

Η διδασκαλία της ενέργειας στην α' δημοτικού¹

Δημήτρης Κολιόπουλος², Μυρτώ Αργυροπούλου³

ΠΕΡΙΛΗΨΗ: Στην εργασία αυτή περιγράφεται μια προκαταρκτική εμπειρική έρευνα σχετική με τη δυνατότητα οικοδόμησης από μαθητές της πρώτης σχολικής ηλικίας ενός ποιοτικού εξηγητικού προτύπου για την έννοια 'ενέργεια'. Τα αποτελέσματα της έρευνας είναι ιδιαίτερα ενθαρρυντικά αφού φαίνεται ότι αρκετοί μαθητές ηλικίας 6-7 ετών είναι δυνατόν, στα πλαίσια μιας κατάλληλης διδακτικής παρέμβασης να οικοδομήσουν ένα 'πρόδρομο ενεργειακό πρότυπο'. Παράλληλα, περιγράφεται με λεπτομέρεια η διδακτική παρέμβαση κατά τη διάρκεια της οποίας οι μαθητές κατάφεραν, χρησιμοποιώντας το εν λόγω πρότυπο, να περιγράψουν φυσικά φαινόμενα όπως τη λάμψη μιας λάμπας ή την περιστροφή ενός μικρού κινητήρα με τη βοήθεια μπαταρίας ή φωτοβολταϊκού στοιχείου.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: Εκπαίδευση στην ενέργεια, γραμμική αιτιότητα, πρώτη σχολική ηλικία

Teaching energy in first grade in elementary school

Demetres Koliopoulos, Myrto Argyropoulou

ABSTRACT: In this work is described a preliminary empirical research on the possibility of building from students of primary school a qualitative explanatory model for the concept 'energy'. The results are particularly encouraging since it appears that many students aged 6-7 years old are possible within an appropriate instructional intervention to build a "precursor energy pattern". Furthermore, we describe in detail the experimental course during which students were able, using this model to describe natural phenomena such as a flash lamp or a small motor rotation using battery or solar cells.

KEY WORDS: Education in the energy, linear causality, students of primary school

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1. Η διδασκαλία της έννοιας 'ενέργεια' σε μαθητές μικρής ηλικίας

Το ζήτημα της διδασκαλίας της ενέργειας στις διάφορες βαθμίδες της εκπαίδευσης, στα πλαίσια του προγράμματος σπουδών Φυσικών Επιστημών, απασχολεί το ερευνητικό πεδίο της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών σχεδόν από τις απαρχές της συγκρότησής του ως αυτόνομου ακαδημαϊκού αντικειμένου. Το ενδιαφέρον αυτό οφείλεται στην αντίδραση των εκπαιδευτικών συστημάτων των βιομηχανικών χωρών της Δύσης στις πετρελαϊκές κρίσεις και γενικότερα στην ενεργειακή κρίση που εμφανίζεται και τις πλήττει στις αρχές της δεκαετίας του '70 (Wenham, 1984; Kirwan, 1987). Τα ερωτήματα που τίθενται από τη μεριά των ερευνητών της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών σχετίζονται αφ' ενός με τις αντιλήψεις και τις νοητικές παραστάσεις που διαμορφώνουν οι μαθητές για την έννοια της ενέργειας και αφ' ετέρου με τις δυνατότητες ανάπτυξης καινοτόμων διδακτικών παρεμβάσεων οι οποίες να στοχεύουν τόσο στη γνωστική ανάπτυξη όσο και στη διαμόρφωση κατάλληλων στάσεων σχετικών με τις κοινωνικές χρήσεις της έννοιας

¹ Ένα μεγάλο μέρος αυτής της εργασίας πρόκειται να δημοσιευθεί στο περιοδικό *Review of Science, Mathematics and ICT Education* στα πλαίσια του αφιερώματος στη 2^η Ελληνογαλλική συνάντηση των ερευνητικών ομάδων του Εργαστηρίου Διδακτικής των Θετικών Επιστημών (ΤΕΕΑΠΗ Παν/μίου Πατρών) και GESTPro (UMR ADEF, Université de Provence και INRP).



² Δημήτρης Κολιόπουλος ΤΕΕΑΠΗ Παν/μίου Πατρών

³ Μυρτώ Αργυροπούλου Εκπαιδευτήρια Γείτονα

(εξοικονόμηση ενέργειας κλπ). «Πώς οι μαθητές αντιλαμβάνονται την ενέργεια;», «Ποια είναι η φύση και τα χαρακτηριστικά του μετασχηματισμού που πρέπει να υποστεί η επιστημονική έννοια για να καταστεί αντικείμενο διδασκαλίας στις διάφορες εκπαιδευτικές βαθμίδες;», «Υπάρχουν ένα ή περισσότερα εννοιολογικά πλαίσια ή/και μια ή περισσότερες κοινωνικές πρακτικές αναφοράς που να εξασφαλίζουν λειτουργικότερα και αποδοτικότερα πλαίσια διδασκαλίας της έννοιας;», «Είναι δυνατή η διδασκαλία της έννοιας στην προσχολική και πρωτοβάθμια εκπαίδευση;». Ιδού μερικά από τα ερευνητικά ερωτήματα που εκφράζονται ρητά ή υπονοούνται την πλέον παραγωγική περίοδο για τη σχετική έρευνα, δηλαδή, τη δεκαετία του '80 (Strickland, 1983; Bliss & Ogborn, 1985; Aster, 1986; Driver & Millar, 1986; Koliopoulos & Tiberghien, 1986; Duit, 1987; Κολιόπουλος, 1991; Solomon, 1992).

Τα τελευταία χρόνια, η διδασκαλία της ενέργειας συνεχίζει ν' αποτελεί σημαντικό αντικείμενο διερεύνησης της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών όχι μόνο διότι οι πιέσεις των σύγχρονων ενεργειακών κρίσεων εντείνονται και τα εκπαιδευτικά συστήματα καλούνται, εκ νέου, να αντιμετωπίσουν την κατάσταση αλλά και διότι τα ερευνητικά ερωτήματα που ετέθησαν τη δεκαετία του '80 συνεχίζουν να απασχολούν ερευνητικές ομάδες και άτομα ή και διευρύνονται (Lemeignan & Weil-Barais, 1994, 1997; Devi et al, 1996; Hayhurst, Campbell & Howlett, 1997; Millar, 2005; Domenech et al, 2007). Στην Ελλάδα, η ομάδα «Ενέργεια στην Εκπαίδευση» η οποία λειτουργεί στα πλαίσια του Εργαστηρίου Διδακτικής των Θετικών Επιστημών του ΤΕΕΑΠΗ του παν/μίου Πατρών (<http://energyineducation.blogspot.com>) δραστηριοποιείται τόσο προς την κατεύθυνση της διερεύνησης της δυνατότητας να οικοδομήσουν οι μαθητές διαφόρων εκπαιδευτικών βαθμίδων βασικές γνώσεις για την ενέργεια, όσο και προς την κατεύθυνση της διάδοσης καινοτομικών διδακτικών προσεγγίσεων που προκύπτουν από την σχετική ερευνητική δραστηριότητα. Θεωρούμε ότι ένα από τα ερευνητικά ερωτήματα που αναφέρθηκαν προηγούμενα και δεν έχει απαντηθεί επαρκώς είναι αυτό που σχετίζεται με τη δυνατότητα ανάπτυξης προγραμμάτων διδασκαλίας για την ενέργεια που θα απευθύνονται σε παιδιά προσχολικής και πρώτης σχολικής ηλικίας. Αν και στο επίπεδο της ανάπτυξης τέτοιων προγραμμάτων φαίνεται ότι υπάρχει επαρκής παραγωγή (Μόρφωση για την ενέργεια, 2006; Intelligent Energy, 2009), αυτό που δεν έχει διερευνηθεί επαρκώς είναι αν και πως παιδιά προσχολικής και πρώτης σχολικής ηλικίας προσλαμβάνουν τις ενεργειακές ιδέες που εισάγονται σε αυτά τα προγράμματα και είναι σε θέση να κατασκευάσουν περιγραφικά ενεργειακά μοντέλα, δεδομένων των δυσκολιών που προκύπτουν από την αφηρημένη και ποσοτική φύση της έννοιας της ενέργειας.

Στόχος της εργασίας αυτής είναι να περιγράψει μια προκαταρκτική εμπειρική έρευνα σχετική με τη δυνατότητα οικοδόμησης από μαθητές της πρώτης σχολικής ηλικίας ενός ποιοτικού προτύπου για την έννοια 'ενέργεια' με το οποίο είναι δυνατόν να περιγράψουν διάφορες δια-φαινομενολογικές καταστάσεις όπως τη λάμψη μιας λάμπας ή τη περιστροφή ενός μικρού κινητήρα με τη βοήθεια μπαταρίας ή φωτοβολταϊκού στοιχείου. Η έρευνα αυτή ελέγχει την υπόθεση σύμφωνα με την οποία μαθητές της πρώτης σχολικής ηλικίας είναι δυνατόν να οικοδομήσουν στα πλαίσια μιας ακολουθίας διδακτικών παρεμβάσεων ένα ποιοτικό ενεργειακό πρότυπο ενεργοποιώντας τον λεγόμενο γραμμικό αιτιακό συλλογισμό. Σύμφωνα με αυτό το είδος συλλογισμού, τα παιδιά, στην προσπάθειά τους να περιγράψουν και εξηγήσουν τη λειτουργία διαφόρων φυσικών συστημάτων, αναγνωρίζουν αυθόρμητα ένα διαμεσολαβητή (που αποκαλούν δύναμη, ηλεκτρισμό, θερμότητα ή ενέργεια ανάλογα με τα φαινομενολογικά χαρακτηριστικά του φυσικού συστήματος) ο οποίος δρα ή μεταφέρεται από ένα αντικείμενο που αναγνωρίζεται ως πηγή της δράσης σ' ένα άλλο αντικείμενο που αναγνωρίζεται ως αποδέκτης της δράσης (Anderson, 1986; Viennot, 1993; Tiberghien, 2004; Κολιόπουλος, 2008). Στη συγκεκριμένη εργασία αναφέρονται τα πλεονεκτήματα του ποιοτικού ενεργειακού προτύπου το οποίο εισάγεται στην προτεινόμενη διδακτική παρέμβαση, περιγράφονται με μεγάλη λεπτομέρεια τα χαρακτηριστικά της

διδασκτικής παρέμβασης που πραγματοποιήθηκε με παιδιά ηλικίας 6-7 ετών και παρατίθενται αποτελέσματα ενός pre-test και ενός post-test που δόθηκαν στους μαθητές τα οποία καταδεικνύουν τη γνωστική πρόοδο που αυτά σημείωσαν παρέχοντας, έτσι, ενδείξεις για την επιβεβαίωση της υπόθεσης στην οποία αναφερθήκαμε προηγούμενα. Τέλος, γίνονται προτάσεις για την εμπάθυνση και διεύρυνση της συγκεκριμένης έρευνας.

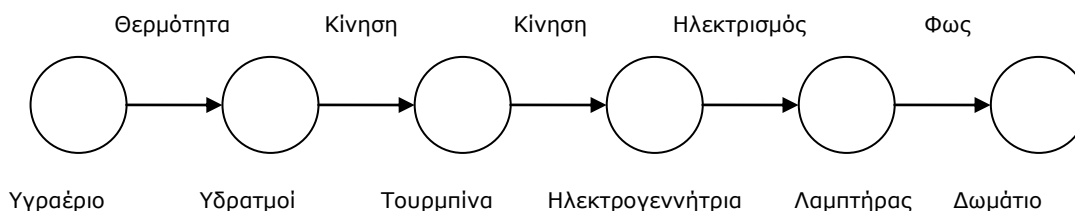
2. Ένα ποιοτικό εξηγητικό πρότυπο για την έννοια 'ενέργεια': Το πρότυπο των ενεργειακών αλυσίδων

Το εννοιολογικό πρότυπο των ενεργειακών αλυσίδων, όπως έχει κατά καιρούς εφαρμοσθεί στη διδασκαλία κυρίως της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης, διεθνώς και στην Ελλάδα, δεν έχει ενιαία έκφραση, αλλά όμως εμφανίζει ορισμένα βασικά χαρακτηριστικά που συνοψίζονται στα εξής (Κολιόπουλος, 2006):

- Βασίζεται σε μια δομή η οποία περιλαμβάνει την αποθήκευση, τη μεταφορά, τη μετατροπή, τη μέτρηση, τη διατήρηση και την υποβάθμιση ως βασικές χαρακτηριστικές ιδιότητες της ενέργειας. Ουσιαστικά αποτελεί μια μορφή διδακτικού μετασχηματισμού της επιστημονικής γνώσης στη σχολική εκδοχή της που συνδέεται κυρίως :

(α) με την πλούσια παράδοση των ενεργειακών συνθέσεων και της ανάδειξης της αρχής διατήρησης της ενέργειας που συντελούνται τον 19^ο αιώνα (Kuhn, 1977) και (β) με το εννοιολογικό πλαίσιο της μακροσκοπικής Θερμοδυναμικής όπως αυτό διαμορφώνεται στα πλαίσια της σύγχρονης επιστήμης της Θερμοδυναμικής (Dodé, 1965 ; Zemansky & Dittman, 1987). Πρόκειται δηλαδή, για τον πλέον επιστημολογικά έγκυρο μετασχηματισμό της επιστημονικής γνώσης σε σχολική γνώση στο συγκεκριμένο τομέα. Η σύνδεση του προτύπου των ενεργειακών αλυσίδων με την ιστορική παράδοση της γέννησης της έννοιας της ενέργειας επιτρέπει την ανάδειξη ποιοτικών χαρακτηριστικών της έννοιας, απαραίτητα για τη διδασκαλία της σε μικρά παιδιά. Επίσης, η συσχέτιση του προτύπου των ενεργειακών αλυσίδων με τη μακροσκοπική Θερμοδυναμική αφ' ενός προσδίδει στην έννοια της ενέργειας μια εννοιολογική αυτονομία ενώ, συγχρόνως, ακυρώνει την, υποχρεωτική στην παραδοσιακή διδασκαλία, συσχέτιση της έννοιας με την αφηρημένη και μαθηματική έννοια του έργου.

