή της ακολουθίας θεωρούμε χρήσιμη τη διεξαγωγή συνεντεύξεων για να μελετήσουμε σε βάθος τις ερμηνείες των μαθητών/τριών.

Παραπομπές

- Κολιόπουλος, Δ., Ψύλλος, Δ. (1992). Οι ιδέες των μαθητών σχετικά με την έννοια της ενέργειας και η επίδρασή τους στο σχεδιασμό μιας εισαγωγικής διδασκαλίας στο γυμνάσιο. Ψυχολογικές έρευνες στην Ελλάδα, τόμος Ι, ανάπτυξη, μάθηση και εκπαίδευση, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης Υπηρεσία Δημοσιευμάτων, 79-90.
- Κολιόπουλος, Δ. & Ραβάνης, Κ. (1998). Η έννοια της ενέργειας στη σκέψη των μαθητών. Ερευνητικά ευρήματα και διδακτικές επισημάνσεις. Σύγχρονη Εκπαίδευση, 100, 69-77.
- Κολιόπουλος, Δ. (2000). Σχεδιάζοντας κι αξιολογώντας ένα αναλυτικό πρόγραμμα για την ενέργεια: Μια εποικοδομητική προσέγγιση. Στο βιβλίο «Διδακτικές Προσεγγίσεις στις Φυσικές Επιστήμες-Σύγχρονοι Προβληματισμοί», (Επιμέλεια Κόκκοτας, Π.), Εκδόσεις τυπωθήτω – ΓΙΩΡΓΟΣ ΔΑΡΔΑΝΟΣ.
- Κουλαϊδής, Β. & Τσελές, Β. (1995). Ενέργεια: Μια διερεύνηση των αντιλήψεων των μαθητών με βάση τη χρήση της. Σύγχρονη Εκπαίδευση, 80, 84-90.
- Κουμαράς, Π., Καριώτογλου, Π., Αντωνιάδου Ν., Ψύλλος, Δ. (1992). Η εποικοδομητική στρατηγική στην πειραματική προσέγγιση της διδασκαλίας της Φυσικής. Επιθεώρηση Φυσικής, 12, 12-20.
- Σπύρτου, Α., Κουμαράς, Π., Ψύλλος, Δ. (1995). Μια εποικοδομητική στρατηγική για την εκπαίδευση των μελλοντικών εκπαιδευτικών. Σύγχρονη Εκπαίδευση, 84, 50-59.
- Σπύρτου, Α. (2002). Μελέτη εποικοδομητικής στρατηγικής για την εκπαίδευση των δασκάλων στις Φυσικές Επιστήμες. Αδημοσίευτη Διδακτορική Διατριβή, Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης, Α.Π.Θ.
- Σπύρτου, Α. (2007). Διδακτικές επισημάνσεις για το περιεχόμενο της ενέργειας στα νέα σχολικά εγχειρίδια της Ε' και ΣΤ' τάξης του Δημοτικού σχολείου. Εργασία του 5^{ου} Πανελληνίου Συνεδρίου «Διδακτική Φυσικών Επιστημών και Νέες Τεχνολογίες στην Εκπαίδευση», Ιωάννινα (σ' αυτό το τεύχος).
- Domenech, J., Gil-Perez, D., Gras-Marti, A., Martinez-Torregrosa, J., Guisasola, G., Salinas, J. (2001). Energy: how it is taught and how it might be. In: Psillos, D., Kariotoglou, P., Tselfes, V., Bisdikian, G., Fassoulopoulos, G., Hatzikraniotis, E., Kallery, M. (eds), Proceedings of the Third International Conference on Science Education Research in the knowledge Based Society, Vol. I., Art of Text, Thessaloniki, 362-364.
- Driver, R., Squires, A., Rushworth, P., Wood-Robinson, V. (2000). Οικοδομώντας τις έννοιες των φυσικών επιστημών. Μια παγκόσμια σύνοψη των ιδεών των μαθητών. Εκδόσεις τυπωθήτω.
- Duit, R. (1986). In search of an energy concept. In : Driver, R., Millar, M. (ed.). Energy Matters. Proceedings of an invited conference: Teaching about energy within the secondary science curriculum, Centre for Studies In Science and Mathematics Education, University of Leeds.
- Kariotoglou, P., Psillos, D. & Tselfes, V. (2003). Modelling the Evolution of Teaching-Learning Sequences: From Discovery to Constructivism. In: Psillos, D., Kariotoglou, P., Tselfes, V., Hatzikraniotis, E., Fassoulopoulos, G., Kallery, M. (eds), Science Education Research in the Knowledge-Based Society, Kluwer Academic Publishers, 259-268.
- Kruger, C., Palacio, D. & Summers, M. (1991). Understanding Energy. Primary School Teachers and Science (PSTS) Project. Published by Oxford University Department Studies and Westminster College, Oxford.

- Lijnse, P. (1990). Energy between the Life-World of Pupils and the World of Physics. *Science Education*, 74(5), 571-583.
- Meheut, M. (2005). Teaching-Learning Sequences Tools For Learning and/or Research. In: K. Boersma, M. Goedhart, O. De Jong, H., Eijkelhof (Eds.), *Research and the Quality of Science Education*, Springer, The Netherlands, 195-207.
- Meheut, M. & Psillos, D. (2004). Teaching-learning sequences: aims and tools for science education research. *International Journal of Science Education*, 26(5), 515-535.
- Mutimucio, I., Mondlane, E. & Thijs, G. (1999). How to deal with the concept of mechanical energy in dissipative systems? A study on conceptual development of first-year university students in Mozambique. In: Bandiera, M., Caravita, S., Torracca, E. & Vicentini, M. (eds), *Research in Science Education in Europe*, Kluwer Academic Publishers, Netherlands, 113-121.
- Pinto, R., Couso, D., Gutierrez, R. (2004). Using Research on Teachers' Transformations of Innovations to Inform Teacher Education. The Case of Energy Degradation. *International Journal of Science Education*, 89, 38-55.
- Spirtou, A., Koumaras, P. (1993). Educating primary teachers in science: the case of energy. Στο: Lijnse, P. (ed.), *Proceedings of the 1st Ph. D. Summerschool, European Research in Science Education*, 259-265.
- Spyrtoy, A., Psillos, D., Kariotoglou, P. (2003). Investigating the complexity of teachers' views in science teaching: issues and tools. Στο: Krnel, D. (ed.), *Proceedings of the 6th Ph. D. Summer-School, European Research in Science Education Liubljana*, 85-96.
- Trumper, R. (1990a). Being constructive: an alternative approach to the teaching of the energy concept-part one. *International Journal of science Education*, 12(4), 343-354.
- Trumper, R. (1990b). Energy and a constructivist way of teaching. *Physics Education*, 25, 208-212.
- Tsagliotis, N. (2001). Conceptual change within a phenomenographic approach: the concept of mechanical energy with 5th grade children in Greece. In: Psillos, D., Kariotoglou, P., Tselfes, V., Bisdikian, G., Fassoulopoulos, G., Hatzikraniotis, E., Kallery, M. (Eds.), *Proceedings of the Third International Conference on Science Education Research in the knowledge Based Society, Vol. I, Art of Text, Thessaloniki*, 121-123.