- Είναι δυνατόν να λάβει διάφορες ποιοτικές και ημι-ποσοτικές αναπαραστατικές μορφές όπως οι προ-ενεργειακές αναπαραστάσεις λειτουργίας και δράσης των αντικειμένων (Lemeignan & Weil-Barais, 1994, 1997), τα διαγράμματα ροής ενέργειας (Falk et al, 1983; Viglietta, 1990) ή οι ενεργειακές αλυσίδες που δίδουν έμφαση στη διαφοροποίηση αποθηκευμένων και μεταφερόμενων μορφών ενέργειας (Tiberghien & Megalakaki, 1995; Devi et al, 1996). Στο **σχήμα 1** φαίνεται μια ποιοτική αναπαράσταση ενεργειακής αλυσίδας που αναφέρεται στο άναμμα μιας λάμπας με τη βοήθεια ενός λύχνου Bunsen γνωστής με το όνομα 'αναπαράσταση διανομής' (Lemeignan & Weil-Barais, 1994, 1997).



Σχήμα 1. Σχηματική παράσταση ποιοτικής ενεργειακής εξήγησης του φαινομένου ανάμματος μιας λάμπας με τη βοήθεια ενός λύχνου Bunsen

Η εσωτερική δομή του εννοιολογικού προτύπου των ενεργειακών αλυσίδων είναι συμβατή, όπως ελέχθη και στην εισαγωγή, με τον λεγόμενο γραμμικό αιτιακό συλλογισμό. Η φυσική αυτή αιτιακή εξήγηση, σύμφωνα με τον Halbwachs (1971), αποτελεί τον προνομιακό

τρόπο αναπαράστασης της φυσικής πραγματικότητας στα παιδιά. Έχει παρατηρηθεί ότι αν ο συλλογισμός αυτός ενεργοποιηθεί από μαθητές της υψηλής βαθμίδας της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης και της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης που καλούνται να περιγράψουν και εξηγήσουν απλά ηλεκτρικά, θερμικά και μηχανικά φαινόμενα ή να δώσουν μια κοινή εξήγηση για τα φαινόμενα αυτά, είναι δυνατόν να οικοδομήσουν ποιοτικές ή ημι-ποσοτικές ενεργειακές αντιλήψεις (Tiberghien & Megalakaki, 1995; Lemeignan & Weil-Barais, 1994, 1997; Κολιόπουλος & Ραβάνης, 1998; Koliopoulos & Ravanis, 2001).

Στο επίπεδο της προσχολικής εκπαίδευσης, πρόσφατες έρευνες που έχουν διεξαχθεί στο Εργαστήριο Διδακτικής των Θετικών Επιστημών του ΤΕΕΑΠΗ του Παν/μίου Πατρών δείχνουν ότι τα παιδιά δίδουν μια φυσική (και όχι τελεολογική που είναι το σύνηθες) εξήγηση η οποία βασίζεται σε μια προ-ενεργειακή νοητική παράσταση που τους επιτρέπει να περιγράψουν τη μακροσκοπική λειτουργία διαφόρων ζευγών αντικειμένων (μπαταρία – αυτοκινητάκι, συμπιεσμένο ελατήριο – αυτοκινητάκι, μπαταρία – λαμπάκι, μπαταρία - μοτεράκι) (Συμιδαλά κ.ά., 2006; Koliopoulos et al, 2009; Κοντογιαννάτου, 2009; Συμιδαλά, 2010; Ζάβρα, 2010). Πιο συγκεκριμένα διαπιστώθηκε ότι πολλά παιδιά είναι σε θέση να περιγράψουν τα παραπάνω φυσικά συστήματα είτε ως αλυσίδα αντικειμένων από την άποψη της λειτουργίας τους (π.χ., η κίνηση του αυτοκινήτου οφείλεται στη μπαταρία, η λάμψη του λαμπτήρα οφείλεται στην μπαταρία), είτε ως αλυσίδα αντικειμένων από την άποψη της διανομής, δηλαδή, της μεταφοράς μιας δράσης (π.χ., η μπαταρία δίνει ηλεκτρισμό στο αυτοκινητάκι και αυτό κινείται, η μπαταρία δίδει ρεύμα στο λαμπτήρα και αυτός ανάβει) (Lemeignan & Weil-Barais, 1994, 1997).

Από τα προηγούμενα φαίνεται ότι νομιμοποιούμεθα να διατυπώσουμε την υπόθεση ότι η συμβατότητα του προτύπου των ενεργειακών αλυσίδων με τον γραμμικό αιτιακό συλλογισμό είναι δυνατόν να συμβάλλει στην οικοδόμηση λειτουργικών γνώσεων για την ενέργεια ακόμα και από παιδιά πολύ μικρής ηλικίας (πρόδρομα μοντέλα). Οι γνώσεις αυτές θα μπορούσαν, αργότερα, να λειτουργήσουν ως υποδοχείς νέων γνώσεων για την ενέργεια μέσω της σταδιακής οικοδόμησης ποσοτικών ενεργειακών αντιλήψεων.

- Αποτελεί ένα εννοιολογικό πρότυπο το οποίο μπορεί να συμβάλλει στο να συνδεθούν λειτουργικά η εννοιολογική με την πολιτισμική συνιστώσα της επιστημονικής γνώσης (Koliopoulos & Ravanis, 2000). Αυτό μπορεί να συμβεί ευκολότερα στις περιπτώσεις όπου το καθημερινό και τεχνολογικό περιβάλλον αποτελεί καθοδηγητική αρχή των διδακτικών δραστηριοτήτων οι οποίες θα οδηγήσουν στην εννοιολογική μελέτη της έννοιας της ενέργειας. Ζητήματα, λοιπόν, όπως η ανάδειξη και χρήση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, η εξοικονόμηση ενέργειας, η ενεργειακή απόδοση και η ρύπανση του περιβάλλοντος οδηγούν κατ' ανάγκη στην χρήση του εννοιολογικού προτύπου των ενεργειακών αλυσίδων αφού αυτό παρουσιάζει τη μέγιστη συμβατότητα με τη μελέτη των σχετικών προβλημάτων.

3. Στοιχεία μεθοδολογίας της έρευνας

3.1 Το δείγμα

Η έρευνα διεξήχθη σε τέσσερα τμήματα της πρώτης δημοτικού (παιδιά ηλικίας 6-7 ετών) ενός ιδιωτικού σχολείου της περιοχής Αθηνών. Έλαβαν μέρος συνολικά 105 μαθητές. Η διδακτική παρέμβαση πραγματοποιήθηκε από την ερευνήτρια, ενώ οι εκπαιδευτικοί κάθε τάξης παρακολούθησαν όλες τις ενότητες της παρέμβασης. Καθ' όλη τη διάρκεια της παρέμβασης, οι μαθητές δούλεψαν σε 52 ομάδες (51 διμελείς ομάδες και μία τριμελής ομάδα). Στον **πίνακα 1** εμφανίζονται οι τάξεις, ο αριθμός των μαθητών και ο αριθμός των διμελών ομάδων.

Η σύνθεση όλων των διμελών ομάδων παρέμεινε η ίδια κατά τη διάρκεια της διδακτικής παρέμβασης.

Τμήματα	Αριθμός παιδιών	Αριθμός ομάδων
T1	27 (*)	13
T2	26	13
T3	26	13
T4	26	13
Σύνολο	105	52

(*) Μια από τις ομάδες ήταν τριμελής

Πίνακας 1. Αριθμός τμημάτων, μαθητών και διμελών ομάδων που έλαβαν μέρος στην έρευνα

3.2 Διδακτική παρέμβαση⁴

Η διδακτική παρέμβαση (βλ. **Παράρτημα 1**) είχε ως εννοιολογικό στόχο την οικοδόμηση εκ μέρους των μαθητών ενός ποιοτικού πρόδρομου ενεργειακού μοντέλου με τη βοήθεια του οποίου θα ήταν σε θέση να αναπαριστούν φυσικές καταστάσεις ως αλυσίδες αντικειμένων κατ' αρχήν από την άποψη της λειτουργίας τους και στη συνέχεια από την άποψη της διανομής (της μεταφοράς, δηλαδή, μιας δράσης από ένα αντικείμενο σε ένα άλλο)⁵.

Η διδακτική παρέμβαση αποτελείτο από πέντε διδακτικές ενότητες. Η κάθε ενότητα διαρκούσε 1 διδακτική ώρα (45 λεπτά). Σε όλες τις ενότητες τα παιδιά εργάστηκαν σε διμελείς ομάδες. Η δεύτερη και η πέμπτη ενότητες χρησιμοποιήθηκαν και ως ενότητες αξιολόγησης της γνωστικών ικανοτήτων των μαθητών. Στη συνέχεια περιγράφονται ο στόχος και το περιεχόμενο των διδακτικών δραστηριοτήτων της παρέμβασης, το προς οικοδόμηση από τους μαθητές εννοιολογικό πλαίσιο καθώς και η προσδοκώμενη εξέλιξη των νοητικών παραστάσεων των μαθητών κατά τη διάρκεια της παρέμβασης.

1η ενότητα

Στην ενότητα αυτή οι ομάδες μαθητών εξοικειώνονται με τις συσκευές που θα χρησιμοποιήσουν και καλούνται να συναρμολογήσουν τις συσκευές αυτές ώστε να προκύψει η λειτουργία τριών φυσικών συστημάτων: ενός απλού ηλεκτρικού κυκλώματος με μπαταρία και λαμπτήρα (σύστημα 1), ενός απλού ηλεκτρικού κυκλώματος με μπαταρία και μικρό κινητήρα (σύστημα 2) και ενός απλού ηλεκτρικού κυκλώματος με μπαταρία και θερμικό αντιστάτη (σύστημα 3). Αφού επιτευχθούν οι συναρμολογήσεις με τη βοήθεια ή μη της ερευνήτριας, οι μαθητές καλούνται να περιγράψουν τι έκαναν ώστε να λειτουργήσουν τα τρία συστήματα.

2η ενότητα

Στην ενότητα αυτή παρουσιάζονται από την ερευνήτρια τα τρία φυσικά συστήματα που τα παιδιά συναρμολόγησαν στην προηγούμενη ενότητα τα οποία θέτει σε λειτουργία. Στη συνέχεια μοιράζει σε κάθε διμελή ομάδα καρτέλες οι οποίες φέρουν τα ονόματα των διαφόρων συσκευών και καρτέλες που φέρουν το σχήμα του βέλους και ζητά από κάθε ομάδα να τοποθετήσει τις καρτέλες αυτές «στη σωστή σειρά». Παράλληλα ζητά από τους

⁴ Τα αναλυτικά σχέδια μαθημάτων της διδακτικής παρέμβασης βρίσκονται στο Παράρτημα 1. Τα σχέδια μαθημάτων είναι γραμμένα με μορφή οδηγιών ώστε να διευκολυνθούν εκείνοι οι εκπαιδευτικοί που θα ήθελαν να εφαρμόσουν τη διδακτική παρέμβαση στη τάξη τους.

⁵ Ένας άλλος στόχος, σχετικός με την πολιτισμική διάσταση της επιστημονικής γνώσης, ήταν να μπορούν τα παιδιά στο τέλος της παρέμβασης, να αναγνωρίζουν οικιακά συστήματα παραγωγής και χρήσης ηλεκτρικής ενέργειας (οικιακά φωτοβολταϊκά στοιχεία, εστίες ηλεκτρικής κουζίνας κλπ) και να δίνουν ένα λειτουργικό ορισμό της έννοιας των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (κυρίως της ηλιακής ενέργειας). Στην εργασία αυτή δεν περιγράφονται τα αποτελέσματα που αφορούν δραστηριότητες σχετικές με την πολιτισμική διάσταση της επιστημονικής γνώσης. Αρκούμαστε να σημειώσουμε ότι η σύνδεση της εννοιολογικής με την πολιτισμική διάσταση της συγκεκριμένης επιστημονικής γνώσης αποτελεί εξ ίσου κρίσιμο παράγοντα στη διαμόρφωση ενός ποιοτικού ενεργειακού προτύπου από τα παιδιά (π.χ., μέσω αυτής της σύνδεσης είναι δυνατόν να εισαχθεί ο όρος 'ενέργεια' ώστε να αποκτήσει για τα παιδιά συγκεκριμένο περιεχόμενο).

μαθητές να αιτιολογήσουν την επιλογή τους.

Αναμένεται ότι με τις δραστηριότητες αυτές τα παιδιά ενεργοποιώντας τον γραμμικό αιτιακό συλλογισμό, όπως στην προηγούμενη ενότητα, θα τοποθετήσουν τις καρτέλες σε μια λογική σειρά ώστε να προκύψουν αλυσίδες αντικειμένων με εμφανή τα αίτια και το αποτέλεσμα της λειτουργίας των διαφόρων συστημάτων. Η βασική γνωστική υπόθεση η οποία διατυπώνεται για τις δύο πρώτες ενότητες είναι ότι η πλειοψηφία των διμελών ομάδων θα ενεργοποιήσει τον γραμμικό αιτιακό συλλογισμό και θα περιγράψει τις τρεις διαφορετικές καταστάσεις ως αλυσίδες αντικειμένων όπου η μπαταρία θα εμφανίζεται ως αίτιο της λειτουργίας του λαμπτήρα (στο σύστημα 1), του μικρού κινητήρα (στο σύστημα 2) και του χεριού μέσω του θερμικού αντιστάτη (στο σύστημα 3). Η 2^η ενότητα χρησιμοποιήθηκε και ως ενότητα αξιολόγησης (pre – test).

3η ενότητα

Στην ενότητα αυτή η ερευνήτρια υπενθυμίζει τα παιδιά τις δραστηριότητες των δύο προηγούμενων ενοτήτων και, μετά από συζήτηση τα παιδιά καθοδηγούνται να αποδεχθούν τη «σωστή σειρά» με την οποία πρέπει να τοποθετηθούν οι καρτέλες. Στη συνέχεια, εισάγει μια περισσότερο «φορμαλιστική» αναπαράσταση των αλυσίδων αντικειμένων προσθέτοντας καρτέλες που φέρουν τα ονόματα 'ηλεκτρισμός', 'θερμότητα', 'φως' και 'κίνηση'. Οι καρτέλες αυτές τοποθετούνται κάτω (ή δίπλα) από τα βέλη και αποδίδουν τη δράση ενός αντικειμένου – ενεργού στοιχείου δράσης επί ενός αντικειμένου – παθητικού δέκτη δράσης.

Αναμένεται ότι η συζήτηση με τα παιδιά κατά τη διάρκεια αυτής της διδακτικής παρέμβασης θα οδηγήσει στην εξέλιξη της αναπαράστασης της αλυσίδας αντικειμένων (αλυσίδα αντικειμένων από την άποψη της λειτουργίας τους σε αλυσίδα αντικειμένων από την άποψη της διανομής).

4η ενότητα

Στην ενότητα αυτή η ερευνήτρια υπενθυμίζει στους μαθητές τη λειτουργία του φυσικού συστήματος 'μπαταρία – μικρός κινητήρας' και συζητά μαζί τους την αντίστοιχη ενεργειακή αναπαράσταση. Στη συνέχεια, τους ανακοινώνει ότι υπάρχουν και άλλες συσκευές με τη βοήθεια των οποίων μπορεί κανείς να κινήσει ένα μικρό κινητήρα και παρουσιάζει ένα φωτοβολταϊκό στοιχείο. Τα παιδιά δοκιμάζουν να συναρμολογήσουν ένα απλό ηλεκτρικό κύκλωμα 'φωτοβολταϊκού στοιχείου – μικρού κινητήρα' και το λειτουργούν με τη βοήθεια ενός πορτατίφ. Ρωτά, επίσης, τα παιδιά αν μπορούν να αντικαταστήσουν το πορτατίφ με κάτι άλλο ώστε να συνεχίσει να λειτουργεί το φωτοβολταϊκό στοιχείο και συζητά την αναλογία ανάμεσα στο πορτατίφ και τον ήλιο. Τέλος, ζητείται από τις ομάδες μαθητών να κατασκευάσουν μια ενεργειακή αναπαράσταση των φυσικών καταστάσεων που συζητήθηκαν.

Αναμένεται ότι κατά τη διάρκεια αυτής της ενότητας τα παιδιά θα χρησιμοποιήσουν, εκτός από το γραμμικό αιτιακό συλλογισμό, την αναλογική σκέψη ώστε να αναπαραστήσουν ως αλυσίδα αντικειμένων από την άποψη της διανομής μια νέα φυσική κατάσταση όπου το αντικείμενο-αίτιο 'μπαταρία' έχει αντικατασταθεί από το 'πορτατίφ', ενώ συγχρόνως έχει εμφανισθεί ένας νέος μετατροπέας δράσης, το 'φωτοβολταϊκό στοιχείο'.

5η ενότητα

Στην ενότητα αυτή καλούνται οι ομάδες μαθητών να συναρμολογήσουν τις συσκευές ώστε να προκύψει η λειτουργία τριών φυσικών συστημάτων: ενός απλού ηλεκτρικού κυκλώματος με μπαταρία και μικρό κινητήρα (σύστημα 1), ενός απλού ηλεκτρικού κυκλώματος με φωτοβολταϊκό στοιχείο και μικρό κινητήρα (σύστημα 2) και ενός απλού ηλεκτρικού κυκλώματος με φωτοβολταϊκό στοιχείο και λαμπτήρα (σύστημα 3). Αφού επιτευχθούν οι συναρμολογήσεις χωρίς τη βοήθεια της ερευνήτριας, οι μαθητές καλούνται να περιγράψουν τι έκαναν ώστε να λειτουργήσουν τα τρία συστήματα (για τα συστήματα 2 και 3 παρέχονται πορτατίφ), ποια είναι τα αποτελέσματα της λειτουργίας αυτών των

συστημάτων (κίνηση μικρού κινητήρα στα συστήματα 1 και 2, άναμμα λαμπτήρα στο σύστημα) και στη συνέχεια να κατασκευάσουν μια ενεργειακή αναπαράσταση για κάθε μια από τις τρεις φυσικές καταστάσεις.

Αναμένεται ότι οι μαθητές θα εφαρμόσουν το πρότυπο των ενεργειακών αλυσίδων σε όλες τις φαινομενολογικές καταστάσεις, είτε αυτές έχουν παρουσιασθεί κατά τη διάρκεια της διδακτικής παρέμβασης είτε όχι. Η 5^η ενότητα χρησιμοποιήθηκε και ως ενότητα αξιολόγησης (post – test).

3.3 Συλλογή και ανάλυση δεδομένων

Μεθοδολογικά, η έρευνα ανήκει στις λεγόμενες πειραματικές έρευνες (Cohen & Manion, 1994) και ως μέθοδος συλλογής δεδομένων χρησιμοποιήθηκαν το pre και post test στο οποίο απάντησαν όλες οι διμελείς ομάδες όλων των τμημάτων. Στην εργασία αυτή εστιάζουμε στη μέθοδο και τα αποτελέσματα που αφορούν σε δεδομένα της εννοιολογικής συνιστώσας της επιστημονικής γνώσης και ιδιαίτερα σε δεδομένα σχετικά με τις νοητικές παραστάσεις που κατασκεύασαν οι μαθητές για την έννοια της ενέργειας μετά από τις διδακτικές δραστηριότητες στις οποίες έλαβαν μέρος και οι οποίες περιγράφονται στην προηγούμενη ενότητα.

Στόχος του pre-test ήταν να παρατηρηθεί αν οι διμελείς ομάδες ήταν σε θέση να αναπαραστήσουν τη λειτουργία των αντικειμένων ‘μπαταρίας - λαμπτήρα’, ‘μπαταρίας – μικρού κινητήρα’ και ‘μπαταρίας – θερμικού αντιστάτη - χεριού’ ως αλυσίδας αντικειμένων από την άποψη της λειτουργίας ή από την άποψη διανομής, ώστε να διαπιστωθεί αν και σε ποιες περιπτώσεις οι μαθητές ενεργοποιούσαν αυθόρμητα τον γραμμικό αιτιακό συλλογισμό. Ως pre-test θεωρήθηκαν τα εξής ερωτήματα:

(α) ζητήθηκε από τους μαθητές να κατασκευάσουν αλυσίδες αντικειμένων με τη βοήθεια καρτελών που τους δόθηκαν για τη λειτουργία των τριών φυσικών συστημάτων.

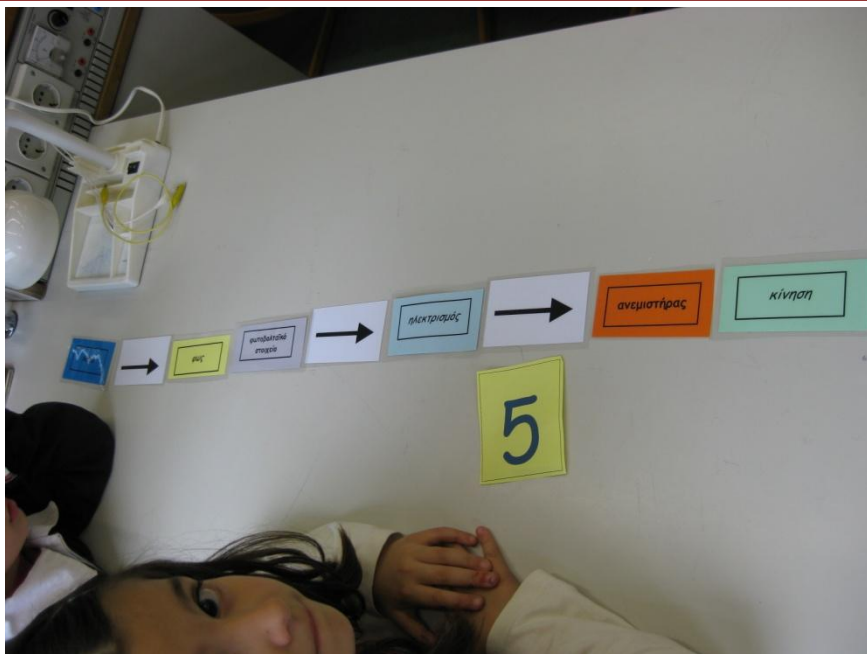
(β) ετέθησαν οι ερωτήσεις: «γιατί ανάβει ο λαμπτήρας», «γιατί γυρίζει ο κινητήρας» και «γιατί ζεσταίνεται το χέρι»;

Στόχος του post-test ήταν να παρατηρηθεί αν οι διμελείς ομάδες ήταν σε θέση να κατασκευάσουν αναπαραστάσεις ενεργειακών αλυσίδων για τη λειτουργία των φυσικών συστημάτων ‘μπαταρία – μικρός κινητήρας’ ‘πορτατίφ - φωτοβολταϊκό στοιχείο – μικρός κινητήρας’ και ‘πορτατίφ - φωτοβολταϊκό στοιχείο – λαμπτήρας’ με τη βοήθεια καρτελών που τους δόθηκαν. Στην **φωτό 1** φαίνεται μια αναπαράσταση ενεργειακής αλυσίδας την οποία κατασκεύασε μια διμελής ομάδα κατά τη διάρκεια του post-test. Πριν τεθούν τα συγκεκριμένα ερωτήματα, οι διμελείς ομάδες κλήθηκαν να συναρμολογήσουν και λειτουργήσουν τα φυσικά συστήματα. Οι συγκεκριμένες ερωτήσεις που ετέθησαν ήταν η εξής:

(α) για το σύστημα ‘μπαταρία – μικρός κινητήρας’: ‘Να κατασκευάσετε την αλυσίδα για το φαινόμενο της περιστροφής του κινητήρα’, για το σύστημα ‘πορτατίφ - φωτοβολταϊκό στοιχείο – κινητήρας’: ‘Να κατασκευάσετε την αλυσίδα για το φαινόμενο της περιστροφής του μικρού κινητήρα’, και για το σύστημα ‘πορτατίφ - φωτοβολταϊκό στοιχείο – λαμπτήρας’: ‘Να κατασκευάσετε την αλυσίδα για το φαινόμενο του ανάμματος του λαμπτήρα’.

(β) ‘γιατί γυρίζει ο κινητήρας’ μετά τη συναρμολόγηση και λειτουργία των συστημάτων ‘μπαταρία – μικρός κινητήρας’ και ‘πορτατίφ - φωτοβολταϊκό στοιχείο – μικρός κινητήρας’ και ‘γιατί ανάβει ο λαμπτήρας’ μετά τη συναρμολόγηση και λειτουργία του φυσικού συστήματος ‘πορτατίφ - φωτοβολταϊκό στοιχείο – λαμπτήρας’.

Οι δύο πρώτες φυσικές καταστάσεις ήταν γνωστές στους μαθητές οι οποίοι είχαν κατασκευάσει τις αναπαραστάσεις τους κατά τη διάρκεια της διδακτικής παρέμβασης, ενώ η τρίτη φυσική κατάσταση δεν είχε παρουσιασθεί καθόλου κατά τη διάρκεια της παρέμβασης. Επισημαίνεται ότι το φυσικό σύστημα που αντιστοιχεί στην τρίτη φυσική κατάσταση παρουσιάζει μια δομική αναλογία με το φυσικό σύστημα που αντιστοιχεί στη δεύτερη φυσική κατάσταση.



Φωτο 1. Η κατασκευή μιας αναπαράστασης ενεργειακής αλυσίδας από διμελή ομάδα μαθητών

4. Αποτελέσματα και συζήτηση

Pre-test

Τα αποτελέσματα της ανάλυσης των δεδομένων που προέρχονται από τα ερωτήματα που τέθηκαν στο pre –test παρατίθενται στους **πίνακες 2, 3 και 4**. Στους πίνακες αυτούς παρουσιάζονται οι απόλυτες και σχετικές συχνότητες των διμελών ομάδων που απάντησαν στα ερωτήματα (α) και (β). Οι απαντήσεις των παιδιών στο ερώτημα (α) έχουν ταξινομηθεί στις κατηγορίες ‘Ναι’ όταν τα παιδιά κατασκευάζουν επιτυχώς με τη βοήθεια των καρτελών που τους έχουν δοθεί την αλυσίδα αντικειμένων του αντίστοιχου φαινομένου και ‘Όχι’ όταν δεν καταφέρνουν να κατασκευάσουν την αλυσίδα αντικειμένων. Οι απαντήσεις των παιδιών στο ερώτημα (β) έχουν ταξινομηθεί σε τρεις κατηγορίες: Η **κατηγορία K1** περιλαμβάνει απαντήσεις σύμφωνα με τις οποίες οι μαθητές δίδουν εξηγήσεις περιγράφοντας τη λειτουργία των τριών φυσικών καταστάσεων ως αλυσίδα αντικειμένων από την άποψη της λειτουργίας τους (π.χ., ‘το λαμπάκι ανάβει επειδή υπάρχει η μπαταρία’), η **κατηγορία K2** περιλαμβάνει απαντήσεις σύμφωνα με τις οποίες οι μαθητές δίδουν εξηγήσεις περιγράφοντας τις τρεις φυσικές καταστάσεις ως αλυσίδα αντικειμένων από την άποψη της διανομής (π.χ., ‘η μπαταρία δίνει ρεύμα στο λαμπάκι για ν’ ανάψει’), ενώ η **κατηγορία K3** περιλαμβάνει απαντήσεις οι οποίες δεν συνιστούν φυσικό αιτιακό συλλογισμό αλλά άλλα είδη συλλογισμών όπως ο τελεολογικός συλλογισμός (Christidou, 2005; Koliopoulos et al, 2009).

Τμήματα	Ερώτημα (α)		Ερώτημα (β)			Σύνολο ομάδων
	ΝΑΙ	ΟΧΙ	K1	K2	K3	
T1	8 (61,6 %)	5 (38,4 %)	3 (23,0 %)	8 (61,6 %)	2 (15,4 %)	13 (100,0 %)
T2	9 (69,2 %)	4 (30,8 %)	6 (46,2 %)	5 (38,4 %)	2 (15,4 %)	13 (100,0 %)
T3	11 (84,6 %)	2 (15,4 %)	1 (7,7 %)	9 (69,3 %)	3 (23,0 %)	13 (100,0 %)
T4	9 (69,2 %)	4 (30,8 %)	4 (30,8 %)	9 (69,2 %)	0 (0,0 %)	13 (100,0 %)
Σύνολο ομάδων	37 (71,2 %)	15 (28,8 %)	14 (27,0 %)	31 (59,5 %)	7 (13,5 %)	52 (100,0 %)

Πίνακας 2. Pre-test: Απόλυτες και σχετικές συχνότητες των απαντήσεων των μαθητών στα ερωτήματα (α) και (β) σχετικά με τη λειτουργία του συστήματος ‘μπαταρία – λαμπτήρας’

Τμήματα	Ερώτημα (α)		Ερώτημα (β)			Σύνολο ομάδων
	ΝΑΙ	ΟΧΙ	Κ1	Κ2	Κ3	
T1	8 (61,6 %)	5 (38,4 %)	1 (7,7 %)	9 (69,3 %)	3 (23,0 %)	13 (100,0 %)
T2	11 (84,6 %)	2 (15,4 %)	7 (53,9 %)	5 (38,4 %)	1 (7,7 %)	13 (100,0 %)
T3	10 (77,0 %)	3 (23,0 %)	4 (30,8 %)	8 (61,5 %)	1 (7,7 %)	13 (100,0 %)
T4	9 (69,2 %)	4 (30,8 %)	6 (46,1 %)	7 (53,9 %)	0 (0,0 %)	13 (100,0 %)
Σύνολο ομάδων	38 (73,0 %)	14 (27,0 %)	18 (34,6 %)	29 (55,8 %)	5 (9,6 %)	52 (100,0 %)

Πίνακας 3 Pre-test: Απόλυτες και σχετικές συχνότητες των απαντήσεων των μαθητών στα ερωτήματα (α) και (β) σχετικά με τη λειτουργία του συστήματος ‘μπαταρία – μικρός κινητήρας’

Τμήματα	Ερώτημα (α)		Ερώτημα (β)			Σύνολο ομάδων
	ΝΑΙ	ΟΧΙ	Κ1	Κ2	Κ3	
T1	7 (53,9 %)	6 (46,1 %)	5 (38,4 %)	8 (61,6 %)	0 (0,0 %)	13 (100,0 %)
T2	11 (84,6 %)	2 (15,4 %)	8 (61,6 %)	3 (23,0 %)	2 (15,4 %)	13 (100,0 %)
T3	6 (46,1 %)	7 (53,9 %)	2 (15,4 %)	8 (61,6 %)	3 (23,0 %)	13 (100,0 %)
T4	9 (69,2 %)	4 (30,8 %)	4 (30,8 %)	9 (69,2 %)	0 (0,0 %)	13 (100,0 %)
Σύνολο ομάδων	33 (63,5 %)	19 (36,5 %)	19 (36,5 %)	28 (53,9 %)	5 (9,6 %)	52 (100,0 %)

Πίνακας 4 Pre-test: Απόλυτες και σχετικές συχνότητες των απαντήσεων των μαθητών στα ερωτήματα (α) και (β) σχετικά με τη λειτουργία του συστήματος ‘μπαταρία – θερμικός αντιστάτης’

Από τους πίνακες αυτούς προκύπτει ότι ένα σημαντικό ποσοστό των διμελών ομάδων είναι σε θέση να κατασκευάσει σχηματικές αναπαραστάσεις της λειτουργίας και των τριών φυσικών συστημάτων (71,2 % για τη λειτουργία του συστήματος ‘μπαταρία – λαμπτήρας’, 73 % για το σύστημα ‘μπαταρία – μικρός κινητήρας’ και 63,5 % για το σύστημα ‘μπαταρία – θερμικός αντιστάτης’). Ανεξάρτητα, πάντως, από το αν καταφέρνουν να τοποθετήσουν στη σωστή σειρά τις καρτέλες, η μεγάλη πλειοψηφία των διμελών ομάδων αιτιολογεί τις σχηματικές αναπαραστάσεις διατυπώνοντας φυσικούς αιτιακούς συλλογισμούς. Περιγράφουν, δηλαδή, τα τρία φυσικά συστήματα είτε ως αλυσίδα αντικειμένων από την άποψη της λειτουργίας τους (27 % για το φυσικό σύστημα ‘μπαταρία – λαμπτήρας’, 34,6 % για το σύστημα ‘μπαταρία – μικρός κινητήρας’ και 36,5% για το σύστημα ‘μπαταρία – θερμικός αντιστάτης’), είτε ως αλυσίδα αντικειμένων από την άποψη της διανομής (59,5 % για το φυσικό σύστημα ‘μπαταρία – λαμπτήρας’, 55,8 % για το σύστημα ‘μπαταρία – μικρός κινητήρας’ και 53,9 % για το σύστημα ‘μπαταρία – θερμικός αντιστάτης’). Μόνο ένα ποσοστό διμελών ομάδων της τάξεως του 10 % διατυπώνει μη φυσικές αιτιακές εξηγήσεις.

Χαρακτηριστικές απαντήσεις ομάδων που χρησιμοποιούν τον αιτιακό συλλογισμό ‘αλυσίδα αντικειμένων από την άποψη της λειτουργίας τους’ είναι οι εξής: ‘η μπαταρία ενώνεται με το καλώδιο κι έτσι το λαμπάκι ανάβει’ (T18), ή ‘βάζουμε καλώδια στη μπαταρία και δουλεύει ο ανεμιστήρας’ (T23) ή ‘η μπαταρία κάνει αυτό [τον θερμαντήρα] να ζεσταίνεται’ (T37). Οι ομάδες που χρησιμοποιούν το συλλογισμό ‘αλυσίδα αντικειμένων από την άποψη της διανομής’, οι οποίες είναι και οι πολυπληθέστερες, εισάγουν μια ‘μεταβατική οντότητα’ (Piaget & Garcia, 1971 ; Ravanis, Paramichael & Koulaïdis, 2002) ανάμεσα στα διάφορα αντικείμενα. Ορισμένες ενδεικτικές απαντήσεις είναι οι εξής: ‘η μπαταρία δίνει ρεύμα στο καλώδιο και ανάβει το λαμπάκι’ (T111) ή ‘η μπαταρία έχει ηλεκτρικό και με τα καλώδια συνδέουμε τη μπαταρία με τον ανεμιστήρα και περνάει το ηλεκτρικό στα καλώδια και γυρίζει ο ανεμιστήρας’ (T21) ή ‘η μπαταρία δίνει ένα πράγμα στον θερμοστάτη και αυτός βγάζει ζέστη’ (T13). Τα παιδιά χρησιμοποιούν διάφορες λέξεις για να ονομάσουν αυτόν τον παράγοντα δράσης όπως ‘ηλεκτρικό’, ‘ηλεκτρισμός’, ‘ρεύμα’, ‘δύναμη’ ή ‘ζέστη’. Αρκετές,

επίσης, είναι οι ομάδες που χρησιμοποιούν την λέξη 'ενέργεια' ('επειδή η μπαταρία έχει ενέργεια και το κάνει ζεστό το χέρι μας γιατί η ενέργεια είναι ζεστή' – T31). Οι ομάδες που δεν χρησιμοποιούν φυσικούς αιτιακούς συλλογισμούς, συνήθως εκφράζονται με ένα τελεολογικό αιτιακό συλλογισμό ('ο ανεμιστήρας γυρίζει για να τους δροσίξει' – T410) ή ένα ταυτολογικό συλλογισμό ('... γιατί φτιάξαμε το σχήμα [με τις καρτέλες] – T34).

Τα παραπάνω αποτελέσματα επιβεβαιώνουν σε μεγάλο βαθμό συμπεράσματα παλαιότερης έρευνας που έχουν πραγματοποιηθεί στο Εργαστήριο Διδακτικής των Θετικών Επιστημών του ΤΕΕΑΠΗ του παν/μίου Πατρών, με παιδιά προσχολικής ηλικίας (5-6 ετών), σύμφωνα με τις οποίες αρκετά παιδιά διατυπώνουν αυθόρμητους 'προ-ενεργειακούς' συλλογισμούς για τη λειτουργία φυσικών συστημάτων τα οποία περιλαμβάνουν ως πηγή ενέργειας τη μπαταρία (Koliopoulos et al, 2009; Κοντογιαννάτου, 2009). Στην παρούσα μελέτη φαίνεται ότι πολλά παιδιά, όχι μόνο διατυπώνουν αυθόρμητους 'προ-ενεργειακούς' συλλογισμούς για ίδια ή παρόμοια φυσικά συστήματα, αλλά ότι, με τη βοήθεια αυτών των συλλογισμών, μπορούν να δώσουν και νόημα σε συμβολικές παραστάσεις τις οποίες, επίσης αυθόρμητα, είναι σε θέση να κατασκευάσουν. Ακόμη, τα παιδιά πρώτης σχολικής ηλικίας φαίνεται να διατυπώνουν το συλλογισμό 'αλυσίδα αντικειμένων από την άποψη της διανομής' ευκολότερα και σε μεγαλύτερο ποσοστό απ' ό,τι τα παιδιά της προσχολικής ηλικίας. Αυτό μπορεί να οφείλεται τόσο στο ότι καλούνται πρώτα να κατασκευάσουν την σχηματική αναπαράσταση της ενεργειακής αλυσίδας η οποία περιλαμβάνει, εν δυνάμει, τη δράση αντικειμένου προς αντικείμενο ή/και στο ότι ήδη έχουν διαμορφώσει μια γνωστική δομή η οποία αναφέρεται ως 'μεταβιβαστική σκέψη' ('transitive thought') (Piaget & Garcia, 1971, 1983; Ravanis, Paramichael & Koulaidis, 2002). Στη δομή αυτή εμφανίζεται ένας ενδιαμέσος αιτιακός παράγων ο οποίος συνδέει (χωρίς να ταυτίζεται πάντοτε με) την αρχική αιτία με το τελικό αποτέλεσμα του φαινομένου. Ανάλογη περίπτωση αποτελεί, π.χ., ο παράγων 'φόρα' ή 'ορμή' που εμφανίζεται όταν παιδιά προσπαθούν να εξηγήσουν τη μετάδοση της κίνησης μιας μπίλιας σε μια άλλη μπίλια (Piaget & Garcia, 1983). Στην παρούσα μελέτη, όπως αναφέρθηκε, ο παράγων αυτός παίρνει διάφορα ονόματα, μεταξύ των οποίων, και το όνομα 'ενέργεια'. Στις εξηγήσεις των παιδιών δεν προσδιορίζεται σαφώς η φύση αυτού του παράγοντα. Στις ελάχιστες περιπτώσεις που αυτό συμβαίνει, ο παράγων αυτός λαμβάνει είτε τα χαρακτηριστικά μιας ουσίας ('ο ηλεκτρισμός είναι ζεστός' – T110) (Duit, 1987), είτε τα χαρακτηριστικά μιας φυσικής δράσης ('η μπαταρία έχει δύναμη, περνάει στο καλώδιο και ο ανεμιστήρας γυρίζει' – T43). Περαιτέρω ποιοτική έρευνα χρειάζεται για να διαφωτίσει τη φύση και τα χαρακτηριστικά αυτής της νοητικής παράστασης που χρησιμοποιούν τα παιδιά αυτής της ηλικίας.

Post – test

Επισημαίνεται ότι πριν απαντηθούν τα ερωτήματα που ετέθησαν κατά τη διάρκεια του post-test, όλες οι διμελείς ομάδες κατάφεραν να κατασκευάσουν τις διατάξεις ώστε να λειτουργήσουν και τα τρία φυσικά συστήματα που εμπλέκονται σε αυτό. Τα αποτελέσματα της ανάλυσης των δεδομένων που προέρχονται από τα ερωτήματα που τέθηκαν στο post – test παρατίθενται στους **πίνακες 5, 6 και 7**.

Από τους πίνακες αυτούς προκύπτει ότι ένα σημαντικό ποσοστό των διμελών ομάδων είναι σε θέση να κατασκευάσει σχηματικές αναπαραστάσεις της λειτουργίας και των τριών φυσικών συστημάτων (92,3 % για τη λειτουργία του συστήματος 'μπαταρία – μικρός κινητήρας', 75% για το σύστημα 'πορτατίφ - φωτοβολταϊκό στοιχείο – κινητήρας' και 69,2 % για το σύστημα 'πορτατίφ - φωτοβολταϊκό στοιχείο – λαμπτήρας'). Η σύγκριση ανάμεσα στις απαντήσεις για τη μόνη φυσική κατάσταση που είναι κοινή στο pre-test και στο post-test ('κίνηση μικρού κινητήρα με τη βοήθεια μπαταρίας') δείχνει μια σαφή μετατόπιση των διμελών ομάδων προς τη κατασκευή ορθών σχηματικών αναπαραστάσεων της ενεργειακής αλυσίδας για τη συγκεκριμένη φυσική κατάσταση (από 73% σε 92,3%). Σημαντικά, επίσης πρέπει να θεωρηθούν και τα ποσοστά των ομάδων που κατασκεύασαν ορθές σχηματικές

παραστάσεις και για τις δύο άλλες καταστάσεις, ιδιαίτερα δε για την τρίτη κατάσταση ('άναμμα λαμπτήρα με τη βοήθεια φωτοβολταϊκού στοιχείου') η οποία δεν παρουσιάστηκε κατά τη διάρκεια της διδακτικής παρέμβασης.

Τμήματα	Ερώτημα (α)		Ερώτημα (β)			Σύνολο ομάδων
	ΝΑΙ	ΟΧΙ	Κ1	Κ2	Κ3	
T1	11 (84,6 %)	2 (15,4 %)	0 (0,0 %)	13 (100,0 %)	0 (0,0 %)	13 (100,0 %)
T2	13 (100,0 %)	0 (0,0 %)	0 (0,0 %)	13 (100,0 %)	0 (0,0 %)	13 (100,0 %)
T3	13 (100,0 %)	0 (0,0 %)	0 (0,0 %)	13 (100,0 %)	0 (0,0 %)	13 (100,0 %)
T4	11 (84,6 %)	2 (15,4 %)	0 (0,0 %)	13 (100,0 %)	0 (0,0 %)	13 (100,0 %)
Σύνολο ομάδων	48 (92,3 %)	4 (7,7 %)	0 (0,0 %)	52 (100,0 %)	0 (0,0 %)	52 (100,0 %)

Πίνακας 5 Post-test: Απόλυτες και σχετικές συχνότητες των απαντήσεων των μαθητών στα ερωτήματα (α) και (β) σχετικά με τη λειτουργία του συστήματος 'μπαταρία – μικρός κινητήρας'

Τμήματα	Ερώτημα (α)		Ερώτημα (β)			Σύνολο ομάδων
	ΝΑΙ	ΟΧΙ	Κ1	Κ2	Κ3	
T1	10 (77,0 %)	3 (23,0 %)	1 (7,7 %)	12 (92,3 %)	0 (0,0 %)	13 (100,0 %)
T2	9 (69,2 %)	4 (30,8 %)	0 (0,0 %)	13 (100,0 %)	0 (0,0 %)	13 (100,0 %)
T3	9 (69,2 %)	4 (30,8 %)	1 (7,7 %)	12 (92,3 %)	0 (0,0 %)	13 (100,0 %)
T4	11 (84,6 %)	2 (15,4 %)	0 (0,0 %)	13 (100,0 %)	0 (0,0 %)	13 (100,0 %)
Σύνολο ομάδων	39 (75,0 %)	13 (25,0 %)	2 (3,8 %)	50 (96,2 %)	0 (0,0 %)	52 (100,0 %)

Πίνακας 6 Post-test: Απόλυτες και σχετικές συχνότητες των απαντήσεων των μαθητών στα ερωτήματα (α) και (β) σχετικά με τη λειτουργία του συστήματος 'φωτοβολταϊκό στοιχείο – μικρός κινητήρας'

Τμήματα	Ερώτημα (α)		Ερώτημα (β)			Σύνολο ομάδων
	ΝΑΙ	ΟΧΙ	Κ1	Κ2	Κ3	
T1	10 (77,0 %)	3 (23,0 %)	0 (0,0 %)	13 (100,0 %)	0 (0,0 %)	13 (100,0 %)
T2	9 (69,2 %)	4 (30,8 %)	0 (0,0 %)	13 (100,0 %)	0 (0,0 %)	13 (100,0 %)
T3	8 (61,6 %)	5 (38,4 %)	1 (7,7 %)	12 (92,3 %)	0 (0,0 %)	13 (100,0 %)
T4	9 (69,2 %)	4 (30,8 %)	0 (0,0 %)	13 (100,0 %)	0 (0,0 %)	13 (100,0 %)
Σύνολο ομάδων	36 (69,2 %)	16 (30,8 %)	1 (2,0 %)	51 (98,0 %)	0 (0,0 %)	52 (100,0 %)

Πίνακας 7 Post-test: Απόλυτες και σχετικές συχνότητες των απαντήσεων των μαθητών στα ερωτήματα (α) και (β) σχετικά με τη λειτουργία του συστήματος 'φωτοβολταϊκό στοιχείο – λαμπτήρας'

Παράλληλα, αυξάνονται εντυπωσιακά τα ποσοστά των ομάδων που χρησιμοποιούν το συλλογισμό 'αλυσίδα αντικειμένων από την άποψη της διανομής'. Ουσιαστικά, ο συλλογισμός 'αλυσίδα αντικειμένων από την άποψη της λειτουργίας', καθώς και οι τελεολογικοί ή ταυτολογικοί συλλογισμοί σχεδόν εξαφανίζονται. Αυτό, βέβαια, μπορεί να οφείλεται απλώς στο γεγονός ότι, στην περίπτωση του post-test, τα παιδιά εξηγούν την λειτουργία των τριών φυσικών συστημάτων περιγράφοντας με φυσική γλώσσα τη σχηματική

αναπαράσταση που ήδη έχουν κατασκευάσει.

Παρ' όλα αυτά, νομιμοποιούμεθα να υποθέσουμε ότι πολλά παιδιά έχουν μετακινηθεί σε αυτό το είδος του συλλογισμού, ακριβώς επειδή κατασκευάζουν χωρίς καμιά βοήθεια τη σωστή σχηματική αναπαράσταση της ενεργειακής αλυσίδας που αντιστοιχεί σε κάθε φυσική κατάσταση. Θεωρούμε, μάλιστα, ότι το ποσοστό των διμελών ομάδων που κατασκεύασαν την ορθή σχηματική αναπαράσταση για το φυσικό σύστημα 'πορτατίφ - φωτοβολταϊκό στοιχείο - λαμπτήρας', παρ' όλο που δεν παρουσιάστηκε κατά τη διάρκεια της διδακτικής παρέμβασης, είναι ιδιαίτερα ικανοποιητικό (πάνω από τα 2/3 των διμελών ομάδων). Επίσης, μερικές διατυπώσεις δεν αποτελούν απλή αναπαραγωγή των λέξεων των καρτελών που έχουν δοθεί στα παιδιά, αλλά μια ολοκληρωμένη φράση που συνδέει το πρότυπο των ενεργειακών αλυσίδων με την αντίστοιχη φαινομενολογία ('η λάμπα δίνει φως στο φωτοβολταϊκό που δίνει ηλεκτρισμό στον ανεμιστήρα και αυτός κινείται' - T23). Αντίθετα, για τα παιδιά εκείνα που κατατάσσονται στην κατηγορία K2 χωρίς να έχουν κατασκευάσει με ορθό τρόπο τη σχηματική αναπαράσταση, δεν είναι δυνατόν να είμαστε βέβαιοι αν έχουν αρχίσει να κατασκευάζουν στο μυαλό τους μια ενδιάμεση αιτιακή οντότητα ανάμεσα στα διάφορα αντικείμενα που συναποτελούν το εκάστοτε φυσικό σύστημα. Περαιτέρω ποιοτική έρευνα απαιτείται ώστε να διαπιστωθεί αν και σε ποιο βαθμό τα παιδιά χρησιμοποιούν τον συγκεκριμένο συλλογισμό σε διαφορετικές περιστάσεις (contexts) μετά τη συγκεκριμένη διδακτική παρέμβαση.

5. Επίλογος

Στην παρούσα εργασία έγινε προσπάθεια να καταδειχθεί ότι επιβεβαιώνεται η υπόθεση σύμφωνα με την οποία μαθητές της πρώτης σχολικής ηλικίας είναι δυνατόν να οικοδομήσουν στα πλαίσια μιας ακολουθίας διδακτικών παρεμβάσεων ένα ποιοτικό ενεργειακό πρότυπο. Τα αποτελέσματα της έρευνας καταδεικνύουν ότι η προτεινόμενη ακολουθία διδακτικών δραστηριοτήτων συμβάλλει στην ενεργοποίηση του γραμμικού αιτιακού συλλογισμού, ενός συλλογισμού τον οποίο χρησιμοποιούν τα παιδιά από πολύ μικρή ηλικία και ο οποίος είναι κατ' αρχήν συμβατός με το προς οικοδόμηση ποιοτικό εξηγητικό πρότυπο. Ασφαλώς χρειάζεται περαιτέρω έρευνα ώστε να διερευνηθούν λεπτομερώς τα αίτια αυτής της συμβολής. Θεωρούμε ότι πρέπει, με τη χρήση ποιοτικών μεθόδων όπως η παρατήρηση τάξης και οι ατομικές συνεντεύξεις, να διερευνηθεί ιδιαίτερα ο ρόλος τριών παραγόντων: (α) των χρησιμοποιούμενων φυσικών συστημάτων, (β) της προτεινόμενης σχηματικής αναπαράστασης του προς οικοδόμηση προτύπου και (γ) των δραστηριοτήτων - προβλημάτων που εισάγονται κατά τη διάρκεια της παρέμβασης. Παράλληλα, χρειάζεται να διευρύνουμε το δείγμα των μαθητών, το φαινομενολογικό πεδίο εφαρμογής του ποιοτικού ενεργειακού προτύπου και τις συνθήκες διδασκαλίας ούτως ώστε να διαπιστωθούν τα όρια εφαρμογής της συγκεκριμένης έρευνας.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Anderson, A. (1986) The experiential gestalt of causation: a common core to pupils' preconceptions in science. *European Journal of Science Education*, 8(2), 155-172.
- Bliss, J., & Ogborn, J. (1985). Children's choices of uses of energy. *European Journal of Science Education*, 7(2), 195-203.
- Christidou, V. (2005). Accounting for natural phenomena: explanatory modes used by children. *International Journal of Learning*, 12, 21-28.
- Cohen, L. & Manion, L. (1994). *Μεθοδολογία εκπαιδευτικής έρευνας*. Μεταίχιμο.
- Devi, R., Tiberghien, A., Baker, M., & Brna, P. (1996). Modelling students' construction of energy models in physics. *Instructional Science*, 24, 259-293.
- Dodé, M. (1965). *Le deuxième principe de la Thermodynamique*. Paris: Société d'Édition d'Enseignement Supérieur.
- Doménech, J.L., Gil-Pérez, D., Gras-Marti, A., Guisasola, J., Martínez-Torregrosa, J., Salinas, J., Trumper,

- R., Valdés, P. & Vilches, A. (2007). Teaching energy issues: a debate proposal for a global reorientation, *Science & Education* 16(1), 43–64.
- Driver, R., & Millar, R. (Eds). (1985). *Energy matters*. Leeds : Centre for Science and Mathematics Education, University of Leeds.
- Duit, R. (1987). Should energy be illustrated as something quasi-material? *European Journal of Science Education*, 9(2), 139-145.
- Ζάβρα, Κ. (2010). Νοητικές προσεγγίσεις ενεργειακών αλυσίδων στην προσχολική ηλικία. Αδημοσίευτη πτυχιακή εργασία. Πάτρα: ΤΕΕΑΠΗ παν/μίου Πατρών.
- Falk, G., Hermann, F. & Schmid, B. (1983). Energy forms or energy carriers? *American Journal of Physics*, 51(12), 1074-1077.
- Halbwachs, F. (1971). Causalité linéaire et causalité circulaire en physique. In M. Bunge, F. Halbwachs, T. Kuhn, J. Piager & L. Rosenfeld (Eds.) *Les théories de la causalité*. Paris: Presses Universitaires de France.
- Hayhurst, A-M., Campbell, M. & Howlett, D. (1997). Energy ideas in the nursery. *Primary Science Review*, 48, 8-10.
- Intelligent Energy (2009). *Energy Education. Changing their habits in our lifetime*. Project report, no 8. EACI.
- Kirwan, D.F. (1987) (Ed.) *Energy resources in science education*. Pergamon Press.
- Κολιόπουλος, Δ. (1991). Στοιχεία για μια βιβλιογραφία σχετικά με τη διδασκαλία της ενέργειας στο γυμνάσιο, *Επιθεώρηση Φυσικής*, 20, 26-30.
- Κολιόπουλος, Δ. (2006). Το εννοιολογικό πρότυπο των ενεργειακών αλυσίδων ως κατάλληλος διδακτικός μετασχηματισμός της επιστημονικής γνώσης για την ενέργεια στην πρωτοβάθμια και δευτεροβάθμια εκπαίδευση, Στο Ε. Σταυρίδου (Επιμ.) *Πρακτικά 3^{ου} Πανελληνίου Συνεδρίου ΕΔΙΦΕ «Διδακτική των Φυσικών Επιστημών: Μέθοδοι και Τεχνολογίες Μάθησης»*, 806-811, Αθήνα, Εκδόσεις Νέων Τεχνολογιών.
- Κολιόπουλος, Δ. (2008). Οι απόψεις του F. Halbwachs για τη φύση της «εξήγησης» στη φυσική και οι συνέπειές τους για τη σχολική εκδοχή της, Στο Β. Κουλαϊδή, Α. Αποστόλου & Κ. Καμπουράκη (Επιμ.) *Η φύση των Επιστημών. Διδακτικές προσεγγίσεις*, 219-232, Εκδ. Child Services.
- Koliopoulos, D. & Tiberghien, A. (1986). Éléments d'une bibliographie concernant l'enseignement de l'énergie au niveau des collèges. *Aster*, 2, 167-178.
- Κολιόπουλος, Δ. & Ραβάνης, Κ. (1998). Η έννοια της ενέργειας στη σκέψη των μαθητών. Ερευνητικά ευρήματα και διδακτικές επιπτώσεις, *Σύγχρονη Εκπαίδευση*, 100, 69-77.
- Koliopoulos, D. & Ravanis, K. (2000). Réflexions méthodologiques sur la formation d'une culture concernant le concept d'énergie à travers l'éducation formelle, *Revue de Recherches en Education : SPIRALE*, 26, 73-86.
- Koliopoulos, D. & Ravanis, K. (2001), Didactic implications resulting from students' ideas about energy: an approach to mechanical, thermal and electrical phenomena, *Themes in Education*, 2, 2-3, 161-173.
- Koliopoulos, D., Christidou, V., Symidala, I. & Koutsoumba, M. (2009). Pre-energy reasoning in preschool children. *Review of Science, Mathematics and ICT Education*, 3(1), 123-140.
- Κοντογιαννάτου, Α. (2009). Διερεύνηση των νοητικών παραστάσεων των παιδιών προσχολικής ηλικίας για την έννοια της ενέργειας. Αδημοσίευτη πτυχιακή εργασία. Πάτρα: ΤΕΕΑΠΗ Παν/μίου Πατρών.
- Kuhn, T. S. (1977). Energy conservation as an example of simultaneous discovery. In T. S. Kuhn: *The Essential Tension*. Chicago: University of Chicago Press.
- Lemeignan, G. and Weil-Barais, A. (1994). [A developmental approach to cognitive change in mechanics](#). *International Journal of Science Education* 16(1), 99-120.
- Lemeignan, G. & Weil-Barais, A. (1997). *Η οικοδόμηση των εννοιών στη φυσική. Η διδασκαλία της μηχανικής*. Εκδόσεις Τυπωθήτω.

- Millar, R. (2005). *Teaching about energy*. Department of Educational Studies: Research Paper 2005/11. University of York.
- Μόρφωση για την Ενέργεια (2006). Λουξεμβούργο: Υπηρεσία Επισήμων Εκδόσεων των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων, 2006
- Piaget, J. & Garcia, R. (1971). *Les explications causales*, Paris : Presses Universitaires de France.
- Piaget & Garcia, R. (1983). *Psychogenèse et histoire des sciences*. Paris : Flammarion.
- Ravanis, K., Papamichael, Y. & Koulaidis, V. (2002). Social marking and conceptual change: The conception of light for ten-year old. *Journal of Science Education*, 3(1), 15-18.
- Solomon, J. (1992). *Getting to know about energy in school and society*. London: The Falmer Press.
- Strickland, M., Robertson, E., Jettinghoff, R. & Diener, K. (1983). Pre-test and post-test comparisons of preschool children's knowledge about energy. *Journal of Environmental Education*, 15(2), 32-35.
- Συμιδαλά, Ε. (2010). Οικοδομώντας προ-ενεργειακούς συλλογισμούς στην προσχολική εκπαίδευση: Η περίπτωση του φωτοβολταϊκού στοιχείου. Αδημοσίευτη πτυχιακή εργασία. Πάτρα: ΤΕΕΑΠΗ Παν/μίου Πατρών.
- Συμιδαλά, Ε., Κουτσιούμπα, Μ., Χρηστίδου, Β. & Κολιόπουλος, Δ. (2006). Προ-ενεργειακοί συλλογισμοί παιδιών προσχολικής ηλικίας, *Διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών. Έρευνα και Πράξη*, 18, 18-25.
- Tiberghien, A., & Megalakaki, O. (1995) Characterization of a modelling activity for a first qualitative approach to the concept of energy. *European Journal of Psychology of Education*, 10(4), 369-383.
- Tiberghien, A. (2004). Causalité dans l'apprentissage des sciences. *Intellectica*, 38, 69-102.
- Viennot, L. (1993). Temps et causalité dans les raisonnements des étudiants en physique, *Didaskalia*, 1, 13-27.
- Viglietta, L. (1990). A more 'efficient' approach to energy teaching. *International Journal of Science Education*, 12(5), 491 – 500.
- Wenham, E.J. (Ed.) (1984). *New trends in physics teaching*. V. IV, Unesco.
- Zemansky, M.W. & Dittman, R.H. (1987). *Heat and Thermodynamics*. McGraw-Hill.

Ευχαριστίες

Ευχαριστούμε θερμά τις δασκάλες της α' δημοτικού Κ. Ζήση, Μ. Καλαμπόκη, Ε. Μαντά, Ν. Νικολέττου, Β. Πουρνάρα, Κ. Ρεκούμη και Λ. Τσακαρδάνη καθώς και τους εκπαιδευτικούς φυσικών επιστημών Κ. Αρβανίτη, Κ. Μπίλια και Κ. Τσαρτσάρικο για τη βοήθεια και τις διευκολύνσεις που μας παρείχαν, καθώς και για τις εύστοχες παρατηρήσεις τους κατά τη διάρκεια της υλοποίησης της έρευνας.

Παράρτημα 1

Ενότητα «Ενέργεια» Α' δημοτικού: Τα σχέδια μαθημάτων

1η ώρα (Εργαστήριο)

Εισαγωγή

Υλικά

1ο σετ: μπαταρία, καλώδια, λαμπάκι (βλ. φωτό α)

2ο σετ: μπαταρία, καλώδια, κινητήρας (βλ. φωτό β)

3ο σετ: μπαταρία, καλώδια, θερμαντήρας (βλ. φωτό γ)



Φωτό α



Φωτό β



Φωτό γ

Διδακτικοί Στόχοι

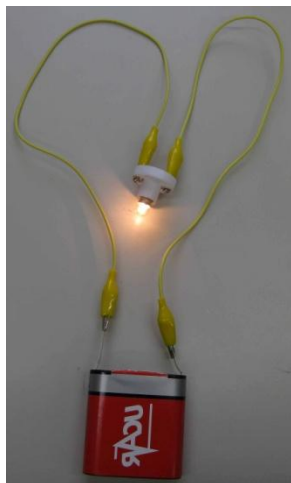
1. Εξοικείωση των μαθητών με τα υλικά (μπαταρία, καλώδια, λαμπάκι, κινητήρας και θερμαντήρας).
2. Παρατήρηση των φαινομένων (άναμμα λάμπας, κίνηση κινητήρα και αύξηση θερμοκρασίας θερμαντήρα).
3. Ικανότητα να συναρμολογούν τα υλικά ώστε να παρατηρούν τα φαινόμενα.

*ΔΕΝ είναι στόχος μας να κατανοήσουν ΓΙΑΤΙ και ΠΩΣ λειτουργούν οι συσκευές.
Αυτή η δραστηριότητα είναι εισαγωγική για την ενότητα.*

Περιγραφή δραστηριότητας

1^ο μέρος: Χωρίζουμε τα παιδιά σε ομάδες των δύο. Ανακοινώνουμε τους κανόνες του εργαστηρίου.

2^ο μέρος: Παρουσιάζουμε και ονομάζουμε (αναγνωρίζουμε) τα υλικά του 1ου σετ. Μοιράζουμε σε κάθε ομάδα το 1ο σετ. Ανακοινώνουμε στους μαθητές πως “πρέπει να συνδέσουν τα υλικά ώστε να ανάψει το λαμπάκι”.



Αν υπάρχουν κάποιες ομάδες που δυσκολεύονται να συνδέσουν τα υλικά για να παρατηρήσουν το φαινόμενο, τους καθοδηγούμε ή δείχνουμε την επιτυχή σύνδεση (βλ. φωτό δ) που έχουν φτιάξει άλλες ομάδες.

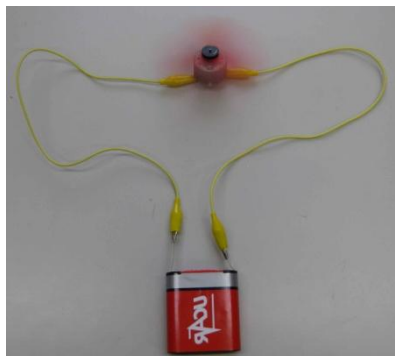
3^ο μέρος: Παρουσιάζουμε και ονομάζουμε τον ανεμιστήρα. Μοιράζουμε σε κάθε ομάδα το 2ο σετ. Ανακοινώνουμε στους μαθητές πως “πρέπει να συνδέσουν τα υλικά με τον ίδιο τρόπο ώστε να κινηθεί ο ανεμιστήρας”.

Αν υπάρχουν κάποιες ομάδες που δυσκολεύονται να συνδέσουν τα υλικά για να παρατηρήσουν το φαινόμενο, τους καθοδηγούμε ή δείχνουμε την επιτυχή σύνδεση (βλ. φωτό ε) που έχουν φτιάξει άλλες ομάδες.

4^ο μέρος: Μοιράζουμε σε κάθε ομάδα το 3ο σετ. Ανακοινώνουμε στους μαθητές πως “πρέπει να συνδέσουν τα υλικά με τον ίδιο τρόπο και να παρατηρήσουν τι θα συμβεί”. Δεν χρειάζεται να τους καθοδηγήσουμε στο τι θα συμβεί (τι να περιμένουν από το πείραμα).

Φωτό δ

Αν υπάρχουν κάποιες ομάδες που δυσκολεύονται να συνδέσουν τα υλικά για να παρατηρήσουν το φαινόμενο, τους καθοδηγούμε ή δείχνουμε την επιτυχή σύνδεση (βλ. φωτό στ) που έχουν φτιάξει άλλες ομάδες.



Φωτό ε



Φωτό στ

Συζητάμε τι συμβαίνει όταν τα υλικά είναι σωστά συνδεδεμένα. Ονομάζουμε το θερμαντήρα και εξηγούμε τη λειτουργία του. Σκεφτόμαστε συγγενικές λέξεις που ακούγονται σαν τη λέξη «θερμαντήρα» (π.χ. θερμότητα, θέρμανση, θερμόμετρο).

5^ο μέρος: Παρουσιάζουμε στην τάξη την ολοκληρωμένη σύνδεση και των τριών φαινομένων. Ρωτάμε τους μαθητές “Τι έκανες για να λειτουργήσουν οι συσκευές;” Απάντηση: πρέπει να μας παρουσιάσουν τη σύνδεση των υλικών.

Δεν συζητάμε γιατί και πώς λειτουργούν οι συσκευές, καθώς αυτός ο στόχος θα επιτευχθεί σε επόμενη διδακτική ώρα.

* Ανάμεσα στις εργαστηριακές δραστηριότητες οι μαθητές αποσυνδέουν τα υλικά.

* Δεν αφήνουμε τους μαθητές να χρησιμοποιούν για πολύ συνεχόμενη ώρα τις μπαταρίες για τη παρατήρηση των φαινομένων γιατί οι μπαταρίες εξαντλούνται πολύ γρήγορα.

2η ώρα (Τάξη)

Pre - test

Υλικά

1ο σετ: καρτέλες από μπαταρία, λαμπάκι, βέλος

2ο σετ: καρτέλες από μπαταρία, ανεμιστήρα, βέλος

3ο σετ: καρτέλες από μπαταρία, θερμαντήρα, χέρι, βέλος (x2)

Διδακτικοί Στόχοι

1. Να καταγράψουμε τις προϋπάρχουσες γνώσεις των μαθητών για το φαινόμενο του ανάμματος μιας λάμπας χρησιμοποιώντας ως πηγή ενέργειας μια μπαταρία.
2. Να καταγράψουμε τις προϋπάρχουσες γνώσεις των μαθητών για το φαινόμενο της κίνησης του ανεμιστήρα χρησιμοποιώντας ως πηγή ενέργειας μια μπαταρία.
3. Να καταγράψουμε τις προϋπάρχουσες γνώσεις των μαθητών για το φαινόμενο της αύξησης της θερμοκρασίας του θερμαντήρα χρησιμοποιώντας ως πηγή ενέργειας μια μπαταρία.

ΔΕΝ είναι στόχος μας να κατανοήσουν ΓΙΑΤΙ και ΠΩΣ λειτουργούν οι συσκευές.

Αυτή η δραστηριότητα είναι pre - test.

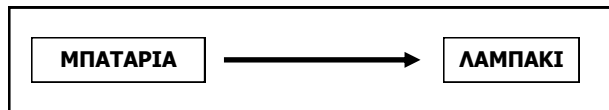
Περιγραφή δραστηριότητας

Στην αίθουσα θα υπάρχουν τα υλικά συνδεδεμένα ώστε τα παιδιά να μπορούν να παρατηρήσουν τα φαινόμενα.

1^ο μέρος: Χωρίζουμε τα παιδιά σε ομάδες των δύο. Δείχνουμε στα παιδιά το πρώτο πείραμα, δηλαδή το φαινόμενο του ανάμματος μιας λάμπας χρησιμοποιώντας τη μπαταρία.

Μοιράζουμε σε κάθε ομάδα το 1ο σετ από καρτέλες. Ανακοινώνουμε στους μαθητές πως “πρέπει να τοποθετήσουν τις καρτέλες στη σωστή σειρά”.

Η σωστή σειρά είναι η ακόλουθη:



Το πιθανότερο είναι ότι τα περισσότερα παιδιά θα τοποθετήσουν σωστά τις καρτέλες. Ρωτάμε τους μαθητές γιατί έβαλαν τις καρτέλες με αυτή τη σειρά ή γιατί ανάβει η λάμπα. Καταγράφουμε τις απαντήσεις τους.

Οι πιθανές απαντήσεις χωρίζονται γενικά σε 3 κατηγορίες:

1^η κατηγορία: Οι μαθητές αναφέρουν τη σχέση ανάμεσα στην πηγή (μπαταρία) και στο δέκτη (λαμπάκι).

π.χ. η μπαταρία ανάβει το λαμπάκι ή το λαμπάκι χρειάζεται τη μπαταρία.

2^η κατηγορία: Οι μαθητές αναφέρουν τη σχέση ανάμεσα στην πηγή (μπαταρία) και στο δέκτη (λαμπάκι) και στη δράση που μεταφέρεται από την πηγή στο δέκτη.

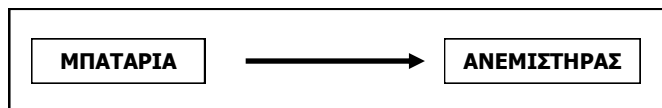
π.χ. η μπαταρία δίνει δύναμη / ενέργεια / θερμότητα / ηλεκτρισμό / ρεύμα και ανάβει το λαμπάκι.

3^η κατηγορία: Οι μαθητές αναφέρουν μια εξήγηση που δεν έχει σχέση με τη φυσική εξήγηση του φαινομένου.

2^ο μέρος: Δείχνουμε στα παιδιά το δεύτερο πείραμα, δηλαδή το φαινόμενο της κίνησης του ανεμιστήρα χρησιμοποιώντας τη μπαταρία.

Μοιράζουμε σε κάθε ομάδα το 2ο σετ από καρτέλες. Ανακοινώνουμε στους μαθητές πως “πρέπει να τοποθετήσουν τις καρτέλες στη σωστή σειρά”.

Η σωστή σειρά είναι η ακόλουθη:



Το πιθανότερο είναι ότι τα περισσότερα παιδιά θα τοποθετήσουν σωστά τις καρτέλες. Ρωτάμε τους μαθητές γιατί έβαλαν τις καρτέλες με αυτή τη σειρά ή γιατί κινείται ο κινητήρας. Καταγράφουμε τις απαντήσεις τους.

3^ο μέρος: Δείχνουμε στα παιδιά το τρίτο πείραμα, δηλαδή το φαινόμενο της αύξησης της θερμοκρασίας του θερμαντήρα χρησιμοποιώντας τη μπαταρία.

Μοιράζουμε σε κάθε ομάδα το 3ο σετ από καρτέλες. Ανακοινώνουμε στους μαθητές πως “πρέπει να τοποθετήσουν τις καρτέλες στη σωστή σειρά”.

Η σωστή σειρά είναι η ακόλουθη:



Οι περισσότερες ομάδες θα δυσκολευτούν να βάλουν τις καρτέλες στη σωστή σειρά επειδή αυτή τη φορά είναι 5 και όχι 3. Ρωτάμε τους μαθητές γιατί έβαλαν τις καρτέλες με αυτή τη σειρά ή γιατί ζεσταίνεται το χέρι μας. Καταγράφουμε τις απαντήσεις τους.

3η ώρα (Τάξη)

Υλικά

1ο σετ: καρτέλες από μπαταρία, λαμπάκι, βέλος (x2), λέξη ηλεκτρισμό, λέξη θερμότητα, λέξη φως.

2ο σετ: καρτέλες από μπαταρία, ανεμιστήρα, βέλος (x2), λέξη ηλεκτρισμό, λέξη κίνηση.

3ο σετ: καρτέλες από μπαταρία, θερμαντήρα, χέρι, βέλος (x2), λέξη ηλεκτρισμό, λέξη θερμότητα.

Διδακτικοί Στόχοι

1. Να περιγράψουν το φαινόμενο του ανάμματος μιας λάμπας χρησιμοποιώντας μια μπαταρία με όρους ενέργειας. (Η φράση ‘με όρους ενέργειας’ δεν σημαίνει ότι πρέπει να χρησιμοποιείται οπωσδήποτε η λέξη ενέργεια). Δηλαδή, να αναγνωρίζουν τη μπαταρία (πηγή) που δίνει ηλεκτρισμό στο λαμπάκι (δέκτη). Να περιγράψουν ότι το λαμπάκι παίρνει τον ηλεκτρισμό και τον μετατρέπει σε φως και θερμότητα.

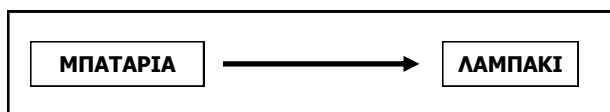
2. Να περιγράψουν το φαινόμενο της κίνησης του ανεμιστήρα χρησιμοποιώντας μια μπαταρία με όρους ενέργειας. Δηλαδή, να αναγνωρίζουν τη μπαταρία (πηγή) που δίνει ηλεκτρισμό στον ανεμιστήρα (δέκτη). Να περιγράψουν ότι ο ανεμιστήρας παίρνει τον ηλεκτρισμό και τον μετατρέπει σε κίνηση.

3. Να περιγράψουν το φαινόμενο της αύξησης της θερμοκρασίας του θερμαντήρα χρησιμοποιώντας μια μπαταρία με όρους ενέργειας. Δηλαδή, να αναγνωρίζουν τη μπαταρία (πηγή) που δίνει ηλεκτρισμό στο θερμαντήρα (δέκτη). Να περιγράψουν ότι ο θερμαντήρας παίρνει τον ηλεκτρισμό και τον μετατρέπει σε θερμότητα και ζεσταίνεται το χέρι μας.

Περιγραφή δραστηριότητας

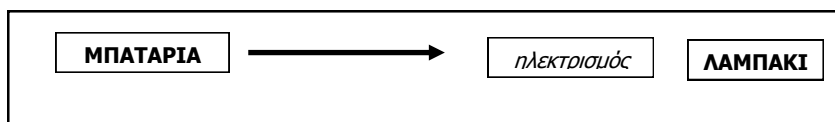
1^ο μέρος: φαινόμενο ανάμματος λάμπας από μια μπαταρία.

Υπενθυμίζουμε στα παιδιά τις δραστηριότητες του προηγούμενου μαθήματος. Δείχνουμε στα παιδιά το πρώτο πείραμα, δηλαδή το φαινόμενο του ανάμματος μιας λάμπας χρησιμοποιώντας τη μπαταρία. Ρωτάμε τα παιδιά ποια νομίζουν ότι είναι τελικά η σωστή σειρά με την οποία πρέπει να τοποθετήσουν τις καρτέλες. Με τη συζήτηση καθοδηγούμε τα παιδιά να αποδεχθούν (ή καταλήγουμε εμείς) στην παρακάτω απεικόνιση του φαινομένου:



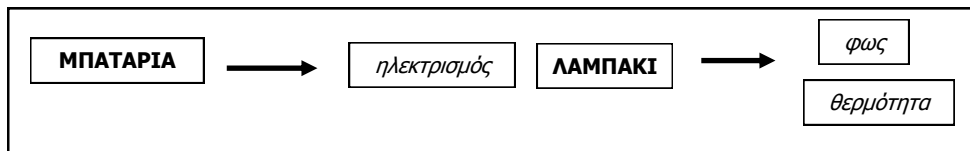
Εξηγούμε πως η καρτέλα «βελάκι» σημαίνει «δίνω» και όχι «καλώδια».

Ρωτάμε τα παιδιά τι είναι αυτό που δίνει η μπαταρία στο λαμπάκι. Μέσα από συζήτηση καταλήγουμε στην καρτέλα 'ηλεκτρισμός' και ξανασυζητάμε το φαινόμενο.



Δεν είναι εύκολο να περιγράψουμε με όρους φυσικής την έννοια του ηλεκτρισμού (κίνηση των ηλεκτρονίων μέσα σε ένα κλειστό κύκλωμα). Παρόλα αυτά η λέξη «ηλεκτρισμός» τους είναι οικεία από την καθημερινότητά τους. **Ο «ηλεκτρισμός» είναι αυτό που δίνει η μπαταρία στη λάμπα.**

Ρωτάμε τα παιδιά τι είναι αυτό που δίνει το λαμπάκι, όταν έχει ηλεκτρισμό. Το λαμπάκι δίνει φως και θερμότητα. Καταλήγουμε στην ολοκληρωμένη ενεργειακή αλυσίδα:



Η αλυσίδα διαβάζεται ως εξής: η μπαταρία δίνει ηλεκτρισμό στο λαμπάκι. Το λαμπάκι παίρνει τον ηλεκτρισμό και δίνει φως και θερμότητα.

Αφήνουμε στον πίνακα τις καρτέλες γιατί θα τις χρησιμοποιήσουμε αργότερα στο μάθημα.

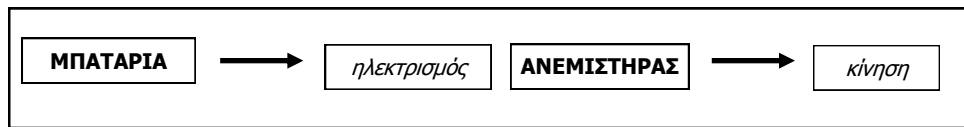
2^ο μέρος: φαινόμενο της κίνησης του ανεμιστήρα από μια μπαταρία.

Δείχνουμε στα παιδιά το δεύτερο πείραμα, δηλαδή το φαινόμενο της κίνησης του ανεμιστήρα χρησιμοποιώντας τη μπαταρία. Ρωτάμε τα παιδιά ποια νομίζουν ότι είναι τελικά η σωστή σειρά με την οποία πρέπει να τοποθετήσουν τις καρτέλες. Με τη συζήτηση καθοδηγούμε τα παιδιά να αποδεχθούν (ή καταλήγουμε εμείς) στην παρακάτω απεικόνιση του φαινομένου:



Ρωτάμε τα παιδιά τι είναι αυτό που δίνει ο ανεμιστήρας, όταν έχει ηλεκτρισμό. Πολλά παιδιά θεωρούν πως ο ανεμιστήρας δίνει αέρα. Τους εξηγούμε πως ο ανεμιστήρας δεν έχει αέρα μέσα του για να μας τον δώσει μόλις έχει ηλεκτρισμό. Για να καταλάβουν ότι ο ανεμιστήρας δίνει κίνηση, κουνάμε το χέρι μας πάνω κάτω για να αισθανθούμε τον αέρα. Τους ρωτάμε «τι είναι αυτό που κάνει το χέρι μας για να αισθανθούμε τον αέρα». Καταλήγουμε στο ότι ο ανεμιστήρας δίνει κίνηση.

Η ολοκληρωμένη ενεργειακή αλυσίδα είναι:



Η αλυσίδα διαβάζεται ως εξής: η μπαταρία δίνει ηλεκτρισμό στον ανεμιστήρα. Ο ανεμιστήρας παίρνει τον ηλεκτρισμό και δίνει κίνηση.

Αφήνουμε στον πίνακα τις καρτέλες γιατί θα τις χρησιμοποιήσουμε αργότερα στο μάθημα.

3^ο μέρος: φαινόμενο της θέρμανσης του νερού από μια μπαταρία.

Δείχνουμε στα παιδιά το τρίτο πείραμα, δηλαδή το φαινόμενο της αύξησης της θερμοκρασίας του θερμαντήρα χρησιμοποιώντας τη μπαταρία. Με βάση την προηγούμενη συζήτηση, ζητάμε από τα παιδιά να ξανασκεφτούν το φαινόμενο. Τους μοιράζουμε τις καρτέλες και τους ζητάμε να συνθέσουν την ενεργειακή αλυσίδα. Αφήνουμε τις ομάδες να προσπαθήσουν να συνθέσουν την ενεργειακή αλυσίδα και καθοδηγούμε όσους δυσκολεύονται.

Ρωτάμε τα παιδιά τι είναι αυτό που δίνει ο θερμαντήρας, όταν έχει ηλεκτρισμό. Ο θερμαντήρας δίνει θερμότητα. Καταλήγουμε στην ολοκληρωμένη ενεργειακή αλυσίδα:



Η αλυσίδα διαβάζεται ως εξής: η μπαταρία δίνει ηλεκτρισμό στο θερμαντήρα. Ο θερμαντήρας παίρνει τον ηλεκτρισμό και δίνει θερμότητα στο χέρι μας.

4^ο μέρος: Ανακεφαλαίωση.

Κάνουμε ερωτήσεις του τύπου:

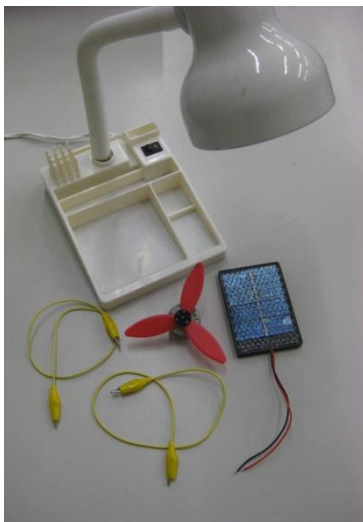
- Τι δίνει η μπαταρία; Μπορεί η μπαταρία να δώσει φως / θερμότητα / κίνηση;
- Τι παίρνει το λαμπάκι; Τι δίνει το λαμπάκι; Μπορεί το λαμπάκι να δώσει κίνηση;
- Τι παίρνει ο ανεμιστήρας; Τι δίνει ο ανεμιστήρας; Μπορεί ο ανεμιστήρας να δώσει φως;
- Τι παίρνει ο θερμαντήρας; Τι δίνει ο θερμαντήρας; Μπορεί ο θερμαντήρας να δώσει φως / κίνηση;

4η ώρα

Υλικά

1ο σετ: λάμπα σπιτιού, φωτοβολταϊκό στοιχείο, καλώδια, ανεμιστήρας (βλ. φωτό ζ).

2ο σετ: καρτέλες από λάμπα, φωτοβολταϊκό στοιχείο, ανεμιστήρας, βέλος (x3), λέξη φως, λέξη ηλεκτρισμός, λέξη κίνηση.



Διδακτικοί Στόχοι

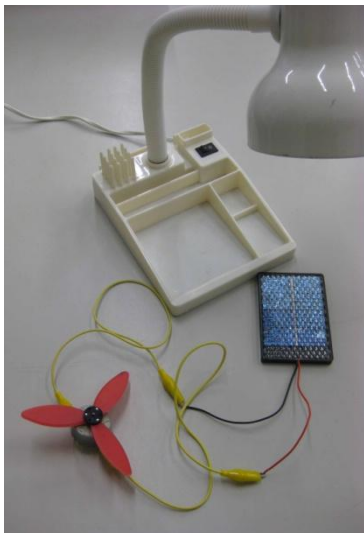
1. Να αναγνωρίζουν τις πηγές φωτός και τον ήλιο ως πηγή φωτός.
2. Να περιγράφουν το φαινόμενο της κίνησης ενός κινητήρα από τον ήλιο χρησιμοποιώντας ένα φωτοβολταϊκό στοιχείο. Δηλαδή, να αναγνωρίζουν τον ήλιο (πηγή) που δίνει φως στο φωτοβολταϊκό στοιχείο (δέκτη). Να περιγράφουν ότι το φωτοβολταϊκό στοιχείο μετατρέπει το φως σε ηλεκτρισμό και κινείται ο ανεμιστήρας.

Φωτό ζ

Περιγραφή δραστηριότητας

1^ο μέρος: Χωρίζουμε τα παιδιά σε ομάδες των δύο. Δείχνουμε στα παιδιά πως λειτουργεί ένας ανεμιστήρας χρησιμοποιώντας μια μπαταρία και ξανασυζητάμε τις μετατροπές της ενέργειας στη σύνδεση μπαταρία - ανεμιστήρας.

Μοιράζουμε σε κάθε ομάδα το 1ο σετ. Ανακοινώνουμε στους μαθητές πως "πρέπει να συνδέσουν τα καινούργια υλικά, στα οποία δεν συμπεριλαμβάνεται μπαταρία, ώστε να κινηθεί ο ανεμιστήρας".



Αν υπάρχουν κάποιες ομάδες που δυσκολεύονται να συνδέσουν τα υλικά για να παρατηρήσουν το φαινόμενο, τους καθοδηγούμε ή δείχνουμε την επιτυχή σύνδεση (βλ. φωτό η) που έχουν φτιάξει άλλες ομάδες.

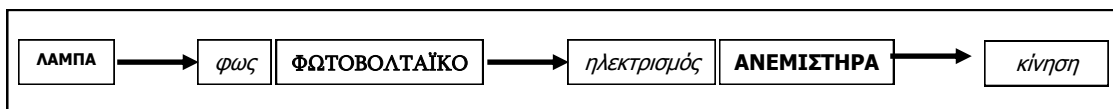
Ονομάζουμε το φωτοβολταϊκό και παρουσιάζουμε πως πρέπει να είναι συνδεδεμένο για να λειτουργήσει ο ανεμιστήρας. Για να καταλάβουμε αν τα παιδιά έχουν αντιληφθεί πως λειτουργεί το φωτοβολταϊκό, ρωτάμε τα παιδιά «αν μπορούν να σταματήσουν τη λειτουργία του ανεμιστήρα χωρίς να αποσυνδέσουν κανένα καλώδιο».

2^ο μέρος: Μοιράζουμε σε κάθε ομάδα το 2ο σετ από καρτέλες. Ανακοινώνουμε στους μαθητές πως “πρέπει να τοποθετήσουν τις καρτέλες στη σωστή σειρά”.

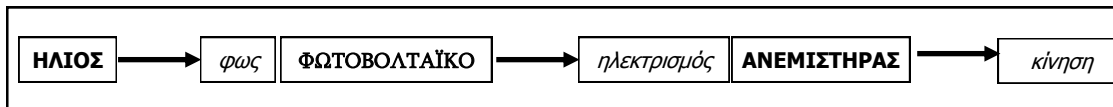
Ρωτάμε τα παιδιά «Ποιος είναι ο ρόλος του φωτοβολταϊκού;» Το φωτοβολταϊκό μετατρέπει το φως σε ηλεκτρισμό.

Φωτό η

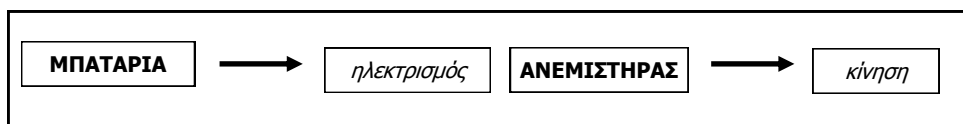
Συζητούμε με τα παιδιά και τα καθοδηγούμε να αποδεχθούν (ή εισάγουμε) τη σωστή σειρά που έχουν φτιάξει άλλες ομάδες.



3^ο μέρος: Ρωτάμε τα παιδιά «πώς μπορώ να αντικαταστήσω τη λάμπα;», «Τι μπορώ να κάνω άμα δεν έχω λάμπα για να συνεχίσει να λειτουργεί το φωτοβολταϊκό;» Συζητούμε την αναλογία φως λάμπας και φως του ήλιου και καταλήγουμε στην καρτέλα:



4^ο μέρος: Ρωτάμε τα παιδιά «εκτός από το φωτοβολταϊκό, ποιος άλλος δίνει ηλεκτρισμό;» Περιμένουμε τα παιδιά να θυμηθούν τη λειτουργία της μπαταρίας. Ζητάμε από τα παιδιά να ξαναφτιάξουν την ενεργειακή αλυσίδα βάζοντας τη καρτέλα της μπαταρίας (κάποιες καρτέλες θα φύγουν και άλλες θα αντικατασταθούν). Καταλήγουμε στις καρτέλες:



Ρωτάμε τα παιδιά ποιες είναι η διαφορές και ποιες οι ομοιότητες ανάμεσα σε μια μπαταρία και σε ένα φωτοβολταϊκό.

Υλικά

1ο σετ: μπαταρία, καλώδια, ανεμιστήρας

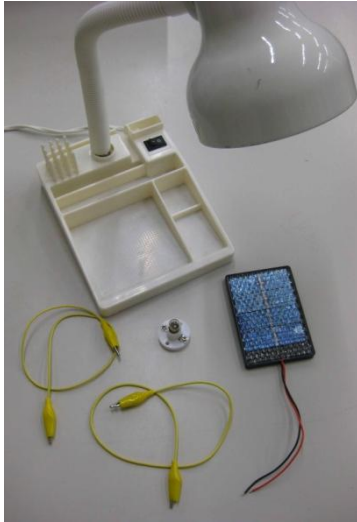
2ο σετ: καρτέλες από μπαταρία, ανεμιστήρα, βέλος (x2), λέξη ηλεκτρισμό, λέξη κίνηση.

3ο σετ: λάμπα, φωτοβολταϊκό στοιχείο, καλώδια, ανεμιστήρας.

4ο σετ: καρτέλες από λάμπα, φωτοβολταϊκό στοιχείο, ανεμιστήρας, βέλος (x3), λέξη φως, λέξη ηλεκτρισμός, λέξη κίνηση.

5ο σετ: λάμπα, φωτοβολταϊκό στοιχείο, καλώδια, λαμπάκι (βλ. φωτό θ).

6ο σετ: καρτέλες από λάμπα, φωτοβολταϊκό στοιχείο, λαμπάκι, βέλος (x3), λέξη φως (x2), λέξη ηλεκτρισμός, λέξη θερμότητα.

**Στόχος**

1. Να ελέγξουμε την επίτευξη των διδακτικών στόχων της ενότητας.

Η δραστηριότητα λειτουργεί ως αξιολόγηση της ενότητας (post – test).

Περιγραφή δραστηριότητας

1^ο μέρος: Χωρίζουμε τα παιδιά σε ομάδες των δύο. Μοιράζουμε σε κάθε ομάδα το 1ο και 2ο σετ. Ανακοινώνουμε στους μαθητές πως “πρέπει να συνδέσουν τα υλικά ώστε να λειτουργήσει ο ανεμιστήρας και πως πρέπει να τοποθετήσουν τις καρτέλες στη σωστή σειρά”. Καταγράφουμε τις απαντήσεις τους.

Φωτό θ

2^ο μέρος: Μοιράζουμε σε κάθε ομάδα το 3ο και 4ο σετ. Ανακοινώνουμε στους μαθητές πως “πρέπει να συνδέσουν τα υλικά ώστε να λειτουργήσει ο ανεμιστήρας και πως πρέπει να τοποθετήσουν τις καρτέλες στη σωστή σειρά”. Καταγράφουμε τις απαντήσεις τους.

3^ο μέρος: Μοιράζουμε σε κάθε ομάδα το 5ο και 6ο σετ. Ανακοινώνουμε στους μαθητές πως “πρέπει να συνδέσουν τα υλικά ώστε να λειτουργήσει το λαμπάκι και πως πρέπει να τοποθετήσουν τις καρτέλες στη σωστή σειρά”. Καταγράφουμε τις απαντήσεις τους.

Σε αυτή την τρίτη σύνδεση ζητάμε από τα παιδιά να αξιοποιήσουν τις γνώσεις τους για το λαμπάκι και το φωτοβολταϊκό και να συνθέσουν μια ενεργειακή αλυσίδα που δεν έχουν διδαχθεί σε προηγούμενο μάθημα.

Παροτρύνουμε τα παιδιά να σκεφτούν ποια είναι η πρώτη καρτέλα από την κάθε ενεργειακή αλυσίδα, να σκεφτούν τι παίρνει και τι δίνει ο καθένας και να διαβάσουν το ενεργειακή αλυσίδα που έχουν φτιάξει για να επιβεβαιώσουν τις απαντήσεις τους.

Οι σωστές ενεργειακές αλυσίδες είναι οι εξής:

