

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΑΤΡΩΝ  
ΣΧΟΛΗ ΚΟΙΝΩΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΑΝΘΡΩΠΙΣΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΤΗΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ ΚΑΙ ΑΓΩΓΗΣ ΣΤΗΝ ΠΡΟΣΧΟΛΙΚΗ ΗΛΙΚΙΑ

**Η ΟΙΚΟΔΟΜΗΣΗ ΤΗΣ ΕΝΝΟΙΑΣ 'ΕΝΕΡΓΕΙΑ' ΚΑΙ ΤΗΣ ΚΟΙΝΩΝΙΚΗΣ ΧΡΗΣΗΣ ΤΗΣ ΑΠΟ  
ΜΑΘΗΤΕΣ ΤΗΣ Ε' ΔΗΜΟΤΙΚΟΥ ΤΟΥ ΕΛΛΗΝΙΚΟΥ ΣΧΟΛΕΙΟΥ**

**ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ**

**ΝΙΚΟΛΑΟΣ Χ. ΔΕΛΕΓΚΟΣ**

**ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ: ΔΗΜΗΤΡΗΣ ΚΟΛΙΟΠΟΥΛΟΣ**  
**ΑΝΑΠΛΗΡΩΤΗΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ ΠΑΝ/ΜΙΟΥ ΠΑΤΡΩΝ**

**ΠΑΤΡΑ 2012**

## **ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ**

Ευάγγελος Βιτωράτος, Καθηγητής, Φυσικό Τμήμα Παν/μίου Πατρών

Μαρίντα Εργαζάκη, Επίκουρος Καθηγήτρια ΤΕΕΑΠΗ Παν/μίου Πατρών

Βασιλική Ζόγκζα, Καθηγήτρια ΤΕΕΑΠΗ Παν/μίου Πατρών

Δημήτρης Κολιόπουλος, Αναπληρωτής καθηγητής ΤΕΕΑΠΗ Παν/μίου Πατρών

Κωνσταντίνος Ραβάνης, Καθηγητής ΤΕΕΑΠΗ Παν/μίου Πατρών

Κωνσταντίνος Σκορδούλης, Καθηγητής, ΠΤΔΕ Παν/μίου Αθηνών

Βασίλειος Τσελφές, Καθηγητής ΤΕΑΠΗ Παν/μίου Αθηνών

## **ΣΥΜΒΟΥΛΕΥΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ**

Δημήτρης Κολιόπουλος, Αναπληρωτής καθηγητής ΤΕΕΑΠΗ Παν/μίου Πατρών (επιβλέπων)

Βασιλική Ζόγκζα, Καθηγήτρια ΤΕΕΑΠΗ Παν/μίου Πατρών

Κωνσταντίνος Ραβάνης, Καθηγητής ΤΕΕΑΠΗ Παν/μίου Πατρών

## Περίληψη

Στη διατριβή αυτή παρουσιάζονται τα αποτελέσματα έρευνας σχετικής με το σχεδιασμό, εφαρμογή και αξιολόγηση μιας διδακτικής ακολουθίας για την έννοια της ενέργειας η οποία απευθύνεται σε μαθητές/τριες της ε' τάξης του ελληνικού δημοτικού σχολείου. Η διδακτική αυτή ακολουθία βασίζεται στις αρχές της 'καινοτομικής' και 'επικοινωνιακής' προσέγγισης για τη διδασκαλία και μάθηση των φυσικών επιστημών και εξετάζονται αφ' ενός τα επιστημολογικά χαρακτηριστικά του εννοιολογικού περιεχομένου της ακολουθίας αυτής και αφ' ετέρου αν μπορεί να οδηγήσει μαθητές/τριες αυτής της εκπαιδευτικής βαθμίδας να εμφανίσουν γνωστική πρόοδο στο συγκεκριμένο θέμα. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της έρευνας, εκτιμάται ότι το 'μοντέλο των ενεργειακών αλυσίδων' αποτελεί ένα επιστημολογικά έγκυρο, συμβατό προς τις γνωστικές δυνατότητες των παιδιών και διδακτικά αποτελεσματικό διδακτικό μετασχηματισμό της επιστημονικής γνώσης σε σχολική γνώση. Πιο συγκεκριμένα, παρέχονται ενδείξεις σύμφωνα με τις οποίες οι μαθητές/τριες μετά το πέρας της σχετικής διδασκαλίας είναι δυνατόν να οικοδομήσουν τόσο στο ποιοτικό όσο και στο ποσοτικό επίπεδο ένα ενεργειακό μοντέλο με το οποίο (α) να περιγράψουν χρησιμοποιώντας την έννοια της ενέργειας, τόσο στο ποιοτικό όσο και στο ποσοτικό επίπεδο, τη λειτουργία απλών τεχνολογικών συστημάτων όπου εμπλέκονται μηχανικά, θερμικά και ηλεκτρικά φαινόμενα, (β) να μετρούν ποσότητες ενέργειας σε απλά τεχνολογικά συστήματα του σχολικού εργαστηρίου και (γ) να περιγράψουν, εξηγούν και προβλέπουν την ενεργειακή συμπεριφορά οικιακών τεχνολογικών συστημάτων.

**Λέξεις κλειδιά:** Ενέργεια, νοητικές παραστάσεις, διδακτική ακολουθία, καινοτομική διδασκαλία, επικοινωνιακή διδασκαλία

## **Abstract**

In this thesis, the results of a research concerning the planning, application and evaluation of a teaching sequence as far as the concept of energy is concerned, are featured. This teaching sequence is addressed to fifth grade pupils of Greek primary schools and it relies on the principles of 'innovative' and 'constructive' approach for the teaching and learning of science. On one hand, the epistemological features of the conceptual content of the sequence are being examined and on the other hand, it is argued whether pupils can be led to developing cognitive progress on this specific issue.

According to the findings of this research, it is estimated that the 'model of energy chains' is scientifically valid and compatible to the cognitive capabilities of the pupils. It is an effective teaching model which transforms the scientific knowledge into school knowledge. More specifically, there are indications that the pupils, after completing this teaching course are capable of developing an energy model which is both qualitative and quantitative, so as to be able to: (a) describe the function of simple technological systems which include mechanical, thermal and electrical phenomena, by using the concept of energy both in a qualitative and quantitative level, (b) measure energy quantities in simple technological systems of the school laboratory and (c) describe, explain and predict the energy behaviour of domestic technological systems.

**Keywords:** Energy, mental representations, teaching sequence, innovative teaching, constructive teaching.

## Ευχαριστίες

Μετά από έξι σχεδόν χρόνια σκληρής δουλειάς, καθώς η ερευνητική αυτή εργασία γινόταν παράλληλα με την άσκηση των αυξημένων καθοδηγητικών καθηκόντων μου στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση, έφτασε η στιγμή να γράψω τις τελευταίες λέξεις. Με αυτές θέλω να εκφράσω τις ευχαριστίες και την ευγνωμοσύνη μου σε πολλούς ανθρώπους, φίλους και συναδέλφους.

Πρώτον απ' όλους ευχαριστώ το Δημήτρη Κολιόπουλο, Αναπληρωτή Καθηγητή στο ΤΕΕΑΠΗ του Πανεπιστημίου Πατρών, υπό την καθοδήγηση του οποίου πραγματοποιήθηκε η εργασία αυτή. Η θεωρητική του κατάρτιση, το ειλικρινές ενδιαφέρον του και η ουσιαστική βοήθεια που μου προσέφερε σε θέματα σχεδιασμού και μεθοδολογίας συντέειναν καθοριστικά στο να περατωθεί αυτό το έργο.

Ευχαριστώ πολύ επίσης τα άλλα δυο μέλη της Τριμελούς Συμβουλευτικής Επιτροπής, τον Κώστα Ραβάνη και τη Βασιλική Ζόγκτζα, Καθηγητές του ΤΕΕΑΠΗ του Πατρών, που κατ' αρχήν με προέτρεψαν να ξεκινήσω την προσπάθεια αυτή και στη συνέχεια με τις γόνιμες συζητήσεις μας, τις εύστοχες υποδείξεις τους καθώς και την έγκυρη και σύγχρονη παιδαγωγική ματιά τους με βοήθησαν πολύπλευρα καθ' όλη τη διάρκεια αυτής της ερευνητικής διαδρομής.

Πολλές ευχαριστίες οφείλω επίσης στους φίλους συναδέλφους κ.κ. Σ. Δόση (ιδιαιτέρως), Ε. Γκούσκου, Β. Σταυρόπουλο, Ν. Σισσαμπέρη για τις χρήσιμες και εποικοδομητικές συζητήσεις που είχαμε και την αδιάκοπη ενθάρρυνση που μου πρόσφεραν.

Θ' αποτελούσε ανεπίτρεπτη παράλειψη η απουσία ευχαριστιών προς τους Διευθυντές και τους δασκάλους των σχολείων που επέτρεψαν τη διενέργεια της έρευνας, καθώς και προς τους ίδιους τους μαθητές/τριες που αποτέλεσαν τα υποκείμενα της ερευνητικής διαδικασίας.

Ιδιαίτερες ευχαριστίες οφείλω στα πρόσωπα της οικογένειάς μου, στα οποία και αφιερώνεται η δουλειά αυτή, για όσα τους στερήσα όλα αυτά τα χρόνια.

Στη Δώρα            τη Μαρία – Ιωάννα  
                          το Χρύσανθο  
                          τη Γεωργία

## Περιεχόμενα

	Σελίδες
<b>Κεφάλαιο 1. Συνοπτική παρουσίαση της διδακτορικής διατριβής</b>	
1.0	Εισαγωγή..... 12
1.1	Το ερευνητικό πρόβλημα και οι στόχοι της διατριβής..... 13
1.2	Τα περιεχόμενα της διατριβής..... 15
<b>Κεφάλαιο 2: Ο διδακτικός μετασχηματισμός της επιστημονικής γνώσης σε σχολική γνώση</b>	
2.0	Εισαγωγή..... 16
2.1	Οι τρεις εκδοχές της επιστημονικής γνώσης και η Διδακτική των Φυσικών Επιστημών ..... 16
2.2	Ο διδακτικός μετασχηματισμός της γνώσης αναφοράς ..... 18
2.2.1	Ο διδακτικός μετασχηματισμός της εννοιολογικής διάστασης της γνώσης αναφοράς ..... 20
2.2.2	Ο διδακτικός μετασχηματισμός της μεθοδολογικής διάστασης της γνώσης αναφοράς..... 22
2.2.3	Ο διδακτικός μετασχηματισμός της πολιτισμικής διάστασης της γνώσης αναφοράς..... 23
2.3	Η δημιουργία διδακτικών ακολουθιών..... 24
2.4	Οι αντιλήψεις για τα αναλυτικά προγράμματα Φυσικών Επιστημών ..... 25
<b>Κεφάλαιο 3: Η επιστημονική γνώση αναφοράς, οι νοητικές παραστάσεις των μαθητών/τριών και το εκπαιδευτικό περιβάλλον για τη διδασκαλία της έννοιας ‘ενέργεια’</b>	
3.0	Εισαγωγή..... 32
3.1	Η επιστημονική γνώση αναφοράς για την ενέργεια: Η μακροσκοπική θερμοδυναμική..... 32
3.2	Οι νοητικές παραστάσεις των μαθητών/τριών για την ενέργεια και οι στρατηγικές υπέρβασής τους ..... 35
3.2.1	Οι νοητικές παραστάσεις των μαθητών/τριών ..... 35
3.2.2	Οι νοητικές παραστάσεις των παιδιών για την ενέργεια και η εξέλιξή τους..... 36
3.2.3	Οι προ-ενεργειακές αντιλήψεις των μαθητών/τριών για την ενέργεια..... 40
3.3	Η σχολική γνώση για την έννοια της ενέργειας..... 43
3.4	Η σχολική γνώση για την ενέργεια στα πλαίσια της ‘καινοτομικής – επικοινωνιακής’ αντίληψης για το πρόγραμμα των Φυσικών Επιστημών..... 49
<b>Κεφάλαιο 4. Οι σκοποί και το περιεχόμενο μιας ‘καινοτομικής - επικοινωνιακής’ διδακτικής ακολουθίας για την ενέργεια στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση (Ε’ δημοτικού)</b>	
4.0	Εισαγωγή ..... 53
4.1	Βασικές επιδιώξεις και διδακτικοί σκοποί της διδακτικής ακολουθίας ..... 53
4.2	Το φαινομενολογικό πεδίο της διδακτικής ακολουθίας..... 55

4.3	Το περιεχόμενο της προτεινόμενης διδακτικής ακολουθίας.....	56
<b>Κεφάλαιο 5: Μεθοδολογία έρευνας</b>		
5.0	Εισαγωγή .....	61
5.1	Σχεδιασμός και στρατηγική της έρευνας .....	61
5.2	Το δείγμα .....	62
5.3	Η ανεξάρτητη μεταβλητή: Η διδακτική ακολουθία .....	63
5.3.1	Τα ερευνητικά πρωτόκολλα .....	63
5.3.2	Τα φύλλα εργασίας .....	64
5.4	Η εξαρτημένη μεταβλητή: Οι νοητικές παραστάσεις και η επίδοση των μαθητών/τριών .....	67
5.4.1	Συλλογή δεδομένων .....	67
5.4.2	Το ερωτηματολόγιο .....	67
5.5	Στρατηγική και τεχνικές ανάλυσης των δεδομένων .....	69
5.6	Οι επιχειρησιακές υποθέσεις της έρευνας .....	73
<b>Κεφάλαιο 6: Η γνωστική πρόοδος των μαθητών/τριών</b>		
6.0	Εισαγωγή .....	74
6.1	Οι νοητικές παραστάσεις των μαθητών/τριών πριν από τη διδακτική παρέμβαση .....	74
6.2	Οι νοητικές παραστάσεις των μαθητών /τριών μετά από τη διδακτική παρέμβαση .....	93
6.3	Η επάρκεια και η εξέλιξη των νοητικών παραστάσεων των μαθητών/τριών .....	117
6.4	Η συνολική επίδοση των μαθητών/τριών.....	124
6.5	Η συνάφεια της επίδοσης των μαθητών/τριών με το φύλο και το σχολείο φοίτησης .....	126
6.5.1	Η συνάφεια της επίδοσης των μαθητών/τριών με το φύλο .....	126
6.5.2	Η συνάφεια της επίδοσης των μαθητών/τριών με το σχολείο φοίτησης .....	128
6.6	Συζήτηση.....	130
<b>Κεφάλαιο 7: Συμπεράσματα</b>		
7.0	Εισαγωγή .....	131
7.1	Για τους στόχους της έρευνας.....	131
7.2	Για τις επιπτώσεις της έρευνας στη διδασκαλία και την επιμόρφωση των εκπαιδευτικών .....	135
7.3	Προτάσεις για περαιτέρω έρευνα.....	136
<b>Βιβλιογραφία .....</b>		137
<b>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ .....</b>		145

## Κατάλογος σχημάτων και πινάκων

α/α	Λεζάντα	Σελίδα
Σχήμα 2.1	Οι τρεις εκδοχές της γνώσης και η σχέση τους στη διδακτική.....	18
Σχήμα 2.2	Ένα πρότυπο ταξινόμησης αναλυτικών προγραμμάτων φυσικών επιστημών...	25
Σχήμα 2.3	Η προτεινόμενη δομή για τη διδασκαλία της ενέργειας στο Γαλλικό πρόγραμμα Libres Parcours.....	27
Σχήμα 2.4	Η εποικοδομητική αντίληψη ως εργαλείο διδακτικού μετασχηματισμού.....	30
Σχήμα 3.1	Κανονικοποιημένη αναπαράσταση λειτουργίας της διάταξης : αντικείμενο που πέφτει- δυναμό- λαμπτήρα.....	41
Σχήμα 3.2	Κανονικοποιημένη αναπαράσταση διανομής της διάταξης : αντικείμενο που πέφτει- δυναμό- λαμπτήρα.....	42
Πίνακας 3.1	Παράθεση και ανάμιξη εννοιολογικών πλαισίων χρήσης της έννοιας της ενέργειας στο βιβλίο μαθητή της ε΄ δημοτικού.....	46
Πίνακας 3.2	Η εξέλιξη των νοητικών παραστάσεων των μαθητών/τριών κατά τη σταδιακή οικοδόμηση του ενεργειακού μοντέλου των ενεργειακών αλυσίδων.....	51
Πίνακας 4.1	Οι ενότητες της διδακτικής ακολουθίας καθώς και οι υποενότητες – Φύλλα Εργασίας κάθε ενότητας.....	56
Σχήμα 4.1	Μια ποιοτική αναπαράσταση ενεργειακής αλυσίδας που αναφέρεται στο απλό ηλεκτρικό κύκλωμα.....	57
Εικόνα 4.1	Πειραματικές διατάξεις που χρησιμοποιούνται στην πρώτη και δεύτερη ενότητα .....	58
Εικόνα 4.2	Ομάδα μαθητών/τριών λαμβάνει μετρήσεις με το Τζαουλόμετρο.....	59
Πίνακας 5.1	Κατανομές των μαθητών/τριών ν που έλαβαν μέρος στην έρευνα.....	62
Πίνακας 5.2	Συνοπτική παρουσίαση των ερευνητικών πρωτοκόλλων.....	66
Πίνακας 5.3	Το ερευνητικό πρωτόκολλο της πρώτης υποενότητας.....	66
Πίνακας 5.4	Τα θέματα και το προσδοκώμενο εννοιολογικό υπόβαθρο των ερωτήσεων- αιτιολογήσεων του ερωτηματολογίου.....	68
Πίνακας 5.5	Οι τιμές που παίρνουν οι μεταβλητές των απαντήσεων κάθε ερώτησης.....	70
Πίνακας 5.6	Κατηγοριοποίηση των αιτιολογήσεων των μαθητών/τριών .....	71
Πίνακας 5.7	Κατηγορίες του κριτηρίου αξιολόγησης των αιτιολογήσεων.....	72
Πίνακας 5.8	Κατηγοριοποίηση επίδοσης με κριτήριο των πλήθους των επαρκών αιτιολογήσεων.....	72
Πίνακας 6.1	Οι απαντήσεις των μαθητών/τριών στην ερώτηση 1 του ερωτηματολογίου προελέγχου .....	75
Πίνακας 6.2	Οι αιτιολογήσεις των μαθητών/τριών στην ερώτηση 1 του ερωτηματολογίου προελέγχου .....	76
Σχήμα 6.1	Οι αιτιολογήσεις των μαθητών/τριών στην ερώτηση 1 του ερωτηματολογίου προελέγχου .....	76
Πίνακας 6.3	Χαρακτηρισμός των αιτιολογήσεων των μαθητών/τριών στην ερώτηση 1 του ερωτηματολογίου προελέγχου .....	78
Πίνακας 6.4	Οι απαντήσεις των μαθητών/τριών στη ερώτηση 2 του ερωτηματολογίου προελέγχου .....	78
Πίνακας 6.5	Οι αιτιολογήσεις των μαθητών/τριών στη ερώτηση 2 του ερωτηματολογίου προελέγχου .....	79
Σχήμα 6.2	Οι αιτιολογήσεις των μαθητών/τριών στην ερώτηση 2 του ερωτηματολογίου προελέγχου .....	79
Πίνακας 6.6	Χαρακτηρισμός των αιτιολογήσεων των μαθητών/τριών στην ερώτηση 2 του ερωτηματολογίου προελέγχου .....	80
Πίνακας 6.7	Οι απαντήσεις των μαθητών/τριών στην ερώτηση 3 του ερωτηματολογίου προελέγχου .....	81
Πίνακας 6.8	Οι αιτιολογήσεις των μαθητών/τριών στην ερώτηση 3 του ερωτηματολογίου	





	<i>ου μετελέγχου</i> .....	101
Πίνακας 6.31	<i>Χαρακτηρισμός των αιτιολογήσεων των μαθητών/τριών στην ερώτηση 4 του ερωτηματολογίου μετελέγχου</i> .....	102
Πίνακας 6.32	<i>Οι αιτιολογήσεις των μαθητών/τριών στην ερώτηση 5 του ερωτηματολογίου μετελέγχου</i> .....	104
Σχήμα 6.8	<i>Οι αιτιολογήσεις των μαθητών/τριών στην ερώτηση 5 του ερωτηματολογίου μετελέγχου</i> .....	104
Πίνακας 6.33	<i>Χαρακτηρισμός των αιτιολογήσεων των μαθητών/τριών στην ερώτηση 5 του ερωτηματολογίου μετελέγχου</i> .....	105
Πίνακας 6.34	<i>Οι αιτιολογήσεις των μαθητών/τριών στην ερώτηση 6 του ερωτηματολογίου μετελέγχου</i> .....	106
Σχήμα 6.9	<i>Οι αιτιολογήσεις των μαθητών/τριών στην ερώτηση 6 του ερωτηματολογίου μετελέγχου</i> .....	106
Πίνακας 6.35	<i>Χαρακτηρισμός των αιτιολογήσεων των μαθητών/τριών στην ερώτηση 6 του ερωτηματολογίου μετελέγχου</i> .....	107
Πίνακας 6.36	<i>Οι απαντήσεις των μαθητών/τριών στην ερώτηση 7 του ερωτηματολογίου μετελέγχου</i> .....	109
Πίνακας 6.37	<i>Οι αιτιολογήσεις των μαθητών/τριών στην ερώτηση 7 του ερωτηματολογίου μετελέγχου</i> .....	109
Σχήμα 6.10	<i>Οι αιτιολογήσεις των μαθητών/τριών στην ερώτηση 7 του ερωτηματολογίου μετελέγχου</i> .....	109
Πίνακας 6.38	<i>Χαρακτηρισμός των αιτιολογήσεων των μαθητών/τριών στην ερώτηση 7 του ερωτηματολογίου μετελέγχου</i> .....	111
Πίνακας 6.39	<i>Οι απαντήσεις των μαθητών/τριών στην ερώτηση 8 του ερωτηματολογίου μετελέγχου</i> .....	111
Πίνακας 6.40	<i>Οι αιτιολογήσεις των μαθητών/τριών στην ερώτηση 8 του ερωτηματολογίου μετελέγχου</i> .....	112
Σχήμα 6.11	<i>Οι αιτιολογήσεις των μαθητών/τριών στην ερώτηση 8 του ερωτηματολογίου μετελέγχου</i> .....	112
Πίνακας 6.41	<i>Χαρακτηρισμός των αιτιολογήσεων των μαθητών/τριών στην ερώτηση 8 του ερωτηματολογίου μετελέγχου</i> .....	113
Πίνακας 6.42	<i>Οι αιτιολογήσεις των μαθητών/τριών στην ερώτηση 9 του ερωτηματολογίου μετελέγχου</i> .....	114
Σχήμα 6.12	<i>Η γραφική παράσταση της μεταφοράς ενέργειας στο σπίτι όταν λειτουργούν ταυτόχρονα τρεις συσκευές (λάμπα, ηλεκτρική κουζίνα, ανεμιστήρας) του μαθητή/τριας (Β. 17, post)</i> .....	115
Σχήμα 6.13	<i>Η γραφική παράσταση της μεταφοράς ενέργειας στο σπίτι όταν λειτουργούν ταυτόχρονα τρεις συσκευές (λάμπα, ηλεκτρική κουζίνα, ανεμιστήρας) του μαθητή/τριας (Π.8, post)</i> .....	115
Σχήμα 6.14	<i>Η γραφική παράσταση της μεταφοράς ενέργειας στο σπίτι όταν λειτουργούν ταυτόχρονα τρεις συσκευές (λάμπα, ηλεκτρική κουζίνα, ανεμιστήρας) του μαθητή/τριας (Π. 14, post)</i> .....	116
Σχήμα 6.15	<i>Η γραφική παράσταση της μεταφοράς ενέργειας στο σπίτι όταν λειτουργούν ταυτόχρονα τρεις συσκευές (λάμπα, ηλεκτρική κουζίνα, ανεμιστήρας), του μαθητή/τριας (Β. 19, post)</i> .....	116
Πίνακας 6.43	<i>Χαρακτηρισμός των αιτιολογήσεων των μαθητών/τριών στην ερώτηση 9 του ερωτηματολογίου μετελέγχου</i> .....	117
Πίνακας 6.44	<i>Υπολογισμός προσημασμένων θέσεων για την επάρκεια των αιτιολογήσεων της ερώτησης 1</i> .....	119
Πίνακας 6.45	<i>Υπολογισμός προσημασμένων θέσεων για την επάρκεια των αιτιολογήσεων της ερώτησης 2</i> .....	120
Πίνακας 6.46	<i>Υπολογισμός προσημασμένων θέσεων για την επάρκεια των αιτιολογήσεων της ερώτησης 3</i> .....	120
Πίνακας 6.47	<i>Υπολογισμός προσημασμένων θέσεων για την επάρκεια των αιτιολογήσεων</i>	

	<i>της ερώτησης 4</i> .....	121
Πίνακας 6.48	<i>Υπολογισμός προσημασμένων θέσεων για την επάρκεια των αιτιολογήσεων της ερώτησης 5</i> .....	122
Πίνακας 6.49	<i>Υπολογισμός προσημασμένων θέσεων για την επάρκεια των αιτιολογήσεων της ερώτησης 6</i> .....	122
Πίνακας 6.50	<i>Υπολογισμός προσημασμένων θέσεων για την επάρκεια των αιτιολογήσεων της ερώτησης 7</i> .....	123
Πίνακας 6.51	<i>Υπολογισμός προσημασμένων θέσεων για την επάρκεια των αιτιολογήσεων της ερώτησης 8</i> .....	124
Πίνακας 6.52	<i>Η επίδοση των μαθητών/τριών στο ερωτηματολόγιο προελέγχου</i> .....	125
Πίνακας 6.53	<i>Η επίδοση των μαθητών/τριών στο ερωτηματολόγιο μετελέγχου</i> .....	125
Πίνακας 6.54	<i>Η επίδοση των μαθητών και των μαθητριών</i> .....	127
Πίνακας 6.55	<i>Συσχέτιση επίδοσης – φύλου</i> .....	127
Σχήμα 6.16	<i>Συσχέτιση επίδοσης φύλου</i> .....	127
Πίνακας 6.56	<i>Η επίδοση των μαθητών/τριών σε σχέση με το σχολείο φοίτησης</i> .....	128
Πίνακας 6.57	<i>Συσχέτιση επίδοσης – σχολείου φοίτησης</i> .....	129
Σχήμα 6.17	<i>Η επίδοση των μαθητών/τριών σε σχέση με το σχολείο φοίτησης</i> .....	130

## Κεφάλαιο 1

### Συνοπτική παρουσίαση της διδακτορικής διατριβής

#### 1.0 Εισαγωγή

Η σύγχρονη εκπαιδευτική έρευνα στη Διδακτική των φυσικών επιστημών αναδεικνύει ότι τα Αναλυτικά Προγράμματα των Φυσικών Επιστημών (ΑΠ-ΦΕ) εξακολουθούν να θεωρούνται ως τα σημαντικότερα οργανωτικά μέσα τόσο για τον εντοπισμό των προβλημάτων που ανακύπτουν και την εξελικτική δρομολόγηση των λύσεων, όσο για τη συγκρότηση προτάσεων οι οποίες προάγουν αιτήματα κοινωνικοπολιτισμικής διάστασης, όπως τον επιστημονικό εγγραμματισμό και τη σύνδεση της επιστήμης με την τεχνολογία, την κοινωνία και το περιβάλλον. Στον ελλαδικό χώρο τις δυο τελευταίες δεκαετίες παρατηρούμε μια συνεχή διαδικασία σχεδιασμού ΑΠ-ΦΕ, προσπάθεια που υποδηλώνει την αναγκαιότητα για επαναπροσανατολισμό των στόχων της εκπαίδευσης στις φυσικές επιστήμες (ΕΕΠΣ, 1998; ΔΕΠΠΣ, 2002; ΑΠΣ-ΦΕ, 2002; ΝΠΠΣ, 2011). Αντίστοιχο προβληματισμό και ενδιαφέρον διαπιστώνουμε και στο διεθνή χώρο όπου οργανισμοί και εκπαιδευτικά συστήματα επεξεργάζονται αντίστοιχες εναλλακτικές προτάσεις (π.χ., Millar, 2005; Intelligent Energy, 2009). Η διερεύνηση και ο καθορισμός των όρων κατασκευής καινοτομικών ΑΠ-ΦΕ καθώς και η διαμόρφωση ενός μοντέλου σχεδίασης του περιεχομένου ΑΠ-ΦΕ αποτελούν κεντρικά ζητήματα του εν λόγω προβληματισμού.

Τα τελευταία τριάντα περίπου χρόνια αναπτύχθηκε διεθνώς και στην Ελλάδα ένα ευρύ αναπτυξιακό και ερευνητικό ρεύμα σχετικό με την εισαγωγή στα ΑΠ-ΦΕ διαφόρων εκπαιδευτικών βαθμίδων της έννοιας της ενέργειας εξ αιτίας της επιστημονικής της σπουδαιότητας αλλά, κυρίως, του κοινωνικού ενδιαφέροντος που προκαλεί (Driver & Millar, 1986; Koliopoulos & Tiberghien, 1986; Millar, 2005; Domenech et al, 2007; Koliopoulos & Constantinou, 2012). Στα τέλη της δεκαετίας του '70 εμφανίζονται τα πρώτα προγράμματα σπουδών ως αντίδραση των εκπαιδευτικών συστημάτων μεγάλων βιομηχανικών χωρών στις πετρελαϊκές κρίσεις και γενικότερα στην ενεργειακή κρίση που εμφανίζεται και τις πλήττει στις αρχές αυτής της δεκαετίας. Παράλληλα, ομάδες ερευνητών, κυρίως από το ραγδαία αναπτυσσόμενο χώρο της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών, διερευνούν τις αντιλήψεις και τις νοητικές παραστάσεις που διαμορφώνουν οι μαθητές/τριες για την έννοια της ενέργειας, τις οποίες συνδέουν με τις δυνατότητες ανάπτυξης καινοτόμων διδακτικών παρεμβάσεων που στοχεύουν τόσο στη γνωστική ανάπτυξη όσο και στη διαμόρφωση κατάλληλων στάσεων σχετικών με τις κοινωνικές χρήσεις της έννοιας (εξοικονόμηση ενέργειας κλπ). «Πως οι μαθητές/τριες αντιλαμβάνονται την ενέργεια;», «Είναι δυνατή η διδασκαλία της έννοιας στην προσχολική και πρωτοβάθμια εκπαίδευση;», «Υπάρχουν ένα ή περισσότερα εννοιολογικά πλαίσια ή/και μια ή περισσότερες κοινωνικές πρακτικές αναφοράς που να εξασφαλίζουν λειτουργικότερα και αποδοτικότερα πλαίσια διδασκαλίας της έννοιας;». Ιδού μερικά από τα ερευνητικά ερω-

τήματα που εκφράζονται ρητά ή υπονοούνται την πλέον παραγωγική περίοδο για τη σχετική έρευνα, δηλαδή, τις δεκαετίες '70 και '80 (Κολιόπουλος, 1997). Τα ερευνητικά πορίσματα και οι αναπτυξιακές προσπάθειες αυτής της εποχής εμπλουτίζουν τις συζητήσεις και επηρεάζουν τις αποφάσεις για τη δομή, το περιεχόμενο των ΑΠ-ΦΕ και των σχολικών εγχειριδίων πολλών εκπαιδευτικών συστημάτων τα χρόνια που ακολουθούν. Το ερευνητικό και αναπτυξιακό αυτό ρεύμα όχι μόνο δεν αμφισβητείται στις μέρες μας, αλλά αποτελεί βάση για περαιτέρω ανάπτυξη και έρευνα στο συγκεκριμένο τομέα (Domenech et al., 2007).

Η παρούσα διατριβή έχει σαν επιδίωξη να διερευνηθούν (α) η φύση και τα χαρακτηριστικά της σχολικής γνώσης που χαρακτηρίζει μια ακολουθία διδακτικών ενοτήτων για την ε' δημοτικού του ελληνικού σχολείου με θέμα την έννοια της ενέργειας και η οποία έχει σχεδιαστεί στα πλαίσια της 'καινοτομικής' και 'εποικοδομητικής' αντίληψης για τη συγκρότηση ΑΠ-ΦΕ (Κουλαϊδής, 2001α ; Ραβάνης, 2003 ; Κολιόπουλος, 2006α), και (β) αν και πώς μαθητές/τριες της ε' δημοτικού παρουσιάζουν γνωστική πρόοδο αφού παρακολουθήσουν μια διδακτική παρέμβαση που αντιστοιχεί στην συγκεκριμένη ακολουθία διδακτικών ενοτήτων. Μεθοδολογικά ο τύπος αυτός έρευνας ανήκει στις λεγόμενες έρευνες 'εφικτότητας', οι οποίες αποτελούν μια ξεχωριστή κατηγορία ερευνών στα πλαίσια της Διδακτικής των φυσικών επιστημών που έχουν στενή σχέση με το σχεδιασμό και την εφαρμογή αναλυτικών προγραμμάτων φυσικών επιστημών. Σύμφωνα με τον Astolfi, ο οποίος εισήγαγε τον όρο προτείνοντας μια τυπολογία των ερευνών στο πεδίο της Διδακτικής, οι έρευνες εφικτότητας στοχεύουν να δημιουργήσουν ένα σώμα γνώσεων στη βάση ελεγχόμενων καινοτομιών (Κολιόπουλος, 1997).

### **1.1 Το ερευνητικό πρόβλημα και οι στόχοι της διατριβής**

Το βασικό πρόβλημα που καλείται ν' αντιμετωπίσει αυτή η διατριβή είναι η διερεύνηση των όρων υπό τους οποίους είναι δυνατόν να σχεδιαστεί σύμφωνα με την καινοτομική και εποικοδομητική αντίληψη για το αναλυτικό πρόγραμμα, μια ακολουθία διδακτικών ενοτήτων για την έννοια της ενέργειας και της κοινωνικής χρήσης της, να εφαρμοστεί στην ε' τάξη του δημοτικού σχολείου και να προκαλέσει εξέλιξη των νοητικών παραστάσεων των μαθητών/τριών, συμβάλλοντας έτσι στη γνωστική τους ανάπτυξη. Το πρόβλημα αυτό θα αντιμετωπιστεί σε τρία επίπεδα: το επίπεδο ανάλυσης, το επίπεδο της σύνθεσης και το επίπεδο της εφαρμογής (Κολιόπουλος, 1997). Για κάθε επίπεδο θα διατυπώσουμε ένα ή περισσότερους επιμέρους ερευνητικούς στόχους.

Για το επίπεδο ανάλυσης, διατυπώνουμε τους εξής στόχους:

- Να γίνει ανάλυση με επιστημολογικά κριτήρια του περιεχομένου μιας διδακτικής ακολουθίας για την ενέργεια στα πλαίσια της "καινοτομικής - εποικοδομητικής" αντίληψης για την διδασκαλία και τη μάθηση στις φυσικές επιστήμες. Ο στόχος αυτός προσεγγίζεται στο κεφάλαιο 2 (ενότητα 2.3).

- Να γίνει ανάλυση των πλαισίων χρήσης των νοητικών παραστάσεων για την ενέργεια στη διδασκαλία. Ο στόχος αυτός προσεγγίζεται στο κεφάλαιο 2 (ενότητα 2.4).
- Να γίνει καταγραφή, ταξινόμηση, ανάλυση και αξιολόγηση των νοητικών παραστάσεων για την έννοια της ενέργειας, που χρησιμοποιούν οι μαθητές/τριες όταν περιγράφουν και ερμηνεύουν φυσικά φαινόμενα. Ο στόχος αυτός προσεγγίζεται στο κεφάλαιο 3 (ενότητα 3.2.1).
- Να γίνει καταγραφή και ανάλυση των διδακτικών στρατηγικών χρήσης των νοητικών παραστάσεων για την ενέργεια. Ο στόχος αυτός προσεγγίζεται στο κεφάλαιο 3 (ενότητα 3.2).
- Να γίνει καταγραφή, ταξινόμηση, ανάλυση και αξιολόγηση των προ-ενεργειακών αντιλήψεων των μαθητών/τριών για την ενέργεια στο κεφάλαιο 3 (ενότητα 3.2.3).
- Να διερευνηθεί και αναλυθεί η σχολική γνώση για την έννοια της ενέργειας στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση. Ο στόχος αυτός προσεγγίζεται στο κεφάλαιο 3 (ενότητα 3.3).

Για το επίπεδο σύνθεσης διατυπώνεται ο εξής στόχος:

- Να σχεδιαστεί το περιεχόμενο μιας διδακτικής ακολουθίας για την ενέργεια στα πλαίσια της 'καινοτομικής-εποικοδομητικής' αντίληψης για τη διδασκαλία και τη μάθηση στις φυσικές επιστήμες, με βάση γνωστικούς διδακτικούς σκοπούς συμβατούς με τ' αποτελέσματα που προέκυψαν από τις διερευνήσεις και αναλύσεις του επιπέδου ανάλυσης. Ο στόχος αυτός προσεγγίζεται στο κεφάλαιο 4. Η ανάλυση των επιστημολογικών διαστάσεων του περιεχομένου μιας διδακτικής ακολουθίας για την ενέργεια στα πλαίσια της 'καινοτομικής-εποικοδομητικής' αντίληψης για τη διδασκαλία και τη μάθηση στις φυσικές επιστήμες, των νοητικών παραστάσεων των παιδιών για την ενέργεια, των πλαισίων χρήσης των νοητικών παραστάσεων για την ενέργεια στη διδασκαλία, των διδακτικών στρατηγικών χρήσης των νοητικών παραστάσεων για την ενέργεια και της σχολικής γνώσης για την ενέργεια στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση, μας επιτρέπει να διατυπώσουμε τη γενική υπόθεση ότι *είναι δυνατόν να δημιουργηθεί μια διδακτική ακολουθία για την έννοια της ενέργειας στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση της οποίας το περιεχόμενο να αποτελεί ένα επιστημολογικά έγκυρο διδακτικό μετασχηματισμό της επιστημονικής γνώσης για την ενέργεια (το μοντέλο των ενεργειακών αλυσίδων), να ανταποκρίνεται στις γνωστικές ανάγκες και δυνατότητες των μαθητών/τριών της ε' δημοτικού και, συγχρόνως, να είναι συμβατή με τις παραδόσεις του ελληνικού προγράμματος σπουδών.*

Στο τελευταίο επίπεδο της εφαρμογής διατυπώνεται ο εξής στόχος:

- Να αξιολογηθεί το περιεχόμενο της προτεινόμενης διδακτικής ακολουθίας για την ενέργεια με βασικό κριτήριο την εξέλιξη των νοητικών παραστάσεων των μαθητών/τριών ε' δημοτικού για την έννοια της ενέργειας και την κοινωνική χρήση της, ώστε να διαπιστωθεί αν είναι εφαρμόσιμο σε πραγματικές συνθήκες διδασκαλίας (βαθμός εφικτότητας). Ο στόχος αυτός προσεγγίζεται στο κεφάλαιο 6. Στο επίπεδο αυτό θα μπορούσε να διατυπωθεί η γενική υπόθεση ότι *είναι δυνατή η γνωστική πρόοδος των μαθη-*

τών/τριών της ε' δημοτικού και ειδικότερα η οικοδόμηση εκ μέρους των, στοιχείων του μοντέλου των ενεργειακών αλυσίδων, μετά την παρακολούθηση της προτεινόμενης διδακτικής ακολουθίας. Οι γενικές υποθέσεις στις οποίες αναφερθήκαμε παραπάνω μπορεί να εξειδικευθούν και να πάρουν μια λειτουργική μορφή, να καταστούν δηλαδή επιχειρησιακές υποθέσεις, οι οποίες παρατίθενται στην ενότητα 5.6.

## **1.2 Τα περιεχόμενα της διατριβής**

Η διατριβή αποτελείται από επτά κεφάλαια: Το παρόν πρώτο κεφάλαιο αποτελεί μια εισαγωγή στο πλαίσιο συνθηκών πραγματοποίησης της διατριβής, στο ερευνητικό πρόβλημα που διερευνά και τους στόχους που θέτει. Το δεύτερο κεφάλαιο περιλαμβάνει τον σκληρό πυρήνα της θεωρητικής προσέγγισης του ερευνητικού προβλήματος. Η προσέγγιση αυτή αναφέρεται στο ζήτημα του διδακτικού μετασχηματισμού της επιστημονικής γνώσης αναφοράς σε γνώση προς διδασκαλία. Συζητούνται ο διδακτικός μετασχηματισμός των τριών διαστάσεων της επιστημονικής γνώσης, της εννοιολογικής, μεθοδολογικής και πολιτισμικής διάστασης και εισάγεται μια ταξινόμηση των διαφορετικών αντιλήψεων για το αναλυτικό πρόγραμμα φυσικών επιστημών που είναι δυνατόν να διαμορφωθούν κατά τον μετασχηματισμό της επιστημονικής σε σχολική γνώση. Στο τρίτο κεφάλαιο παρουσιάζονται οι αναλύσεις που αφορούν στο επιστημολογικό status της χρησιμοποιούμενης γνώσης αναφοράς, στη φύση και τα χαρακτηριστικά των νοητικών παραστάσεων των μαθητών/τριών για την ενέργεια και τις στρατηγικές υπέρβασής τους καθώς και στο εκπαιδευτικό περιβάλλον εντός του οποίου οφείλει να λειτουργήσει η παρούσα έρευνα. Στο τέταρτο κεφάλαιο συζητούνται οι βασικές αρχές μιας διδακτικής ακολουθίας για την ενέργεια στο επίπεδο της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης (ε' δημοτικού), η οποία βασίζεται σε δύο αντιλήψεις για το ΑΠ-ΦΕ που υπερβαίνουν την παραδοσιακή προσέγγιση της διδασκαλίας των φυσικών επιστημών, την 'καινοτομική' και την 'εποικοδομητική' αντίληψη. Το πέμπτο κεφάλαιο αναφέρεται στα μεθοδολογικά ζητήματα που ανακύπτουν στο επίπεδο της εφαρμογής της έρευνας. Εισάγονται η στρατηγική και το δείγμα της έρευνας, τα εργαλεία διερεύνησης της εξέλιξης των νοητικών παραστάσεων των μαθητών/τριών, οι τεχνικές ανάλυσης των δεδομένων και οι λειτουργικές υποθέσεις. Το έκτο κεφάλαιο αναφέρεται στην παρουσίαση των αποτελεσμάτων που προέκυψαν από μια σειρά αναλύσεων σχετικών με διάφορα έργα που δόθηκαν στους μαθητές πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση και τα οποία μετρούν τη γνωστική πρόοδο που παρουσίασαν οι ομάδες μαθητών/τριών που παρακολούθησαν την προτεινόμενη διδακτική παρέμβαση. Τέλος, στο έβδομο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα συμπεράσματα της έρευνας, δίδονται απαντήσεις στις ερευνητικές υποθέσεις και συζητείται η συμβολή της στο γενικότερο προβληματισμό για την ανάπτυξη νέων ΑΠ-ΦΕ για την έννοια της ενέργειας.

## Κεφάλαιο 2

### Ο διδακτικός μετασχηματισμός της επιστημονικής γνώσης σε σχολική γνώση

#### 2.0 Εισαγωγή

Το κεφάλαιο αυτό αναφέρεται αρχικά στις τρεις εκδοχές της γνώσης οι οποίες εμπλέκονται στο σχεδιασμό και την εφαρμογή διδακτικών προσεγγίσεων, δηλαδή στην επιστημονική γνώση αναφοράς, στην πρακτικο-βιωματική γνώση των μαθητών/τριών και στη σχολική εκδοχή της επιστημονικής γνώσης. Στη συνέχεια, παρουσιάζεται το θεωρητικό πλαίσιο του διδακτικού μετασχηματισμού της επιστημονικής γνώσης αναφοράς σε σχολική γνώση και περιγράφονται όψεις του διδακτικού μετασχηματισμού των τριών διαστάσεων (εννοιολογικής, μεθοδολογικής, πολιτισμικής) της γνώσης αναφοράς σε σχολική γνώση. Τέλος, με βάση την έννοια του διδακτικού μετασχηματισμού της επιστημονικής σε σχολική γνώση περιγράφεται αναλυτικά ένα πρότυπο ταξινόμησης αναλυτικών προγραμμάτων φυσικών επιστημών το οποίο θα αποτελέσει το πλαίσιο για τη συγκρότηση διδακτικών ακολουθιών και ιδιαίτερα της προτεινόμενης διδακτικής ακολουθίας για την έννοια της ενέργειας.

#### 2.1 Οι τρεις εκδοχές της γνώσης και η Διδακτική των Φυσικών Επιστημών

Η Διδακτική των φυσικών επιστημών είναι αυτόνομο ερευνητικό πεδίο με ίδια επιστημολογική συγκρότηση και το οποίο χρησιμοποιεί ίδιες μεθοδολογικές προσεγγίσεις για να επιλύσει τα προβλήματα που θέτει κατά καιρούς (Κουλαϊδής, 2001β). Είναι μια αυτόνομη επιστημονική περιοχή η οποία έχει συγκροτηθεί σε στενή σχέση με τη φύση και τα χαρακτηριστικά της γνώσης των φυσικών επιστημών (Ραβάνης, 1995). Δεν εξειδικεύει βασικές παιδαγωγικές αρχές της Γενικής Διδακτικής, αλλά υιοθετεί στρατηγικές που σχετίζονται με τη διδασκαλία των φυσικών επιστημών την οποία αντιλαμβάνεται όχι ως γενική παιδαγωγική κατασκευή, αλλά ως μετασχηματισμό της επιστημονικής γνώσης αναφοράς, που στην περίπτωση μας είναι η γνώση των φυσικών επιστημών. Τα προβλήματα τα οποία διατυπώνονται, λοιπόν, στο πλαίσιο της Διδακτικής των φυσικών επιστημών, σχετίζονται άμεσα με τρεις μορφές γνώσης, οι οποίες εμπλέκονται στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών, καθώς και με τις αλληλεπιδράσεις που αναπτύσσονται μεταξύ τους. Οι τρεις αυτές μορφές γνώσης είναι οι εξής: η επιστημονική γνώση, η βιωματική γνώση και η σχολική εκδοχή της επιστημονικής γνώσης (ή, απλά, σχολική γνώση) (Κουλαϊδής, 1995, 2001β).

Η *επιστημονική γνώση* είναι αυτή που παράγεται στα πανεπιστήμια και στα ερευνητικά κέντρα των φυσικών επιστημών και κωδικοποιείται στα επιστημονικά περιοδικά και στα πανεπιστημιακά συγγράμματα. Σύμφωνα με τον Κολιόπουλο (2006α), συστατικά στοιχεία αυτής της γνώσης, τουλάχιστον όσον αφορά την επιστήμη της Φυσικής, είναι ότι αυτή συγκροτείται ως εννοιολογικός μετασχηματισμός του



πραγματικού αντικειμένου σε επιστημονικό αντικείμενο (*εννοιολογική* διάσταση της επιστημονικής γνώσης), η διαδικασία της συγκρότησης του επιστημονικού αντικειμένου ελέγχεται από πειραματικές συναλλαγές που προσιδιάζουν στη συγκεκριμένη επιστήμη (*μεθοδολογική* διάσταση της επιστημονικής γνώσης) και, τέλος, επειδή το πραγματικό αντικείμενο δίνεται στην επιστήμη που το σκοπεύει, αποκλειστικά και μόνο με τον τρόπο της κοινωνικά συγκροτημένης εμπειρίας, η διαδικασία του μετασχηματισμού του σε επιστημονικό αντικείμενο συνιστά μια κοινωνική διαδικασία (*πολιτισμική* διάσταση της επιστημονικής γνώσης) η οποία επηρεάζει τόσο την εννοιολογική όσο και τη μεθοδολογική διάσταση της επιστημονικής γνώσης. Για τη Διδακτική των φυσικών επιστημών, η επιστημονική γνώση επέχει τη θέση της *γνώσης αναφοράς*, δηλαδή της γνώσης σε σχέση με την οποία είναι δυνατόν να αξιολογηθούν τόσο οι άλλες δύο μορφές γνώσης που εμπλέκονται στη διαδικασία της διδασκαλίας των φυσικών επιστημών όσο και τα χαρακτηριστικά των αλληλεπιδράσεων ανάμεσα σ' αυτές.

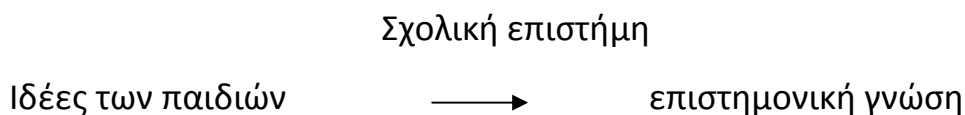
Με τον όρο *βιωματική γνώση* εννοείται ολόκληρη η πρώτη εμπειρική ύλη που έχει συσσωρεύσει το άτομο με την τριβή του με το φυσικό περιβάλλον και τις σχέσεις του με τους άλλους ανθρώπους. Με άλλους όρους, είναι το πλέγμα των σημασιών το οποίο οι μαθητές/τριες κατέχουν και χειρίζονται για το φυσικό περιβάλλον εκτός του σχολικού μηχανισμού (Κουλαϊδής & Κουζέλης, 1990). Το ενδιαφέρον της Διδακτικής των φυσικών επιστημών για τη βιωματική γνώση συνίσταται στην ανάδειξη της ως *πρότερης γνώσης*, δηλαδή ως σημαντικής γνώσης η οποία πρέπει να ληφθεί υπόψη πριν από τη διαδικασία της διδασκαλίας, ώστε όχι μόνο να γίνει αντιληπτή η ύπαρξη πιθανών εμποδίων στη μάθηση, αλλά να γίνει δυνατόν να καθοριστούν όσο το δυνατόν αποτελεσματικότερα οι σκοποί και οι στόχοι της διδασκαλίας. Η *σχολική γνώση* οικοδομείται στο πλαίσιο ειδικών συνθηκών, ξένων προς τη διαμόρφωση της επιστημονικής γνώσης και εντοπίζεται αφενός στα κείμενα των αναλυτικών προγραμμάτων και των σχολικών εγχειριδίων ή οδηγιών εκπαιδευτικού που σχετίζονται με τις φυσικές επιστήμες στις διάφορες εκπαιδευτικές βαθμίδες και αφετέρου στη γνώση για τις φυσικές επιστήμες, η οποία παράγεται κατά τη διάρκεια της διδασκαλίας των φυσικών επιστημών ως αλληλεπίδραση του τριγώνου εκπαιδευτικού, μαθητή και εκπαιδευτικού υλικού (Κολιόπουλος, 2006α).

Η σχολική γνώση, σε οποιαδήποτε από τις παραπάνω εκφάνσεις της, δεν είναι μόνο απλοποίηση αλλά όπως θα δούμε στην επόμενη ενότητα, ένας βαθύτερος μετασχηματισμός της φυσικο-επιστημονικής γνώσης. Η απλοποίηση για τις ανάγκες της διδασκαλίας της επιστημονικής γνώσης δεν υποδηλώνει αλλαγές στην ουσία ενός αντικειμένου και περιλαμβάνει: (α) την απλοποίηση του νοήματος των επιστημονικών όρων (*εννοιολογικό πεδίο*), (β) τον εμπλουτισμό του περιεχομένου με παραδείγματα τα οποία στηρίζονται στην εμπειρία του μαθητή, δηλαδή, είναι οικεία στο μαθητή/τρια και σύμφωνα με τα ενδιαφέροντά του (*μεθοδολογικό πεδίο*), (γ) τη συνάρτηση της επιστημονικής γνώσης με τον καθημερινό κόσμο (*πολιτισμικό πεδίο*) (Κουλαϊδής, 2001α). Ο Halwachs (1975) διακρίνει τη «φυσική του εκπαιδευ-

τικού» από τη «φυσική του επιστήμονα» ισχυριζόμενος ότι αυτή η φυσική θα πρέπει να ενσωματώνει στοιχεία από την ιδιαιτερότητα της παιδικής σκέψης, όπως για παράδειγμα το στοιχείο της αιτιότητας που φαίνεται να αποτελεί συστατικό στοιχείο των εξηγήσεων που δίνουν τα παιδιά, κάτι που δεν συμβαίνει υποχρεωτικά στην επιστημονική σκέψη.

Αν όλες οι προηγούμενες απόψεις θεωρηθούν έγκυρες, τότε φαίνεται ότι η μάθηση των φυσικών επιστημών και η κατάκτηση της επιστημονικής γνώσης σε σχολικό περιβάλλον δεν μπορεί να είναι μια απλή διαδικασία εξέλιξης και επαύξησης της βιωματικής γνώσης, αλλά μια σύνθετη και συστηματική διαδικασία υπέρβασης εννοιολογικών, μεθοδολογικών και πολιτισμικών εμποδίων.

Στο Σχήμα 2.1, περιγράφεται το 'πέραςμα' από τις πρώτες ιδέες των παιδιών (καθημερινή, βιωματική γνώση), στην φυσικο-επιστημονική γνώση, μέσω της σχολικής γνώσης .



**Σχήμα 2.1:** Οι τρεις εκδοχές της γνώσης και η σχέση τους στη διδακτική (Πηγή: Κουλαϊδής & Κουζέλης, 1990 και Matthews, 1998)

## 2.2 Ο διδακτικός μετασχηματισμός της γνώσης αναφοράς

Σε αντίθεση με την απλοποίηση, η έννοια του μετασχηματισμού υπογραμμίζει τις βαθιές αλλαγές που υφίσταται η φυσικο-επιστημονική γνώση προκειμένου να αποκτήσει χαρακτηριστικά σχολικής γνώσης. Η διαμόρφωση των χαρακτηριστικών αυτών μπορεί να κατανοηθεί με τη βοήθεια της έννοιας της *αναπλαισίωσης*. Με τον όρο αναπλαισίωση, εννοούμε τις διαφοροποιήσεις τις οποίες υφίστανται τα στοιχεία της επιστημονικής γνώσης στο σχολικό πλαίσιο. Η διαδικασία της αναπλαισίωσης, δηλαδή περιλαμβάνει την επιλογή, την απλούστευση, τη συμπύκνωση και την επεξεργασία μέσω της οποίας, η επιστημονική γνώση μετασχηματίζεται σε 'διδασκτέα ύλη' (Bernstein, 1991).

Σύμφωνα με τον Chevallard (1985), ο διδακτικός μετασχηματισμός είναι το σύνολο των τροποποιήσεων που υφίσταται το περιεχόμενο της επιστημονικής γνώσης όταν αυτή πρόκειται να αποτελέσει αντικείμενο προς διδασκαλία και αντικείμενο διδασκαλίας. Διακρίνει, δηλαδή, δύο στάδια διδακτικού μετασχηματισμού: τον α' διδακτικό μετασχηματισμό και τον β' διδακτικό μετασχηματισμό. Ο α' διδακτικός μετασχηματισμός αφορά τις τροποποιήσεις που υφίσταται το περιεχόμενο μιας έννοιας για να διαμορφωθεί σε *αντικείμενο προς διδασκαλία*, δηλαδή, για να αποτελέσει την αντίληψη η οποία καταγράφεται ή υπονοείται στα επίσημα κείμενα (νόμοι, διατάγματα) και αποτυπώνεται στα σχολικά εγχειρίδια

και στις οδηγίες για τους εκπαιδευτικούς. Ο β' διδακτικός μετασχηματισμός αναφέρεται στο μετασχηματισμό του αντικείμενου προς διδασκαλία σε *αντικείμενο διδασκαλίας*. Στη διαμόρφωση του αντικείμενου διδασκαλίας λαμβάνονται υπόψη οι πραγματικές συνθήκες λειτουργίας του εκπαιδευτικού συστήματος όπως, για παράδειγμα, η απαίτηση να οριστεί μια ακολουθία μέσα στο χρόνο για το αντικείμενο διδασκαλίας (σειρά μαθημάτων) και οι προτεραιότητες που θέτει ο εκπαιδευτικός όταν χειρίζεται το αντικείμενο προς διδασκαλία μέσα στην τάξη.

Ο Develay (1992) διευρύνει την έννοια του διδακτικού μετασχηματισμού ακόμα και προς τις αφομοιούμενες από τους μαθητές γνώσεις. Έτσι διακρίνει τρία διαφορετικά επίπεδα διδακτικού μετασχηματισμού: Αυτό του μετασχηματισμού της επιστημονικής γνώσης σε γνώση προς διδασκαλία, το οποίο αναφέρεται, κυρίως, στο σχεδιασμό αναλυτικών προγραμμάτων και εκπαιδευτικού υλικού. Αυτό του μετασχηματισμού της γνώσης προς διδασκαλία σε γνώση διδασκαλίας, το οποίο αναφέρεται, κυρίως, στις αντιλήψεις και τις δραστηριότητες του εκπαιδευτικού και, τέλος, αυτό του μετασχηματισμού της γνώσης διδασκαλίας σε γνώση του μαθητή/τρια, που αφορά τις δραστηριότητες και τις γνωστικές λειτουργίες του μαθητή/τρια. Αν στη διαδικασία αυτή συμπεριλάβουμε και τη βιωματική γνώση με την οποία είναι εφοδιασμένοι οι μαθητές/τριες, τότε είμαστε σε θέση να αρχίσουμε να αντιλαμβανόμαστε τη σύνθετη φύση του εγχειρήματος της διάδοσης και εκμάθησης της επιστημονικής γνώσης στο πλαίσιο των τυπικών μορφών εκπαίδευσης.

Ο Martinand (1986) εμπλούτισε το περιεχόμενο της έννοιας του διδακτικού μετασχηματισμού εισάγοντας την έννοια 'κοινωνικές πρακτικές αναφοράς' ισχυριζόμενος ότι η γνώση που πρόκειται να γίνει αντικείμενο διδασκαλίας δεν μπορεί να αποτελεί μετασχηματισμό μόνο της γνώσης που προκύπτει από την επιστημονική έρευνα, αλλά και της γνώσης και των άλλων πρακτικών και κοινωνικών δραστηριοτήτων, όπως οι τεχνολογικές και παραγωγικές δραστηριότητες, ακόμα και οι οικιακές ή άλλες πολιτιστικές δραστηριότητες.

Σύμφωνα με όλους τους παραπάνω ερευνητές, η έννοια του διδακτικού μετασχηματισμού μας επιτρέπει να αντιληφθούμε ότι η σχολική επιστημονική γνώση αποτελεί κατασκευή με αυτόνομα χαρακτηριστικά και ιδιαιτερότητες σε σχέση με την επιστημονική γνώση, δηλαδή, δεν αποτελεί απλοποίηση της επιστημονικής γνώσης. Πού οφείλεται αυτή η αυτονομία; Καταρχήν, στις κοινωνικές ανάγκες οι οποίες επηρεάζουν τη σχολική επιστημονική γνώση μέσω των διδακτικών σκοπών και στόχων της διδασκαλίας των φυσικών επιστημών. Είναι διαφορετικό να διδάσκεται ένα εκπαιδευτικό αντικείμενο ως σύστημα γνώσεων με την αυστηρή εσωτερική λογική την οποία διαθέτει ο αντίστοιχος επιστημονικός τομέας και διαφορετικό ως εργαλείο το οποίο εξυπηρετεί άλλους σκοπούς, όπως η απόκτηση επιστημονικής καλλιέργειας ή η απόκτηση εξειδικευμένων τεχνικών γνώσεων (Tiberghien, 1989). Για παράδειγμα, η σχολική επιστημονική γνώση που σχετίζεται με την έννοια 'ενέργεια' είναι δυνατόν να διαφέρει όταν ο εκ-

παιδευτικός στόχος είναι η εκμάθηση της στο πλαίσιο της φυσικής ή όταν ο εκπαιδευτικός στόχος είναι η κατανόηση και εφαρμογή δραστηριοτήτων εξοικονόμησης ενέργειας εξαιτίας συγκεκριμένων κοινωνικών αναγκών και απαιτήσεων.

Η συγκρότηση σε αναλυτικό πρόγραμμα της επιστημονικής γνώσης επιτρέπει την αναπλαισίωσή της, η οποία επιβάλλεται από τις απαιτήσεις και τους περιορισμούς που θέτει το εκπαιδευτικό πλαίσιο, όπως π.χ. τη 'λογική' τάξη που ακολουθείται στα κείμενα που αφορούν το αναλυτικό πρόγραμμα, η οποία ελάχιστη σχέση έχει με τα προβλήματα που απασχόλησαν τους επιστήμονες. Η συγκρότηση σε πρόγραμμα της επιστημονικής γνώσης οδηγεί, για παράδειγμα, στη λήψη αποφάσεων σχετικά με το ποιές έννοιες πρέπει να διδάσκονται πριν ή μετά από κάποιες άλλες με βάση τη σχετική δυσκολία τους. Επίσης, στο σχολικό πλαίσιο, το περιεχόμενο των φυσικών εννοιών μπορεί να μεταβληθεί και οι σχέσεις τους να *ανασυντεθούν* βάσει του δικτύου εννοιών που αποτελούν το εννοιολογικό πλαίσιο αναφοράς, επειδή πρέπει να κατακερματισθούν σε μια ακολουθία ενοτήτων (Κολιόπουλος, 2006α).

Σε σχέση με τη συγκρότηση του αντικειμένου προς διδασκαλία, ο διδακτικός μετασχηματισμός αναφέρεται, συνήθως, στο αποτέλεσμα μιας υπονοούμενης διαδικασίας κατά τη διάρκεια της οποίας αποφασίζονται αλλαγές στο περιεχόμενο των αναλυτικών προγραμμάτων ή άλλου εκπαιδευτικού υλικού οι οποίες είναι περισσότερο προϊόν εμπειρίας παρά επιστημονική κατασκευή (Κολιόπουλος & Ραβάνης, 2001). Ο διδακτικός μετασχηματισμός, όμως, είναι δυνατόν να λειτουργήσει και ως εργαλείο ανάλυσης, αξιολόγησης και κυρίως σχεδιασμού ενός αναλυτικού προγράμματος φυσικών επιστημών. Και αυτό διότι πίσω από τα κείμενα, τα σημεία και τους κώδικες του προγράμματος κρύβεται η διαδικασία του μετασχηματισμού της επιστημονικής γνώσης, η οποία είναι δυνατόν να *νοηματοδοτήσει* και να *ερμηνεύσει* τα κείμενα, τα σημεία και τους κώδικες. Στο πλαίσιο αυτό, η έννοια του διδακτικού μετασχηματισμού αποτέλεσε σημαντικό *εργαλείο έρευνας και ανάπτυξης* για διάφορους ερευνητές της Διδακτικής των φυσικών επιστημών.

Στις επόμενες ενότητες θα δούμε περιπτώσεις διδακτικού μετασχηματισμού των συνιστωσών της επιστημονικής γνώσης (εννοιολογικής, μεθοδολογικής, πολιτισμικής) κατά την διαδικασία συγκρότησης της σχολικής γνώσης των φυσικών επιστημών.

### **2.2.1 Ο διδακτικός μετασχηματισμός της εννοιολογικής διάστασης της γνώσης αναφοράς**

Στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση εξαιτίας της ελλιπούς λογικο-μαθηματικής συγκρότησης των μαθητών/τριών ή της μη εξειδικευμένης κατάρτισης των εκπαιδευτικών, οι έννοιες και τα φαινόμενα των φυσικών επιστημών παρουσιάζονται χωρίς τον ανάλογο μαθηματικό χαρακτήρα της επιστημονικής γνώσης (παντελής απουσία μαθηματικού φορμαλισμού). Έτσι, εμφανίζονται αναλυτικά προγράμματα και εκπαιδευτικό υλικό που επικεντρώνουν το ενδιαφέρον τους στην ποιοτική διάσταση της εννοιολο-

γικής συνιστώσας της επιστημονικής γνώσης. Είναι αυτά τα προγράμματα και αυτό το υλικό επιστημολογικά έγκυρα ή πρόκειται απλώς για παιδαγωγικές κατασκευές οι οποίες λειτουργούν ανεξάρτητα από την επιστημονική γνώση αναφοράς;

Υπάρχει, εντέλει, μια επιστημολογικά έγκυρη, 'ποιοτική φυσική' κατάλληλη προς διδασκαλία; Και αν ναι, ποια είναι η φύση και τα χαρακτηριστικά της; Ασφαλώς, το ερώτημα αυτό δεν είναι δυνατόν να διατυπωθεί παρά στο πλαίσιο ενός προβληματισμού που στον πυρήνα του βρίσκεται η έννοια του διδακτικού μετασχηματισμού της επιστημονικής σε σχολική γνώση (Κολιόπουλος, 2006α).

Μια από τις διάφορες σημασίες που μπορεί να λάβει ο όρος 'ποιοτική φυσική' αφορά στη χρήση εκ μέρους των μαθητών λογικο-μαθηματικών σχέσεων, οι οποίες μπορεί να εκφράζονται και με τη φυσική γλώσσα χωρίς τη χρήση μαθηματικών (Antoine, 1982). Αυτό δεν σημαίνει, βέβαια, ότι αποκλείεται η ποσοτική διάσταση των εννοιών η οποία επιτυγχάνεται μέσω της διαδικασίας της *μέτρησης*. Η ποιοτική φυσική αυτού του τύπου είναι δυνατόν να εμπλέξει μαθητές/τριες όλων των εκπαιδευτικών βαθμίδων (αλλά κυρίως των βαθμίδων της προσχολικής και πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης) σε αυθεντικές επιστημονικές δραστηριότητες και να οδηγήσει στην οικοδόμηση ποιοτικών εννοιολογικών πλαισίων. Στη βιβλιογραφία αναφέρονται παραδείγματα διδακτικού μετασχηματισμού της επιστημονικής γνώσης που κατατείνουν στην οικοδόμηση ποιοτικών εννοιολογικών πλαισίων και αφορούν και τις τρεις βαθμίδες εκπαίδευσης. Για παράδειγμα, στο επίπεδο της προσχολικής εκπαίδευσης, αρκετές ερευνητικές εργασίες έχουν καταδείξει ότι είναι δυνατός ο σχεδιασμός διδακτικών παρεμβάσεων με κατάλληλες δραστηριότητες οι οποίες οδηγούν τα παιδιά που φοιτούν σε αυτές τις βαθμίδες να οικοδομήσουν ποιοτικά εννοιολογικά πλαίσια φυσικών επιστημών, τα λεγόμενα *πρόδρομα μοντέλα* (Ravanis, 2005). Παραδείγματα διδακτικού μετασχηματισμού της εννοιολογικής συνιστώσας της επιστημονικής γνώσης προς την κατεύθυνση των ποιοτικών εννοιολογικών πλαισίων έχουμε και στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση. Χαρακτηριστικά παραδείγματα, αποτελούν οι εργασίες των Καμίδου, Σπύρτου & Καριώτογλου (2007), Κολιόπουλος & Αργυροπούλου (2010), Colonnese et al (2012) και Hammer, Goldberg & Fargason (2012), όπου μαθητές /τριες που φοιτούν στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση φαίνεται να είναι σε θέση να κατασκευάζουν ποιοτικά εξηγητικά μοντέλα για την ενέργεια.

Το ερώτημα, συνεπώς, αν υπάρχει επιστημολογικά έγκυρη ποιοτική φυσική για τη διδασκαλία των φυσικών επιστημών (και ειδικότερα για τη βαθμίδα της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης που μας ενδιαφέρει εδώ) φαίνεται να έχει θετική απάντηση, αν προσεγγιστεί με όρους διδακτικού μετασχηματισμού της επιστημονικής σε σχολική γνώση, υπό την προϋπόθεση, δηλαδή, της ακριβούς περιγραφής των διαφορών ανάμεσα στα δύο είδη γνώσης και, ενδεχομένως, των (μεθοδολογικών και πολιτισμικών) συνθηκών εντός των οποίων παράγονται αυτές οι διαφορές.

### 2.2.2 Ο διδακτικός μετασχηματισμός της μεθοδολογικής διάστασης της γνώσης αναφοράς

Η μεθοδολογική διάσταση της επιστημονικής γνώσης αφορά τον τρόπο και τη μέθοδο με τα οποία παράγεται αυτή η γνώση. Οι σχετικές επιστημολογικές διαμάχες μας προειδοποιούν ότι η διάσταση αυτή της επιστημονικής γνώσης για τη Διδακτική των φυσικών επιστημών δεν πρέπει να θεωρηθεί δεδομένη, αλλά καθορίζεται από τις επιστημολογικές επιλογές των ερευνητών που μελετούν περιπτώσεις διδακτικών μετασχηματισμών (Arsac, Develay & Tiberghien, 1989). Οι Gil Perez & Carrascosa (1985) αποδίδουν ιδιαίτερη σημασία στη μεθοδολογική συνιστώσα της επιστημονικής γνώσης και ισχυρίζονται ότι υπάρχει ανάγκη για μια αλλαγή όχι μόνο στις εννοιολογικές αλλά και μεθοδολογικές νοητικές παραστάσεις των μαθητών/τριών ώστε να οικοδομηθεί στους μαθητές/τριες μια πληρέστερη εικόνα για την επιστημονική γνώση. Όπως υποστηρίζει ο Ραβάνης (1995), η σύγχρονη Διδακτική της φυσικής «απαιτεί και την αφομοίωση της επιστημονικής μεθοδολογίας, την κριτική στάση απέναντι στις επιστήμες και τις εφαρμογές τους...» από το μαθητή/τρια. Ο δε Τσελφές (2002) αναγνωρίζει το πρόβλημα των επιστημολογικών και μεθοδολογικών αναπαραστάσεων των μαθητών/τριών και της χρήσης τους μέσα στο εργαστήριο φυσικών επιστημών. Την επιστημονική μεθοδολογία, ο μαθητής/τρια όμως την αντιλαμβάνεται διαφορετικά και ανάλογα με τις εικόνες της επιστήμης έτσι όπως παρουσιάζονται από τα σχολικά εγχειρίδια. Το ερώτημα που προκύπτει είναι: Ποιες 'εικόνες' της επιστήμης προωθούνται περισσότερο κατά την διδακτική διαδικασία των φυσικών επιστημών στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση;

*Η εμπειρικο-επαγωγική μεθοδολογική προσέγγιση* είναι μάλλον η πλέον σημαντική εικόνα η οποία αναδεικνύεται στα σχολικά εγχειρίδια της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης. Γενικά, η εμπειρικο-επαγωγική προσέγγιση (σύμφωνα με την οποία κάθε έγκυρη γνώση προέρχεται από την εμπειρία και θεμελιώνεται σ' αυτήν) αν και δεν φαίνεται πλέον να γίνεται αποδεκτή από μεγάλο μέρος των φιλοσόφων των φυσικών επιστημών, ωστόσο, «ζει και βασιλεύει» στον κόσμο της εκπαίδευσης (Κολιόπουλος, 2006α). Αυτή η εικόνα της επιστήμης φαίνεται ότι σε μεγάλο βαθμό διαμορφώνει την αντίληψη για το τι είναι επιστήμη και τι μετρά ως επιστημονική γνώση σε όλες εκείνες τις ομάδες που εμπλέκονται με άμεσο ή έμμεσο τρόπο στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών, δηλαδή τους διδάσκοντες, τους μαθητές/τριες αλλά και στα μέλη των επιστημονικών κοινοτήτων που παράγουν επιστημονική γνώση (Κουλαϊδής 2001β). Το πρόβλημα, στην περίπτωση της διδασκαλίας της ενέργειας, ανακύπτει από το ότι η έννοια αυτή είναι μια τυπική έννοια ή οποία δεν οικοδομείται απ' ευθείας από εμπειρικά δεδομένα αλλά απαιτεί μια πορεία επίλυσης προβλημάτων και διατύπωσης υποθέσεων που θα οδηγήσει στην οικοδόμηση της (Lemeignan & Weil-Barais, 1997). Συνεπώς, η εμπειρικο-επαγωγική εικόνα της επιστήμης, που συνήθως, εμφανίζεται στα προγράμματα φυσικών επιστημών της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης χρειάζεται να αντικατασταθεί (εν μέρει η συνολικά) από μια συνεπέστερη εικόνα για την οικοδόμηση της επιστημονικής γνώσης, την *υποθετικο - παραγωγική μεθοδολογική προσέγγιση*. Οι αρχές του υποθετικο-

παραγωγικού συλλογισμού, σύμφωνα με τον Popper, που είναι ο βασικός εκφραστής της υποθετικο - παραγωγικής εικόνας της επιστημονικής γνώσης και θεμελιωτής αυτού του επιστημονικού ρεύματος είναι (α) Ο παραγωγικός τρόπος πειραματικού ελέγχου των θεωριών και (β) η αρχή της διαψευσιμότητας ως κριτήριο οροθέτησης: Η επιστημονική γνώση παράγεται μέσα από μια διαδικασία διαψεύσεων συγκεκριμένων υποθέσεων. Αλλά και αυτή η προσέγγιση, εμφανίζεται μετασχηματισμένη στα σχολικά εγχειρίδια. Ο Κουλαϊδής (2001γ), ο οποίος διερευνά περιπτώσεις εφαρμογής του υποθετικο - παραγωγικού λογικού σχήματος στη διδασκαλία του ελληνικού προγράμματος της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης «*Ερευνώ τον Φυσικό Κόσμο*», επισημαίνει ότι η εικόνα της επιστημονικής γνώσης που προωθείται είναι ριζικά διαφορετική από αυτή που προτείνει ο Popper και ότι πρόκειται, μάλλον, για αναπλαισίωση ενός προτύπου της επιστημονικής γνώσης στο οποίο ο συμπερασμός συνδυάζει πορεία από το γενικό προς το ειδικό και επιβεβαίωση της θεωρίας μέσω της παρατήρησης.

### **2.2.3 Ο διδακτικός μετασχηματισμός της πολιτισμικής διάστασης της γνώσης αναφοράς**

Η πολιτισμική συνιστώσα συνδέεται με μια τρίτη διάσταση της υπόστασης της επιστημονικής γνώσης η οποία αναφέρεται στις αξίες, στην εγκυρότητα και εν γένει στα κοινωνικά χαρακτηριστικά αυτής της γνώσης. Η πολιτισμική συνιστώσα της επιστημονικής γνώσης μπορεί να εμφανισθεί στην εκπαίδευση, και ιδιαίτερα στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση, μέσω (α) της Ιστορίας των φυσικών επιστημών, (β) των δραστηριοτήτων της καθημερινής ζωής, (γ) των τεχνολογικών ζητημάτων που συνδέονται με την επιστημονική γνώση και (δ) των σχέσεων επιστήμης και πολιτισμού όπως αυτές αναπτύσσονται στο σύγχρονο κόσμο (Matthews, 2007).

Η χρήση της *ιστορίας των φυσικών επιστημών* στη διδασκαλία αποτελεί ένα πεδίο έρευνας στη Διδακτική των φυσικών επιστημών το οποίο αναπτύσσεται ιδιαίτερος τα τελευταία χρόνια (Matthews, 2007; Skordoulis, 2009; Hottecke & Silva, 2010). Ένας από τους λόγους εισαγωγής της Ιστορίας των φυσικών επιστημών στη διδασκαλία είναι η πεποίθηση πως μπορεί να συμβάλλει στη γνωστική πρόοδο των μαθητών σε θέματα φυσικών επιστημών (Κολιόπουλος, 2012). Στο πλαίσιο αυτό, η Ιστορία των φυσικών επιστημών μπορεί να φανεί χρήσιμη στη διδασκαλία σε διάφορες περιπτώσεις όπως όταν οι αντιλήψεις των μαθητών/τριών για κάποιο θέμα είναι ανεπαρκείς ή όταν το εννοιολογικό πεδίο είναι ιδιαίτερα αφηρημένο, όπως στην περίπτωση της έννοιας της ενέργειας.

Ζητήματα και προβλήματα της *καθημερινής ζωής* είναι ένα σύνθημα θεματικό περιβάλλον εντός του οποίου είναι δυνατόν να εισαχθεί στη διδασκαλία η πολιτισμική συνιστώσα της επιστημονικής γνώσης. Μια τάση, η οποία συγκροτήθηκε κατά τη διάρκεια της εμφάνισης των μεγάλων καινοτομιών στα αναλυτικά προγράμματα φυσικών επιστημών στις δεκαετίες '60 και '70, είναι αυτή της πρόταξης του θεματικού απέναντι στο εννοιολογικό. Έτσι εμφανίζονται προγράμματα που έχουν μεν ως στόχο την εκμά-

θηση βασικών εννοιών και μεθοδολογικών διαδικασιών των φυσικών επιστημών, ενταγμένων όμως σε ένα θεματικό πλαίσιο. Η περίπτωση της διδασκαλίας της έννοιας 'ενέργεια' στο πλαίσιο θεματικών ενοτήτων που σχετίζονται με την εξοικονόμηση ενέργειας ή τους περιβαλλοντικούς κινδύνους είναι χαρακτηριστικό παράδειγμα αυτής της τάσης (πχ, στο γαλλικό πρόγραμμα *Libres Parcours – Agabra et al.*, 1979).

Η σχέση τεχνολογίας και επιστήμης όσο σύνθετη και να είναι, αποτελεί ένα προνομιακό πεδίο εισαγωγής επιστημονικών εννοιών τόσο διότι η σχέση αυτή είναι ιδιαίτερα στενή (Layton, 2004; Solomon, 2000), όσο και διότι φαίνεται ότι ο τρόπος προσέγγισης της επιστήμης μέσω τεχνολογικών προβλημάτων ταιριάζει με τα ενδιαφέροντα των παιδιών (τεχνολογικός σχεδιασμός) και καθιστά την επιστημονική συζήτηση περισσότερο ακριβή και συγκεκριμένη (Roth, 2001). Η τεχνολογία της ενέργειας μπορεί να αποτελέσει προνομιακό πεδίο εισαγωγής της έννοιας στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση (Τσαγλιώτης, 2006). Τέλος, άλλα πεδία της ανθρώπινης σκέψης και δραστηριότητας, όπως για παράδειγμα η τέχνη, είναι δυνατόν να αποτελέσουν πολιτισμικά πεδία αναφοράς κατά τη διάρκεια του μετασχηματισμού της γνώσης αναφοράς σε σχολική γνώση (Agaraki & Koliopoulos, 2010).

### **2.3 Η δημιουργία διδακτικών ακολουθιών**

Οι διδακτικές ακολουθίες είναι διδακτικές παρεμβάσεις μεσαίας κλίμακας, δηλαδή παρεμβάσεις που εφαρμόζονται σε λίγες διδακτικές ώρες, και στη σύγχρονη βιβλιογραφία θεωρούνται δυναμικά εργαλεία για να βελτιώσουμε τη διδασκαλία και τη μάθηση στις φυσικές επιστήμες (Kariotoglou, Psillos & Tselfes, 2003; Meheut, 2005).

Οι διδακτικές ακολουθίες δομούνται πάνω σε δύο διαστάσεις, την 'επιστημονική' και την 'παιδαγωγική' διάσταση. Η 'επιστημονική' διάσταση αφορά το διδακτικό μετασχηματισμό της επιστημονικής γνώσης, ενώ η 'παιδαγωγική' διάσταση αφορά τη σχέση μεταξύ εκπαιδευτικού και μαθητών/τριών ή τη διδακτική μέθοδο που εφαρμόζεται στη διδακτική ακολουθία ή το ρόλο του/της εκπαιδευτικού και τον αντίστοιχο των μαθητών/τριών (Meheut & Psillos, 2004).

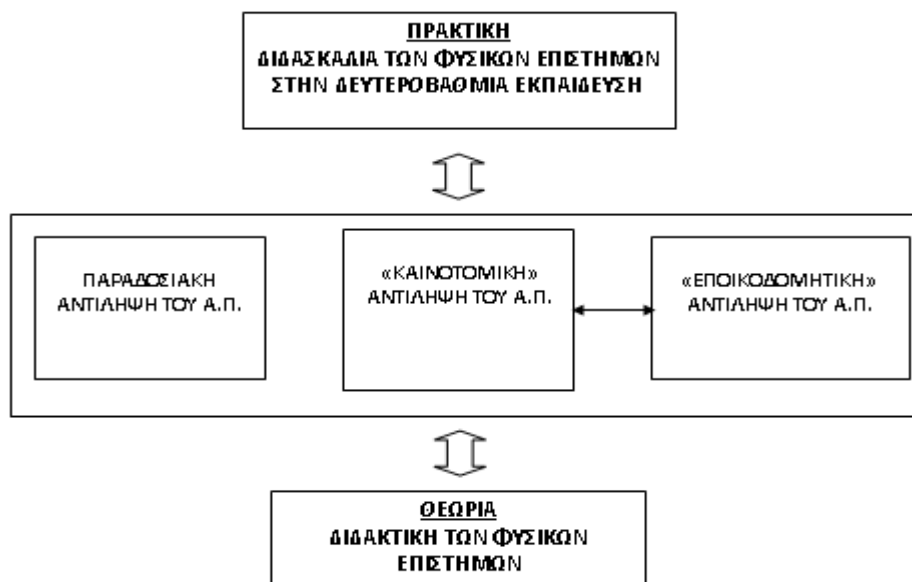
Ο συνδυασμός αυτών των δύο διαστάσεων κατά τη δημιουργία διδακτικών ακολουθιών εντάσσεται και συνδιαμορφώνεται στο πλαίσιο δεδομένων *αντιλήψεων* για το αναλυτικό πρόγραμμα εντός του οποίου θα λειτουργήσει. Κατά συνέπεια, για τη δημιουργία διδακτικών ακολουθιών της σχολικής γνώσης (που θα συγκροτείται ως μετασχηματισμός ενός συνδυασμού της επιστημονικής και της βιωματικής γνώσης), απαραίτητη προϋπόθεση αποτελεί η επιλογή μιας λειτουργικής αντίληψης για το αναλυτικό πρόγραμμα των φυσικών επιστημών μεταξύ των διαφόρων ταξινομήσεων των αντιλήψεων που έχουν προταθεί. Στη συνέχεια, θα αναφερθούμε αναλυτικά στο πρότυπο ταξινόμησης αναλυτικών προγραμμάτων φυσικών



επιστημών που εισάγει ο Κολιόπουλος (2006α), μιας και είναι αυτό που αποτελεί κατευθυντήριο άξονα στο σχεδιασμό μιας διδακτικής ακολουθίας στα πλαίσια της εργασίας μας.

## 2.4 Οι αντιλήψεις για τα αναλυτικά προγράμματα Φυσικών Επιστημών

Η ανάλυση του περιεχομένου μιας σειράς ελληνικών και διεθνών θεματικών αναλυτικών προγραμμάτων κορμού φυσικών επιστημών από τη σκοπιά του διδακτικού μετασχηματισμού οδήγησε τον Κολιόπουλο (2006α), στη συγκρότηση ενός προτύπου ταξινόμησης αυτών των προγραμμάτων. Σύμφωνα μ' αυτό, τα προγράμματα ταξινομούνται σε τρεις μεγάλες κατηγορίες, καθεμία από τις οποίες συγκροτεί μια *αντίληψη* για το είδος μετασχηματισμού της επιστημονικής γνώσης στη σχολική εκδοχή της. Μια σχηματική παράσταση αυτού του προτύπου φαίνεται στο *Σχήμα 2.2*.



**Σχήμα 2.2:** Ένα πρότυπο ταξινόμησης αναλυτικών προγραμμάτων φυσικών επιστημών (Κολιόπουλος, 1997, 2006α)

Τα γενικά χαρακτηριστικά αυτού του προτύπου ταξινόμησης είναι δυνατόν να εξηγήσουν στοιχεία της δομής, του περιεχομένου και των δραστηριοτήτων που προτείνουν τα πραγματικά προγράμματα. Τυπικά παραδείγματα της *εξηγητικής* λειτουργίας του συγκεκριμένου προτύπου ταξινόμησης αποτελεί η χρήση της στην ανάλυση τόσο του εννοιολογικού όσο και του πολιτισμικού χαρακτήρα αναλυτικών προγραμμάτων και σχολικών εγχειριδίων σχετικών με τη διδασκαλία της έννοιας 'ενέργεια' (Κολιόπουλος, 1997; Σταυρόπουλος & Κολιόπουλος, 2005; Δελέγκος, 2006).

Η σημαντικότερη, όμως, λειτουργία του προτύπου είναι η χρήση του ως εργαλείου σχεδιασμού διδακτικού υλικού. Η *εργαλειακή* λειτουργία του προτύπου αφορά πρωτίστως την αναπτυξιακή έρευνα όπως η

δική μας, δηλαδή, το κομμάτι εκείνο της έρευνας στη Διδακτική των φυσικών επιστημών που ασχολείται με το σχεδιασμό, την εφαρμογή και την αξιολόγηση του διδακτικού υλικού των διδακτικών ακολουθιών, που υπερβαίνουν την παραδοσιακή αντίληψη για το αναλυτικό πρόγραμμα φυσικών επιστημών και επαναπροσδιορίζουν την εννοιολογική, μεθοδολογική και πολιτισμική διάσταση της σχολικής επιστημονικής γνώσης, ανάλογα με τις κοινωνικές, εκπαιδευτικές και επιστημονικές ανάγκες που εμφανίζονται. Αυτό το πρότυπο ταξινόμησης έχει ήδη χρησιμοποιηθεί ως εργαλείο σχεδιασμού εκπαιδευτικού υλικού σε αναπτυξιακές έρευνες σχετικές με τη διδασκαλία του εκκρεμούς και της έννοιας 'ενέργεια' σε μαθητές/τριες της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης και τη διδασκαλία του ηλεκτρομαγνητισμού σε μαθητές/τριες της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης (Koliopoulos & Ravanis, 1998; Koliopoulos, Dossis & Stamoulis, 2007).

Το προτεινόμενο αυτό πρότυπο ταξινόμησης βασίζεται στη διάκριση τριών αντιλήψεων τις οποίες υπηρετούν τα σχολικά αναλυτικά προγράμματα φυσικών επιστημών. Η καθεμία από τις αντιλήψεις αυτές αναφέρεται στο πώς ένα σχολικό αναλυτικό πρόγραμμα φυσικών επιστημών χειρίζεται τις έννοιες, τη μεθοδολογία και τα πολιτισμικά χαρακτηριστικά μιας ή περισσότερων θεματικών ενοτήτων. Πρόκειται για την *παραδοσιακή* αντίληψη, την *καινοτομική* αντίληψη και την *εποικοδομητική* αντίληψη για το αναλυτικό πρόγραμμα φυσικών επιστημών.

Στη συνέχεια θα αναφερθούμε επιγραμματικά στην παραδοσιακή αντίληψη (μιας και είναι έξω από το ερευνητικό μας ενδιαφέρον) και θα αναλύσουμε τη φύση και τα χαρακτηριστικά της *καινοτομικής* αντίληψης, όσο και της *εποικοδομητικής* αντίληψης για το αναλυτικό πρόγραμμα των φυσικών επιστημών και κατ' επέκταση, θα εξετάσουμε τη δυνατότητα συνθέσεων στο επίπεδο δημιουργίας διδακτικών ακολουθιών.

### *Η παραδοσιακή αντίληψη*

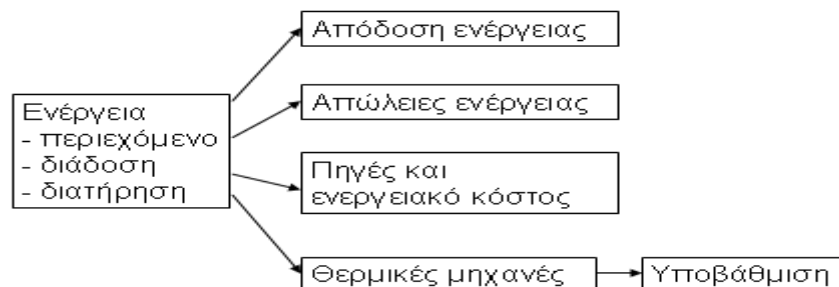
Η παραδοσιακή αντίληψη για το αναλυτικό πρόγραμμα φυσικών επιστημών, σύμφωνα με τον Κολιόπουλο (2006α), χαρακτηρίζεται από τα ακόλουθα τέσσερα στοιχεία, τα οποία εμφανίζονται ως διδακτικός μετασχηματισμός των τριών διαστάσεων της επιστημονικής γνώσης (εννοιολογικής, μεθοδολογικής, πολιτισμικής) σε σχολική γνώση: (α) την παράθεση, διασπορά ή/και ανάμειξη διαφορετικών εννοιολογικών πλαισίων, η οποία οφείλεται στον κατακερματισμό των θεματικών ή εννοιολογικών ενοτήτων (εννοιολογική διάσταση), (β) τη μαθηματοποιημένη σε μεγάλες εκπαιδευτικές βαθμίδες ή την 'ψευδοποιοτική' σε μικρότερες βαθμίδες πραγμάτευση εννοιών των φυσικών επιστημών (εννοιολογική διάσταση), (γ) την εμπειρικο-επαγωγική προσέγγιση η οποία βασίζεται στην αντίληψη ότι η επιστημονική γνώση παράγεται από τα δεδομένα της εμπειρίας, συνήθως με τη μορφή της εισαγωγής ενός πειράματος αναφοράς το οποίο αρκεί για να εισαχθεί, να επιβεβαιωθεί ή να εφαρμοστεί μια σχέση εννοιών

(μεθοδολογική διάσταση), και (δ) την υποβαθμισμένη χρήση των πολιτισμικών χαρακτηριστικών της επιστημονικής γνώσης (πολιτισμική διάσταση) η οποία εκφράζεται συνήθως μέσω της παράθεσης τεχνολογικών εφαρμογών της επιστημονικής γνώσης. Αυτά τα τέσσερα χαρακτηριστικά, όπως θα δούμε στη συνέχεια, ακυρώνονται στα πλαίσια των δύο άλλων αντιλήψεων, οι οποίες θ' αποτελέσουν και το επιστημολογικό υπόβαθρο του ερευνητικού σχεδιασμού της εργασίας μας.

### Η καινοτομική αντίληψη

Σε αντίθεση με την παραδοσιακή αντίληψη, η καινοτομική αντίληψη για το αναλυτικό πρόγραμμα των φυσικών επιστημών χαρακτηρίζεται από τα ακόλουθα τέσσερα στοιχεία τα οποία εμφανίζονται ως διδακτικός μετασχηματισμός των τριών διαστάσεων της επιστημονικής γνώσης (εννοιολογικής, μεθοδολογικής, πολιτισμικής), σε σχολική γνώση (Κολιόπουλος, 2006α):

- τη διαμόρφωση ευρέων θεματικών / εννοιολογικών ενοτήτων όπου η έμφαση δίδεται στη δομή της ενότητας ή/και στο λεγόμενο καθοδηγούν θέμα (εννοιολογική διάσταση). Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα προγράμματος διδασκαλίας όπου δίδεται έμφαση στη δομή μιας ευρείας ενότητας είναι το γαλλικό πρόγραμμα 'Libres Parcours' (Agabra et al, 1976). Στο πρόγραμμα αυτό, για κάθε ευρεία θεματική ενότητα, η οποία αντιστοιχεί σε διδακτικό χρόνο ενός τριμήνου περίπου, προτείνονται διαφορετικές εναλλακτικές δομές οργάνωσης του εννοιολογικού περιεχομένου της ενότητας. Αυτές οι δομές οργάνωσης αποτελούν παράλληλα εν δυνάμει εναλλακτικές πορείες διδασκαλίας τις οποίες μπορεί να επιλέξει ή/και να τροποποιήσει ο εκπαιδευτικός. Για παράδειγμα στην ενότητα 'Ενέργεια', η οποία απευθύνεται σε μαθητές/τριες της γ' γυμνασίου, προτείνεται η δομή που παρουσιάζεται στο *σχήμα 2.3*. Η κατευθυντήρια γραμμή εδώ είναι η παρατήρηση και ανάλυση πολλών φυσικών μεταβολών και η περιγραφή τους με όρους ενέργειας, τόσο σε ποιοτικό όσο και ποσοτικό επίπεδο.



**Σχήμα 2.3:** Η προτεινόμενη δομή για τη διδασκαλία της ενέργειας στο Γαλλικό πρόγραμμα *Libres Parcours*

Μια άλλη εκδοχή της ευρείας θεματικής ή/και εννοιολογικής ενότητας είναι η ενότητα να στηρίζεται στο καθοδηγούν θέμα. Πρόκειται για ένα θεματικό ή εννοιολογικό ζήτημα γύρω από το οποίο διαπλέκεται το αντίστοιχο εννοιολογικό πλαίσιο. Το καθοδηγούν θέμα δεν είναι αντικείμενο μελέτης αυτό καθαυτό, αλλά αποτελεί μάλλον μια δεξαμενή ιδεών, εξασφαλίζει την επικοινωνία με την πολιτισμική συνιστώσα της επιστημονικής γνώσης και λειτουργεί ως έρεισμα ή πυξίδα στη μελέτη της εννοιολογικής και μεθοδολογικής συνιστώσας της (Κολιόπουλος, 2006α). Τυπικά καθοδηγούνται θέματα για τον τομέα της ενέργειας μπορεί να είναι, για παράδειγμα, οι ‘ανανεώσιμες πηγές ενέργειας’, ‘Η παραγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας’, ‘η μέτρηση και η εξοικονόμηση ενέργειας στο σπίτι’.

- τη ‘σε βάθος’ πραγμάτευση ενός εννοιολογικού πλαισίου με παράλληλη εισαγωγή στοιχείων ‘ποιοτικής φυσικής’ (εννοιολογική διάσταση). Το στοιχείο της διαμόρφωσης ευρέων θεματικών / εννοιολογικών ενοτήτων οδηγεί κατευθείαν στο δεύτερο βασικό χαρακτηριστικό το οποίο αναφέρεται στη φύση και τα χαρακτηριστικά των χρησιμοποιούμενων εννοιολογικών πλαισίων. Σύμφωνα με την καινοτομική αντίληψη, η σε βάθος μελέτη ενός εννοιολογικού πλαισίου ή μικρού αριθμού εννοιολογικών πλαισίων είναι συμβατή με μια περισσότερη αυθεντική προσέγγιση των φυσικών επιστημών. Για παράδειγμα, η ενοποιητική φύση της έννοιας της ενέργειας είναι συμβατή με μια προσέγγιση η οποία την καθιστά καθοδηγητική αρχή του αναλυτικού προγράμματος φυσικών επιστημών (Κολιόπουλος, 1997), ενώ η διαφαινομενολογική φύση της προϋποθέτει την πραγμάτευση ενός ευρέως φάσματος (δια-) φαινομενολογικών καταστάσεων. Επίσης, δίνεται η δυνατότητα και ο απαραίτητος χρόνος στους μαθητές/τριες να οικοδομήσουν μια πληρέστερη εικόνα για μια τόσο σημαντική θεματική ενότητα του αναλυτικού προγράμματος. Ειδικότερα για την πρωτοβάθμια εκπαίδευση, ευρείες ενότητες για την ενέργεια εμφανίζονται σε διεθνή αναλυτικά προγράμματα ήδη από την περίοδο των πετρελαϊκών κρίσεων της δεκαετίας του 70’ (Κολιόπουλος, 1997). Η πετρελαϊκή κρίση κινητοποιεί τα εκπαιδευτικά συστήματα των αναπτυγμένων βιομηχανικά χωρών, τα οποία αντιδρούν στην κατασκευή Αναλυτικών Προγραμμάτων, όπου η έννοια της ενέργειας εμφανίζεται αναβαθμισμένη σε σχέση με το παραδοσιακό Αναλυτικό Πρόγραμμα. Οι επιδιώξεις και οι διδακτικοί σκοποί αυτών των προγραμμάτων αναφέρονται όχι μόνο στην κεντρική σημασία της έννοιας στην επιστήμη, αλλά και στο κοινωνικό ενδιαφέρον που προέρχεται από προβλήματα όπως η εξοικονόμηση ενέργειας. Τυπικός εκπρόσωπος αυτής της αντίληψης είναι το γαλλικό πρόγραμμα *Libres Parcours* (Κολιόπουλος, 2001).

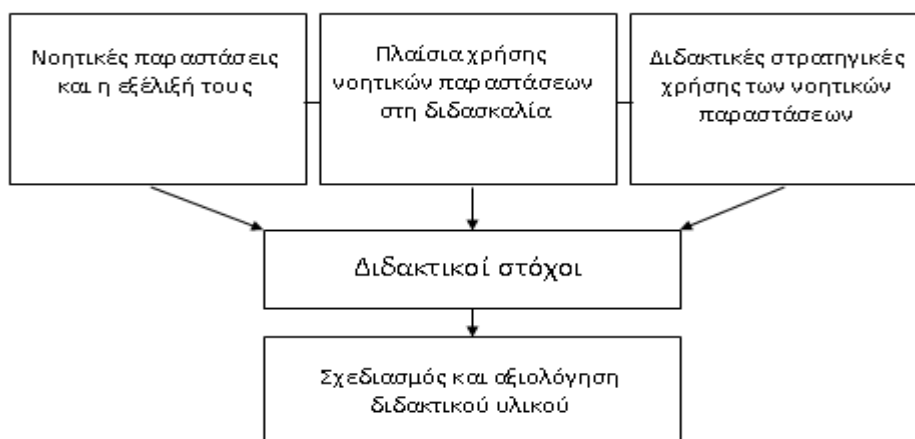
- την επίδραση της ‘υποθετικο-παραγωγικής’ μεθοδολογικής προσέγγισης (μεθοδολογική διάσταση). Η επίδραση της υποθετικο-παραγωγικής προσέγγισης εμφανίζεται στην καινοτομική αντίληψη με την έμφαση που δίνεται στην επίλυση προβλημάτων, και κυρίως μέσω του σχεδιασμού δραστηριοτήτων-προβλημάτων όπου «αναδεικνύεται η υποθετική υπόσταση των γνώσεων των φυσικών επιστημών, οι οποίες απορρέουν πλέον από τη μελέτη ενός ανοικτού προβλήματος και όχι άμεσα από την εμπειρία

και την παρατήρηση» (Κολιόπουλος, 2006α, σελ. 68). Παράλληλα, αναβαθμίζεται ο ρόλος της πειραματικής διδασκαλίας, αφού αυτή θεωρείται το φυσικό περιβάλλον επίλυσης των προτεινόμενων προβλημάτων και κατά συνέπεια ο ρόλος των μεθοδολογικών δεξιοτήτων. Στην καινοτομική αντίληψη, όμως, οι μεθοδολογικές δεξιότητες και ιδιαίτερα αυτές που σχετίζονται με την πειραματική διδασκαλία στο εργαστήριο δεν αποτελούν οι ίδιες αυτοσκοπό, αλλά εξυπηρετούν την επίλυση προβλημάτων και την επιτυχή αντιμετώπιση της πρακτικής εργασίας (Hodson, 1990).

- την οργανική ένταξη της πολιτισμικής διάστασης των φυσικών επιστημών στις διάφορες θεματικές ενότητες (πολιτισμική διάσταση). Στην καινοτομική αντίληψη, τα ζητήματα της καθημερινής ζωής, τα διάφορα τεχνολογικά προβλήματα ή τα ιστορικά κείμενα φυσικών επιστημών αποτελούν τα ίδια *σημεία αφετηρίας και πλαίσια διαπραγμάτευσης* της εννοιολογικής και μεθοδολογικής συνιστώσας της επιστημονικής γνώσης. Έτσι, τα πολιτισμικά χαρακτηριστικά αναγορεύονται σε αναγκαίο στοιχείο του σχεδιασμού του αναλυτικού προγράμματος και της εκπαιδευτικής διαδικασίας (Κολιόπουλος, 2006α). Η οργανική ένταξη της πολιτισμικής συνιστώσας της επιστημονικής γνώσης στο αναλυτικό πρόγραμμα για την ενέργεια, ακόμη και σε αυτό της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης, έχει τις ρίζες της στην περίοδο των πετρελαϊκών κρίσεων της δεκαετίας του 70' (Wenham, 1984; Kirwan, 1987), αλλά και στην εποχή μας η αναγκαιότητα της στενής σύνδεσης της εκπαίδευσης για την ενέργεια με τη κοινωνική διάσταση της έννοιας αναδεικνύεται όλο και περισσότερο και για όλο και μικρότερες ηλικίες (πχ, ευρωπαϊκά προγράμματα εκπαίδευσης στα πλαίσια της πρωτοβουλίας Intelligent Energy (2009).

### *Η εποικοδομητική αντίληψη*

Στην παρούσα εργασία θα εκλάβουμε την εποικοδομητική αντίληψη του αναλυτικού προγράμματος των φυσικών επιστημών όχι ως διδακτική μεθοδολογία όπως συνήθως εμφανίζεται στον ελληνικό χώρο (Κόκκοτας, 2003), μια άποψη η οποία άλλωστε έχει υποστεί έντονη κριτική (Millar, 1989; Solomon, 1994), αλλά ως εναλλακτικό *εργαλείο ανάλυσης και σχεδιασμού* του αναλυτικού προγράμματος φυσικών επιστημών, των τρόπων χρήσης των αντιλήψεων που εκφράζουν οι μαθητές/τριες και οι νοητικές παραστάσεις που έχουν για τα διάφορα φυσικά φαινόμενα και την εξήγησή τους (Κολιόπουλος, 2006α). Σύμφωνα με αυτή την προσέγγιση, τρεις αλληλο-συσχετιζόμενες *αποθήκες ιδεών* (ιδέες σχετικά με το περιεχόμενο των νοητικών παραστάσεων, τα πλαίσια χρήσης τους και οι στρατηγικές χρήσης τους) δίδουν πληροφορίες ο συνδυασμός των οποίων μπορεί να οδηγήσει στην κατ' αρχήν διατύπωση διδακτικών σκοπών και στόχων και κατόπιν, στο σχεδιασμό διδακτικού υλικού μικρής ή μεγάλης κλίμακας. Σχηματικά, η αντίληψη αυτή εκφράζεται στο *σχήμα 2.4*.



**Σχήμα 2.4:** Η εποικοδομητική αντίληψη ως εργαλείο διδακτικού μετασχηματισμού

Η αντίληψη αυτή αποσυνδέει τη διδακτική μεθοδολογία από το περιεχόμενο της σχολικής γνώσης. Με τον τρόπο αυτό, η εποικοδομητική διάσταση του προγράμματος διδασκαλίας και των διδακτικών ακολουθιών εκφράζεται 'παγωμένη' μέσα στους στόχους και στο περιεχόμενο των κειμένων του προγράμματος (πχ, σχολικό εγχειρίδιο, φύλλα εργασίας κλπ) (βλ. για την παρούσα μελέτη το κεφάλαιο 4). Εκεί λαμβάνονται υπ' όψιν τα βασικά χαρακτηριστικά των αντιλήψεων και των νοητικών παραστάσεων των μαθητών/τρών για την ενέργεια όπως έχουν κατά καιρούς διατυπωθεί στην ελληνική και διεθνή βιβλιογραφία καθώς και οι διδακτικές στρατηγικές αντιμετώπισής τους. Ο Κολιόπουλος (2006α) διακρίνει τέσσερις τέτοιες διδακτικές στρατηγικές: (α) την *ανάπτυξη αναπαραστάσεων αντικειμένων και γεγονότων*, όπου δημιουργούνται οι κατάλληλες συνθήκες ώστε οι μαθητές/τριες να αναπαραστήσουν φυσικά ή τεχνολογικά αντικείμενα, πειραματικές διατάξεις, γεγονότα ή σχέσεις μεταξύ γεγονότων σ' ένα συμβολικό επίπεδο χρησιμοποιώντας σχηματικές παραστάσεις ή λεκτικά σχήματα που να οδηγούν σε κάποιες γενικεύσεις, (β) την *εισαγωγή και ανάπτυξη αναλογικών μοντέλων* όπου οικοδομούνται από τους μαθητές ιδιότητες και σχέσεις ανάμεσα σε ένα γνωστό σ' αυτούς φυσικό σύστημα και σ' ένα καινούργιο σύστημα, (γ) τη *διαμόρφωση συνθηκών αποσταθεροποίησης και γνωστικής σύγκρουσης*, όπου οργανώνονται δραστηριότητες για να αντιπαρατεθούν δύο αντιφατικά εξηγητικά συστήματα, είτε για να διερευνηθούν τα όρια εγκυρότητας μιας νοητικής παράστασης σ' ένα συγκεκριμένο πλαίσιο και (δ) την *εισαγωγή και ανάπτυξη 'μοντέλων σπερμάτων'*, μια στρατηγική που επιλέγεται σε εκείνες τις περιπτώσεις όπου απαιτείται η οικοδόμηση από τους μαθητές/τριες ιδιαίτερα αφηρημένων εννοιών (όπως εί-

ναι η έννοια της ενέργειας), για τις οποίες είναι δύσκολο να υπάρξουν πρακτικο-βιωματικές νοητικές παραστάσεις.

Η γνώση όμως για τις νοητικές παραστάσεις των μαθητών/τριών και για τις στρατηγικές χρήσης τους δεν θα ήταν χρήσιμες αν δεν εντάσσονταν σε ένα επιστημολογικό πλαίσιο αντιμετώπισης των παραστάσεων αυτών από τη διδασκαλία (Κουζέλης, 2005). Διακρίνονται τέσσερα τέτοια επιστημολογικά πλαίσια χρήσης (Κουζέλης, 1991 στο Κολιόπουλος, 2006α): (α) *Το πλαίσιο αντικατάστασης* που θεωρεί τις νοητικές παραστάσεις ως λανθασμένες ιδέες και γι αυτό θα πρέπει ν' αποβληθούν και ν' αντικατασταθούν από τα εννοιολογικά πλαίσια της σχολικής επιστημονικής γνώσης, (β) *το πλαίσιο ενίσχυσης*, σύμφωνα με το οποίο οι νοητικές παραστάσεις αποτελούν ένα εναλλακτικό και ίδιας αξίας, ως προς την επιστημονική γνώση, σύστημα ιδεών το οποίο χρήζει ενίσχυσης κατά τη διάρκεια της διδασκαλίας, αφού μόνο μέσα από αυτό το σύστημα ιδεών αποκτά νόημα για τους μαθητές/τριες η νέα γνώση, (γ) *το πλαίσιο βελτίωσης*, που προσπαθεί να επιτύχει μια αμοιβαία προσέγγιση των βιωματικών νοητικών παραστάσεων και της επιστημονικής γνώσης ή μια βελτίωση των πρώτων με τη βοήθεια της δεύτερης και (δ) *Το πλαίσιο μετασχηματισμού και συμπλήρωσης*, το οποίο υποστηρίζει την ιδέα του ταυτόχρονου μετασχηματισμού και διατήρησης των νοητικών παραστάσεων στη διδασκαλία. Στη συγκεκριμένη εργασία υιοθετούνται τα πλαίσια (γ) και (δ) (βλ. ενότητα 3.4).

Η εποικοδομητική αντίληψη για το αναλυτικό πρόγραμμα φυσικών επιστημών φαίνεται να είναι απολύτως συμβατή με την καινοτομική αντίληψη. Η εισαγωγή ευρέων θεματικών ή/και εννοιολογικών ενοτήτων στη διδασκαλία και ακόμη περισσότερο, η 'σε βάθος' πραγμάτευση ενός εννοιολογικού πλαισίου ευνοεί την εισαγωγή και πραγμάτευση στοιχείων των αντιλήψεων και των νοητικών παραστάσεων των μαθητών στο αναλυτικό πρόγραμμα. Αντίθετα ο κατακερματισμός των θεματικών ενοτήτων και η παράθεση πολλών εννοιολογικών πλαισίων την καθιστά σχεδόν απαγορευτική. Η χρήση, επίσης, της υποθετικο-παραγωγικής προσέγγισης της γνώσης ταιριάζει απολύτως με τις διδακτικές στρατηγικές της χρήσης των νοητικών παραστάσεων των μαθητών/τριών αφού σε όλες τις περιπτώσεις οι στρατηγικές αυτές απαιτούν μια (αυθεντική) διαδικασία εγκυροποίησης υποθετικών εξηγήσεων της πραγματικότητας. Αντίθετα στην παραδοσιακή αντίληψη, αυτές οι στρατηγικές δε χρειάζονται διότι η εγκυροποίηση της γνώσης επιβάλλεται από το ίδιο το αναλυτικό πρόγραμμα.

## Κεφάλαιο 3

### Η επιστημονική γνώση αναφοράς, οι νοητικές παραστάσεις των μαθητών /τριών και το εκπαιδευτικό περιβάλλον για τη διδασκαλία της έννοιας 'ενέργεια'

#### 3.0 Εισαγωγή

Το παρόν κεφάλαιο αναφέρεται στο επίπεδο ανάλυσης της διατριβής και αποτελείται από τα εξής μέρη: α) από το πρώτο μέρος στο οποίο επιχειρείται η προσέγγιση της επιστημονικής γνώσης αναφοράς και της κατάλληλης σχολικής γνώσης σχετικά με την έννοια της ενέργειας, β) από το δεύτερο μέρος όπου γίνεται παρουσίαση των νοητικών παραστάσεων των παιδιών για την ενέργεια και οι στρατηγικές υπέρβασής τους και γ) από το τρίτο μέρος όπου αναλύεται το εκπαιδευτικό περιβάλλον και η διαπραγμάτευση της σχολικής γνώσης για την ενέργεια στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση.

#### 3.1 Η επιστημονική γνώση αναφοράς για την ενέργεια: Η μακροσκοπική θερμοδυναμική

Ο Feynman, ξεκινά τη συζήτηση της επιστημονικής έννοιας της ενέργειας ως ακολούθως:

«Υπάρχει ένα γεγονός, ή αν επιθυμείτε ένας νόμος, που κυβερνά όλα τα φυσικά φαινόμενα που είναι γνωστά μέχρι σήμερα. Δεν υπάρχει καμιά εξαίρεση σε αυτό το νόμο – είναι ακριβής ως το σημείο που είναι γνωστός. Ο νόμος αυτός είναι γνωστός ως διατήρηση της ενέργειας. Λέει πως υπάρχει μια συγκεκριμένη ποσότητα, την οποία αποκαλούμε ενέργεια, η οποία δεν μεταβάλλεται στις πολλαπλές αλλαγές που η φύση υφίσταται. Αυτή είναι μια αφηρημένη ιδέα περισσότερο καθώς αποτελεί μια μαθηματική αρχή. Σύμφωνα με αυτή υπάρχει μια αριθμητική ποσότητα, η οποία δεν αλλάζει όταν συμβεί κάτι. Δεν αποτελεί περιγραφή μηχανισμού, ή κάτι συγκεκριμένο. Είναι απλά ένα παράξενο γεγονός κατά το οποίο μπορούμε να υπολογίσουμε κάποιο αριθμό και όταν τελειώσουμε την παρατήρηση της φύσης με τα τεχνάσματά της και υπολογίσουμε τον αριθμό ξανά, παραμένει ίδιος» (Feynman et al, 1963, σελ. 4).

Παρ' όλο που ο Feynman περιγράφει την ουσία της έννοιας της ενέργειας η οποία σχετίζεται με τη διατήρηση της ποσότητας κατά τη διάρκεια των διαφόρων αλλαγών στο φαινομενολογικό επίπεδο, είναι αδύνατον, το εξαιρετικά αφηρημένο και μαθηματικοποιημένο αυτό νόημα της έννοιας, να αποτελέσει την επιστημονική γνώση αναφοράς για την εκπαίδευση παιδιών του δημοτικού σχολείου. Πριν απαντήσουμε στο ερώτημα αυτό κρίνουμε απαραίτητο να παρουσιάσουμε μερικές ακόμη κρίσιμες απόψεις για το επιστημονικό περιεχόμενο της ενέργειας.

Συνήθως η έννοια της ενέργειας εισάγεται στα σχολικά εγχειρίδια 'ως ικανότητα παραγωγής έργου'. Η προέλευση αυτού του ορισμού χρονολογείται από το 17<sup>ο</sup> αιώνα και χρησιμοποιείται και από πολλούς επιστήμονες του 19<sup>ου</sup> αιώνα (Trumpfer, 1990). Παρ' όλα αυτά, όταν καθιερώθηκε ο δεύτερος νόμος της Θερμοδυναμικής, έγινε σαφές ότι δεν μπορούν όλα τα είδη ενέργειας να παράγουν έργο. Γι' αυτό το



λόγο, ο Planck προέβλεψε στις αρχές του 20<sup>ου</sup> αιώνα ότι ο παραδοσιακός τρόπος εισαγωγής της ενέργειας σε συνδυασμό με την έννοια του έργου θα εξαφανιζόταν σε περίπου 20 χρόνια (Duit, 1986). Τώρα γνωρίζουμε ότι είχε άδικο: διαδοχικές αναλύσεις εγχειριδίων φυσικής έχουν δείξει ότι τα περισσότερα από αυτά ακόμη εισάγουν την έννοια της ενέργειας ως ικανότητα να παράγει έργο. Σε μια προσπάθεια να υπερνικηθούν αυτά τα εμπόδια, έχει προταθεί ότι η ενέργεια θα έπρεπε να προσδιορίζεται με ένα πιο γενικό τρόπο, ως η ικανότητα να παράγει αλλαγές (Arons, 1992). Αυτός ο ορισμός έχει επίσης επικριθεί επειδή αυτό που κάνει μια διαδικασία να λάβει χώρα δε συσχετίζεται με μεταβολές της ενέργειας αλλά με μια αύξηση της εντροπίας (Gailiunas, 1988; Resnick et al., 1992). Αντιθέτως, ο Lehman (1973), υποστηρίζει ότι ένας σύγχρονος ορισμός της έννοιας της ενέργειας θα πρέπει να αναφέρεται στον πρώτο και δεύτερο νόμο της Θερμοδυναμικής.

Οι παραπάνω αντιλήψεις για τον ορισμό της ενέργειας φαίνεται να μη διευκολύνουν επίσης τη διαδικασία δόμησης ενός εννοιολογικού πλαισίου για την ενέργεια, κατά τη διάρκεια της οποίας οι αρχικές ιδέες θα εξελιχθούν σε πιο περίπλοκες και γόνιμες αντιλήψεις. Εν συντομία, το θέμα δεν είναι να ψάξουμε για μια 'σωστή' αντίληψη για την ενέργεια ως σημείο έναρξης, αλλά να αποδεχτούμε ότι η γνώση είναι μια απαραίτητα αναπτυσσόμενη δομή εννοιών που προκύπτει ως αποτέλεσμα διαδοχικών προσεγγίσεων (Millar, 2005). Διάφοροι ερευνητές (Κολιόπουλος, 1997; De Berg, 1997; Cohelo, 2007) προτείνουν να στραφούμε στην ιστοριογραφική μελέτη του επιστημονικού περιεχομένου της έννοιας της ενέργειας προκειμένου να προσδιοριστεί ένα εννοιολογικό πλαίσιο το οποίο να είναι δυνατόν να μετασηματισθεί διδακτικά σε κατάλληλη σχολική γνώση για μικρά παιδιά χωρίς ασφαλώς να χάνεται η επιστημολογική εγκυρότητα αυτής της γνώσης. Ποιο είναι επομένως το καταλληλότερο επιστημονικό πλαίσιο για το διδακτικό μετασηματισμό της έννοιας της ενέργειας; Διάφορες εμπειριστατωμένες ιστοριογραφικές μελέτες (Lindsay, 1975; Kuhn, 1977) δείχνουν ότι η έννοια της ενέργειας γεννιέται τον 19ο αιώνα ως σύνθεση διαφόρων εννοιολογικών πλαισίων κοινό στοιχείο των οποίων είναι οι έννοιες της ισοδυναμίας μεταξύ διαφόρων φαινομενολογικών αλλαγών και της διατήρησης της ποσότητας δύναμης (ενέργειας) κατά τη διάρκεια αλλαγών που συμβαίνουν στα διάφορα φυσικά συστήματα. Η σύνθεση αυτή καταλήγει στη συγκρότηση ενός σύγχρονου κλάδου των φυσικών επιστημών, τη μακροσκοπική Θερμοδυναμική.

Η μακροσκοπική Θερμοδυναμική εξετάζει τις μεταβολές που υφίσταται η εσωτερική ενέργεια ενός φυσικού ή τεχνολογικού συστήματος κατά τη διάρκεια ανταλλαγών ενέργειας υπό τη μορφή έργου και θερμότητας με το περιβάλλον του. Οι ανταλλαγές αυτές προσδιορίζονται μέσω των δύο θερμοδυναμικών νόμων: του α' θερμοδυναμικού νόμου σύμφωνα με τον οποίο η μεταβολή της εσωτερικής ενέργειας ενός συστήματος είναι ίση με το άθροισμα του έργου και της θερμότητας που μεταφέρονται από και προς το περιβάλλον του. Το περιεχόμενο του δεύτερου νόμου της θερμοδυναμικής, αναφέρεται στην

ποιότητα της έννοιας της ενέργειας και αφορά στην υποβάθμιση της ενέργειας κατά τη διάρκεια των διαφόρων φαινομενολογικών αλλαγών. Ο β' θερμοδυναμικός νόμος διατυπώνεται και ως εξής: «Η εντροπία ενός απομονωμένου συστήματος δεν είναι δυνατόν να μειωθεί» (Οικονόμου, 1990).

Προσπαθώντας έπειτα από την παραπάνω ανάπτυξη, να δώσουμε απάντηση στον προβληματισμό που τέθηκε, για το πιο είναι το καταλληλότερο επιστημονικό πλαίσιο για το διδακτικό μετασχηματισμό της έννοιας της ενέργειας σε επίπεδο πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης, δεν έχουμε παρά να συμφωνήσουμε με τις απόψεις των Prigogine & Stengers (στο Κολιόπουλος, 2006α), οι οποίοι επισημαίνουν τον προνομιακό ρόλο της Θερμοδυναμικής σε σχέση με τη Μηχανική. Μιλούν για δυο διαφορετικούς κόσμους και καταδεικνύουν την παρακμή της Μηχανικής και την ανάδειξη της Θερμοδυναμικής σε κυρίαρχο ερμηνευτικό πλαίσιο των φυσικών φαινομένων. Σχετικά με το χαρακτήρα της Θερμοδυναμικής, ο Bory (στο Κολιόπουλος & Ραβάνης, 1998) αναφέρει ότι "η θερμοδυναμική δεν είναι ένας ειδικός κλάδος των φυσικών επιστημών που έχει ως αντικείμενο τη μελέτη μιας κατηγορίας φαινομένων αλλά πρόκειται μάλλον για ένα είδος μελέτης που εφαρμόζεται παντού, ένας τρόπος να αντιλαμβάνεται κανείς [τα φαινόμενα]" (σελ. 38). Σύμφωνα με τον ίδιο επιστήμονα ο πρώτος θερμοδυναμικός νόμος περιλαμβάνει τρεις ιδέες: (α) την ιδέα της ισοδυναμίας θερμότητας-έργου, β) την ιδέα της διατήρησης που ισχύει, σε ορισμένες περιπτώσεις, μεμονωμένα για τη θερμότητα και το έργο αλλά γενικεύεται και για τις δύο έννοιες και (γ) την ιδέα της αποθήκευσης η οποία ταυτίζεται ουσιαστικά με την έννοια της ενέργειας και η οποία είναι απαραίτητη για να εξασφαλισθεί η διατήρηση σε όλες τις περιπτώσεις. Συγχρόνως, αρκετές περιγραφές της διατήρησης της ενέργειας στο θερμοδυναμικό πλαίσιο είναι δυνατόν να αναπαρασταθούν με γραφικό τρόπο όπως για παράδειγμα με τα γνωστά διαγράμματα Sunkey (Κολιόπουλος, 1997). Το χαρακτηριστικό αυτό θα δούμε ότι έχει θετικές επιπτώσεις στην εισαγωγή ενός διδακτικά μετασχηματισμένου πλαισίου της μακροσκοπικής Θερμοδυναμικής στην εκπαίδευση μικρών παιδιών. Τέλος, ένα πολύ ενδιαφέρον χαρακτηριστικό στοιχείο του πλαισίου της θερμοδυναμικής είναι ότι όχι μόνο προσφέρει μια ενοποιητική και δια-φαινομενολογική διάσταση για την ενέργεια η οποία συνδέει στο επίπεδο της περιγραφής και εξήγησης των φαινομένων διαφορετικής φύσης φαινόμενα (μηχανικά, θερμικά, ηλεκτρομαγνητικά κλπ) καθιστώντας έτσι την ενέργεια θεμελιώδη επιστημονική έννοια, αλλά ταυτόχρονα συνδέει την εννοιολογική διάσταση της επιστημονικής γνώσης για την ενέργεια με την πολιτισμική διάσταση καθόσον τα περισσότερα σύγχρονα ενεργειακά προβλήματα που απασχολούν την κοινωνία και το περιβάλλον (πχ, το πρόβλημα της εξοικονόμησης ενέργειας) μπορούν να συζητηθούν αποκλειστικά στη βάση της μακροσκοπικής Θερμοδυναμικής (Παπατριανταφύλλου, 1980).

## **3.2. Οι νοητικές παραστάσεις των μαθητών/τριών για την ενέργεια και οι στρατηγικές υπέρβασής τους**

### **3.2.1. Οι νοητικές παραστάσεις των μαθητών/τριών**

Σύμφωνα με πλήθος βιβλιογραφικών αναφορών φαίνεται πως γίνεται σήμερα κοινώς αποδεκτή ή θέση ότι, τα παιδιά αναπτυσσόμενα στο φυσικό και κοινωνικό τους περιβάλλον, προσέρχονται στην εκπαιδευτική διαδικασία με μια σειρά διαμορφωμένων ιδεών για τον κόσμο που τα περιβάλλει. Οι ιδέες αυτές αποτελούν ένα σύνολο γνώσεων που προέρχονται από πολυσύνθετες άτυπες διαδικασίες μάθησης μέσα στην οικογένεια, στον κύκλο των συνομηλίκων ή αντλούνται από τα σύγχρονα μέσα ενημέρωσης και οι οποίες συγκροτούν με τη σειρά τους επεξηγηματικά πλαίσια τα οποία τις περισσότερες φορές δεν είναι συμβατά με αυτά των ειδικών: «Πρόκειται για δίκτυα σημασιών με σταθερούς κανόνες λειτουργίας και ισχυρά ερμηνευτικά συστήματα με βάση τα οποία 'μεταφράζονται' οι εμπειρίες και αφομοιώνονται οι προσλαμβανόμενες πληροφορίες» (Ραβάνης, 1999, σελ. 82). Πίσω από τις ιδέες των μαθητών/τριών για κάποιο αντικείμενο διδασκαλίας, κρύβονται αρκετά αλληλοσχετιζόμενα σύνολα ιδεών που τα χαρακτηρίζει η συνοχή και η διάρκεια.

Αυτά τα σύνολα ιδεών στη βιβλιογραφία άλλοτε αναφέροντα ως αντιλήψεις, άλλοτε ως νοητικές παραστάσεις, εναλλακτικές αντιλήψεις, νοητικά σχήματα κλπ. Ο Ausubel (στο Κολιάδης, 1997), θεωρώντας αυτό που ήδη ξέρει ο μαθητής/τρια ως το πλέον σημαντικό παράγοντα που επηρεάζει τη μάθηση, προτείνει να το γνωρίσουμε και να διδάξουμε ανάλογα. Αυτές οι ιδέες, που όπως ελέχθη είναι προϊόν της καθημερινής πρακτικο - βιωματικής γνώσης ή προηγούμενης διδασκαλίας, παίζουν καθοριστικό ρόλο στη μαθησιακή εξέλιξη των μαθητών/τριών.

Η γνώση λοιπόν των αντιλήψεων των μαθητών/τριών πριν από τη διδασκαλία κρίνεται απαραίτητη μιας και η μάθηση σύμφωνα με τις σύγχρονες θεωρίες μάθησης, θεωρείται ως μια διαδικασία εποικοδομήσεως των αντιλήψεων, δηλαδή, προσαρμογής, επαύξησης και αναδιοργάνωσης των γνωστικών δομών των μαθητών/τριών (Βοσνιάδου & Brewer, 1992). Είναι φανεροί πλέον οι λόγοι που οι αντιλήψεις των μαθητών λαμβάνονται σοβαρά υπ' όψιν στη διαδικασία καθορισμού του περιεχομένου των αναλυτικών προγραμμάτων και σχεδιασμού των διδακτικών δραστηριοτήτων.

Μελέτες που έχουν πραγματοποιηθεί σε διάφορες χώρες έχουν διαπιστώσει ότι υπάρχουν κοινά χαρακτηριστικά στις ιδέες των μαθητών/τριών και δίνουν χρήσιμες γνώσεις σχετικά με τους χαρακτηριστικούς τρόπους με τους οποίους αυτές οι ιδέες εξελίσσονται. Τα παιδιά έχουν τρόπους να 'οικοδομούν' γεγονότα και φαινόμενα τα οποία έχουν συνοχή και είναι εναρμονισμένα με τους χώρους της εμπειρίας τους και τα οποία μπορεί να διαφέρουν ουσιαστικά από την επιστημονική άποψη. Επίσης έρευνες δεί-

χνουν ότι τέτοιες αντιλήψεις μπορεί να διατηρούνται και όταν τα παιδιά ενηλικιώνονται παρά τη σχολική διδασκαλία (Driver, 1989).

### **3.2.2. Οι νοητικές παραστάσεις των μαθητών/τριών για την ενέργεια και η εξέλιξή τους**

Σε διάφορες επισκοπήσεις των ερευνών με αντικείμενο μελέτης τις νοητικές παραστάσεις των μαθητών/τριών για την ενέργεια, τις μορφές της και τη χρησιμότητά τους (Brook 1985; Driver et al 1994; Κολιόπουλος, 1997; Χρηστίδου, 2001), φαίνεται κατ' αρχήν ότι αυτές είναι κοινές για όλα τα παιδιά, και ότι η ενέργεια γίνεται κατανοητή με πολλούς και διαφορετικούς τρόπους. Στη συνέχεια αναφέρουμε τους πιο βασικούς.

- *Ενέργεια και ζωντανοί οργανισμοί.* Η σύνδεση της ενέργειας με έμβια όντα και ειδικότερα με τον άνθρωπο αναφέρεται ως αντίληψη μαθητών/τριών από πολλές μελέτες κυρίως αγγλοσαξονικές, και σε μαθητές μικρότερων ηλικιών. Η Solomon (1983) θέλοντας να μελετήσει τις ιδέες των παιδιών σχετικά με την ενέργεια, ζήτησε απ' αυτά να γράψουν προτάσεις οι οποίες να εμπεριέχουν τον όρο ενέργεια. Από τις απαντήσεις που πήρε διαφαίνεται η σύνδεση της ενέργειας με τις ανθρώπινες δραστηριότητες, την τροφή, την άθληση, την υγεία. Παρατήρησε ακόμη ότι όσο τα παιδιά μεγαλώνουν, απομακρύνονται όλο και περισσότερο από το γνωστικό σχήμα ότι η ενέργεια συνδέεται μόνο με τις ανθρώπινες δραστηριότητες.

Όταν η Stead (1980) ζήτησε από τους μαθητές/τριες να περιγράψουν την ενέργεια, αυτοί υπέθεσαν ότι η ενέργεια μας είναι απαραίτητη προκειμένου να ζούμε και να δραστηριοποιούμαστε. Συνέδεσαν την ενέργεια με την καλή φυσική κατάσταση και σωματική ρώμη, λέγοντας χαρακτηριστικά ότι χωρίς την ενέργεια οι ζωντανοί οργανισμοί θα ήταν κουρασμένοι, υποτονικοί, και λιγότερο δραστήριοι. Όσον αφορά τα άψυχα πράγματα αυτά δεν έχουν ανάγκη από ενέργεια.

Οι Gilbert & Pope (1982) και Watts (1983) σχηματοποιούν τις απαντήσεις των παιδιών και διαμορφώνουν γνωστικές δομές. Μια από αυτές τις δομές αναφέρεται στην "ανθρωποκεντρική ενέργεια" (human centred), στην οποία η ενέργεια σχετίζεται με τ' ανθρώπινα όντα ή με αντικείμενα που αντιμετωπίζονται σαν να έχουν ανθρώπινα χαρακτηριστικά. Τέτοιες ανθρωπομορφικές απόψεις υποστηρίζουν οι μαθητές/τριες όλων των ηλικιών.

Οι Bliss & Ogborn (1985) ζήτησαν από τους μαθητές/τριες να επιλέξουν τρεις εικόνες από ένα σύνολο δέκα εικόνων που είχαν σχέση με την ενέργεια με κριτήριο το αν χρειάζεται ή αν χρησιμοποιείται ενέργεια. Οι εικόνες αυτές περιείχαν ζωντανούς οργανισμούς και άψυχα αντικείμενα. Οι περισσότερες απαντήσεις εστιάστηκαν στις εικόνες με τους ζωντανούς οργανισμούς. Στην Ελλάδα, όταν οι Κουλαϊδής & Τσελφές (1995), διένειμαν το ίδιο ερωτηματολόγιο σε μαθητές/τριες των τελευταίων τάξεων του Δημο-

τικού σχολείου, διαπίστωσαν ότι το βασικότερο κριτήριο επιλογής των εικόνων δεν είναι τόσο η έμβια δραστηριότητα αλλά η κίνηση.

- *Η ενέργεια ως αποθηκευμένος αιτιακός παράγοντας.* Μια άλλη ενδιαφέρουσα νοητική παράσταση που συναντάμε στη βιβλιογραφία είναι αυτή σύμφωνα με την οποία αποδίδονται στην ενέργεια χαρακτηριστικά αποθήκευσης, δηλαδή, ότι οι μαθητές/τριες αναγνωρίζουν πως ορισμένα αντικείμενα είναι ενεργειακές αποθήκες, ενέχουν αποθηκευμένη ενέργεια. Οι Watts & Gilbert (1985), περιγράφουν ένα 'αποθηκευτικό μοντέλο' (depository model) για την ενέργεια έτσι όπως τη χρησιμοποιούν οι μαθητές/τριες. Σ' αυτό το μοντέλο ορισμένα αντικείμενα θεωρούνται ότι έχουν ενέργεια αποθηκευμένη και ότι μπορούν να την ξοδεύουν όταν τη χρειάζονται και να επαναποθηκεύουν ενέργεια. Μερικά άλλα θεωρούνται ως ουδέτερα (οι δραστηριότητές τους είναι 'φυσιολογικές'). Η ενέργεια θεωρείται ως ο αιτιώδης παράγοντας (causal agent) που είναι αποθηκευμένος σε συγκεκριμένα αντικείμενα. Το ίδιο μοντέλο είχε αναγνωρισθεί λίγο νωρίτερα από τους Gilbert & Pope (1982) οι οποίοι καταγράφοντας τις ιδέες μαθητών /τριών ηλικίας 10 - 12 ετών τις εντάσσουν στο 'αποθηκευτικό μοντέλο'. Διαφαίνεται δηλαδή ένας ρόλος της ενέργειας ως αιτία ή πηγή δράσης η οποία βασίζεται ή ενυπάρχει σε ορισμένα αντικείμενα ('...το νερό .....αν δεν είχαμε νερό.....το νερό είναι μια πηγή ενέργειας.....το χρειαζόμαστε για να επιζήσουμε'). Οι πηγές αυτές ενέργειας μπορεί να είναι ο άνθρωπος, διάφορα τεχνικά αντικείμενα ή καύσιμα. Η αντίληψη της αποθηκευμένης ενέργειας φαίνεται, πάντως, να εκφράζεται όχι με την επιστημονική έννοια του όρου (διαθέσιμη ενέργεια της κατάστασης ενός φυσικού συστήματος) αλλά ως 'ανήκουσα' στο φυσικό αντικείμενο στο οποίο αναφέρεται. Το νόημα αυτό που αποδίδεται στην ενέργεια δεν αποτελεί απλώς μια βιωματική νοητική παράσταση των μαθητών/τριών αλλά ενδυναμώνεται και από την παραδοσιακή διδασκαλία της αρχής διατήρησης της ενέργειας (Boyes & Stanisstreet, 1990). Πρέπει να τονιστεί επίσης, ότι ένα από τα προνομιακά αντικείμενα για τα οποία οι μαθητές/τριες εκφράζουν την αντίληψη της 'αποθήκης' είναι η μπαταρία. Οι Κολιόπουλος & Ψύλλος (1992), παραθέτουν αποσπάσματα όπου οι μαθητές/τριες χρησιμοποιούν συχνά τις εκφράσεις 'η μπαταρία ανάβει το λαμπάκι', 'η μπαταρία κινεί το παιχνίδι', 'η μπαταρία δίνει ενέργεια'. Μια παρόμοια αντίληψη με αυτή του μοντέλου αποθήκης είναι και η αντίληψη σύμφωνα με την οποία η ενέργεια εμφανίζεται ως λανθάνον συστατικό αντικειμένων ή καταστάσεων που χρειάζεται κάποιο έναυσμα για να ενεργοποιηθεί ('Λοιπόν, υπάρχει ενέργεια μέσα στα πράγματα.....υπάρχει αλλά χρειάζεται μια άλλη ενέργεια για να την κάνει να βγει ....είναι όπως ένας σπόρος που έχει ενέργεια για ν' αναπτυχθεί αλλά χρειάζεται τον ήλιο') (Gilbert & Pope, 1982).

Οι Ault, Novak & Gowin (1988) αναφέρουν επίσης, ότι οι μαθητές/τριες χρησιμοποιούν διαφορετικά εννοιολογικά σχήματα σε διαφορετικά πλαίσια, μερικά από τα οποία είναι αλληλοσυγκρουόμενα. Οι μαθητές/τριες υποστήριξαν την ιδέα μιας πηγής ενέργειας 'μέσα' σε ορισμένα αντικείμενα. Μόνο τα

αντικείμενα στα οποία η ενέργεια βρίσκεται μέσα τους θεωρούνται ικανά να προκαλούν αλλαγές. Ο Gayford (1986), εξετάζοντας τις ιδέες των παιδιών για την ενέργεια σε βιολογικά πλαίσια, διαπίστωσε επίσης ότι οι μαθητές/τριες θεώρησαν συχνά την ενέργεια ως κάτι που αποθηκεύεται, όπως ακριβώς αποθηκεύεται κάθε άλλο υλικό.

- *Συσχέτιση της ενέργειας με τη δύναμη.* Πολλά παιδιά συσχετίζουν την έννοια της ενέργειας με αυτή της δύναμης και γενικότερα με την έννοια της δράσης. Ο Duit (1981) σημειώνει μια στενή σχέση ανάμεσα στην ενέργεια και τη δύναμη στις απαντήσεις των παιδιών. Οι Watts & Gilbert, (1983), διαπίστωσαν ότι οι μαθητές/τριες χρησιμοποιούσαν τις λέξεις 'δύναμη' και 'ενέργεια' ως συνώνυμες, ενώ κάποιοι άλλοι, αν και διαχώριζαν τις δυο έννοιες, τις θεωρούσαν αλληλεξαρτώμενες. Ο Ault, Novac & Gowin (1988), για παράδειγμα, σε συνεντεύξεις με μαθητές/τριες ηλικίας 12 - 13 ετών, περιγράφουν την αντίληψη σύμφωνα με την οποία στην ενέργεια αποδίδεται η σημασία ενός ενεργού παράγοντα (agent), που δρα ως αιτία των διαφόρων φαινομένων (makes things happen). Στο λεκτικό επίπεδο, ο παράγων αυτός μπορεί να αναφέρεται, αδιαφοροποίητα, ως 'ενέργεια', 'δύναμη', 'έργο', ή και 'ισχύς'. Για παράδειγμα η φράση *'χρησιμοποίησα πολύ ενέργεια για να ανεβάσω το έλκηθρο στο λόφο'* θα μπορούσε κάλλιστα, να αντικατασταθεί από τη φράση *'χρησιμοποίησα πολύ δύναμη για να ανεβάσω το έλκηθρο στο λόφο'*. Οι Barbetta κ.α. (1984), υποθέτουν ότι η σύγχυση αυτή στη χρήση των λέξεων 'δύναμη', 'ενέργεια' και 'έργο' δεν είναι μόνο γλωσσική, αλλά κυρίως, εννοιολογική. Οι τελευταίοι διαπίστωσαν ότι οι δυο στους τρεις μαθητές/τριες που δεν είχαν διδαχθεί την έννοια της ενέργειας, θεώρησαν ότι αυτή είναι ένας τύπος δύναμης. Οι υπόλοιποι μαθητές/τριες δεν εξέφρασαν καμιά άποψη. Η πλειοψηφία όμως των μαθητών/τριών, στους οποίους είχε γίνει μια εισαγωγή στην έννοια της ενέργειας, απάντησαν δίνοντας ορισμούς μέσα από το σχολικό εγχειρίδιο ή φέρνοντας ως παράδειγμα τις διάφορες 'μορφές ενέργειας'. Η Stead (1980) διαπίστωσε επίσης τη σύγχυση ανάμεσα στις έννοιες ενέργεια, δύναμη, τριβή, έργο, και βαρύτητα. Η ίδια επισήμανε ακόμα πως οι μαθητές/τριες συνέχισαν τη 'δυναμική' ενέργεια με τη δυνατότητα να έχεις ενέργεια. Οι Κολιόπουλος & Ψύλλος (1992) εντόπισαν την αντίληψη 'ενέργεια – δράση' σύμφωνα με την οποία η ενέργεια υπονοείται ως δράση για να εκτελεστεί μια εργασία. Για παράδειγμα, αναφέρεται ότι *«η λάμπα για ν' ανάψει χρειάζεται τη μπαταρία που της δίνει ενέργεια και το νερό για να ζεσταθεί χρειάζεται θερμότητα που δίνει το γκαζάκι. Δηλαδή και η λάμπα και το νερό χρειάζεται να πάρουν ενέργεια από κάποιους παράγοντες»* (σελ. 5). Ορισμένοι μαθητές/τριες, μάλιστα, χρησιμοποιούν σε παρόμοιες απαντήσεις τη λέξη 'δύναμη' αντί της λέξης 'ενέργεια', ακόμη και σε μη μηχανικά φαινόμενα.

- *Συσχέτιση της ενέργειας με την κίνηση.* Πολλοί μαθητές συσχετίζουν την ενέργεια με την κίνηση. Κατ' αρχήν η Stead (1980) διαπίστωσε ότι εκείνα τα παιδιά που συσχετίζουν την ενέργεια με τα άψυχα αντικείμενα, συχνά θεωρούσαν ότι στα σώματα που κινούνται υπάρχει ενέργεια ενώ, αντίθετα, στα ακίνητα

δεν υπάρχει. Μια πενταετία αργότερα οι Bliss & Ogborn (1985) επισημαίνουν την απουσία κίνησης και γενικότερα δραστηριότητας ως κριτηρίου επιλογής εικόνων όπου δε χρειάζεται ενέργεια. Στα ίδια συμπεράσματα περίπου καταλήγει και η σχετική έρευνα των Κουλαϊδής & Τσελφέ (1995) απ' την οποία διαφαίνεται, πως οι μαθητές/τριες πιστεύουν ότι στις περιπτώσεις που δεν υπάρχει κανενός είδους δραστηριότητα δεν υπάρχει επίσης ενέργεια. Οι Gilbert & Pope (1982) στην ίδια μελέτη τους, παρουσιάζουν αποσπάσματα διαλόγων που δείχνουν ότι οι μαθητές/τριες θεωρούν ότι η κίνηση και γενικότερα κάθε είδους δραστηριότητα, αποτελεί επαρκή λόγο για να αναμείξουν στη συζήτηση την έννοια της ενέργειας. Πολλοί, μάλιστα, απ' αυτούς δεν εννοούν την ενέργεια απλά ως αιτία της δραστηριότητας, αλλά την ταυτίζουν με τη δραστηριότητα, για παράδειγμα, για την κίνηση ενός έλκηθρου, *‘το έλκηθρο ... δημιουργεί ενέργεια κινούμενο γρήγορα’*. Η άποψη σύμφωνα με την οποία η ενέργεια συσχετίζεται στενά ή/και ταυτίζεται με τη δραστηριότητα φαίνεται να είναι αρκετά διαδεδομένη αφού συμπίπτει με το σύννηθες νόημα που αποδίδεται στην έννοια της ενέργειας στην καθημερινή ζωή. Την σύνδεση της ενέργειας με την κίνηση έχουν εντοπίσει σε έρευνές τους και άλλοι ερευνητές. Οι Brook & Driver (1984) εντοπίζουν την αντίληψη αυτή σε ερωτήσεις που αφορούν κινούμενα μηχανικά συστήματα. Περίπου ένα στα δέκα παιδιά θεώρησαν ότι ένα φορτηγό έχει ενέργεια μόνο όταν κινείται. Οι μαθητές/τριες εστιάζουν την προσοχή τους σε άμεσα παρατηρήσιμα χαρακτηριστικά των φαινομένων και όχι τόσο σε αφηρημένες έννοιες όπως είναι η ενέργεια. (Brook & Driver, 1984). Οι Κολιόπουλος & Ψύλλος (1992) σε δική τους έρευνα με μεγαλύτερα παιδιά, εντοπίζουν ότι οι μαθητές/τριες προσπαθούν να περιγράψουν απλά φυσικά φαινόμενα όπως η θέρμανση του νερού, η λειτουργία ενός απλού ηλεκτρικού κυκλώματος κ.α., χρησιμοποιώντας την έννοια της ενέργειας η οποία υπονοείται ως μια απαραίτητη προϋπόθεση, δραστηριότητα για να γίνει μια εργασία (*‘νομίζω λένε οι μαθητές/τριες ότι για να πραγματοποιηθούν τα παραπάνω φαινόμενα χρειάζεται κάποια ενέργεια’*). Συχνά μάλιστα, η ίδια η εκδήλωση κίνησης θεωρήθηκε ως ενέργεια.

*Η ενέργεια ως καύσιμο.* Από πολλές έρευνες προκύπτει ότι οι μαθητές θεωρούν ή και ταυτίζουν πολλές φορές την ενέργεια με την καύσιμη ύλη. Επηρεασμένοι μάλλον από τις διάφορες περιβαλλοντικές, οικολογικές, οικονομικές αναφορές του ευρύτερου οικογενειακού και κοινωνικού χώρου τους, υποστηρίζουν ότι τα διάφορα καύσιμα υλικά περιέχουν και παρέχουν ενέργεια, αλλά αυτά δεν είναι ατέλειωτα, οι πηγές τους εξαντλούνται και αν δεν ευρεθούν νέες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας στο άμεσο μέλλον θα υπάρξει έλλειψη ενέργειας, δεδομένου ότι τα τελευταία χρόνια η ζήτηση για την κάλυψη των αναγκών του πλανήτη αυξάνεται με πολύ γοργούς ρυθμούς. Η Stead (1980) διαπίστωσε ότι για τους μαθητές/τριες η λέξη *‘ενέργεια’* είναι συνώνυμη με τη λέξη *‘καύσιμο’* και ότι φράσεις όπως π.χ. *‘ενεργειακή κρίση’* και *‘διατήρηση της ενέργειας’* σημαίνουν κατά την αντίληψή τους, *‘κρίση στον τομέα των καυσίμων’* και *‘διατήρηση των καυσίμων’*. Τα παιδιά ταυτίζουν δηλαδή πολλές φορές τα καύσιμα με την ε-

νέργεια και δεν κάνουν τη λεπτή διάκριση να αναγνωρίσουν ότι τα καύσιμα 'περιέχουν' ή 'είναι μια πηγή ενέργειας'. Σύμφωνα με τους Gilbert & Pore (1982) οι μαθητές/τριες βλέπουν την ενέργεια σαν ένα γενικό είδος καυσίμου που είναι χρήσιμο σε διάφορες περιστάσεις όπου λειτουργούν, κυρίως, μηχανές ή άλλα τεχνικά αντικείμενα. Η άποψη αυτή παρουσιάζει ομοιότητες με το μοντέλο 'αποθήκης' που αναφέραμε παραπάνω. Η ενέργεια γενικότερα σχετίζεται κυρίως με τις τεχνικές εφαρμογές της. Δε θεωρείται απαραίτητη για όλες τις διαδικασίες, παρά μόνο για εκείνες που κάνουν τη ζωή μας πιο εύκολη.

Η Solomon (1983) θέτοντας μεταξύ άλλων και την ερώτηση 'τι είναι ενέργεια', έλαβε απαντήσεις στις οποίες οι μαθητές/τριες χρησιμοποιούν τον όρο 'πηγή' το νόημα του οποίου άλλοτε είναι σχετικό με την αφηρημένη φύση της έννοιας της ενέργειας (μια πηγή ισχύος ή δύναμης) και άλλοτε συσχετίζεται ή ταυτίζεται με υλικά όπως τροφή ή καύσιμο.

*Η ενέργεια ως ρευστό, προϊόν ή συστατικό.* Οι μαθητές/τριες αντιλαμβάνονται την ενέργεια ακόμα σαν ένα τρίπτυχο απαρτιζόμενο:

- από το μοντέλο της 'μεταφοράς με ροή' (flow transfer model), η ενέργεια σύμφωνα μ' αυτό θεωρείται ως ρευστό που ρέει, δίνεται, μεταφέρεται από ένα αντικείμενο σε ένα άλλο. Όπως αναφέρουν διάφοροι ερευνητές, η αντίληψη της ενέργειας ως κάτι που μπορεί να 'δοθεί', να 'διαδοθεί μέσω αγωγής' συναντάται στη μελέτη του ηλεκτρικού κυκλώματος, όπου συχνά ταυτίζεται με το ηλεκτρικό φορτίο ('...η ενέργεια βγαίνει από τον έναν πόλο...ρέει στο κύκλωμα ....και επιστρέφει στην πηγή') (Gilbert & Pore, 1982).

- από το μοντέλο της ενέργειας ως ένα 'υπο-προϊόν' ( by - product) μιας κατάστασης, ενός έμψυχου ή άψυχου παράγοντα. Η ενέργεια θεωρείται ως ένα προϊόν αόρατο που παράγεται, δρα και εξασθενεί ή εξαφανίζεται, αφήνοντας μόνο κάποια 'ίχνη' της δράσης του, δηλαδή η ενέργεια δε διατηρείται.

- από το μοντέλο της ενέργειας ως 'συστατικό' (ingredient). Η ενέργεια θεωρείται ότι βρίσκεται σε λανθάνουσα κατάσταση μέσα σε ορισμένα αντικείμενα και όταν διαμορφωθούν οι κατάλληλες προϋποθέσεις και συνθήκες απελευθερώνεται. Θεωρείται δηλαδή πιο πολύ ως 'εν δυνάμει' και όχι ως αιτιώδης παράγοντας. Η αντίληψη ότι η ενέργεια είναι μια φυσική ουσία διαπιστώθηκε και από τη Stead (1980).

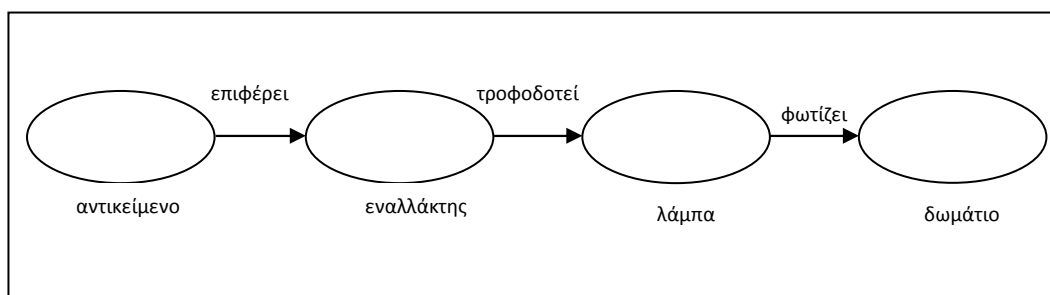
### **3.2.3. Οι προ-ενεργειακές αντιλήψεις των μαθητών/τριών για την ενέργεια**

Σύμφωνα με τα προηγούμενα, οι μαθητές/τριες ακόμη και σε μεγαλύτερες ηλικίες χρησιμοποιούν αντιλήψεις για την ενέργεια ή οποίες διαφέρουν κατά πολύ από την επιστημονική γνώση αναφοράς (βλ. ενότητα 3.1). Για ποιους λόγους, όμως, οι μαθητές/τριες δε χρησιμοποιούν την έννοια της ενέργειας; Ένας λόγος φαίνεται να είναι πως το νόημα της επιστημονικής έννοιας της ενέργειας δεν έχει άμεση σύνδεση με τα δεδομένα της αντίληψης αν και πρόκειται για μια έννοια που σε κάποιο στάδιο της δια-

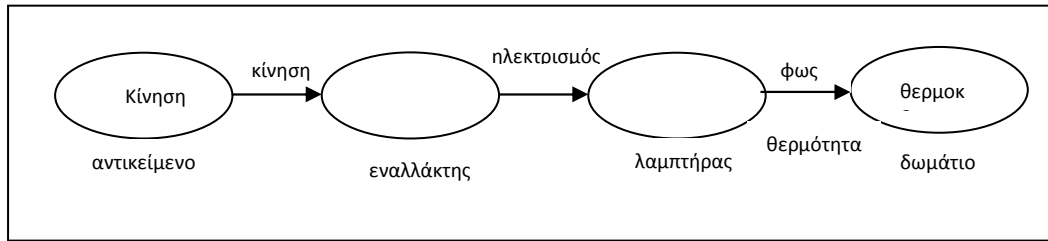


μόρφωσής της κατασκευάζεται από έννοιες με δεδομένο εμπειρικό περιεχόμενο όπως 'δύναμη', 'ταχύτητα', 'απόσταση', 'θερμοκρασία' κλπ, ενώ οι μαθητές/τριες τείνουν να επικεντρώνουν σε άμεσα παρατηρήσιμα χαρακτηριστικά των φαινομένων. Ένας άλλος λόγος τον οποίο θεωρούμε σημαντικό είναι ότι οι μαθητές/τριες δεν αναγνωρίζουν αυθόρμητα την ποσοτική φύση της έννοιας της ενέργειας. Ήδη, μπορεί να διακρίνει κανείς ότι πολλές νοητικές παραστάσεις των μαθητών/τριών που αναφέρονται στην προηγούμενη ενότητα (3.2.2) έχουν ποιοτικό χαρακτήρα ανεξάρτητα αν το νόημα που αποδίδεται στην έννοια είναι αυτό της 'δράσης', 'κίνησης', 'δύναμης', ή 'αποθήκευσης'. Τα αποτελέσματα της έρευνας των Brook & Driver (1984) δείχνουν ότι αρκετοί μαθητές/τριες έχουν δυσκολία να κατανοήσουν την έννοια με ποσοτικά χαρακτηριστικά.

Παρ' όλα αυτά, διάφορες έρευνες που προέρχονται κυρίως από μέλη του Εργαστηρίου Διδακτικής των Θετικών Επιστημών του ΤΕΕΑΠΗ του Πανεπιστημίου Πατρών δείχνουν ότι τα παιδιά από την προσχολική ακόμα ηλικία, δίδουν μια φυσική εξήγηση η οποία βασίζεται σε μια προ-ενεργειακή νοητική παράσταση που τους επιτρέπει να περιγράψουν τη μακροσκοπική λειτουργία διαφόρων φυσικών φαινομένων. Πιο συγκεκριμένα, στο επίπεδο της προσχολικής εκπαίδευσης διαπιστώθηκε ότι πολλά παιδιά είναι σε θέση να περιγράψουν φυσικά συστήματα που αποτελούνται από ζεύγη αντικειμένων (πχ, μπαταρία – αυτοκινητάκι, συμπιεσμένο ελατήριο – αυτοκινητάκι, μπαταρία – λαμπάκι, μπαταρία- μοτεράκι) είτε ως αλυσίδα αντικειμένων από την άποψη της λειτουργίας τους (π.χ. η κίνηση του αυτοκινήτου οφείλεται στην 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 κι αυτό κινείται, η μπαταρία δίνει ρεύμα στο λαμπτήρα και αυτός ανάβει) (Συμιδαλά κ.α., 2006; Koliopoulos et al, 2009; Κοντογιαννάτου, Α., 2009). Στα σχήματα 3.1 και 3.2 φαίνονται αντίστοιχα δυο σχηματικές αναπαραστάσεις των δύο αυτών αντιλήψεων όπως περιγράφονται από τους Lemeignan & Weil-Barais (1997). Στο επίπεδο της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης η έρευνα των Κολιόπουλου & Αργυροπούλου (2011) επιβεβαιώνει τα συμπεράσματα των ερευνών που διεξήχθησαν στο επίπεδο της προσχολικής εκπαίδευσης, ενώ παλαιότερες έρευνες έχουν καταλήξει σε παρόμοια συμπεράσματα για μαθητές/τριες του γυμνασίου (Κολιόπουλος & Ψύλλος, 1992; Koliopoulos & Ravanis, 2001).



**Σχήμα 3.1.:** Κανονικοποιημένη αναπαράσταση λειτουργίας της διάταξης : αντικείμενο που πέφτει- δυναμό- λαμπτήρα, (Πηγή: Lemeignan και Weill-Barais, 1997, σ.192)



**Σχήμα 3.2.** : Κανονικοποιημένη αναπαράσταση διανομής της διάταξης : αντικείμενο που πέφτει- δυναμό- λαμπτήρα, (Πηγή: Lemeignan και Weill-Barais, 1997, σ.202)

Σε όλες τις μελέτες που αναφέραμε προηγούμενα, οι μαθητές/τριες φαίνεται να εκφράζουν αυθόρμητα προ-ενεργειακούς συλλογισμούς πριν από τη διδασκαλία αρχικά συμβατούς με το επιστημονικό πρότυπο, είτε σε μονο-φαινομενολογικές καταστάσεις (κυρίως σε ηλεκτρικά φαινόμενα), είτε σε πολύ-/δια-φαινομενολογικές καταστάσεις, όταν ενεργοποιούν τον γραμμικό αιτιακό συλλογισμό. Ο συλλογισμός αυτός εμφανίζεται σε διάφορα φαινομενολογικά πεδία στη σκέψη των μαθητών/τριών. Πρόκειται για συλλογισμό με ένα επίπεδο γενίκευσης υψηλότερο από άλλες αντιλήψεις, οι οποίες ισχύουν για ένα περιορισμένο αριθμό προβλημάτων ή για κάποιες συγκεκριμένες ερωτήσεις. Σύμφωνα με αυτό το είδος συλλογισμού, οι μαθητές/τριες, 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. Υπάρχει, δηλαδή, ένας ενεργητικός παράγοντας (πχ, μια μπαταρία) που συνδέεται με το αίτιο της δράσης και ο αποδέκτης της δράσης (πχ, ένας λαμπτήρας) που συνδέεται με το αποτέλεσμα (λάμψη). Η δράση κατευθύνεται από τον ενεργητικό παράγοντα στον αποδέκτη και το αποτέλεσμα οφείλεται σε αίτιο το οποίο προϋπάρχει του αποτελέσματος (Anderson, 1986; Viennot, 1993). Ο γραμμικός αιτιακός συλλογισμός και οι εξ αυτού παραγόμενες αυθόρμητες προ-ενεργειακές νοητικές παραστάσεις των μαθητών/τριών φαίνεται, λοιπόν, να αποτελούν μια γέφυρα ανάμεσα στις βιωματικές νοητικές παραστάσεις των μαθητών/τριών και την αποδεκτή επιστημονική γνώση λόγω μιας κατ' αρχήν συμβατότητας που εμφανίζουν τα δύο πεδία, αυτό της σκέψης των μαθητών/τριών και αυτό της επιστημονικής γνώσης αναφοράς. Παρ' όλα αυτά, η ανάλυση που προηγήθηκε στις ενότητες 3.2.2 και 3.2.3 μας οδηγεί στον εντοπισμό τριών σημαντικών δυσχερειών, οι οποίες όμως συγκροτούν και προνομιακό πεδίο διδακτικής αντιμετώπισης της έννοιας της ενέργειας, τουλάχιστον στο επίπεδο της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης: Οι δυσχέριες αναγνώρισης της ενέργειας στα πλαίσια διαφόρων φυσικών και τεχνολογικών συστημάτων, οι δυσχέριες μετάβασης από ποιοτικούς σε ποσοτικούς συλλογισμούς και η χαμηλή απόδοση της χρήσης της έννοιας του έργου ως εισαγωγικής έννοιας για την ενέργεια. Τα ευρήματα αυτά απαιτούν μια συνολική αντιμετώπιση και

αποτελούν χρήσιμα εργαλεία δράσης στο επίπεδο του σχεδιασμού ενός 'καινοτομικού- εποικοδομητικού' αναλυτικού προγράμματος για την ενέργεια.

### **3.3 Η σχολική γνώση για την έννοια της ενέργειας**

Η εισαγωγή και διδασκαλία της έννοιας της ενέργειας στις διάφορες βαθμίδες της εκπαίδευσης, απασχολεί πολλά διεθνή εκπαιδευτικά συστήματα και εν μέρει το ελληνικό εκπαιδευτικό σύστημα από τα τέλη της δεκαετίας του 70. 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 αυτής της δεκαετίας (Driver & Millar, 1985; Koliopoulos & Tiberghien, 1986; Kirwan 1987; Carr & Kirkwood, 1988; Duit & Haeussler, 1994; Domenech et al, 2007). Τα τελευταία χρόνια, μάλιστα, υπό την εντεινόμενη πίεση διεθνών οργανισμών και κυβερνήσεων για λήψη μέτρων σχετικών με το ζήτημα της κλιματικής αλλαγής, διεθνείς οργανισμοί, εκπαιδευτικά συστήματα και ερευνητικές ομάδες αναγκάζονται να σχεδιάζουν καινοτόμες εκπαιδευτικές προτάσεις και να εκπονούν προγράμματα όπου η έννοια της ενέργειας κατέχει σημαντική θέση (Domenech et al, 2007). Για παράδειγμα, η Ευρωπαϊκή Ένωση εκπόνησε το 2009 το πρόγραμμα Intelligent Energy (2009) στα πλαίσια του οποίου εφαρμόζεται ένα σύνολο καινοτόμων εκπαιδευτικών προτάσεων για την ενέργεια που σχετίζονται άμεσα με τα ζητήματα της εξοικονόμησης και των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Μια επισκόπηση, επίσης, σε αναλυτικά προγράμματα πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης διαφόρων χωρών με παράδοση στο σχεδιασμό αναλυτικού προγράμματος ή με καλή επίδοση στο πρόγραμμα αξιολόγησης PISA (Αγγλία, Β. Ιρλανδία, Σκοτία, Αυστραλία, Φιλανδία) καθώς και της Κύπρου, δείχνει ότι η έννοια της ενέργειας αποτελεί σημαντικό μέρος του περιεχομένου τους, είτε ως αυτοτελές κεφάλαιο, είτε εισαγόμενη έμμεσα μέσω άλλων εννοιολογικών ενοτήτων όπως αυτές της Μηχανικής και του Ηλεκτρισμού. Αναλυτικότερα στο Εθνικό πρόγραμμα της Αγγλίας (National Curriculum in England for Science, 2000) και της Β. Ιρλανδίας (The Northern Ireland Curriculum, Programme of Study Science, 2002) για τις Φυσικές Επιστήμες, βλέπουμε ότι για τις ηλικίες των μαθητών/τριών από 5-11 ετών, εισάγουν την έννοια της ενέργειας μέσω της μελέτης των ιδιοτήτων και των χρήσεων του ηλεκτρισμού, των δυνάμεων, της κίνησης, του φωτός και του ήχου, ενώ για ηλικίες 11-14, εισάγουν την έννοια, τις πηγές ενέργειας, και τις ιδιότητες της μεταφοράς, της διατήρησης και της υποβάθμισης σε αυτοτελές κεφάλαιο.

Στο πρόγραμμα της Σκοτίας για τις Φυσικές Επιστήμες (National Guidelines for Scotland, 2000) βλέπουμε ότι για τις ηλικίες των μαθητών/τριών από 5-11 ετών, εισάγουν την έννοια μέσω της μελέτης των ιδιοτήτων των υλικών σωμάτων, της θερμότητας, του φωτός και του ηλεκτρισμού, ενώ για ηλικίες 11-14 ετών, δίδεται έμφαση στην κατανόηση της έννοιας της ενέργειας, της μετατροπής της και της μεταφο-

ράς της, σε πρακτικά καθημερινά πλαίσια όπως αυτά του ηλεκτρισμού, της θερμότητας, του φωτός και του ήχου.

Στο πρόγραμμα της Αυστραλίας (Curriculum Framework for ACT Schools, 2007) βλέπουμε ότι για τις ηλικίες των μαθητών/τριών από 5-7 ετών εισάγεται η έννοια της ενέργειας μέσω των χρήσεών της, έχοντας ως αφετηρία το ότι η ενέργεια 'χρειάζεται για να γίνουν πράγματα' και επεκτείνεται στη συνέχεια στις διάφορες μορφές ενέργειας που χρησιμοποιούνται σε οικείες καταστάσεις (π.χ. φως από τον ήλιο, θερμότητα που χρησιμοποιείται στο μαγείρεμα, ηλεκτρισμός από τις μπαταρίες που κάνουν τα παιχνίδια να λειτουργούν). Για τις ηλικίες των μαθητών/τριών από 7-11 ετών εισάγουν τις διαφορετικές μορφές και πηγές ενέργειας που χρησιμοποιούνται στην κοινότητά τους (π.χ. θερμότητα, ήχος, φως, ηλεκτρισμός). Για τις ηλικίες των μαθητών/τριών από 11-14 ετών ενεργειακό αντικείμενο αποτελεί το να ασχοληθούν οι μαθητές/τριες με τους τρόπους με τους οποίους διαφορετικές μορφές ενέργειας μπορούν να μεταφερθούν ή να αποθηκευτούν π.χ. ηλεκτρικά κυκλώματα, μπαταρίες κ.α.

Στο Εθνικό πρόγραμμα της Φινλανδίας (National Core Curriculum for Basic Education, 2004) βλέπουμε ότι για τις ηλικίες μαθητών/τριών από 7-10 ετών, δίδεται έμφαση στην ανάπτυξη προ-ενεργειακών και ενεργειακών εννοιών από τους μαθητές/τριες μέσω της παρατήρησης και μελέτης του άμεσου φυσικού και οικιακού περιβάλλοντος. Προτείνονται επίσης δραστηριότητες για να ερμηνεύσουν διάφορα φαινόμενα που σχετίζονται με τη θερμότητα, πηγές θερμότητας, λειτουργικές αρχές απλών συσκευών και για να κατανοήσουν φαινόμενα που σχετίζονται με τον ήχο και το φως, την προστασία της ακοής και της όρασης, τα μαγνητικά και ηλεκτρικά φαινόμενα. Για τους μαθητές/τριες ηλικίας από 11-12 ετών δίδεται κυρίως έμφαση στην απόκτηση δεξιοτήτων που σχετίζονται με ενεργειακά θέματα. Έτσι προτείνονται δραστηριότητες για να μελετηθούν οι πηγές ενέργειας, διάφοροι τρόποι παραγωγής ηλεκτρισμού και θερμότητας και η χρήση του ηλεκτρισμού για να παραχθεί φως, θερμότητα, και κίνηση. Οι μαθητές/τριες θα πρέπει να ξέρουν ότι ο ηλεκτρισμός και η θερμότητα μπορούν να παραχθούν από διάφορες φυσικές πηγές και να κατατάξουν τις φυσικές πηγές σε ανανεώσιμες και μη-ανανεώσιμες. Σε όλα τα παραπάνω προγράμματα παρατηρείται αφ' ενός ότι η εισαγωγή της έννοιας της ενέργειας συμβαίνει πλέον από πολύ μικρές ηλικίες και αφ' ετέρου, σε αρκετά από αυτά, ότι η έννοια συνδέεται με κοινωνικά και περιβαλλοντικά προβλήματα.

Στο πρόγραμμα σπουδών για τα Δημόσια Σχολεία της Κυπριακής Δημοκρατίας που εκπονήθηκε πρόσφατα (ΥΠΠΚ, 2010), η έννοια της ενέργειας εισάγεται ήδη από την πρώτη τάξη μέσα από ενότητες που αναφέρονται στον ήλιο και στον άνεμο, ενώ μελετάται η ηλεκτρική ενέργεια στο σπίτι και συζητείται η εξοικονόμησή της. Στη δευτέρα και τρίτη τάξη οι μαθητές/τριες καλούνται να εντοπίζουν πηγές θερμότητας, μαθαίνουν για τα θερμόμετρα και αναφέρονται σε κινδύνους από την κακή χρήση της ηλεκτρικής ενέργειας. Επανέρχονται στην έννοια της ενέργειας στην τετάρτη τάξη, όπου μέσα από την ενότητα του

ηλεκτρισμού αναπτύσσονται περαιτέρω οι έννοιες της παραγωγής και της εξοικονόμησης ενέργειας στο σύνθετο πλαίσιο της οικίας και του σχολείου. Στην πέμπτη τάξη δεν προτείνεται να διδαχθεί καμιά ενότητα με την έννοια της ενέργειας. Στην έκτη τάξη αναπτύσσεται διεξοδικά η έννοια της ενέργειας μέσα από μια σειρά εννοιών που αναφέρονται στα ηλεκτρικά κυκλώματα, τη διάδοση της θερμότητας, στις μετατροπές, στην ασφάλεια και οικονομία στη χρήση της ηλεκτρικής ενέργειας.

Στον ελληνικό χώρο, τα τελευταία χρόνια έχει μετακινηθεί το περιεχόμενο του αναλυτικού προγράμματος της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης από τις παραδοσιακές προσεγγίσεις της έννοιας της ενέργειας σύμφωνα με τις οποίες η ενέργεια εισάγεται ως παράγωγη έννοια του έργου, σε προσεγγίσεις όπου η ενέργεια αυτονομείται ως έννοια και σχετίζεται περισσότερο με καθημερινά προβλήματα (π.χ., παραγωγή, μεταφορά, χρήση, εξοικονόμηση ενέργειας) και περιβαλλοντικά ζητήματα (π.χ., ανανεώσιμες και μη ανανεώσιμες αποθήκες ενέργειας, ηλιακή ενέργεια, αιολική ενέργεια, γεωθερμία, βιομάζα, πετρέλαιο, πυρηνική ενέργεια κ.α.) (ΥΠΕΠΘ 2002).

Η έννοια της ενέργειας στο ελληνικό Διαθεματικό Ενιαίο Πλαίσιο Προγραμμάτων Σπουδών (Δ.Ε.Π.Π.Σ) και στο Αναλυτικό Πρόγραμμα Σπουδών (Α.Π.Σ) για τις Φυσικές Επιστήμες για την ε' και στ' τάξη του δημοτικού σχολείου (ΥΠΕΠΘ, 2002 - Παράρτημα 1) φαίνεται να προσεγγίζεται στα πλαίσια της παραδοσιακής αντίληψης για το αναλυτικό πρόγραμμα φυσικών επιστημών (βλ. ενότητα 2.4).

Στα επόμενα θα σχολιαστεί και θα δοθούν παραδείγματα από το πρόγραμμα σπουδών και τα εγχειρίδια της ε' δημοτικού, αλλά οι περιγραφόμενες διαπιστώσεις ισχύουν σε μεγάλο βαθμό και για αυτά της στ' δημοτικού (Κολιόπουλος & Δελέγκος, 2008). Όσον αφορά στην εννοιολογική συνιστώσα της επιστημονικής γνώσης, στο *Βιβλίο μαθητή* (Αποστολάκης κ. συν. 2006), εμφανίζονται πολλά εννοιολογικά πλαίσια σε κάθε ένα από τα οποία η ενέργεια αποκτά διαφορετική σημασία. Εξάιρεση αποτελεί το 'φαινομενολογικό' πλαίσιο το οποίο δεν συνιστά εννοιολογική δομή, αλλά απλώς πρόκειται για τη χρήση της λέξης ενέργεια στο πλαίσιο της καθημερινής ζωής. Στον πίνακα 3.1 φαίνονται καθαρά όχι μόνο τα διαφορετικά πλαίσια χρήσης της έννοιας (μέσω φράσεων – κλειδιών που αποκαλύπτουν τη φύση του εκάστοτε πλαισίου), αλλά και περιπτώσεις ανάμιξης ενεργειακών εννοιολογικών πλαισίων ή ενός ενεργειακού και ενός μη ενεργειακού εννοιολογικού πλαισίου.

<p>- «Χρησιμοποιούμε την ενέργεια για να μαγειρέψουμε το φαγητό μας, για να διαμορφώσουμε τις κατάλληλες συνθήκες διαβίωσης, για να επικοινωνήσουμε, ..., για να ψυχαγωγηθούμε» (σελ. 25).</p> <p>- «Δοκίμασε να ασχοληθείς με το αγαπημένο σου άθλημα έχοντας μείνει χωρίς τροφή για πολλές ώρες. Είναι σίγουρο ότι θα εγκαταλείψει σύντομα την προσπάθεια, νιώθοντας ότι σου λείπει ενέργεια!» (σελ. 30).</p>	<p>Φαινομενολογικό πλαίσιο</p>
<p>- «Η ενέργεια στη φύση αλλάζει συνεχώς μορφή ... Πολλές φορές προκαλούμε εμείς οι ίδιοι τη μετατροπή της ενέργειας στη μορφή που μας είναι κάθε φορά χρήσιμη» (σελ. 26)</p> <p>- «Όλες οι συσκευές και μηχανές που χρησιμοποιούμε στην</p>	<p>Πλαίσιο 'μορφών ενέργειας'</p>

καθημερινή ζωή μετατρέπουν ενέργεια για να λειτουργήσουν. Το καμινέτο μετατρέπει τη χημική ενέργεια σε φωτεινή και θερμική. Ο φούρνος μετατρέπει την ηλεκτρική ενέργεια σε θερμική και φωτεινή, το αυτοκίνητο μετατρέπει τη χημική ενέργεια σε θερμική και κινητική ενώ το τρυπάνι την ηλεκτρική σε κινητική και θερμική» (σελ. 26)	
- «Οι συνεχείς κινήσεις των σωματιδίων του μικρόκοσμου οφείλονται στην ενέργεια την οποία αυτά έχουν τη στιγμή της δημιουργίας του σύμπαντος. Χάρη στην ενέργεια που οφείλεται στις δυνάμεις μεταξύ των στοιχειωδών σωματιδίων ...» (σελ. 25)	‘Σωματιδιακό πλαίσιο’
- «Την ενέργεια που έχει ένα σώμα λόγω της θέσης του ή των δυνάμεων που ασκούνται σε αυτό την ονομάζουμε δυναμική. Την ενέργεια που έχει ένα σώμα λόγω της κίνησής του την ονομάζουμε κινητική» (σελ. 27)	‘Πλαίσιο Μηχανικής’
- Η ενέργεια που είναι αποθηκευμένη στα μόρια των τροφών ελευθερώνεται κατά την πέψη ... η βιολογική ενέργεια μετατρέπεται σε άλλες μορφές χημική, κινητική, ηλεκτρική, θερμότητα (σελ. 30)	Ανάμιξη εννοιολογικών πλαισίων (πλαίσιο ‘μορφών ενέργειας’ με ‘σωματιδιακό’ πλαίσιο)
- «Η ηλεκτρική ενέργεια για παράδειγμα μεταφέρεται μέσα από το δίκτυο της ΔΕΗ, ενώ το πετρέλαιο και το φυσικό αέριο με βυτία ή μέσα από αγωγούς» (σελ. 27)	Ανάμιξη ‘ενεργειακού’ και ‘μη ενεργειακού’ πλαισίων

**Πίνακας 3.1:** Παράθεση και ανάμιξη εννοιολογικών πλαισίων χρήσης της έννοιας της ενέργειας στο βιβλίο μαθητή της ε΄ δημοτικού

Στο *Τετράδιο εργασιών*, όμως, φαίνεται να κυριαρχεί ένα από τα προηγούμενα εννοιολογικά πλαίσια, αυτό των ‘μορφών ενέργειας’. Εκτός του ότι δεν αιτιολογείται αυτή η ασυνέπεια, είναι αμφίβολο αν αυτό το πλαίσιο συνιστά έγκυρη σχολική εκδοχή της επιστημονικής γνώσης, αν δηλαδή αποτελεί ένα εξηγητικό ενεργειακό μοντέλο με την έννοια που αποδίδεται στην επιστημονική γνώση. Και αυτό διότι, στη χρησιμοποιούμενη γλώσσα των ‘μορφών ενέργειας’, η ενέργεια δε φαίνεται να εμφανίζει συστημικό νόημα, δηλαδή, να λαμβάνει το νόημά της μέσα από ένα δίκτυο αλληλοσχετιζόμενων εννοιών (π.χ., ‘ποσότητα ενέργειας - παροχή ενέργειας - χρονικό διάστημα’ ή ‘αλλαγή κάποιας ιδιότητας (θερμοκρασίας, ύψους κλπ) - αλλαγή ποσότητας ενέργειας που μεταφέρεται’, κλπ). Αντιθέτως, το μοναδικό νόημα που λαμβάνει η έννοια της ενέργειας είναι εμπειρικό, δηλαδή ένα νόημα που προέρχεται από τα φαινομενολογικά χαρακτηριστικά μιας φυσικής κατάστασης τα οποία καθορίζουν/υποβάλλουν τη μορφή ενέργειας που είναι αποθηκευμένη (για παράδειγμα στη σελ. 43) ή τη μετατροπή της σε άλλη μορφή (για παράδειγμα στη σελ. 45). Αν πάντως δεν πρόκειται για μια εκδοχή του φαινομενολογικού πλαισίου, τότε πρόκειται για μια ‘ψευδο-ποιοτική’ προσέγγιση σύμφωνα με την οποία πίσω από τη φυσική γλώσσα στην οποία είναι διατυπωμένο ένα κείμενο, υποκρύπτεται μια εννοιολογική σχέση που γίνεται κατανοητή μόνο αν κάποιος μπορεί ν’ αντιληφθεί το μαθηματικό της περιεχόμενο, κάτι, βεβαίως, που είναι απίθανο να συμβεί με παιδιά της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης. Για παράδειγμα, και μόνο η χρήση της έννοιας ‘αποθηκευμένη ενέργεια’ προϋποθέτει τη γνώση ότι η ενέργεια είναι ποσοτικό μέγεθος. Επιπτώσεις που μπορεί να έχουν στη διδασκαλία όλα τα παραπάνω χαρακτηριστικά είναι ότι αφ’ ενός η

παράθεση και ανάμιξη διαφορετικών εννοιολογικών πλαισίων και αφ' ετέρου η χρήση ενός 'φαινομενολογικού' ή 'ψευδο-ποιοτικού' πλαισίου είναι δυνατόν να μειώσουν δραστικά τη λειτουργικότητα της έννοιας αφού κάθε φορά ο μαθητής/τρια είτε επιβαρύνεται με μια διαφορετική σημασία της έννοιας, είτε δεν είναι σε θέση να κατασκευάσει καμιά σημασία της, δηλαδή να συγκροτήσει νέα σχολική γνώση.

Όσον αφορά στη μεθοδολογική συνιστώσα της επιστημονικής γνώσης, φαίνεται να μην υπάρχει ένα σαφές μεθοδολογικό στίγμα. Κατ' αρχήν, εμφανίζεται ένα είδος 'αξιωματικής' προσέγγισης η οποία δε βρίσκει το αντίστοιχό της στην επιστημονική γνώση αναφοράς. Για παράδειγμα, στην ενότητα ΦΕ2 (Η ενέργεια αποθηκεύεται - 'Από πού μπορεί να παίρνουν την ενέργεια που χρειάζονται για να λειτουργήσουν οι διάφορες συσκευές, που χρησιμοποιούμε στην καθημερινή μας ζωή; Παρατήρησε τις παρακάτω εικόνες και σημείωσε τη μορφή της ενέργειας και πού είναι αποθηκευμένη σε κάθε περίπτωση' - σελ. 43), το σχόλιο των συγγραφέων στον *Οδηγό του εκπαιδευτικού* (Αποστολάκης κ. συν. 2006), είναι ότι 'το εισαγωγικό ερέθισμα στην ενότητα αυτή δεν περιλαμβάνει ερώτημα καθώς είναι απίθανο οι μαθητές/τριες να είναι σε θέση να διατυπώσουν υποθέσεις' (σελ. 89). Η φύση αξιωματικά περιγράφεται με τη γλώσσα των μορφών ενέργειας. Βεβαίως, συστηματικότερη ανάλυση δείχνει ότι πίσω από την προσέγγιση αυτή κρύβονται στοιχεία του εμπειριστικο-επαγωγικού συμπερασμού ο οποίος προϋποθέτει ότι η γνώση παράγεται από την παρατήρηση και την εμπειρία. Σχηματικά, αυτό το είδος συμπερασμού στο συγκεκριμένο πρόγραμμα εκφράζεται με την ακολουθία: παρατήρηση, γενίκευση, επιβεβαίωση. Το παράδειγμα που ακολουθεί σχετίζεται με την ενότητα ΦΕ2 και επιβεβαιώνει τον ισχυρισμό μας:

- *Παρατηρήσεις*: Ζητείται να παρατηρήσουν οι μαθητές/τριες τις εικόνες και να συζητήσουν για τις διάφορες μορφές ενέργειας (σελ. 40 του τετραδίου εργασιών) ή να εκτελέσουν διάφορες δραστηριότητες και να συζητήσουν τις μετατροπές ενέργειας (σελ. 45-46 του τετραδίου εργασιών).

- *Γενίκευση*: Στην ενέργεια δίδονται διάφορα ονόματα 'ανάλογα με την προέλευσή της και τον τρόπο χρήσης' ή 'Ζητάμε από τους μαθητές/τριες να παρατηρήσουν τις εικόνες και να σημειώσουν τις ενεργειακές μετατροπές, που συνοδεύουν τις 'αλλαγές', που απεικονίζονται σ' αυτές' (σελ. 92-95 του Οδηγού εκπαιδευτικού) ή 'με το πείραμα αυτό οι μαθητές διαπιστώνουν τη μετατροπή της αποθηκευμένης δυναμικής ενέργειας του συμπιεσμένου ελατηρίου σε κινητική ενέργεια' (σελ. 94 του Οδηγού εκπαιδευτικού).

- *Επιβεβαίωση*: Μετά την εξαγωγή του συμπεράσματος, υπάρχουν δραστηριότητες επιβεβαίωσης της ονομασίας της ενέργειας ή των μορφών ενέργειας σε διευρυμένο φαινομενολογικό πεδίο (σελ. 44, 47 του τετραδίου εργασιών).

Όπως φαίνεται από τα προηγούμενα, οι συντάκτες του προγράμματος και οι συγγραφείς του σχολικού εγχειριδίου παρακάμπτουν μεθοδολογικά την υποθετική υπόσταση της έννοιας με ένα ιδιότυπο διδακτικό μετασχηματισμό της εμπειρικο-επαγωγικής εικόνας της επιστημονικής γνώσης όπου η γενίκευση έπεται διαφόρων παρατηρήσεων με αξιωματικό τρόπο (η φύση περιγράφεται με τον όρο 'ενέργεια'). Το μεγαλύτερο πρόβλημα της διατήρησης στα σχολικά προγράμματα και εγχειρίδια Φυσικών Επιστημών μιας εμπειρικο-επαγωγικής προσέγγισης είναι ότι οδηγεί μαθητές/τριες αλλά, κυρίως, εκπαιδευτικούς στην υιοθέτηση μιας ψευδούς εικόνας για τη φύση των Φυσικών Επιστημών. Επίσης, είναι δυνατόν να οδηγήσει σε διατήρηση των χαρακτηριστικών της πρακτικο-βιωματικής γνώσης για την ενέργεια (ενέργεια = δραστηριότητα). Για παράδειγμα, αν ακολουθώντας την ίδια μεθοδολογική προσέγγιση στην ενότητα ΦΕ2, αντικαταστήσουμε τη λέξη 'ενέργεια' με τη λέξη 'δραστηριότητα', καταλήγουμε στα ακριβώς ίδια συμπεράσματα με μια ορολογία (μορφές 'δραστηριοτήτων' – μετατροπές 'δραστηριοτήτων') η οποία ευνοεί το πρακτικο-βιωματικό νόημα της έννοιας (βλ. ενότητα 3.2.2).

Τέλος, όσον αφορά στην πολιτισμική συνιστώσα της επιστημονικής γνώσης, η σχέση της με τις δυο άλλες συνιστώσες της επιστημονικής γνώσης είναι ιδιαίτερα χαλαρές. Κατ' αρχάς, παρατηρείται πληθώρα πολιτισμικών πλαισίων (σπίτι, βιομηχανία, μεταφορές, κοσμολογία, καθημερινή ζωή, διατροφή). Αυτό σημαίνει ότι είναι ιδιαίτερα δύσκολο να οικοδομηθεί ένα εξηγητικό μοντέλο για την ενέργεια αφού σχετικές έρευνες έχουν δείξει ότι αφ' ενός δεν είναι όλα τα φαινομενολογικά πεδία κατάλληλα για την οικοδόμηση της έννοιας (Solomon, 1985 ; Κολιόπουλος, 1997) και αφ' ετέρου ότι χρειάζεται συστηματική και μακρόχρονη δουλειά για να οικοδομήσουν οι μαθητές/τριες ένα ενεργειακό εξηγητικό μοντέλο ακόμη και σε ένα περιορισμένο πεδίο εφαρμογών εξ αιτίας τόσο της αφηρημένης μορφής του εξηγητικού μοντέλου όσο και των γνωστικών δυνατοτήτων των παιδιών (Devi et al., 1996 ; Lemeignan & Weil-Barais, 1997). Παράλληλα, η πληθώρα αυτή πολιτισμικών πλαισίων δε χρησιμοποιείται ιεραρχημένα αλλά κατά τυχαίο τρόπο. Αυτό σημαίνει ότι η πολιτισμική συνιστώσα παίζει περισσότερο το ρόλο πληροφοριακού υλικού ή διακοσμητικού στοιχείου παρά αποτελεί ένα συγκροτημένο πλαίσιο εισαγωγής κοινωνικών στοιχείων τα οποία θα λειτουργήσουν ως κίνητρο για την ενασχόληση των μαθητών/τριών με το συγκεκριμένο τομέα. Το μόνο ίσως συγκροτημένο κοινωνικό πλαίσιο στο πρόγραμμα της ε' δημοτικού είναι το πλαίσιο 'Τροφές και ενέργεια' το οποίο όμως, επειδή συνδέεται με άλλα φαινομενολογικά ή εννοιολογικά πλαίσια πλην του πλαισίου των μορφών ενέργειας (Αποστολάκης κ. συν. 2006, σελ. 30-31 του Βιβλίου μαθητή, σελ. 51-54 του Τετραδίου εργασιών), καθίσταται μη λειτουργικό. Η μη οριοθέτηση ενός σαφώς προσδιορισμένου κοινωνικού πεδίου εφαρμογής της έννοιας της ενέργειας είναι δυνατόν να υποβαθμίσει το ενδιαφέρον των μαθητών/τριών για την πραγμάτευση της έννοιας, να δημιουργήσει προβλήματα στην οικοδόμησή της και να εμποδίσει την αλλαγή στάσεων των παιδιών για τη διαχείριση του περιβάλλοντος.



Παράλληλα όμως με τις προτάσεις και τα προγράμματα που περιλαμβάνουν την έννοια της ενέργειας, τόσο στην πρωτοβάθμια όσο και στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση, κινείται και ο χώρος της έρευνας της Διδακτικής των φυσικών επιστημών. Ένα ρεύμα της εν λόγω έρευνας είναι αφιερωμένο στη διερεύνηση της δυνατότητας σχεδιασμού προγραμμάτων διδασκαλίας και διδακτικών ακολουθιών για την εκπαιδευτική βαθμίδα του δημοτικού σχολείου τέτοιων ώστε να διασφαλίζεται αφ' ενός η συμβατότητα της προτεινόμενης γνώσης με τις γνωστικές ανάγκες και δυνατότητες των μαθητών/τριών της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης και αφ' ετέρου η σύνδεσή τους με τη σύγχρονη καθημερινότητα και ζητήματα που σχετίζονται με την ενέργεια. Στον ελληνικό χώρο, την τελευταία δεκαετία έχουν εκπονηθεί εργασίες για την πρωτοβάθμια εκπαίδευση που εντάσσονται σ' αυτό το ερευνητικό πλαίσιο. Ο Τσαγλιώτης (2006) προσεγγίζει μαθησιακά και διδακτικά την ηλιακή ενέργεια με παιδιά σ' τάξης του δημοτικού σχολείου. Η Ριζάκη (2008) και ο Παπαδούρης (2010) επίσης κατασκευάζουν εποικοδομητικές διδακτικές παρεμβάσεις για την έννοια της ενέργειας με παιδιά της ίδιας τάξης. Η Σπύρτου (2002) παρεμβαίνει με διδακτικές προτάσεις για τη διδασκαλία της ενέργειας στην εκπαίδευση μελλοντικών εκπαιδευτικών πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης καθώς και με διδακτικές επισημάνσεις για το περιεχόμενο της ενέργειας στα νέα σχολικά εγχειρίδια της ε' και σ' τάξης του Δημοτικού σχολείου. Η 'Ομάδα για την Ενέργεια' του ΤΕΕΑΠΗ του Πανεπιστημίου Πατρών (<http://energyineducation.blogspot.com/>), διερευνά την υπόθεση της δυνατότητας εκπόνησης προγραμμάτων διδασκαλίας για την ενέργεια στην προσχολική και πρωτοβάθμια εκπαίδευση. Οι σχετικές εργασίες, όπως έχει αναφερθεί και πιο πάνω, επιβεβαιώνουν την υπόθεση αυτή (Κολιόπουλος & Αργυροπούλου, 2010; Συμιδαλά & Κολιόπουλος, 2012; Τζαμαρία & Κολιόπουλος, 2012). Η εργασία μας ανήκει σε αυτό το ερευνητικό ρεύμα και στις επόμενες ενότητες θα εξειδικευθεί η προτεινόμενη προς οικοδόμηση σχολική γνώση για την ενέργεια.

### **3.4 Η σχολική γνώση για την ενέργεια στα πλαίσια της 'καινοτομικής - εποικοδομητικής' αντίληψης για το πρόγραμμα Φυσικών Επιστημών**

Στην καινοτομική αντίληψη για το πρόγραμμα Φυσικών Επιστημών (βλ. ενότητα 2.4), υπερβαίνουμε την παραδοσιακή διασπορά της έννοιας της ενέργειας σε διάφορες θεματικές ενότητες και περνάμε στην *ευρεία εννοιολογική ενότητα* ή στη θεώρηση της ενέργειας ως *οργανωτικής αρχής* ολόκληρου του αναλυτικού προγράμματος (Κολιόπουλος, 1997). Σε αντίθεση με την παραδοσιακή αντίληψη, σύμφωνα με την οποία όλες οι έννοιες φυσικών επιστημών αντιμετωπίζονται με τον ίδιο τρόπο, η ενέργεια τώρα αποκτά προνομιακή μεταχείριση. Η έμφαση δίνεται πλέον στη *δομή* και στην *εις βάθος* πραγμάτευση ενός εννοιολογικού πλαισίου, στο οποίο εμπλέκεται η έννοια της ενέργειας. Σε προγράμματα διδασκαλίας όπου οι κοινωνικοί σκοποί αποκτούν την ίδια βαρύτητα με τους επιστημονικούς (π.χ. στο πρόγραμμα *Libres Parcours*), η ενέργεια παρουσιάζεται ως πρωταρχική έννοια, ενώ συγχρόνως επιλέγεται το εννοι-

ολογικό πλαίσιο της θερμοδυναμικής, με τη μορφή του προτύπου της *ενεργειακής αλυσίδας*, ως μοναδικό εννοιολογικό πλαίσιο αναφοράς. Σύμφωνα με αυτό το πρότυπο, η ενέργεια εισάγεται ως το κοινό φυσικό μέγεθος το οποίο χαρακτηρίζει διαφορετικού τύπου αποθήκες ενέργειας, αν και παρουσιάζεται με διαφορετικές μορφές. Συγχρόνως, γίνεται ένας σαφής διαχωρισμός ανάμεσα στην αποθηκευμένη ενέργεια, που περιγράφει την κατάσταση ενός συστήματος, και τη μεταφορά ενέργειας, η οποία υποδηλώνει τις ανταλλαγές ανάμεσα στα διάφορα φυσικά συστήματα. Επίσης, δίνεται έμφαση στην άμεση μέτρηση της ενέργειας με τη βοήθεια του ηλεκτρικού μετρητή ενέργειας. Το βασικό χαρακτηριστικό του μοντέλου της ενεργειακής αλυσίδας είναι ότι αποκαθιστά μια διαλεκτική σχέση ποιοτικού-ποσοτικού. Οι ποσοτικές σχέσεις αποκτούν νόημα μέσα από τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του μοντέλου αυτού. Από την άλλη μεριά, αυτά τα χαρακτηριστικά συναρτώνται άμεσα με την ποσοτική διάσταση, η οποία εξασφαλίζεται καταρχήν μέσω των μετρήσεων του ηλεκτρικού μετρητή ενέργειας. Τα παραπάνω εννοιολογικά χαρακτηριστικά συνιστούν ένα ερμηνευτικό 'ενεργειακό' μοντέλο, το οποίο περιγράφει και ερμηνεύει με ενιαίο τρόπο μια πληθώρα φυσικών φαινομένων, με μηχανικά, ηλεκτρικά, μαγνητικά, θερμικά και χημικά χαρακτηριστικά. Τέλος, εκτός από την ίδια την έννοια της ενέργειας, ιδιαίτερη βαρύτητα δίνεται στις ενεργειακές έννοιες: ισχύς, απώλειες ενέργειας και απόδοση. Η επιλογή αυτών των εννοιών ως βασικών οφείλεται στην έμφαση που δίδεται στα προβλήματα της καθημερινής ζωής και της τεχνολογίας.

Το πρότυπο των ενεργειακών αλυσίδων φαίνεται να αποτελεί μια κατάλληλη επιλογή διδακτικού μετασχηματισμού της επιστημονικής γνώσης στη σχολική της εκδοχή (Κολιόπουλος, 1997, 2006α). Κατ' αρχήν, είναι ο πλέον έγκυρος μετασχηματισμός της γνώσης αναφοράς για την ενέργεια, δηλαδή τη μακροσκοπική θερμοδυναμική η οποία, όπως έχουμε ήδη τονίσει ιστορικά και επιστημολογικά αποτελεί την προνομιακή επιστημονική γνώση για την ενέργεια (βλ. ενότητα 3.1).

Ακόμη πιο σημαντικό στοιχείο είναι ότι η εσωτερική δομή του προτύπου αυτού είναι συμβατή με ένα συνήθη τρόπο σκέψης των μαθητών/τριών, το γραμμικό αιτιακό συλλογισμό (βλ. ενότητα 3.2.3). Αυτή η συμβατότητα του προτύπου των ενεργειακών αλυσίδων με ένα πρότυπο συλλογισμού που ενεργοποιείται στους μαθητές/τριες από πολύ μικρή ηλικία είναι δυνατόν να συμβάλει στην οικοδόμηση λειτουργικών γνώσεων για την ενέργεια τόσο μέσω της οικοδόμησης προ-ενεργειακών αντιλήψεων στις μικρές ηλικίες, οι οποίες αργότερα είναι δυνατόν να λειτουργήσουν ως υποδοχείς νέων γνώσεων για την ενέργεια, όσο και μέσω της σταδιακής οικοδόμησης ενεργειακών αντιλήψεων σε μεγαλύτερες ηλικίες όπου το ποσοτικό και το ποιοτικό συντίθενται αρμονικά.

Τέλος, το πρότυπο αυτό έχει εφαρμοστεί σε διδασκαλίες της δευτεροβάθμιας κυρίως εκπαίδευσης, διεθνώς και στην Ελλάδα (Κολιόπουλος, 1997; Lemeignan & Weil-Barais, 1997).

Όσον αφορά στην εποικοδομητική αντίληψη για το πρόγραμμα Φυσικών Επιστημών, η σταδιακή οικοδόμηση του μοντέλου των ενεργειακών αλυσίδων φαίνεται να υποβοηθείται κατ' αρχήν με την εισαγωγή της διδακτικής στρατηγικής του 'μοντέλου σπέρματος', δηλαδή μιας αρχικής μορφής του μοντέλου της ενεργειακής αλυσίδας, ώστε οι ποιοτικές προ-ενεργειακές αντιλήψεις των μαθητών/τριών να μετασχηματιστούν σε περισσότερο συγγενείς με τη γνώση αναφοράς (Tiberghien & Megalakaki, 1995). Μετά την εισαγωγή του μοντέλου οι νοητικές παραστάσεις των μαθητών /τριών επηρεαζόμενες από αυτό, θα πρέπει να εξελίσσονται σταδιακά προς την επιθυμητή σχολική γνώση. Στην εργασία μας εφαρμόζουμε τη στρατηγική αυτή για την έννοια της ενέργειας, με τον τρόπο που φαίνεται στον επόμενο Πίνακα 3.2, στον οποίο περιγράφεται συνοπτικά η πορεία οικοδόμησης ενός μοντέλου ενεργειακής αλυσίδας. Βασικό στοιχείο της στρατηγικής αυτής είναι η αλληλεπίδραση των πρακτικο-βιωματικών νοητικών παραστάσεων των μαθητών/τριών με ένα αρχικό εξηγητικό 'μοντέλο-σπέρμα' M1, το οποίο εισάγεται αρχικά στη διδακτική διαδικασία και στη συνέχεια εμπλουτιζόμενο συνεχώς με νέα στοιχεία και μέσα από μια ακολουθία πειραματικών δραστηριοτήτων εξελίσσεται σε μια τελική μορφή M3. Στην τελευταία στήλη του πίνακα φαίνονται καθαρά για κάθε στάδιο εφαρμογής του μοντέλου, τα πλαίσια χρήσης των αντίστοιχων νοητικών παραστάσεων. Η πλήρης δομή και το περιεχόμενο της διδακτικής ακολουθίας υπάρχει στην ενότητα 4.3.

ΣΤΑΔΙΑ	ΕΙΔΟΣ ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ	ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΕΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ	ΠΡΟΣΔΟΚΩΜΕΝΗ ΕΞΕΛΙΞΗ ΝΟΗΤΙΚΩΝ ΠΑΡΑΣΤΑΣΕΩΝ ΜΑΘΗΤΩΝ/ΤΡΙΩΝ
1 <sup>ο</sup>	Μοντέλο ενεργειακής αλυσίδας (M1)	Εισαγωγή και πραγμάτευση του ενεργειακού 'μοντέλου-σπέρματος' της ενεργειακής αλυσίδας (M1)	Πλαίσιο βελτίωσης των νοητικών παραστάσεων
2 <sup>ο</sup>	Εμπλουτισμένο το μοντέλο (M1)	Πραγμάτευση του (M1) σε διευρυμένο φαινομενολογικό πεδίο	Πλαίσιο βελτίωσης των νοητικών παραστάσεων
3 <sup>ο</sup>	Ημιποσοτικό μοντέλο ενεργειακής αλυσίδας (M2)	Εισαγωγή και πραγμάτευση του ημιποσοτικού μοντέλου ενεργειακής αλυσίδας (M2)	Πλαίσιο μετασχηματισμού και συμπλήρωσης των νοητικών παραστάσεων
4 <sup>ο</sup>	Εμπλουτισμένο το μοντέλο (M2)	Πραγμάτευση του (M2) σε γνωστό φαινομενολογικό πεδίο και εμπλουτισμός του μοντέλου με νέα στοιχεία	Πλαίσιο βελτίωσης των νοητικών παραστάσεων
5 <sup>ο</sup>	Ποσοτικό μοντέλο ενεργειακής αλυσίδας (M3)	Εισαγωγή και πραγμάτευση του ποσοτικού μοντέλου ενεργειακής αλυσίδας (M3)	Πλαίσιο μετασχηματισμού και συμπλήρωσης των νοητικών παραστάσεων
6 <sup>ο</sup>	Εμπλουτισμένο μοντέλο (M3)	Πραγμάτευση του (M3) σε σύνθετο φαινομενολογικό πεδίο	Πλαίσιο βελτίωσης των νοητικών παραστάσεων
7 <sup>ο</sup>	Εμπλουτισμένο το μοντέλο (M3)	Πραγμάτευση του (M3) σε πεδίο μεγάλης κλίμακας	Πλαίσιο βελτίωσης των νοητικών παραστάσεων

**Πίνακας 3.2:** Η εξέλιξη των νοητικών παραστάσεων των μαθητών/τριών κατά την σταδιακή οικοδόμηση του ενεργειακού μοντέλου των ενεργειακών αλυσίδων.

Παράλληλα προς τη στρατηγική της εισαγωγής ενός 'μοντέλου-σπέρματος', ακολουθούνται δύο ακόμη βασικές στρατηγικές: η στρατηγική της ανάπτυξης αναπαραστάσεων αντικειμένων και γεγονότων και, σε μικρότερο βαθμό, η στρατηγική της διαμόρφωσης συνθηκών αποσταθεροποίησης και γνωστικής σύγκρουσης. Για την πρώτη, οι Lemeignan & Weill-Barais (1997), προτείνουν την εισαγωγή διαφαινομενολογικών καταστάσεων ώστε να οδηγηθούν οι μαθητές/τριες να τις αναπαραστήσουν με μορφές μιας προσανατολισμένης αλυσίδας αντικειμένων όπου είτε κάθε αντικείμενο θα λαμβάνει τη σημασία και τη λειτουργία που εκπληρώνει σε σχέση με τα άλλα αντικείμενα που συνθέτουν τις διατάξεις (*αναπαράσταση λειτουργίας*), είτε ορισμένα αντικείμενα αποτελούν αιτιακούς παράγοντες οι οποίοι μεταφέρουν μια δράση σε άλλα αντικείμενα ώστε αυτά να λειτουργήσουν (*αναπαράσταση διανομής*). Η δεύτερη μπορεί να χρησιμοποιηθεί, κυρίως, στην περίπτωση της οικοδόμησης ποσοτικών στοιχείων για την έννοια της ενέργειας, ξεκινώντας από την παραδοχή ότι οι νοητικές παραστάσεις των μαθητών/τριών για την έννοια είναι κυρίως ποιοτικού χαρακτήρα (βλ. ενότητα 3.2.3).

Ο πίνακας 3.2 περιέχει επίσης στοιχεία για τα επιστημολογικά πλαίσια χρήσης των νοητικών παραστάσεων των μαθητών/τριών για την ενέργεια. Στις περισσότερες ενότητες γίνεται προσπάθεια να επιτευχθεί μια αμοιβαία προσέγγιση των βιωματικών νοητικών παραστάσεων των μαθητών/τριών και κυρίως των προ-ενεργειακών παραστάσεων που περιγράφονται την ενότητα 3.2.3 με τη σχολική επιστημονική γνώση (μοντέλα M1-M3) και στη συνέχεια μια βελτίωση των πρώτων με τη βοήθεια της δεύτερης (στάδια 1,2,4,6,7). Αυτό συμβαίνει διότι θεωρήσαμε ότι είναι σημαντικό, εξ αιτίας της αφηρημένης φύσης και του ποσοτικού χαρακτήρα της έννοιας της ενέργειας, σε όλη τη διάρκεια της διδακτικής παρέμβασης, οι μαθητές/τριες να αισθάνονται ότι η νέα γνώση βρίσκεται εντός των ορίων των δικών τους γνωστικών δυνατοτήτων που δεν είναι άλλες από τις προ-ενεργειακές παραστάσεις που συμβαδίζουν ως ένα βαθμό με τη δομή και τα χαρακτηριστικά της γνώσης αυτής. Η γνωστική απόσταση, δηλαδή, ανάμεσα στη σχολική γνώση και τη βιωματική γνώση των μαθητών/τριών για την ενέργεια θα πρέπει συνεχώς να μπορεί να διανυθεί εύκολα από αυτούς. Ταυτόχρονα, όμως, υπάρχουν δύο στάδια (στάδια 3 και 5) όπου οι μαθητές/τριες θα πρέπει όχι απλώς να βελτιώσουν τις παραστάσεις τους αλλά να τις υπερβούν και να τις μετασχηματίσουν σε ποιοτικά διαφορετική γνώση. Τα στάδια αυτά αφορούν ουσιαστικά στο μετασχηματισμό των ποιοτικών νοητικών παραστάσεων των μαθητών/τριών σε *ποσοτικές* παραστάσεις για την ενέργεια. Πρόκειται για μια εννοιολογική αλλαγή στις αντιλήψεις τους που συνιστά μια τομή και όχι απλή εξέλιξη στη σκέψη τους.

## Κεφάλαιο 4

### Οι σκοποί και το περιεχόμενο μιας ‘καινοτομικής – εποικοδομητικής’ διδακτικής ακολουθίας για την ενέργεια στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση (ε’ δημοτικού)

#### 4.0. Εισαγωγή

Στο παρόν κεφάλαιο περιγράφονται οι κύριες επιδιώξεις, οι διδακτικοί σκοποί και οι βασικές αρχές σχεδιασμού της διδακτικής ακολουθίας για την ενέργεια, στο πλαίσιο της ‘καινοτομικής-εποικοδομητικής’ αντίληψης για τη διδασκαλία και μάθηση στις φυσικές επιστήμες. Το φαινομενολογικό πεδίο καθώς και οι διδακτικές ενότητες της προτεινόμενης διδακτικής ακολουθίας. Στη διατύπωση όλων των παραπάνω κύριο ρόλο έπαιξαν οι αναλύσεις που προέκυψαν από τα προηγούμενα κεφάλαια, οι οποίες έδωσαν όλα εκείνα τα στοιχεία που συνδυαζόμενα μεταξύ τους συνθέτουν το βασικό κορμό της διδακτικής παρέμβασης.

#### 4.1 Βασικές επιδιώξεις και διδακτικοί σκοποί της διδακτικής ακολουθίας

Η διδακτική ακολουθία, ως ‘καινοτομικού – εποικοδομητικού’ τύπου ακολουθία, προϋποθέτει για τη δημιουργία της συνδυασμό πολλαπλών κριτηρίων επιλογής, όπως αυτά συνδυάζονται με βάση επιστημολογικές, ψυχολογικές, παιδαγωγικές και κοινωνικές απαιτήσεις (βλ. κεφάλαιο3).

Βασική επιδίωξη της προτεινόμενης διδακτικής ακολουθίας είναι να εξελίξουν οι μαθητές/τριες τις νοητικές παραστάσεις τους για την έννοια της ενέργειας προς περισσότερο συμβατές με τα επιστημονικά πρότυπα παραστάσεις και πιο συγκεκριμένα να οικοδομήσουν βασικά στοιχεία του εννοιολογικού *μοντέλου των ενεργειακών αλυσίδων* (εννοιολογική επιδίωξη).

Σημαντική, επίσης, επιδίωξη της προτεινόμενης διδακτικής ακολουθίας είναι να αποκτήσει η διδασκαλία της ενέργειας ένα πραγματικό *πολιτισμικό περιεχόμενο* κι αυτό μπορεί να συμβεί αν η πραγμάτευση της έννοιας γίνει μέσα από τη μελέτη σχετικών (ενεργειακών, περιβαλλοντικών κ.α.) προβλημάτων ή φυσικών φαινομένων που συναντάμε στην καθημερινή ζωή και είναι προσита στα παιδιά της ηλικίας που μελετάμε. Πιο συγκεκριμένα, επιδιώκεται η οικοδόμηση και εφαρμογή του εννοιολογικού προτύπου της ενεργειακής αλυσίδας μέσω (α) της παρατήρησης της λειτουργίας βασικών *τεχνολογικών συστημάτων στο εργαστήριο* και (β) της επίλυσης προβλημάτων που έχουν σχέση με την ενεργειακή προσέγγιση της λειτουργίας των *οικιακών συσκευών* (πολιτισμική επιδίωξη).

Τέλος, ως προς τη μεθοδολογική συνιστώσα της επιστημονικής γνώσης, επιδιώκεται να δημιουργηθούν κατάλληλες *δραστηριότητες – προβλήματα* που θα οδηγήσουν τους μαθητές/τριες στη διατύπωση υπο-

θέσεων, την ανάγκη πειραματισμού και, εν τέλει, στην οικοδόμηση ενός ενεργειακού εξηγητικού πλαισίου (μεθοδολογική επιδίωξη).

Στη συνέχεια θα προχωρήσουμε στη διατύπωση ειδικότερων διδακτικών σκοπών για τη διδακτική ακολουθία με βάση κριτήρια που προέρχονται από την ταυτόχρονη μελέτη και αξιοποίηση όλων των πεδίων διαμόρφωσης του περιεχομένου της διδακτικής ακολουθίας, δηλαδή, της επιστημολογικής, ψυχολογικής και παιδαγωγικής ανάλυσης του περιεχομένου της έννοιας της ενέργειας που έχει προηγηθεί στα προηγούμενα κεφάλαια.

Οι επιδιωκόμενοι σκοποί της διδακτικής ακολουθίας μπορούν να διατυπωθούν επιγραμματικά ως εξής.

1. Να ενεργοποιηθούν ή να οικοδομηθούν άμεσα προ-ενεργειακές αντιλήψεις των μαθητών/τριών ώστε να αποτελέσουν το αρχικό σώμα γνώσεων των μαθητών/τριών για την ενέργεια.
2. Να εισαχθεί ή έννοια της ενέργειας με τη μορφή ενός ποιοτικού μοντέλου της ενεργειακής αλυσίδας, με κατάλληλο πεδίο εφαρμογής τα ηλεκτρικά, θερμικά και μηχανικά φαινόμενα. Πιο συγκεκριμένα, να μπορέσουν οι μαθητές/τριες, να οικοδομήσουν δυο βασικές κατηγοριών νοητικών παραστάσεων: την αναπαράσταση αντικειμένων από την άποψη *λειτουργίας* τους και την αναπαράσταση αντικειμένων από την άποψη *διανομής*, τις οποίες να χρησιμοποιήσουν για να εξηγούν τα διάφορα φυσικά φαινόμενα. Στο πλαίσιο αυτό, να κατανοηθεί ο ενοποιητικός και δια-φαινομενολογικός χαρακτήρας της έννοιας της ενέργειας.
3. Να οικοδομηθεί μια ποσοτική αντίληψη για την ενέργεια, μέσα από διαδικασίες άμεσης μέτρησης της ενέργειας, που μεταφέρεται από μια ενεργειακή αποθήκη και διανέμεται στους αποδέκτες μιας διάταξης, με τη βοήθεια ανάλογων οργάνων μέτρησης, η οποία θα περιλαμβάνει και διαφοροποιεί τις έννοιες 'ποσότητα ενέργειας' και 'ισχύς' με κατάλληλο πεδίο εφαρμογής τα ηλεκτρικά, θερμικά και μηχανικά φαινόμενα.
4. Να παράγουν οι μαθητές/τριες υποθετικο-παραγωγικούς συλλογισμούς στην προσπάθειά τους να εξηγούν φυσικά φαινόμενα.
5. Να επεκταθεί το πεδίο εφαρμογής της έννοιας της ενέργειας σε θέματα ενέργειας στην καθημερινή ζωή ώστε οι μαθητές/τριες να ενημερωθούν και ευαισθητοποιηθούν σε θέματα που αφορούν την εξοικονόμηση ενέργειας και την ανάγκη για προστασία του περιβάλλοντος.

Όλοι οι παραπάνω σκοποί είναι δυνατόν να επιτευχθούν με καλύτερη λειτουργία της διδακτικής διαδικασίας, όταν δηλαδή μέσα σε ένα ευχάριστο, γόνιμο και δημιουργικό κλίμα που έχει διαμορφωθεί στην τάξη από τον εκπαιδευτικό και τους μαθητές/τριες, μπορούν οι μαθητές/τριες εργαζόμενοι ομαδοσυνεργατικά να επιλύσουν διάφορα προβλήματα (Σταυρίδου, 2000).

## 4.2 Το φαινομενολογικό πεδίο της διδακτικής ακολουθίας

Η έννοια της ενέργειας λόγω της φύσης της, αποτελεί βασική εννοιολογική συνιστώσα στη διερεύνηση και εξήγηση ενός ευρύτατου πεδίου φυσικών φαινομένων. Τα πεδία φυσικών φαινομένων μέσω των οποίων τα διάφορα προγράμματα διδασκαλίας πραγματεύονται την έννοια της ενέργειας επιλέγονται με εμπειρικά κριτήρια (π.χ. αν οι αντίστοιχες δραστηριότητες μπορούν να αναπαραχθούν στο σχολικό εργαστήριο ή στη σχολική τάξη, αν είναι απλές και ακίνδυνες, αν υπάρχει ο απαιτούμενος εξοπλισμός, αν είναι οικεία στους μαθητές/τριες). Ο Κολιόπουλος (1997) προβάλλει την ανάγκη οριοθέτησης του πεδίου των φυσικών φαινομένων, θέτοντας ως προϋποθέσεις επιλογής του (α) το προτεινόμενο για εφαρμογή εννοιολογικό μοντέλο, (β) τις προ-ενεργειακές αντιλήψεις των μαθητών/τριών για αυτό. Έτσι, αξιολογεί τα φυσικά φαινόμενα ως προς την *καταλληλότητά τους* για το εννοιολογικό περιεχόμενο του αναλυτικού προγράμματος, κατατάσσοντάς τα σε κατάλληλα και ακατάλληλα. Ως ακατάλληλα για το πρότυπο των ενεργειακών αλυσίδων θεωρούνται αυτά τα φυσικά φαινόμενα, που διαπραγματεύονται κυρίως στο πλαίσιο άλλων εννοιολογικών μοντέλων όπως είναι αυτά της Νευτώνειας μηχανικής. Καταλληλότερα φυσικά φαινόμενα για την εφαρμογή του εννοιολογικού περιεχομένου της διδακτικής ακολουθίας που προτείνουμε είναι: (α) εκείνα που ενεργοποιούν τις προ-ενεργειακές αντιλήψεις των μαθητών/τριών, (β) εκείνα που κατά προτεραιότητα εξηγούνται με βάση το μοντέλο της ενεργειακής αλυσίδας και (γ) εκείνα που είναι οικεία στους μαθητές/τριες και συνδέουν άμεσα κάποιο κοινωνικό, περιβαλλοντικό, τεχνολογικό θέμα ή πρόβλημα της καθημερινότητας σχετιζόμενο με την ενέργεια, με το φυσικό φαινόμενο.

Θεωρούμε, λοιπόν, ως καταλληλότερα φυσικά φαινόμενα τα οποία μπορούν να αποτελέσουν ένα αντιπροσωπευτικό ως προς τα προηγούμενα κριτήρια φαινομενολογικό πεδίο της διδακτικής ακολουθίας, τα εξής: το φαινόμενο του ανάμματος μιας λάμπας συνδεδεμένης σε ένα απλό ηλεκτρικό κύκλωμα, το φαινόμενο λειτουργίας ενός ανεμιστήρα συνδεδεμένου σε ένα απλό ηλεκτρικό κύκλωμα, το φαινόμενο της θέρμανσης νερού με τη βοήθεια θερμαντήρα συνδεδεμένου σε ένα απλό ηλεκτρικό κύκλωμα, καθώς και τα αντίστοιχα φαινόμενα τα οποία εμφανίζονται σε οικιακό περιβάλλον (φαινόμενα λειτουργίας οικιακών ηλεκτρικών συσκευών). Κάθε ένα από τα τρία αυτά φαινόμενα μπορεί να χαρακτηριστεί ως ένα αρχετυπικό δείγμα εφαρμογής του μοντέλου της ενεργειακής αλυσίδας και μετατροπής μιας μορφής μεταφερόμενης ενέργειας (ηλεκτρικό έργο) στις τρεις άλλες μορφές μεταφερόμενης ενέργειας (ακτινοβολία, μηχανικό έργο και θερμότητα). Το επιλεγμένο αυτό φαινομενολογικό πεδίο εμφανίζεται σε δύο επίπεδα: (i) στο επίπεδο του *σχολικού εργαστηρίου* όπου οι μαθητές/τριες έχουν τη δυνατότητα να γνωρίσουν και επεξεργαστούν τα τεχνολογικά συστήματα που παράγουν αυτά τα φαινόμενα και (ii) στο επίπεδο της *καθημερινής ζωής* (λειτουργία οικιακών συσκευών) όπου τα φαινόμενα αυτά αποκτούν κοινωνικό περιεχόμενο.

### 4.3 Το περιεχόμενο της προτεινόμενης διδακτικής ακολουθίας

Η προτεινόμενη διδακτική ακολουθία αποτελείται από τέσσερις θεματικές ενότητες το περιεχόμενο των οποίων αντιστοιχεί σε βασικά εννοιολογικά χαρακτηριστικά του μοντέλου των ενεργειακών αλυσίδων η οικοδόμηση του οποίου αποτελεί το σκληρό πυρήνα της διδακτικής παρέμβασης. Η δομή των διδακτικών ενότητων και υποενότητων φαίνεται στον επόμενο πίνακα 3.3, όπου εμφανίζονται και οι τίτλοι των αντίστοιχων φύλλων εργασίας. Το περιεχόμενο των φύλλων εργασίας βρίσκεται στο παράρτημα 2.

ΚΕΦΑΛΑΙΑ	ΕΝΟΤΗΤΕΣ	ΥΠΟΕΝΟΤΗΤΕΣ - ΦΥΛΛΑ ΕΡΓΑΣΙΑΣ
Μέρος α'	Εισαγωγή στις ενεργειακές αλυσίδες	Φύλλο Εργασίας 1: Φτιάχνω απλές ηλεκτρικές συσκευές
		Φύλλο Εργασίας 2: Εξηγώ χρησιμοποιώντας σύμβολα
		Φύλλο Εργασίας 3: Σχεδιάζω κι άλλες ενεργειακές αλυσίδες
Μέρος β'	Η ενέργεια ως ποσότητα	Φ.Ε. Φύλλο Εργασίας 4: Προκαλούμε πιο έντονα φαινόμενα
		Φύλλο Εργασίας 5: Κάνω αλλαγές στις ενεργειακές αλυσίδες
		Φ.Ε. Φύλλο Εργασίας 6: Υπάρχουν μπαταρίες και μπαταρίες....
Μέρος γ'	Η μέτρηση της ενέργειας	Φ.Ε. Φύλλο Εργασίας 7: Μετρώ την ενέργεια με το Τζαουλόμετρο
		Φ.Ε. Φύλλο Εργασίας 8: Άλλο ποσότητα και άλλο παροχή ενέργειας
		Φύλλο Εργασίας 9: Απαραίτητη η εξοικονόμηση ενέργειας αλλά πώς γίνεται;
Μέρος δ'	Η ενέργεια στην καθημερινή ζωή	Φύλλο Εργασίας 10: Έχει και η ενέργεια την τιμή της
		Φύλλο Εργασίας 11: Ο μετρητής της ΔΕΗ
		Φύλλο Εργασίας 12: Η εξοικονόμηση ενέργειας είναι υπόθεση όλων μας

**Πίνακας 4.1:** Οι ενότητες της διδακτικής ακολουθίας καθώς και οι υποενότητες – Φύλλα Εργασίας κάθε ενότητας

Όπως φαίνεται κάθε μια από τις παραπάνω διδακτικές ενότητες αποτελείται από τρεις υποενότητες - φύλλα εργασίας και η διδακτική παρέμβαση κάθε υποενότητας αντιστοιχεί σε μια διδακτική περίοδο 90 λεπτών).

Στην πρώτη ενότητα ('Εισαγωγή στις ενεργειακές αλυσίδες') οι μαθητές/τριες εξοικειώνονται με τον εργαστηριακό εξοπλισμό και τα τεχνολογικά συστήματα που θα χρησιμοποιήσουν κατά τη διάρκεια της παρέμβασης, γίνεται η ανάδειξη και ενεργοποίηση των προ-ενεργειακών συλλογισμών των μαθητών/τριών και συγχρόνως εισάγεται μια πρωτόλεια μορφή του μοντέλου των ενεργειακών αλυσίδων. Πιο συγκεκριμένα, επιχειρείται να οδηγηθούν οι μαθητές/τριες να αναπαραστήσουν τα διάφορα φυσι-

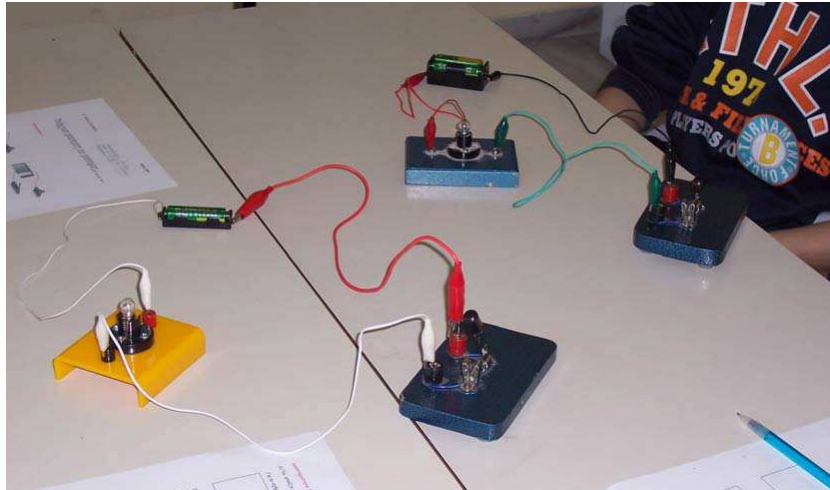


κά φαινόμενα με τη μορφή μιας προσανατολισμένης αλυσίδας αντικειμένων από την άποψη της λειτουργίας τους (συντομογραφικά νοητική παράσταση 'λειτουργίας') ή/και από την άποψη της δράσης του καθενός από αυτά σε κάποιο άλλο (συντομογραφικά νοητική παράσταση 'διανομής') (βλ. ενότητα 5.3.1). Η ενεργοποίηση αυτών των νοητικών παραστάσεων μπορεί να λειτουργήσει ως υποδοχέας μιας πρώιμης μορφής του μοντέλου των ενεργειακών αλυσίδων ('μοντέλο-σπέρμα') (βλ. ενότητα 5.3.1). Στην πρώτη αυτή μορφή, το μοντέλο θα αποτελέσει μια πρώτη κοινή ποιοτική εξήγηση της λειτουργίας των διαφόρων συστημάτων που αποτελούν το βασικό φαινομενολογικό πεδίο της ενότητας. Πιο συγκεκριμένα, επιχειρείται η διαφοροποίηση των εννοιών 'αποθήκη ενέργειας', 'μεταφορά ενέργειας', 'αποδέκτης ενέργειας', 'μετατροπέας ενέργειας' καθώς και η νοηματοδότηση των εκφράσεων 'έχω ενέργεια' και 'δίνω ενέργεια' με τη βοήθεια εικονικών αναπαραστάσεων όπως αυτή που φαίνεται στο *σχήμα 4.1*.



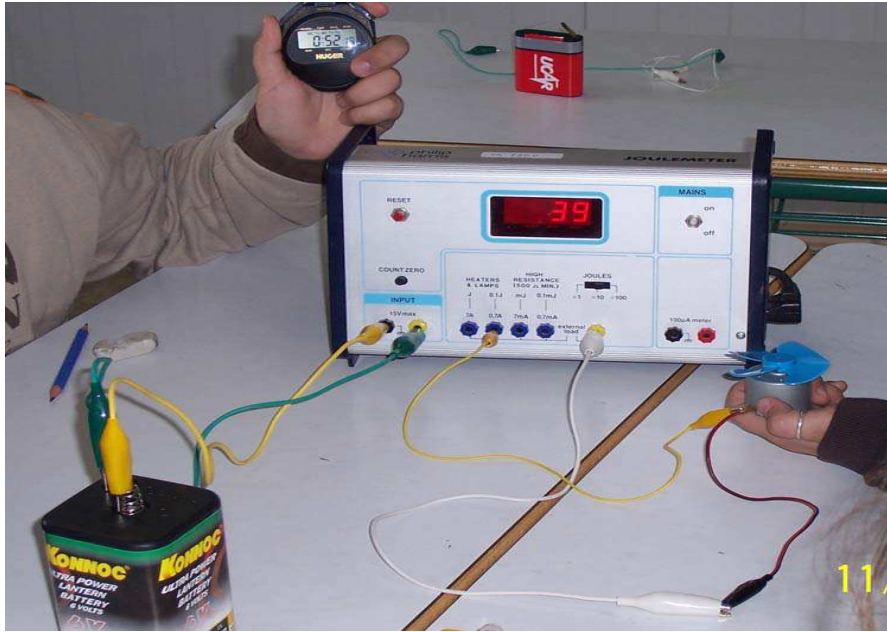
**Σχήμα 4.1:** Μια ποιοτική αναπαράσταση ενεργειακής αλυσίδας που αναφέρεται στο απλό ηλεκτρικό κύκλωμα.

Στην δεύτερη ενότητα ('Η ενέργεια ως ποσότητα') οι μαθητές καλούνται να υπερβούν την ποιοτική φύση του μοντέλου της ενεργειακής αλυσίδας και να δημιουργήσουν μια ποσοτική αντίληψη για την ενέργεια με τη βοήθεια δραστηριοτήτων οι οποίες αναφέρονται μεν στο ίδιο φαινομενολογικό πεδίο, αλλά απαιτούν τη χρήση της έννοιας της ποσότητας κυρίως μέσα από τη δημιουργία λογικο-μαθηματικών σχέσεων (ίσο/μεγαλύτερο/μικρότερο). Προτείνεται ο σχεδιασμός, η συναρμολόγηση και λειτουργία πειραματικών διατάξεων (βλ. *Εικόνα 4.1*) με διαφοροποιημένες αρχικές συνθήκες και απαιτείται εκ νέου η διατύπωση κάποιας κοινής ερμηνείας των παρατηρούμενων φαινομένων καθώς και η κατασκευή των ανάλογων εμπλουτισμένων γραφικών αναπαραστάσεων σύμφωνα με το μοντέλο των ενεργειακών αλυσίδων. Με τη χρήση κατάλληλων συμβόλων, όπως βέλη διαφορετικού πάχους, επιχειρείται η γραφική απόδοση της νοητικής παράστασης 'διανομής' εμπλουτισμένης με τα χαρακτηριστικά της ποσότητας. Η ενότητα αυτή προετοιμάζει τους μαθητές/τριες για την επόμενη ενότητα όπου γίνεται προσπάθεια να επιτευχθεί η ποσοτική διάσταση της έννοιας της ενέργειας μέσω μετρήσεων.



**Εικόνα 4.1:** Πειραματικές διατάξεις που χρησιμοποιούνται στην πρώτη και δεύτερη ενότητα

Στην τρίτη ενότητα ('Η μέτρηση της ενέργειας') εισάγονται δραστηριότητες μέτρησης της ποσότητας ενέργειας και της ισχύος με στόχο την εξέλιξη του ποιοτικού μοντέλου των ενεργειακών αλυσίδων σε ποσοτικό μοντέλο με μαθηματικά χαρακτηριστικά και τη διαφοροποίηση των εννοιών 'ποσότητα ενέργειας' και 'παροχή ενέργειας' (ισχύς'). Πιο συγκεκριμένα, επιχειρείται να συνδέσουν οι μαθητές/τριες την εμπλουτισμένη νοητική παράσταση της 'διανομής' με τα αποτελέσματα των μετρήσεων που διεξάγονται στα πλαίσια του ίδιου πάντοτε φαινομενολογικού πεδίου. Στόχος είναι να οικοδομηθεί μια νοητική παράσταση 'διανομής' με τυπικά μαθηματικά χαρακτηριστικά. Η παράσταση αυτή είναι δυνατόν πλέον να συνδεθεί τόσο με την έννοια της ενέργειας ως ποσότητας' όσο και με την έννοια της ενέργειας ως 'παροχής' (η οποία αντιστοιχεί στη φυσική οντότητα της ισχύος). Επίσης, μέσω αυτής της παράστασης είναι δυνατόν να αποκτήσει περιεχόμενο και η έννοια της εξοικονόμησης ενέργειας. Όλα αυτά γίνεται προσπάθεια να επιτευχθούν μέσω της επεξεργασίας μετρήσεων της ποσότητας της μεταφερόμενης ενέργειας οι οποίες λαμβάνονται από το σχολικό μετρητή ενέργειας (Τζαουλόμετρο). Προτείνονται, επίσης, μετρήσεις του ρυθμού αλλαγής των ενδείξεων των μετρητών που μπορεί να αντιστοιχηθεί με την παροχή της μεταφερόμενης ενέργειας. Τέλος, προτείνονται δραστηριότητες εξοικονόμησης ενέργειας με το σχολικό εξοπλισμό οι οποίες θα προετοιμάσουν τους μαθητές/τριες για την επόμενη ενότητα. Στην εικόνα 4.2 φαίνεται πως εργάζονται ομάδες μαθητών/τριών λαμβάνοντας μετρήσεις με το σχολικό μετρητή ενέργειας (τζαουλόμετρο).



**Εικόνα 4.2:** Ομάδα μαθητών/τριών λαμβάνει μετρήσεις με το Τζαουλόμετρο

Στην τέταρτη και τελευταία ενότητα ('Η ενέργεια στην καθημερινή ζωή') ολοκληρώνεται η προσπάθεια να δημιουργήσουν οι μαθητές/τριες μια νοητική παράσταση 'διανομής' συνδέοντάς τη με την οικιακή χρήση της ενέργειας και το πρόβλημα της εξοικονόμησης ενέργειας. Έτσι, επιχειρείται η διεύρυνση του πεδίου εφαρμογής του μοντέλου των ενεργειακών αλυσίδων προς ένα πιο σύνθετο φαινομενολογικό πεδίο, τα οικιακά συστήματα μετατροπής της μεταφερόμενης ηλεκτρικής ενέργειας σε φως, μηχανικό έργο και θερμότητα. Οι μαθητές/τριες εμπλέκονται στην πραγμάτευση σύγχρονων ενεργειακών προβλημάτων και στο θέμα της εξοικονόμησης της ενέργειας σε οικιακό επίπεδο. Με τη χρήση των κατάλληλων οργάνων μέτρησης, κάνουν μετρήσεις της μεταφερόμενης ενέργειας σε *μοντέλο οικίας* και στο *σχολικό κτήριο* (συναρτούν, δηλαδή, την ποσότητα της μεταφερόμενης ενέργειας, με τον αριθμό των στροφών του δίσκου του ρολογιού ανά λεπτό κι εκφράζουν την 1 Kwh ως N στροφές/λεπτό). Θεωρούμε ότι η διαδικασία της ίδιας ουσιαστικά μέτρησης σε δύο επίπεδα (το εργαστηριακό και το σχολικό) διευκολύνει τους μαθητές/τριες να μετακινηθούν από το οικείο πεδίο των εργαστηριακών μετρήσεων στο νέο πεδίο μετρήσεων με τη βοήθεια του μετρητή της ΔΕΗ. Οι μαθητές/τριες, συγχρόνως, υπολογίζουν το κόστος της μεταφερόμενης ενέργειας και προτείνουν διαδικασίες και τρόπους για να επιτευχθεί εξοικονόμηση ενέργειας. Δίδονται, επίσης, κείμενα που θέτουν προβληματισμούς, οι οποίοι μπορεί να οδηγήσουν τους μαθητές/τριες να εκφράσουν αντιλήψεις, που καταδεικνύουν την εξέλιξη των νοητικών παραστάσεών τους σχετικά με την έννοια της ενέργειας και της εξοικονόμησής της, όπως αυτές έχουν διαμορφωθεί, με βάση το μοντέλο των ενεργειακών αλυσίδων στις προηγούμενες ενότητες. Πιο συγκεκριμένα, ζητείται από τους μαθητές/τριες να νοηματοδοτήσουν ποσοτικά δεδομένα κειμένων που

κυκλοφορούν στην καθημερινή πρακτική (φυλλάδια Greenpeace, λογαριασμός ΔΕΗ) και να επιχειρηματολογήσουν σχετικά με την αναγκαιότητα εξοικονόμησης ενέργειας.

## Κεφάλαιο 5

### Μέθοδος έρευνας

#### 5.0 Εισαγωγή

Το παρόν κεφάλαιο αποτελείται από δύο μέρη: από το πρώτο μέρος στο οποίο περιγράφεται το σχέδιο και η στρατηγική της έρευνας (το είδος της έρευνας, το δείγμα, τα ερευνητικά πρωτόκολλα της διδακτικής παρέμβασης και τα φύλλα εργασίας που δίδονται στους μαθητές κατά τη διάρκεια της παρέμβασης) και από το δεύτερο μέρος όπου περιγράφονται τα εργαλεία αξιολόγησης της εξέλιξης των νοητικών παραστάσεων των μαθητών/τριών (η διαδικασία συλλογής δεδομένων, τα ερωτηματολόγια του προελέγχου και του μετελέγχου καθώς και οι τεχνικές ανάλυσης των δεδομένων). Τέλος, διατυπώνονται οι υποθέσεις της εμπειρικής αυτής έρευνας.

#### 5.1. Σχεδιασμός και στρατηγική της έρευνας

Η παρούσα διατριβή έχει ως σκοπό να διερευνήσει αν μια διδακτική ακολουθία για την έννοια της ενέργειας στην ε' τάξη του δημοτικού σχολείου η οποία έχει σχεδιαστεί στα πλαίσια της 'καινοτομικής – εποικοδομητικής' αντίληψης για το αναλυτικό πρόγραμμα φυσικών επιστημών μπορεί να οδηγήσει μαθητές/τριες αυτής της ηλικίας σε γνωστική πρόοδο σχετικά με την έννοια της ενέργειας. Στο προηγούμενο κεφάλαιο περιγράψαμε τους σκοπούς και τις βασικές αρχές δημιουργίας της διδακτικής ακολουθίας η οποία μετασχηματίστηκε σε διδασκαλία και εφαρμόστηκε σε δυο τμήματα της ε' δημοτικού το σχολικό έτος 2008-2009.

Η στρατηγική της έρευνας είναι η προ-πειραματική έρευνα (Cohen & Manion, 1997). Το ουσιώδες χαρακτηριστικό της προ-πειραματικής έρευνας είναι ότι οι ερευνητές ηθελημένα ελέγχουν και χειρίζονται τις συνθήκες οι οποίες καθορίζουν τα γεγονότα για τα οποία ενδιαφέρονται. Σε μια πραγματική πειραματική έρευνα μια ομάδα υποκειμένων εκτίθεται σε μια πειραματική μεταβλητή η οποία ελέγχεται από τους ερευνητές και εξετάζονται αν αυτή έχει επίδραση στη συμπεριφορά (στην περίπτωση μας, η εξαρτημένη μεταβλητή είναι η γνωστική συμπεριφορά των μαθητών/τριών) μέσω παρατηρήσεων πριν και μετά την εισαγωγή της μεταβλητής αυτής. Η πραγματική πειραματική έρευνα συνήθως απαιτεί την επιλογή τυχαίων ερευνητικών δειγμάτων καθώς και τη σύγκριση παρατηρήσεων για μια πειραματική ομάδα και μια ομάδα ελέγχου. Η επιλογή του συγκεκριμένου τύπου έρευνας έγινε διότι αφ' ενός πρόκειται για μια έρευνα η οποία δίδει έμφαση στη *δυνατότητα* να επιτευχθεί γνωστική πρόοδος των μαθητών/τριών και όχι στο αν η συγκεκριμένη ακολουθία και παρέμβαση δίδει καλύτερα αποτελέσματα από μια άλλη διδακτική προσέγγιση πχ, την παραδοσιακή προσέγγιση του ελληνικού αναλυτικού προγράμματος) και αφ' ετέρου διότι η σύγκριση των αποτελεσμάτων μιας πειραματικής ομάδας και μιας ομά-

δας ελέγχου θα ήταν ενδεχομένως *αδύναμη* αφού η προτεινόμενη σχολική γνώση έχει ποιοτικά διαφορετικά χαρακτηριστικά στις δύο περιπτώσεις.

Τα διάφορα είδη εξωτερικών μεταβλητών (ο τρόπος εργασίας των μαθητών/τριών στην τάξη, η μέθοδος διδασκαλίας, προσωπικότητα και εμπειρία εκπαιδευτικού, κλπ), βρίσκονται εκτός ελέγχου στο ερευνητικό μας σχέδιο διπλής μέτρησης επί μιας ερευνητικής ομάδας. Με κατάλληλες επιλογές σχετικές με το δείγμα (βλ. ενότητα 5.2), τον εκπαιδευτικό (η διδακτική παρέμβαση πραγματοποιήθηκε σε όλα τα τμήματα από τον ερευνητή) και τη μέθοδο διδασκαλίας (βλ. ενότητα 3.4) προσπαθήσαμε να ουδετεροποιήσουμε αυτούς τους παράγοντες ώστε να αποδώσουμε τις αναμενόμενες αλλαγές στη γνωστική συμπεριφορά των μαθητών/τριών στην επίδραση της προτεινόμενης σχολικής γνώσης. Οι μετρήσεις της εξαρτημένης μεταβλητής πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση πραγματοποιήθηκαν με την *τεχνική του ερωτηματολογίου* (βλ. ενότητα 5.4.2).

## 5.2 Το δείγμα

Ο πληθυσμός της έρευνας ήταν οι μαθητές/τριες της ε' τάξης του δημοτικού σχολείου του σχολικού έτους 2008-2009. Το δείγμα αποτελούσαν 39 μαθητές/τριες οι οποίοι ήταν μαθητές/τριες δύο τμημάτων διαφορετικών σχολείων. Η διδακτική παρέμβαση στους μαθητές/τριες και των δύο τμημάτων έγινε από τον ερευνητή της παρούσας εργασίας την ίδια χρονική περίοδο. Τα δύο σχολεία που έλαβαν μέρος στην έρευνα επιλέχθηκαν με τυχαίο τρόπο, το ένα από όλα τα 12/θέσια της αστικής περιοχής των Πατρών (60° Δ. Σ. Πατρών) και το άλλο από όλα τα 12/θέσια των ημιαστικών περιοχών της Αχαΐας (Δ. Σ. Βραχνεϊκών).

Ομάδες μαθητων/τριών	Σχολείο /Τμήμα/ Συμβολισμός	Σχ. έτος	Αριθμός μαθητων/τριών
Πειραματική Ομάδα Βρα- χνεϊκών	Δ.Σ. Βραχνεϊκών / Ε2 (Β.Π.Ο)	2008-09	20
Πειραματική ομάδα Πατρών	60° Δ.Σ. Πατρών / Ε1 (Π.Π.Ο)	2008-09	19

**Πίνακας 5.1:** Κατανομές των μαθητών/τριών που έλαβαν μέρος στην έρευνα

Στον πίνακα 5.1, φαίνονται οι κατανομές των μαθητών/τριών στα τμήματα των δύο σχολείων. Οι μαθητές/τριες και των δυο ομάδων υποβλήθηκαν στο ερωτηματολόγιο προελέγχου δυο εβδομάδες πριν από τη διδακτική παρέμβαση και στο ερωτηματολόγιο μετελέγχου δυο εβδομάδες μετά την ολοκλήρωση της διδακτικής παρέμβασης από τον ερευνητή, χωρίς να έχουν προειδοποιηθεί. Σε όλους τους μαθητές/τριες εξηγήθηκε ο λόγος και οι στόχοι της ερευνητικής αυτής διαδικασίας.

### 5.3 Η ανεξάρτητη μεταβλητή: Η διδακτική ακολουθία

Η διδακτική ακολουθία είχε ως στόχο τη σταδιακή οικοδόμηση εκ μέρους των μαθητών/τριών της ε' τάξης του εννοιολογικό πρότυπου των ενεργειακών αλυσίδων. Σχεδιάστηκε μια ευρεία θεματική ενότητα με καθοδηγούν θέμα την ενέργεια (μεταφορά και μέτρηση της ενέργειας), η οποία απαρτίζεται από τέσσερις διδακτικές ενότητες (βλ. πίνακα 4.1). Στη συνέχεια πρόκειται να παρουσιαστούν τα ερευνητικά πρωτόκολλα που συνοδεύουν τις τέσσερις διδακτικές ενότητες (12 ωριαίες ενότητες). Σε μια δεύτερη ενότητα παρουσιάζονται τα φύλλα εργασίας που αντιστοιχούν σε κάθε ερευνητικό πρωτόκολλο και παράγονται από αυτό. Τα ερευνητικά πρωτόκολλα συνδυάζουν δυο πλαίσια, το πλαίσιο της πράξης (το πλαίσιο διδασκαλίας), και το πλαίσιο της θεωρίας (το πλαίσιο Διδακτικής). Το πλαίσιο της πράξης υπαγορεύει τις δραστηριότητες του εκπαιδευτικού στην τάξη κατά τη διάρκεια της διδασκαλίας και περιγράφει τις αναμενόμενες δραστηριότητες των μαθητών/τριών. Το ερευνητικό ενδιαφέρον στα συγκεκριμένα πρωτόκολλα εστιάζεται στην αντιστοίχιση του τι καλούνται να κάνουν οι μαθητές/τριες (με τη βοήθεια ή όχι του εκπαιδευτικού) και στο τι αναμένεται να μάθουν (Tiberghien, 1997). Με τον τρόπο αυτό, η ανεξάρτητη μεταβλητή δεν εμφανίζεται ως 'μαύρο κουτί' όπως συμβαίνει σε πληθώρα τέτοιων μελετών, αλλά ως πλαίσιο διατύπωσης υποθέσεων για την ερμηνεία των προσδοκώμενων αλλαγών στη γνωστική συμπεριφορά των μαθητών/τριών. Στον πίνακα 5.2 (που ακολουθεί σελ. 65-66), εμφανίζεται μια συνοπτική παρουσίαση των δώδεκα ερευνητικών πρωτοκόλλων που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα έρευνα.

#### 5.3.1 Τα ερευνητικά πρωτόκολλα

Στον Πίνακα 5.3 που ακολουθεί σελ. 66, αναφέρεται ως παράδειγμα, ένα από τα 12 ερευνητικά πρωτόκολλα που δημιουργήθηκαν, το σύνολο των οποίων παρουσιάζεται στο Παράρτημα 2. Πρόκειται για το ερευνητικό πρωτόκολλο της πρώτης ενότητας 'Φτιάχνω απλές ηλεκτρικές συσκευές'.

Στο πλαίσιο πράξης της συγκεκριμένης περίπτωσης, φαίνεται ο εκπαιδευτικός να προσφέρει τα απαραίτητα υλικά και ζητά από τους μαθητές/τριες να κατασκευάσουν και να λειτουργήσουν τις αντίστοιχες πειραματικές διατάξεις. Αφού πραγματοποιηθούν οι διατάξεις αυτές και φέρουν τα αναμενόμενα αποτελέσματα, φαίνεται ο εκπαιδευτικός, στη συνέχεια, να διατυπώνει ερωτήματα με τα οποία επιδιώκεται να διατυπωθούν οι εξηγήσεις των φαινομένων και μάλιστα να αναζητηθούν κοινές εξηγήσεις των διαφορετικών φαινομένων. Οι μαθητές/τριες, αντίστοιχα, καλούνται να συναρμολογήσουν επιτυχώς τις πειραματικές διατάξεις, να συμπληρώσουν το φύλλο εργασίας απαντώντας στις ερωτήσεις που περιέχει και να λάβουν μέρος στην προκαλούμενη από τον εκπαιδευτικό συζήτηση.

Στο πλαίσιο θεωρίας, καταγράφεται το φαινομενολογικό πεδίο εντός του οποίου πραγματοποιείται η πειραματική διερεύνηση (άναμμα λάμπας, κίνηση σώματος), η σχολική γνώση (το εννοιολογικό πλαίσιο που προτείνεται να οικοδομήσουν οι μαθητές) και η προσδοκώμενη εξέλιξη των νοητικών παραστάσεων μαθητών/τριών (ανάδειξη προ-ενεργειακών συλλογισμών των μαθητών/τριών, ενεργοποίηση των νοητικών παραστάσεων 'λειτουργίας' και 'διανομής', ενεργοποίηση αιτιακού συλλογισμού, κλπ).

### 5.3.2 Τα φύλλα εργασίας

Κάθε ένα από τα ερευνητικά πρωτόκολλα μετασχηματίστηκε σε φύλλο εργασίας η μορφή του προσομοιάζει με τα φύλλα εργασίας του Τετραδίου Εργασιών του ισχύοντος σχολικού εγχειριδίου. Με αυτόν τον τρόπο, διατηρείται ακόμη ένα στοιχείο του εκπαιδευτικού περιβάλλοντος το οποίο θεωρείται από τους μαθητές/τριες ως οικείο χαρακτηριστικό και μειώνονται οι πιθανότητες να επιδρούν στο τελικό αποτέλεσμα και άλλοι εξωγενείς της προτεινόμενης γνώσης παράγοντες. Επί πλέον, έχουν σχεδιαστεί με τρόπο ώστε να είναι ενδιαφέροντα, ευχάριστα, κατανοητά, και αρκετά σύντομα για να μπορούν να υλοποιηθούν από όσο το δυνατόν περισσότερους μαθητές μέσα στα χρονικά πλαίσια της παρέμβασης. Ο γλωσσικός κώδικας που χρησιμοποιείται τόσο στους τίτλους όσο και στο υπόλοιπο κείμενο είναι χαμηλής τυπικότητας (Δελέγκος, 2005), ώστε να επιτευχθεί η καλή αναγνωσιμότητα του κειμένου. Τα διάφορα φύλλα εργασίας περιέχουν: α) *σχέδια πειραματικών διατάξεων* τα οποία πρέπει να συναρμολογήσουν και να λειτουργήσουν οι μαθητές/τριες, β) *ερωτήσεις* στις οποίες πρέπει να απαντήσουν δίδοντας εξηγήσεις στα παρατηρούμενα φαινόμενα, γ) *δραστηριότητες* κατασκευής συμβολικών αναπαραστάσεων του μοντέλου των ενεργειακών αλυσίδων για τη λειτουργία των διαφόρων διατάξεων, δ) *προβλήματα* η λύση των οποίων βοηθά τους μαθητές/τριες να προσεγγίσουν και να κατανοήσουν πληρέστερα τη διαπραγματευόμενη έννοια και ε) *μικρά κείμενα* όπου είναι απαραίτητο να εισάγουμε κάποια στοιχεία της σχολικής γνώσης ή για να δώσουμε τη δυνατότητα να αντλήσουν τα απαραίτητα πληροφοριακά στοιχεία προκειμένου να ενισχύσουν το γνωστικό και επιχειρηματολογικό πεδίο τους. Στο *Παράρτημα 3* παρατίθεται το σύνολο των φύλλων εργασίας.



α/α	Τίτλος	Θέμα -πρόβλημα	Φυσικά φαινόμενα	Εννοιολογικό πλαίσιο	Προσδοκώμενη εξέλιξη νοητικών παραστάσεων μαθητών/τριών
1	Φτιάχνω απλές ηλεκτρικές συσκευές	Κοινή εξήγηση των φαινομένων	- Άναμμα λαμπτήρα με τη βοήθεια μπαταρίας - Κίνηση σώματος με τη βοήθεια μπαταρίας	Εισαγωγή στην έννοια της ενέργειας, με αφετηρία τα πεδία της καθημερινότητας.	- Ανάδειξη προ-ενεργειακών συλλογισμών των παιδιών - Ενεργοποίηση των νοητικών παραστάσεων 'λειτουργίας' και 'διανομής'
2	Εξηγώ χρησιμοποιώντας σύμβολα	Κατασκευή ενεργειακής αλυσίδας αντικειμένων. Σειροθέτηση καρτελών βάση του γραμμικού αιτιακού συλλογισμού.	- Άναμμα λαμπτήρα με τη βοήθεια μπαταρίας - Κίνηση σώματος με τη βοήθεια μπαταρίας - Ανέβασμα βαριδίου με τη βοήθεια μπαταρίας	Εισαγωγή του πρόδρομου μοντέλου της ενεργειακής αλυσίδας	- Σύνδεση της νοητικής παράστασης 'διανομής' με το μοντέλο ενεργειακής αλυσίδας
3	Σχεδιάζω ενεργειακές αλυσίδες	Κατασκευή ενεργειακής αλυσίδας	- Άναμμα λαμπτήρα με τη βοήθεια δυναμό - Θέρμανση αντιστάτη με τη βοήθεια μπαταρίας	Εφαρμογή του πρόδρομου μοντέλου της ενεργειακής αλυσίδας	- Ανάδειξη μιας εμπλουτισμένης νοητικής παράστασης 'διανομής' - Διαφοροποίηση των εννοιών 'έχω ενέργεια' και 'δίνω ενέργεια'
4	Προκαλούμε πιο έντονα φαινόμενα	Κοινή εξήγηση της λειτουργίας δυο συσκευών ( μετά από διαφοροποίηση αρχικών συνθηκών)	- Άναμμα λαμπτήρα με τη βοήθεια μπαταρίας - Άναμμα λαμπτήρα με τη βοήθεια δύο μπαταριών - Κίνηση σώματος με τη βοήθεια μπαταρίας - Κίνηση σώματος με τη βοήθεια δύο μπαταριών	- Διαφοροποίηση των εννοιών αποθήκευση, μεταφορά, μετατροπή και της λειτουργίας των συσκευών - Εφαρμογή του μοντέλου της ενεργειακής αλυσίδας.	- Ανάδειξη 'ποσοτικών' προ-ενεργειακών συλλογισμών των μαθητών
5	Κάνω αλλαγές στις ενεργειακές αλυσίδες	Συμβολική αναπαράσταση της ποσότητας μεταφερόμενης ενέργειας	- Άναμμα λαμπτήρα με τη βοήθεια μπαταρίας - Άναμμα λαμπτήρα με τη βοήθεια δύο μπαταριών - Κίνηση σώματος με τη βοήθεια μπαταρίας - Κίνηση σώματος με τη βοήθεια δύο μπαταριών	Εισαγωγή των εννοιών της ποσότητας και της παροχής ενέργειας.	- Ανάδειξη μιας νοητικής παράστασης 'διανομής' με το χαρακτηριστικό της ποσότητας (ποσοτική παράσταση 'διανομής')
6	Υπάρχουν μπαταρίες και μπαταρίες....	Περιγραφή και εξήγηση των χαρακτηριστικών και της λειτουργίας των μπαταριών.	- Άναμμα λαμπτήρα με τη βοήθεια μπαταρίας - Άναμμα λαμπτήρα με τη βοήθεια μπαταρίας μεγάλης χωρητικότητας	Διαφοροποίηση των εννοιών ποσότητα ενέργειας και παροχή ενέργειας, σε πρακτικό και συμβολικό επίπεδο	- Ανάδειξη μιας νοητικής παράστασης 'διανομής' με τα χαρακτηριστικά της ποσότητας και διάρκειας
7	Μετρώ την ενέργεια με το Τζαουλόμετρο	Πως μετρώ την μεταφερόμενη ενέργεια	- Ενδείξεις Joulemetre σε διάφορα συστήματα	Ενδυνάμωση της ποσοτικής φύσης της ενέργειας (η ενέργεια μετριέται)	- Σύνδεση της εμπλουτισμένης ποσοτικής νοητικής παράστασης 'διανομής' με τα αποτελέσματα των μετρήσεων που διεξάγονται στα πλαίσια του συγκεκριμένου φαινομενολογικού πεδίου
8	Άλλο ποσότητα και άλλο παροχή ενέργειας	Διαφορές μεταξύ ποσότητας ενέργειας και παροχής ενέργειας	- Ενδείξεις Joulemetre σε διάφορα συστήματα	Μέτρηση της μεταφερόμενης ενέργειας.	- Σύνδεση της αναπαράστασης 'διανομής' με το ποσοτικό μοντέλο της ενεργειακής αλυσίδας. - Ανάδειξη μιας νοητικής παράστασης τυπικής ποσοτικής νοητικής παράστασης 'διανομής'
9	Απαραίτητη η εξοικονόμηση ενέργειας αλλά πώς γίνεται;	Πώς εξοικονομώ ενέργεια;	- Ενδείξεις Joulemetre σε διάφορα συστήματα	Ενδυνάμωση της έννοιας της ισχύος (παροχής ενέργειας σε συσκευές του κυκλώματος)	- Σύνδεση της τυπικής ποσοτικής νοητικής παράστασης 'διανομής' με την έννοια 'εξοικονόμηση ενέργειας'
10	Έχει και η ενέργεια την τιμή της	Υπολογισμός του κόστους της ενέργειας	Μοντέλο οικίας και λειτουργία διάφορων συσκευών	Ποσοτικοποίηση και μέτρηση της μεταφερόμενης ηλεκτρικής ενέργειας- ενεργοβόροι μετατροπείς ή αποδέκτες	- Ανάδειξη μιας σύνθετης νοητικής παράστασης τυπικής ποσοτικής νοητικής παράστασης 'διανομής' και σύνδεσή της με

					την έννοια 'εξοικονόμηση ενέργειας'
11	Ο μετρητής της ΔΕΗ	Τι και πώς μετρά το ρολόι της ΔΕΗ;	Ηλεκτρική εγκατάσταση σχολείου και λειτουργία ηλεκτρικών συσκευών	Μέτρηση της ηλεκτρικής ενέργειας και κοστολόγηση της οικιακής "κατανάλωσης" Εισαγωγή στην έννοια της εξοικονόμησης.	- Σύνδεση της σύνθετης ποσοτικής νοητικής παράστασης με τα αποτελέσματα των μετρήσεων που διεξάγονται στα πλαίσια του συγκεκριμένου φαινομενολογικού πεδίου και την έννοια 'εξοικονόμηση ενέργειας'.
12	Η εξοικονόμηση ενέργειας είναι υπόθεση όλων μας	Νοηματοδότηση ποσοτικών δεδομένων σχετικών με την εξοικονόμηση ενέργειας	Ποσοτικά δεδομένα σχετικά με την ενεργειακή κρίση και την εξοικονόμηση ενέργειας	Ενεργειακή κρίση και εξοικονόμηση ενέργειας	- Ανάδειξη της σύνθετης τυπικής ποσοτικής νοητικής παράστασης 'διανομής' και σύνδεσή της με την έννοια 'εξοικονόμηση ενέργειας'

**Πίνακας 5.2:** Συνοπτική παρουσίαση των ερευνητικών πρωτοκόλλων

## ΕΝΟΤΗΤΑ Α: ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΙΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΑΛΥΣΙΔΕΣ

### ΜΑΘΗΜΑ ΠΡΩΤΟ: Φτιάχνω απλές ηλεκτρικές συσκευές

ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑ (ΠΡΑΞΗ)		ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ ΦΕ (ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ)		
Δραστηριότητες δασκάλου	Αναμενόμενες δραστηριότητες μαθητών/τριών	Φαινομενολογικό πεδίο	Σχολική γνώση: εννοιολογικό πλαίσιο προς οικοδόμηση	Προσδοκώμενη εξέλιξη νοητικών παραστάσεων μαθητών/τριών
<p>1. Προσφέρει τα υλικά και ζητά από τους μαθητές να κατασκευάσουν και να λειτουργήσουν τα συστήματα: (Σ1) μπαταρία – διακόπτης λαμπτήρας (Σ2) μπαταρία – διακόπτης – μοτεράκι – φτερωτή</p> <p>2. Ζητά από τους μαθητές να συμπληρώσουν φύλλο εργασίας που περιέχουν τα εξής ερωτήματα: (Ε1) τι παρατηρείτε σε κάθε φυσική κατάσταση (Ε2) πώς εξηγείτε τις παρατηρήσεις σας; (Ε3) υπάρχει κοινή εξήγηση για τις δύο φυσικές καταστάσεις; (Ε4) να αναπαραστήσετε γραφικά τις φυσικές καταστάσεις με μορφή προσανατολισμένης αλυσίδας αντικειμένων.</p> <p>3. Προκαλεί συζήτηση σχετική με τις απαντήσεις των μαθητών</p>	<p>1. Να συναρμολογήσουν επιτυχώς τα συστήματα Σ1 και Σ2 και να τα λειτουργήσουν.</p> <p>2. Να συμπληρώσουν το Φύλλο Εργασίας 1 (ΦΕ1) απαντώντας στις ερωτήσεις Ε1, Ε2 και Ε3.</p> <p>3. Να λάβουν μέρος στην προκαλούμενη από τον εκπαιδευτικό συζήτηση.</p>	<p>(Φ1) άναμμα λαμπτήρα με τη βοήθεια μπαταρίας (Φ2) κίνηση σώματος με τη βοήθεια μπαταρίας</p>		<p>- Ανάδειξη προ-ενεργειακών συλλογισμών των παιδιών - Ενεργοποίηση των νοητικών παραστάσεων 'λειτουργίας' και 'διανομής' - Ενεργοποίηση αιτιακού συλλογισμού</p>

**Πίνακας 5.3:** Το ερευνητικό πρωτόκολλο της πρώτης υποενότητας

## 5.4 Η εξαρτημένη μεταβλητή: Οι νοητικές παραστάσεις και η επίδοση των μαθητών/τριών

### 5.4.1 Συλλογή δεδομένων

Οι μετρήσεις της εξαρτημένης μεταβλητής πραγματοποιήθηκαν, όπως αναφέρθηκε, με τη μέθοδο του ερωτηματολογίου. Δόθηκε το ίδιο ερωτηματολόγιο πριν (προέλεγχος) και μετά (μετέλεγχος) τη διδακτική παρέμβαση. Στο ερωτηματολόγιο μετά την παρέμβαση προστέθηκε μια ακόμη ερώτηση. Στόχος του pre-test ήταν:

- να αναδειχθούν και καταγραφούν οι υπάρχουσες προ-ενεργειακές αντιλήψεις και συλλογισμοί των μαθητών/τριών,
- να αναδειχτεί η πιθανόν υπάρχουσα νοητική παράσταση διανομής με το χαρακτηριστικό της ποσότητας,
- να διαπιστωθεί αν μπορούν οι μαθητές/τριες να κάνουν διαφοροποιήσεις μεταξύ αποθηκευμένων και μεταφερόμενων ποσοτήτων ενέργειας,
- να διαπιστωθεί αν κατανοούν εννοιολογικά οι μαθητές/τριες και μπορούν να εφαρμόσουν λειτουργικά ποσοτικές ενεργειακές έννοιες (Joule, Watt) για να περιγράψουν και εξηγήσουν φυσικές καταστάσεις της καθημερινής ζωής.

Στόχος του post- test ήταν:

- να διαπιστωθεί ο βαθμός οικοδόμησης των ποιοτικών και ποσοτικών χαρακτηριστικών του μοντέλου των ενεργειακών αλυσίδων,
- να καταγραφεί η εξέλιξη των νοητικών παραστάσεων των μαθητών/τριών ως προς την ποσοτική διάσταση της ενέργειας,
- να διαπιστωθεί η δυνατότητά τους να εφαρμόζουν λειτουργικά ποσοτικές ενεργειακές έννοιες για να περιγράψουν και εξηγούν φυσικές καταστάσεις της καθημερινής ζωής.

### 5.4.2. Το ερωτηματολόγιο

Το ερωτηματολόγιο του προελέγχου και του μετελέγχου είναι κοινό και περιλαμβάνει τέσσερις ενότητες ερωτήσεων. Οι ενότητες αυτές αντιστοιχούν στις εννοιολογικές απαιτήσεις των τεσσάρων διδακτικών ενοτήτων που απαρτίζουν τη διδακτική ακολουθία. Η πρώτη ενότητα (2 ερωτήσεις) έχει ως στόχο να διερευνηθούν οι προ-ενεργειακές νοητικές παραστάσεις των μαθητών/τριών (παράσταση 'λειτουργίας' και παράσταση 'διανομής') στη προσπάθειά τους να εξηγήσουν τη λειτουργία απλών διατάξεων του δεδομένου φαινομενολογικού πλαισίου. Στη δεύτερη ενότητα (2 ερωτήσεις) διερευνάται αν οι μαθητές/τριες είναι δυνατόν να χρησιμοποιήσουν προ-ενεργειακούς συλλογισμούς με ποσοτικά χαρακτηριστικά συγκρίνοντας διαφορετικές καταστά-

σεις οι οποίες διαφέρουν στην ένταση των φαινομένων (π.χ., ισχυρότερη λάμψη λάμπας αν προσθέσουμε στο απλό ηλεκτρικό κύκλωμα μια ακόμη μπαταρία). Στην τρίτη ενότητα (2 ερωτήσεις) διερευνάται αν και πως οι μαθητές/τριες χρησιμοποιούν τις μονάδες μέτρησης joule και watt και ποιο νόημα αποδίδουν σε αυτές. Τέλος, στην τελευταία ενότητα ερωτήσεων (2 ερωτήσεις στο ερωτηματολόγιο προελέγχου και 3 ερωτήσεις στο ερωτηματολόγιο μετελέγχου) διερευνώνται οι γνώσεις των μαθητών/τριών σχετικά με το μετρητή ενέργειας της ΔΕΗ και τη χρήση του στο οικιακό κύκλωμα, καθώς και το αν αυτές αλλάζουν με την επίδραση του μοντέλου των ενεργειακών αλυσίδων. Η ερώτηση που έχει προστεθεί στο ερωτηματολόγιο μετελέγχου αφορά στην ικανότητά τους να συνθέτουν μια εικονική ενεργειακή αναπαράσταση του μοντέλου των ενεργειακών αλυσίδων για τη λειτουργία του οικιακού κυκλώματος. Το πλήθος και η απαιτήσεις των ερωτήσεων είναι κατάλληλα ώστε να μπορούν οι μαθητές/τριες να ολοκληρώσουν τις απαντήσεις τους στη διάρκεια μιας διδακτικής ώρας (45 λεπτά). Στον πίνακα 5.4, που ακολουθεί, παρουσιάζουμε το θέμα και το εννοιολογικό υπόβαθρο της απάντησης-αιτιολόγησης για κάθε μια από τις ερωτήσεις του ερωτηματολογίου το οποίο βρίσκεται στο Παράρτημα 4.

Ενότητα	Ερωτήσεις	Θέμα ερώτησης	Προσδοκώμενο εννοιολογικό υπόβαθρο των απαντήσεων - αιτιολογήσεων
1 <sup>η</sup>	1	Κοινή εξήγηση της λειτουργίας δυο διατάξεων (μπαταρία-λαμπτήρας, μπαταρία-κινητήρας)	Ανάδειξη και ενεργοποίηση των νοητικών παραστάσεων 'λειτουργίας' / 'διανομής'
	2	Σειροθέτηση αντικειμένων σχετικά με τη λειτουργία της διάταξης μπαταρία-θερμαντήρας	
2 <sup>η</sup>	3	Κοινή εξήγηση της λειτουργίας δυο διατάξεων (διαφοροποίηση από την 1 <sup>η</sup> ενότητα ως προς την ένταση των φαινομένων )	Ανάδειξη και ενεργοποίηση εμπλουτισμένων (με ποσοτικά χαρακτηριστικά) νοητικών παραστάσεων 'λειτουργίας' / 'διανομής'
	4	Εξήγηση της λειτουργίας του δυναμό	
3 <sup>η</sup>	5	Απόδοση νοήματος σε φράση που περιέχει τον όρο 'watt'	Χρήση των όρων 'joule' και 'watt' στα πλαίσια προ-ενεργειακών / ενεργειακών νοητικών παραστάσεων
	6	Απόδοση νοήματος σε φράση που περιέχει τον όρο 'joule'	
4 <sup>η</sup>	7	Εξήγηση μετρήσεων που λαμβάνονται με το μετρητή της ΔΕΗ	Εφαρμογή ενεργειακών (ποσοτικών) νοητικών παραστάσεων σε καταστάσεις καθημερινής ζωής
	8	Εξήγηση μετρήσεων που λαμβάνονται με το μετρητή της ΔΕΗ	
	9	Κατασκευή εικονικής αναπαράστασης του μοντέλου των ενεργειακών αλυσίδων στο οικιακό επίπεδο	

**Πίνακας 5.4:** Τα θέματα και το προσδοκώμενο εννοιολογικό υπόβαθρο των ερωτήσεων- αιτιολογήσεων του ερωτηματολογίου

Πρέπει να σημειώσουμε ότι πουθενά στο ερωτηματολόγιο δεν αναφέρεται η λέξη 'ενέργεια'. Η σκοπιμότητα αυτή υπαγορεύεται από την επιλογή μας να καταγράψουμε στις απαντήσεις - αιτι-

ολογήσεις των μαθητών/τριών στον μεν προέλεγχο τη δυνατότητα χρήσης με *αυθόρμητο τρόπο* προ-ενεργειακών και ενεργειακών νοητικών παραστάσεων, στο δε μετέλεγχο τη δυνατότητα *ορθής λειτουργικής χρήσης* της έννοιας και τις τυχόν διαφοροποιήσεις που έχουν σημειωθεί στις νοητικές παραστάσεις, μετά την ολοκλήρωση των διδακτικών παρεμβάσεων.

### **5.5 Στρατηγική και τεχνικές ανάλυσης των δεδομένων**

Η ανάλυση των δεδομένων (απαντήσεις μαθητών/τριών στις ερωτήσεις του ερωτηματολογίου) που ελήφθησαν πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση γίνεται σε τρία στάδια. Στο πρώτο στάδιο επεξεργαζόμαστε τα δεδομένα του προελέγχου (ενότητα 6.1), στο δεύτερο στάδιο τα δεδομένα του μετελέγχου (ενότητα 6.2) και στο τρίτο στάδιο συγκρίνονται τα δεδομένα προελέγχου και μετελέγχου (ενότητες 6.3 – 6.6). Η ανάλυση και στα τρία στάδια πραγματοποιείται σε δυο επίπεδα: (α) στο *περιγραφικό ποσοτικό επίπεδο*, όπου δημιουργούνται πίνακες απολύτων και σχετικών συχνοτήτων, καθώς και διαγράμματα σχετικών συχνοτήτων των κατηγοριοποιήσεων των απαντήσεων και των αιτιολογήσεων των μαθητών/τριών ανά ερώτηση. Δημιουργούνται ακόμη πίνακες και διαγράμματα που παρουσιάζουν την εξέλιξη της επίδοσης των μαθητών/τριών μετατρέποντας τις πρωτογενείς *κατηγορικές* μεταβλητές σε *δευτερεύουσες ιεραρχικές* μεταβλητές που αποδίδουν την επάρκεια ή μη των απόψεων των μαθητών/τριών, καθώς και πίνακες συσχετίσεων της επίδοσης των μαθητών/τριών με τις μεταβλητές 'φύλο' και 'σχολείο', (β) στο *ποιοτικό επίπεδο*, όπου περιγράφονται τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των αιτιολογήσεων που δίδουν οι μαθητές και σχολιάζονται με βάση τα διαφορετικά επίπεδα των προ - ενεργειακών και ενεργειακών παραστάσεων που είναι σε θέση να χρησιμοποιήσουν.

Η στρατηγική ανάγνωσης και επεξεργασίας των δεδομένων καθοδηγείται από υποθέσεις και κατηγοριοποιήσεις που έχουν εκ των προτέρων διαμορφωθεί. Οι υποθέσεις έχουν διατυπωθεί και καταγράφονται στην επόμενη ενότητα 5.6. Εδώ θα αναφερθούμε στον τρόπο με τον οποίο κατηγοριοποιούμε τα πρωτογενή δεδομένα μας.

Για τις *απαντήσεις* στις ερωτήσεις του ερωτηματολογίου η κατηγοριοποίηση γίνεται με βάση το περιεχόμενό τους, έτσι η μεταβλητή της κάθε ερώτησης μπορεί να πάρει τις τιμές που φαίνονται στον επόμενο πίνακα 5.5.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ	ΜΕΤΑΒΛΗΤΕΣ	ΤΙΜΕΣ ΠΟΥ ΠΑΙΡΝΕΙ Η ΜΕΤΑΒΛΗΤΗ
ΕΡΩΤΗΣΗ 1	1α	Ναι / Όχι / ΔΞ
ΕΡΩΤΗΣΗ 2	2α	(α)/(β)/(γ)/ΔΞ
ΕΡΩΤΗΣΗ 3	3α	Ναι / Όχι / ΔΞ
ΕΡΩΤΗΣΗ 7	7α	Ναι / Όχι / ΔΞ
ΕΡΩΤΗΣΗ 8	8α	(α)/(β)/(γ)/ΔΞ

**Πίνακας 5.5:** Οι τιμές που παίρνουν οι μεταβλητές των απαντήσεων κάθε ερώτησης

Κατά τη στατιστική επεξεργασία, οι τιμές των μεταβλητών κωδικοποιούνται ως εξής: Δίνονται οι κωδικοί '1' για το «Ναι» ή την επιλογή (α), '2' για το «Όχι» ή την επιλογή (β), '3' για την επιλογή 'Δεν ξέρω' ή αν δεν υπάρχει απάντηση και '4' για την επιλογή (γ).

Όσον αφορά την κατηγοριοποίηση των αιτιολογήσεων των μαθητών/τριών, δημιουργήθηκαν έξι κατηγορίες βασιζόμενες σε επαρκή ή μη επαρκή χρήση στοιχείων του μοντέλου των ενεργειακών αλυσίδων. Οι υποκατηγορίες αυτές είναι οι εξής:

- (ι) η κατηγορία με κωδικό Α1, που αντιστοιχεί στη νοητική παράσταση που είναι σύμφωνη με το προτεινόμενο εννοιολογικό μοντέλο της ενεργειακής αλυσίδας,
- (ιι) η κατηγορία με κωδικό Α2, που αντιστοιχεί στη νοητική παράσταση που εμπεριέχει ελλιπή εννοιολογικά στοιχεία του μοντέλου των ενεργειακών αλυσίδων,
- (ιιι) η κατηγορία με κωδικό Β, που αντιστοιχεί στη νοητική παράσταση που βασίζεται σε λανθασμένα εννοιολογικά στοιχεία του μοντέλου της ενεργειακής αλυσίδας,
- (ιiv) η κατηγορία με κωδικό Φ, που αντιστοιχεί σε φαινομενολογικές νοητικές παραστάσεις δηλαδή, παραστάσεις που περιλαμβάνουν διατυπώσεις με όρους πειραματικών διαδικασιών και γεγονότων ή χρησιμοποιούν ένα απλό συλλογισμό με αιτιακή δομή, χωρίς αναφορά σε προ-ενεργειακά ή ενεργειακά εννοιολογικά στοιχεία,
- (iv) η κατηγορία με κωδικό Π, που αντιστοιχεί στη νοητική παράσταση που εκφράζεται με προ-ενεργειακά εννοιολογικά στοιχεία,
- (vi) η κατηγορία με κωδικό Δ, που δηλώνει πως ο μαθητής/τρια δεν αιτιολόγησε την απάντησή του.

Στον επόμενο πίνακα 5.6 παρατίθενται ενδεικτικά παραδείγματα αιτιολογήσεων όπως δόθηκαν από τους μαθητές/τριες κατά τη διάρκεια του προελέγχου ή του μετελέγχου.

Κατηγορία	Χαρακτηρισμός Αιτιολόγησης	Παραδείγματα
A1	Σωστή και πλήρης παρουσίαση εννοιολογικών στοιχείων του μοντέλου των ενεργειακών αλυσίδων	- Το Joule είναι μια μονάδα μέτρησης της ενέργειας. Σε Joule μετράνε την ποσότητα της ενέργειας που μεταφέρεται από τη μπαταρία στη λάμπα και στο θερμαντήρα. Η ενέργεια που μεταφέρεται δεν είναι ίδια και στις δυο συσκευές. Ο θερμαντήρας είναι ενεργοβόρος (B4 post)
A2	Σωστή αλλά ελλιπής παρουσίαση εννοιολογικών στοιχείων του μοντέλου των ενεργειακών αλυσίδων	- Το Joule μετράει την ποσότητα της ενέργειας και για το ζέσταμα του νερού το ίδιο και το ζέσταμα του νερού έχει πιο περισσότερη ποσότητα ενέργεια (B7 post)
B	Λανθασμένη παρουσίαση εννοιολογικών στοιχείων του μοντέλου των ενεργειακών αλυσίδων ή παρουσίαση κάποιου άλλου εννοιολογικού πλαισίου	- Ότι έχει μέσα της 10 w και μέχρι τόσα Βατ μπορεί να ανάψει επίσης το γράφει για να την βάζουμε σε μέρη που ταιριάζουν όχι σε μια ολόκληρη τραπεζαρία να το βάζουμε σε ένα λαμπάκι (B16 post)
Φ	Διατύπωση που περιλαμβάνει φαινομενολογικά στοιχεία του προβλήματος χωρίς αναφορά σε κάποιο εννοιολογικό πλαίσιο ή/και ταυτολογικές εξηγήσεις	- Το λαμπάκι και ο ανεμιστήρας ανάβουν επειδή τα δυο καλώδια συνδέονται στους δυο πόλους της μπαταρίας και στις δυο επαφές της λάμπας ή του ανεμιστήρα, με αποτέλεσμα η λάμπα να ανάβει και του ανεμιστήρα η φτερωτές να γυρίζουν (Π17 pre) - Άμα συνδέσω δυο μπαταρίες η λάμπα θα ανάψει πιο πολύ. Το ίδιο γίνεται και με τον θερμαντήρα, άμα συνδέσουμε δυο μπαταρίες με τον θερμαντήρα το νερό θα είναι πιο ζεστό (B 19 post)
Π	Διατύπωση που περιλαμβάνει αποκλειστικά προ-ενεργειακά εννοιολογικά στοιχεία	- Η λάμπα παίρνει λιγότερα Joule ενώ ο θερμαντήρας παίρνει περισσότερα (Π12 post)
Δ	Καμία αιτιολόγηση ή δήλωση άγνοιας	Δεν ξέρω να την αιτιολογήσω (Π9 pre)

Πίνακας 5.6: Κατηγοριοποίηση των αιτιολογήσεων των μαθητών/τριών

Κατά τη στατιστική επεξεργασία, οι τιμές των μεταβλητών κωδικοποιούνται ως εξής: Δίδεται ο κωδικός '1' για την κατηγορία 'A1', ο κωδικός '2' για την κατηγορία 'A2' κ.ο.κ.

Όπως έχουμε ήδη αναφέρει, σε μια επόμενη φάση της διαδικασίας κατηγοριοποίησης των αιτιολογήσεων προχωρήσαμε σε ομαδοποίηση των κατηγοριών με γνώμονα την επάρκεια της νοητικής παράστασης που χρησιμοποιεί ο μαθητής, δηλαδή, το μέτρο της συμβατότητας της νοητικής παράστασης με το προτεινόμενο προς οικοδόμηση μοντέλο των ενεργειακών αλυσίδων. Δημιουργήθηκαν έτσι οι τέσσερις κατηγορίες που φαίνονται στον επόμενο πίνακα 5.7, οι οποίες συνιστούν τις κατηγορίες του κριτηρίου επάρκειας της αιτιολόγησης. Η κατηγοριοποίηση αυτή μπορεί

να χρησιμοποιηθεί στην εξαγωγή συμπερασμάτων που αφορούν την πρόοδο, τη στασιμότητα ή την οπισθοδρόμηση της εξέλιξης των νοητικών παραστάσεων των μαθητών/τριών.

Κατηγορία	Χαρακτηρισμός αιτιολόγησης
1	Επαρκής αιτιολόγηση (κατηγορία A1)
2	Ενδιάμεση αιτιολόγηση (κατηγορία A2)
3	Ανεπαρκής αιτιολόγηση (κατηγορίες Β, Φ, Π)
4	Χωρίς αιτιολόγηση (κατηγορία Δ)

**Πίνακας 5.7:** Κατηγορίες του κριτηρίου αξιολόγησης των αιτιολογήσεων

Σε μια τρίτη, τέλος, φάση της διαδικασίας της κατηγοριοποίησης προχωρήσαμε σε μια νέα ομαδοποίηση των κατηγοριών προκειμένου να διαπιστώσουμε σε πιο βαθμό τελικά επηρέασε η διδακτική παρέμβαση την τελική επίδοση των μαθητών/τριών. Καταγράφηκαν λοιπόν οι συχνότητες εμφάνισης των κατηγοριών που συναντάμε σύμφωνα με το κριτήριο επάρκειας της αιτιολόγησης ανά μαθητή/τρια. Δημιουργήθηκε, δηλαδή, ένα πρωτόκολλο το οποίο μπορεί να περιγραφεί ως ένας πίνακας που περιέχει στον κατακόρυφο άξονα τους μαθητές/τριες που έλαβαν μέρος στην έρευνα, και στον οριζόντιο άξονα τη συχνότητα επάρκειας σε όλες τις ερωτήσεις του ερωτηματολογίου. Στον πίνακα 5.8 φαίνονται οι κατηγορίες που συγκροτούν την κατηγοριοποίηση επίδοσης με κριτήριο το πλήθος των επαρκών αιτιολογήσεων. Παρατηρούμε ότι υπάρχει μια διαφοροποίηση σε σχέση με τον αριθμό των επαρκών αιτιολογήσεων κάθε κατηγορίας μεταξύ του pre και post- test λόγω της διαφοράς του αριθμού των ερωτήσεων, αλλά αυτό δεν επηρεάζει το χαρακτηρισμό της επίδοσης μιας και το εύρος των διαστημάτων των κλιμάκων είναι ανάλογο. Η κατηγοριοποίηση επίδοσης μπορεί να χρησιμοποιηθεί τόσο ως δείκτης αξιολόγησης της προτεινόμενης διδακτικής ακολουθίας στα πλαίσια του εκπαιδευτικού περιβάλλοντος εντός του οποίου διεξάγεται η παρούσα έρευνα (το παρόν εκπαιδευτικό σύστημα αντιλαμβάνεται ως γνωστική πρόοδο των παιδιών, την επίδοση), όσο και για μια επί πλέον ανάλυση των αποτελεσμάτων των δεδομένων που προέρχονται από τον προέλεγχο ή/και μετέλεγχο των απαντήσεων και αιτιολογήσεων των μαθητών /τριών (εδώ, σε συσχετίσεις με τις μεταβλητές 'φύλο' και 'σχολείο').

Κατηγορία	Χαρακτηρισμός Επίδοσης	Πλήθος επαρκών αιτιολογήσεων	
		Προέλεγχος	Μετέλεγχος
1	Υψηλή	6-8	7-9
2	Μέτρια	3-5	4-6
3	Χαμηλή	0-2	0-3

**Πίνακας 5.8:** Κατηγοριοποίηση επίδοσης με κριτήριο των πλήθους των επαρκών αιτιολογήσεων



## 5.6 Οι επιχειρησιακές υποθέσεις της έρευνας

Με βάση τα γενικά ερωτήματα που τέθηκαν και το σχεδιασμό της πειραματικής διαδικασίας που ακολουθήθηκε, μπορούμε να διατυπώσουμε τις επόμενες επιχειρησιακές υποθέσεις για την παρούσα έρευνα:

(α) Η μεγάλη πλειοψηφία των μαθητών/τριών που λαμβάνουν μέρος στην έρευνα διαθέτουν, πριν από την διδακτική παρέμβαση, προ-ενεργειακές νοητικές παραστάσεις (συγκεκριμένα, τις παραστάσεις 'λειτουργίας' και 'διανομής'), δηλαδή, ποιοτικές εξηγήσεις για τα φαινόμενα του προτεινόμενου φαινομενολογικού πεδίου, οι οποίες είναι σε ένα πρώτο επίπεδο συμβατές με την προτεινόμενη σχολική γνώση,

(β) Η μεγάλη πλειοψηφία των μαθητών/τριών που λαμβάνουν μέρος στην έρευνα, μετά την διδακτική παρέμβαση, εξελίσσει τις προ-ενεργειακές παραστάσεις σε νοητικές παραστάσεις που αντιστοιχούν στο μοντέλο των ενεργειακών αλυσίδων και οι μαθητές/τριες αυτοί είναι ικανοί να το εφαρμόζουν τόσο σε καταστάσεις εργαστηρίου όσο και σε καταστάσεις καθημερινής ζωής,

(γ) Η επίδοση των μαθητών/τριών ως αποτέλεσμα της προτεινόμενης διδακτικής ακολουθίας είναι ικανοποιητική και ανεξάρτητη από το φύλο και το σχολείο φοίτησης των μαθητών/τριών.

Την επιβεβαίωση ή την απόρριψη κάθε μιας από τις παραπάνω υποθέσεις καλείται να αναδείξει η πειραματική μελέτη της οποίας τ' αποτελέσματα περιγράφονται στο επόμενο κεφάλαιο 6 [ενότητα 6.1 για την υπόθεση (α), ενότητες 6.2 και 6.3 για την υπόθεση (β) και ενότητες 6.4 και 6.5 για την υπόθεση (γ)].

## Κεφάλαιο 6

### Η γνωστική πρόοδος των μαθητών/τριών

#### 6.0 Εισαγωγή

Στο κεφάλαιο αυτό εξετάζεται η γνωστική πρόοδος των μαθητών/τριών η εξέλιξη δηλαδή, των νοητικών παραστάσεων των μαθητών/τριών από το επίπεδο της πρακτικο-βιωματικής γνώσης προς τη γνώση αναφοράς. Επιχειρούμε να αξιολογήσουμε τη συμβολή που είχε η εισαγωγή του μοντέλου των ενεργειακών αλυσίδων στην εξέλιξη των νοητικών παραστάσεων των μαθητών/τριών, σε σχέση με την έννοια της ενέργειας, αναλύοντας ποσοτικά και ποιοτικά τα δεδομένα που έδωσαν τα εργαλεία αξιολόγησης πριν, κατά και μετά την υλοποίηση της διδακτικής μας παρέμβασης.

Το παρόν κεφάλαιο αποτελείται από πέντε μέρη: α) από το πρώτο μέρος στο οποίο παρουσιάζονται οι νοητικές παραστάσεις των μαθητών/τριών πριν από τη διδακτική παρέμβαση, β) από το δεύτερο μέρος στο οποίο παρουσιάζονται οι νοητικές παραστάσεις των μαθητών/τριών μετά από τη διδακτική παρέμβαση, γ) από το τρίτο μέρος όπου γίνεται έλεγχος για να διαπιστωθεί αν έχουμε εξέλιξη των νοητικών παραστάσεων των μαθητών/τριών προς τη γνώση αναφοράς, δ) από το τέταρτο μέρος όπου γίνεται αξιολόγηση της γνωστικής προόδου των μαθητών/τριών (επίδοσης) με βάση τα αποτελέσματα της ποιοτικής ανάλυσης των αιτιολογήσεων στο ερωτηματολόγιου προελέγχου και στο ερωτηματολόγιου μετελέγχου, ε) από το πέμπτο μέρος όπου διερευνάται η συνάφεια της επίδοσης των μαθητών/τριών με το φύλο και το σχολείο φοίτησης.

#### 6.1 Οι νοητικές παραστάσεις των μαθητών/τριών πριν από τη διδακτική παρέμβαση

Σε αυτή την ενότητα θα παρουσιάσουμε τα αποτελέσματα της ποσοτικής και ποιοτικής ανάλυσης των απαντήσεων και των αιτιολογήσεων των μαθητών/τριών των πειραματικών ομάδων στο ερωτηματολόγιου προελέγχου. Θα παρουσιάσουμε ακόμα το χαρακτηρισμό των αιτιολογήσεων αυτών ως προς την επάρκεια των νοητικών παραστάσεων σύμφωνα με τα κριτήρια που θέσαμε στην ενότητα 5.5.

Για κάθε ερώτηση του ερωτηματολόγιου του προελέγχου θα παραθέτουμε τις απαντήσεις, τις αιτιολογήσεις και το χαρακτηρισμό των αιτιολογήσεων των μαθητών/τριών σε μορφή πινάκων συχνοτήτων (frequency tables) καθώς και γραφημάτων ράβδων (bar chart), όπου είναι απαραίτητο. Οι πίνακες συχνοτήτων μετρούν πόσες φορές εμφανίζονται οι διαφορετικές τιμές (κατηγορίες απαντήσεων) μιας μεταβλητής στα δεδομένα. Έτσι, στους παρακάτω πίνακες συχνοτήτων καταμετρώνται οι διαφορετικές τιμές των κατηγορικών μεταβλητών. Οι μεταβλητές αυτές λαμβάνουν

τις τιμές που έχουμε ορίσει και φαίνονται αναλυτικά στους πίνακες 5.6, 5.7 και 5.8 του προηγούμενου κεφαλαίου.

Στην πρώτη στήλη των πινάκων που ακολουθούν δίνονται τα κωδικοποιημένα ονόματα των κατηγοριών της μεταβλητής. Στη δεύτερη στήλη δίδονται οι απόλυτες συχνότητες ανά κατηγορία καθώς και οι απύουσες τιμές (missing values). Τέλος, στην τρίτη στήλη φαίνονται οι ποσοστιαίες συχνότητες κάθε κατηγορίας και οι απύουσες τιμές. Το γράφημα των ράβδων χρησιμοποιείται σε κάποιες περιπτώσεις για να γίνει πιο αποτελεσματικός ο τρόπος παρουσίασης της μέτρησης συχνοτήτων. Οι κατηγορίες των διαφορετικών τιμών της μεταβλητής αναπαρίστανται ως φυσικά διαχωρισμένοι ράβδοι το ύψος των οποίων ποικίλει ανάλογα με τη συχνότητα της κατηγορίας.

### *Πρώτη ενότητα ερωτήσεων*

Η πρώτη ενότητα ερωτήσεων περιλαμβάνει τις δυο πρώτες ερωτήσεις του ερωτηματολογίου προελέγχου με τις οποίες αποσκοπούμε στην ανάδειξη των προ-ενεργειακών συλλογισμών, στην ενεργοποίηση των νοητικών παραστάσεων 'λειτουργίας' και 'διανομής' και στην ενεργοποίηση του αιτιακού συλλογισμού των μαθητών/τριών.

#### Ερώτηση 1

##### *(α) Αποτελέσματα ανάλυσης των απαντήσεων*

Τα ποσοτικά στοιχεία των απαντήσεων των μαθητών/τριών στην πρώτη ερώτηση του ερωτηματολογίου προελέγχου παρουσιάζονται στον πίνακα 6.1.

Κατηγορίες απαντήσεων	Απόλυτη Συχνότητα (N)	Ποσοστιαία Συχνότητα (%)
ΝΑΙ	28	71,8
ΟΧΙ	3	7,7
ΔΞ-ΔΑ	8	20,5
Σύνολο	39	100,0

**Πίνακας 6.1** :Οι απαντήσεις των μαθητών/τριών στην ερώτηση 1 του ερωτηματολογίου προελέγχου

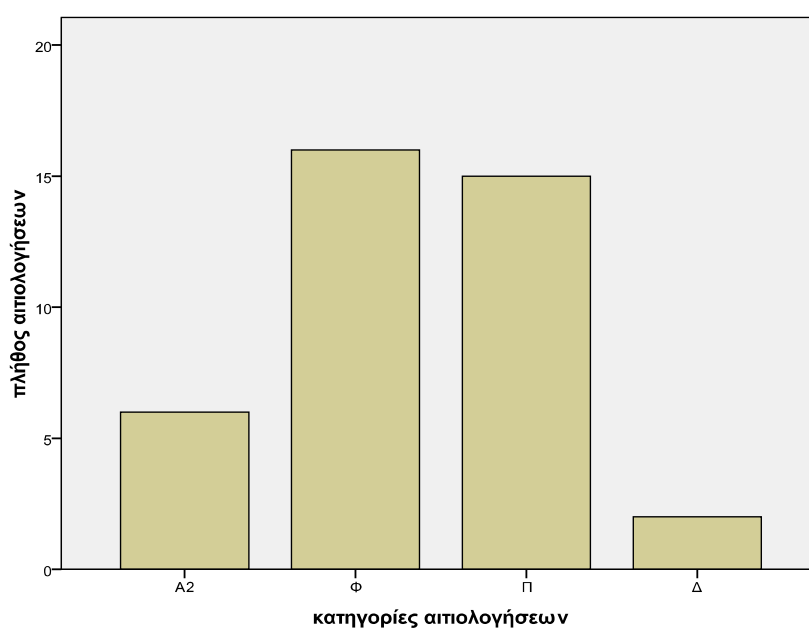
Παρατηρώντας τον πίνακα 6.1, βλέπουμε ότι ένα μεγάλο ποσοστό 71.8% των μαθητών/τριών απάντησαν 'Ναι' στην πρώτη ερώτηση του ερωτηματολογίου προελέγχου, το 7.7% των μαθητών απάντησαν 'Όχι', ενώ ένα 20.5% δεν έδωσε καμιά απάντηση ή έγραψε 'δεν ξέρω'. Ένα πολύ μεγάλο ποσοστό μαθητών/τριών απάντησε δηλαδή πως μπορεί να δώσει μια εξήγηση που να είναι κοινή και για τα δυο φαινόμενα (άναμμα της λάμπας και κίνηση του ανεμιστήρα), ένα πολύ μικρό ποσοστό απάντησε πως δεν μπορεί να δώσει κοινή εξήγηση, ενώ ένας στους πέντε μαθητές/τριες απάντησε πως δεν ξέρει.

(β) Αποτελέσματα ανάλυσης των αιτιολογήσεων

Στη συνέχεια δίδεται μια κατηγοριοποίηση των εξηγήσεων που έδωσαν οι μαθητές/τριες με βάση τις κατηγορίες που διαμορφώθηκαν και παρουσιάζονται στον πίνακα 5.6.

Κατηγορίες αιτιολογήσεων	Απόλυτη Συχνότητα (N)	Ποσοστιαία Συχνότητα (%)
A2	4	10,3
Φ	12	30,8
Π	14	35,9
Δ	9	23,1
<b>Σύνολο</b>	<b>39</b>	<b>100,0</b>

**Πίνακας 6.2 :** Οι αιτιολογήσεις των μαθητών/τριών στην ερώτηση 1 του ερωτηματολογίου προελέγχου



**Σχήμα 6.1:** Οι αιτιολογήσεις των μαθητών/τριών στην ερώτηση 1 του ερωτηματολογίου προελέγχου

Παρατηρώντας τον πίνακα 6.2 και το αντίστοιχο ραβδόγραμμα (σχήμα 6.1) διακρίνουμε τέσσερις κατηγορίες αιτιολογήσεων των μαθητών/τριών. Στην πολυπληθέστερη κατηγορία ανήκουν οι μαθητές/τριες που αιτιολόγησαν την απάντησή τους με εκφράσεις και λεκτικές διατυπώσεις που περιέχουν όρους πειραματικών διαδικασιών και γεγονότων. Οι διατυπώσεις τους δεν περιλαμβάνουν εννοιολογικά στοιχεία ενεργειακής προσέγγισης. Ενεργοποιούν έναν απλό αιτιακό συλλογισμό που βασίζεται κυρίως στα φαινομενολογικά στοιχεία του προβλήματος. Διαισθητικά ή παρατηρώντας τις δυο πειραματικές διατάξεις αντιλαμβάνονται πως κάτι κοινό υπάρχει ανάμεσα στα δυο φαινόμενα (γι' αυτό και το 77% των μαθητών/τριών απαντούν πως μπορούν να δώσουν κοινή εξήγηση), αλλά δεν μπορούν να το εντοπίσουν, έτσι μένουν στο φαινομενολογικό επίπεδο και μιλούν για κοινό τρόπο σύνδεσης, ίδια μπαταρία, καλώδια ίδιων χρωμάτων και ίδια πολικότητα. Τέτοιες ενδεικτικές αιτιολογήσεις των μαθητών/τριών είναι οι εξής: 'Το λαμπάκι ανάβει γιατί το

συνδέσαμε με την ίδια μπαταρία. Το μπλε καλώδιο στο πλην και το κόκκινο στο συν. Το ίδιο γίνεται και στη δεύτερη εικόνα' (B. 16, pre) ή 'Το ένα καλώδιο της μπαταρίας είναι συνδεδεμένο με τον ένα πόλο της λάμπας και του ανεμιστήρα και το άλλο καλώδιο είναι συνδεδεμένο στον άλλο πόλο και γι' αυτό ανάβει η λάμπα και ο ανεμιστήρας γυρίζει' (Π. 7, pre). Στη δεύτερη κατηγορία ανήκουν οι μαθητές/τριες που εκφράζουν προ-ενεργειακές αντιλήψεις αντιλαμβανόμενοι ως κοινό αίτιο τη μπαταρία. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι το ακόλουθο: 'Η μπαταρία δίνει φως στο λαμπάκι για να ανάψει το συρματάκι και μετά η μπαταρία δίνει ρεύμα στο ανεμιστηράκι για να γυρίσει' (B.2, pre). Ένα μικρότερο ποσοστό γύρω στο 10% των αιτιολογήσεων περιείχαν σωστές αλλά ελλιπείς εκφράσεις που περιλάμβαναν εννοιολογικά στοιχεία της ενεργειακής προσέγγισης του μοντέλου των ενεργειακών αλυσίδων, π.χ. 'Γιατί όπως είναι συνδεδεμένα τα καλώδια και τα δυο πράγματα παίρνουν ρεύμα και η λάμπα ανάβει και ο ανεμιστήρας γυρίζει' (Π. 11, pre).

#### (γ) Αποτελέσματα ανάλυσης του χαρακτηρισμού των αιτιολογήσεων

Το επίπεδο της ποιοτικής ανάλυσης περιλαμβάνει και τη διαδικασία κατηγοριοποίησης των αιτιολογήσεων. Προβαίνουμε σε ομαδοποίηση των κατηγοριών με γνώμονα την επάρκεια της νοητικής παράστασης που χρησιμοποιεί ο μαθητής/τρια, δηλαδή, το μέτρο της συμβατότητας της νοητικής παράστασης με το προτεινόμενο προς οικοδόμηση μοντέλο των ενεργειακών αλυσίδων. Δημιουργήθηκαν έτσι οι τρεις κατηγορίες (επαρκής – ενδιάμεση – ανεπαρκής) οι οποίες συνιστούν τις κατηγορίες του κριτηρίου *επάρκειας* της αιτιολόγησης (βλέπε ενότητα 5.5).

Στον επόμενο πίνακα 6.3 παρουσιάζουμε τις κατηγορίες χαρακτηρισμού των αιτιολογήσεων που έδωσαν οι μαθητές στην πρώτη ερώτηση του προελέγχου και τις αντίστοιχες συχνότητες για κάθε κατηγορία. Παρατηρούμε, όπως ήταν αναμενόμενο άλλωστε, ότι κανένας μαθητής/τρια δεν αιτιολόγησε με τη χρήση νοητικών παραστάσεων που είναι συμβατές με το προτεινόμενο προς οικοδόμηση μοντέλο των ενεργειακών αλυσίδων. Το 90% περίπου των μαθητών/τριών αιτιολόγησε με τη χρήση νοητικών παραστάσεων που είναι ασύμβατες με το προτεινόμενο μοντέλο και μόνο ένα 10% περίπου των μαθητών/τριών, έδωσε αιτιολογήσεις που περιέχουν κάποια στοιχεία του προτεινόμενου πλαισίου, τα οποία όμως δεν είναι ικανοποιητικά.

Κατηγορίες χαρακτηρισμού αιτιολογήσεων	Απόλυτη Συχνότητα (N)	Ποσοστιαία Συχνότητα (%)
ΑΝΕΠΑΡΚΗΣ	35	89,7
ΕΝΔΙΑΜΕΣΗ	4	10,3
ΕΠΑΡΚΗΣ	0	0,0
<b>Σύνολο</b>	<b>39</b>	<b>100,0</b>

**Πίνακας 6.3:** Χαρακτηρισμός των αιτιολογήσεων των μαθητών/τριών στην ερώτηση 1 του ερωτηματολογίου προελέγχου

## Ερώτηση 2

### (α) Αποτελέσματα ανάλυσης των απαντήσεων

Τα ποσοτικά στοιχεία των απαντήσεων των μαθητών/τριών στη δεύτερη ερώτηση παρουσιάζονται στον επόμενο πίνακα 6.4.

Κατηγορίες απαντήσεων	Απόλυτη Συχνότητα (N)	Ποσοστιαία Συχνότητα (%)
Απάντηση α	5	12,8
Απάντηση β	31	79,5
Απάντηση γ	2	5,1
ΔΞ-ΔΑ	1	2,6
<b>Σύνολο</b>	<b>39</b>	<b>100,0</b>

**Πίνακας 6.4:** Οι απαντήσεις των μαθητών/τριών στη ερώτηση 2 του ερωτηματολογίου προελέγχου

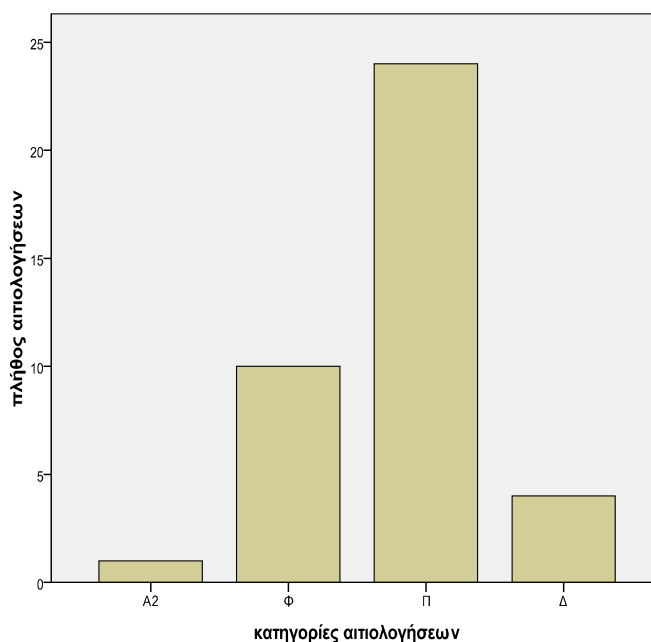
Παρατηρώντας τον πίνακα 6.4 βλέπουμε ότι η συντριπτική πλειοψηφία περίπου το 80% των μαθητών/τριών επέλεξαν την απάντηση (β), θεώρησαν δηλαδή ότι η σειρά με την οποία πρέπει να τοποθετηθούν οι τρεις καρτέλες είναι, μπαταρία → θερμαντήρας → νερό, ένα μικρό ποσοστό 18% των μαθητών/τριών επέλεξε τις άλλες δυο σειρές, ενώ μόνο ένας μαθητής/τρια δεν απάντησε καθόλου στην ερώτηση.

### (β) Αποτελέσματα ανάλυσης των αιτιολογήσεων

Στην ερώτηση 2 απαιτείται να αιτιολογήσουν οι μαθητές/τριες τη σειρά των καρτελών που επέλεξαν. Η σωστή σειροθέτηση προϋποθέτει την ύπαρξη γραμμικού αιτιακού συλλογισμού που βιβλιογραφικά γνωρίζουμε ότι στα παιδιά αυτής της ηλικίας είναι αρκετά αναπτυγμένος.

Κατηγορίες αιτιολογήσεων	Απόλυτη Συχνότητα (N)	Ποσοστιαία Συχνότητα (%)
A2	1	2,6
Φ	10	25,6
Π	24	61,5
Δ	4	10,3
Σύνολο	39	100,0

**Πίνακας 6.5:** Οι αιτιολογήσεις των μαθητών/τριών στη ερώτηση 2 του ερωτηματολογίου προελέγχου



**Σχήμα 6.2:** Οι αιτιολογήσεις των μαθητών/τριών στην ερώτηση 2 του ερωτηματολογίου προελέγχου

Παρατηρώντας τον πίνακα 6.5 των αιτιολογήσεων των μαθητών /τριών στη δεύτερη ερώτηση και έχοντας υπόψη μας και τον πίνακα 6.4 των απαντήσεων στην ίδια ερώτηση, βλέπουμε πως το πολύ μεγάλο ποσοστό 80% που επέλεξε στην απάντησή του τη (β) σειρά καρτελών, δικαιολογεί αυτήν του την επιλογή σε ποσοστό 87% περίπου με:

(1) Με βάση τα φαινομενολογικά και μόνο στοιχεία του προβλήματος (κατηγορία Φ). Π.χ. *‘Γιατί νομίζω πως πρώτα πάει η μπαταρία μετά πάει ο θερμοαντήρας και μετά το νερό’* (Π. 4, pre)

(2) Η εξήγησή τους περιλαμβάνει και συγκροτείται από στοιχεία προ-ενεργειακών αντιλήψεων (κατηγορία Π). Π.χ. *‘Γιατί η μπαταρία φορτίζει το θερμοαντήρα και ζεσταίνεται το νερό’* (Π. 10, pre) ή *‘Διάλεξα τη (β) γιατί η μπαταρία έχει ρεύμα το δίνει στο θερμοαντήρα κι έτσι ζεσταίνεται και το νερό’* (Β. 5, pre) ή *‘Έβαλα πρώτα τη μπαταρία μετά το θερμοαντήρα και μετά το νερό γιατί ο θερμοαντήρας λειτουργεί μόνο με τη μπαταρία κι έπειτα το νερό ζεσταίνεται’* (Β. 16, pre).

Το 18% περίπου των μαθητών/τριών που επέλεξαν τις δυο άλλες σειρές καρτελών εξηγούν την επιλογή τους αυτή καθαρά με όρους πειραματικής διαδικασίας και πειραματισμού. Αναλογίζονται πως αν βρίσκονταν στο εργαστήριο και ήθελαν να συναρμολογήσουν και να λειτουργήσουν την πειραματική διάταξη που απαιτείται και η οποία φαίνεται στο σχήμα της ερώτησης, θα έκαναν διαδοχικά αυτά τα βήματα, δηλαδή θα έβαζαν πρώτα το νερό στο δοχείο, στη συνέχεια θα έπαιρναν τη μπαταρία θα τη συνέδεαν με το θερμαντήρα και θα έβαζαν το θερμαντήρα μέσα στο δοχείο με το νερό. Ας δούμε ορισμένα χαρακτηριστικά παραδείγματα όπου οι μαθητές /τριες εξηγούν την επιλογή τους: *‘Εγώ έβαλα το (α), νερό → μπαταρία → θερμαντήρας, γιατί πρώτα πρέπει να βάλουμε το νερό στο ποτήρι μετά να βάλουμε τη μπαταρία και μετά θα συνδέσουμε τη μπαταρία με το θερμαντήρα’* (B. 3, pre) ή *‘Πρώτα το νερό γιατί αλλιώς τι θα ζέσταινε ο θερμαντήρας και μετά τη μπαταρία γιατί πως θα λειτουργούσε ο θερμαντήρας’* (B. 17, pre).

Βλέπουμε λοιπόν πως ένας στους πέντε μαθητές/τριες περίπου λειτουργούν ωςάν να τους έχουμε ζητήσει να συναρμολογήσουν την ανάλογη πειραματική διάταξη. Ένας μόνο μαθητής/τρια αιτιολόγησε την απάντησή του με μια έκφραση που περιλαμβάνει με ελλιπή βέβαια τρόπο, στοιχεία της ενεργειακής προσέγγισης του μοντέλου των ενεργειακών αλυσίδων: *‘Εγώ έβαλα το (β) γιατί νομίζω ότι η μπαταρία έχει ρεύμα που μεταφέρεται στα καλώδια και από τα καλώδια μεταφέρεται στο θερμαντήρα όπου το σύρμα του ζεσταίνεται και έτσι ζεσταίνεται και το νερό’* (B. 5, pre).

Τέλος ένα 10% περίπου των μαθητών /τριών δεν μπόρεσε να δώσει καμιά εξήγηση και άρα ή όποια επιλογή τους πιθανόν θα έχει γίνει με τυχαίο τρόπο.

#### (γ) Αποτελέσματα ανάλυσης του χαρακτηρισμού των αιτιολογήσεων

Στον επόμενο πίνακα 6.6 παρατηρούμε όπως ήταν αναμενόμενο, ότι σχεδόν κανένας μαθητής/τρια δεν αιτιολόγησε με τη χρήση νοητικών παραστάσεων που είναι συμβατές με το προτεινόμενο προς οικοδόμηση μοντέλο των ενεργειακών αλυσίδων.

Κατηγορίες χαρακτηρισμού αιτιολογήσεων	Απόλυτη Συχνότητα (N)	Ποσοστιαία Συχνότητα (%)
ΑΝΕΠΑΡΚΗΣ	38	97,4
ΕΝΔΙΑΜΕΣΗ	1	2,6
ΕΠΑΡΚΗΣ	0	0,0
<b>Σύνολο</b>	<b>39</b>	<b>100,0</b>

**Πίνακας 6.6:** Χαρακτηρισμός των αιτιολογήσεων των μαθητών/τριών στην ερώτηση 2 του ερωτηματολογίου προελέγχου



### Συζήτηση

Από τις απαντήσεις και τις αιτιολογήσεις των μαθητών/τριών στις δυο πρώτες ερωτήσεις που παρουσιάσαμε παραπάνω προκύπτει, ότι οι μαθητές/τριες πριν ακόμη διδαχτούν συστηματικά την έννοια της ενέργειας έχουν διαμορφώσει άποψη για τα φυσικά φαινόμενα (στα οποία αναφέρονται οι ερωτήσεις 1 και 2) και έχουν δώσει τη δική τους ερμηνεία. Από τις απαντήσεις στην πρώτη ερώτηση βλέπουμε ότι ένα πολύ μεγάλο ποσοστό μαθητών/τριών δήλωσε πως μπορεί να δώσει μια εξήγηση που να είναι κοινή και για τα δυο φαινόμενα. Στην αιτιολόγηση της απάντησής τους αυτής ένα ποσοστό περίπου 40 % των μαθητών/τριών φαίνεται να έχει προ-ενεργειακές νοητικές παραστάσεις και κυρίως την νοητική παράσταση 'λειτουργίας', ενώ λιγότεροι μαθητές/τριες εκφράζουν απαντήσεις που αντιστοιχούν στην νοητική παράσταση 'διανομής' (βλ. ενότητα 3.2.3). Από τις αιτιολογήσεις στη δεύτερη ερώτηση προκύπτει ότι η πλειοψηφία των μαθητών/τριών (περίπου 60%) απαντούν σωστά εκφράζοντας έναν αιτιακό τρόπο σκέψης που φαίνεται να τον έχουν οικοδομήσει αυθόρμητα. Τόσο στην ερώτηση 1 όσο και στην ερώτηση 2, αν και οι αιτιολογήσεις αυτές είναι ανεπαρκείς σε σχέση με την προτεινόμενη σχολική γνώση, αποτελούν μια πρώτη *γέφυρα* για να προσεγγισθεί το μοντέλο των ενεργειακών αλυσίδων.

### Δεύτερη ενότητα ερωτήσεων

Η δεύτερη ενότητα ερωτήσεων περιλαμβάνει την τρίτη και τέταρτη ερώτηση του ερωτηματολογίου προελέγχου, με τις οποίες αποσκοπούμε στην ανάδειξη των ποσοτικών χαρακτηριστικών (ποσοτική διάσταση) της έννοιας της ενέργειας.

### Ερώτηση 3

#### (α) Αποτελέσματα ανάλυσης των απαντήσεων

Τα ποσοτικά στοιχεία των απαντήσεων των μαθητών/τριών στην τρίτη ερώτηση του ερωτηματολογίου του προελέγχου παρουσιάζονται στον επόμενο πίνακα 6.7.

Κατηγορίες απαντήσεων	Απόλυτη Συχνότητα (N)	Ποσοστιαία Συχνότητα (%)
ΝΑΙ	34	87,2
ΟΧΙ	2	5,1
ΔΞ-ΔΑ	3	7,7
<b>Σύνολο</b>	<b>39</b>	<b>100,0</b>

**Πίνακας 6.7:** Οι απαντήσεις των μαθητών/τριών στην ερώτηση 3 του ερωτηματολογίου προελέγχου

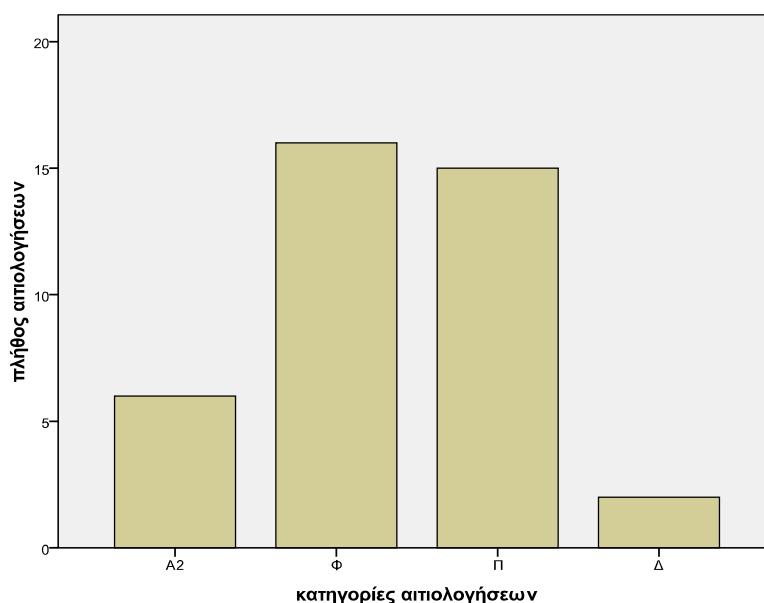
Το κύριο χαρακτηριστικό που προκύπτει από τα παραπάνω στοιχεία είναι ότι ένα πολύ μεγάλο ποσοστό μαθητών /τριών περίπου 87 % απάντησε ότι μπορεί να δώσει μια ίδια εξήγηση στο γιατί η λάμπα θα ανάβει δυνατώτερα και το νερό θα ζεσταθεί περισσότερο. Μόνο το 5% περίπου απάντησε ότι δεν μπορεί να δώσει μια ίδια εξήγηση και το 8 % περίπου, απάντησε πως 'Δεν ξέρει'.

*(β) Αποτελέσματα ανάλυσης των αιτιολογήσεων*

Οι μαθητές/τριες εξήγησαν την επιλογή τους ως εξής:

Κατηγορίες αιτιολογήσεων	Απόλυτη Συχνότητα (N)	Ποσοστιαία Συχνότητα (%)
A2	6	15,4
Φ	16	41,0
Π	15	38,5
Δ	2	5,1
Σύνολο	39	100,0

**Πίνακας 6.8 :** Οι αιτιολογήσεις των μαθητών/τριών στην ερώτηση 3 του ερωτηματολογίου προελέγχου



**Σχήμα 6.3:** Οι αιτιολογήσεις των μαθητών/τριών στην ερώτηση 3 του ερωτηματολογίου προελέγχου

Στον πίνακα 6.8, καθώς και στο αντίστοιχο ραβδόγραμμα (σχήμα 6.3), παρουσιάζονται τα ποσοτικά στοιχεία των αιτιολογήσεων των μαθητών/τριών στην τρίτη ερώτηση. Προκύπτει, όπως και στις ερωτήσεις 1 και 2 ότι οι κυριότεροι τρόποι σκέψης αντιστοιχούν στις κατηγορίες Φ και Π οι οποίες συγκεντρώνουν ποσοστό περίπου 40% η κάθε μια τους. Χαρακτηριστικά παραδείγματα της κατηγορίας Φ είναι τα εξής: 'Άμα συνδέσουμε τα καλώδια στους πόλους της μπαταρίας τότε

ανάβει πολύ το λαμπάκι' (B. 7, pre). ή 'Η λάμπα άμα έχει συνδεθεί με 2 μπαταρίες τότε λάμπει περισσότερο γιατί έχουμε δυο μπαταρίες. Για τον θερμαντήρα τότε επειδή έχουμε πάλι 2 μπαταρίες θα ζεσταθεί περισσότερο' (Π.12, pre). Όπως φαίνεται από τα παραδείγματα πρόκειται μάλλον για ταυτολογικού χαρακτήρα απαντήσεις. Η επέμβαση και η τροποποίηση των αρχικών συνθηκών των πειραματικών διατάξεων (προσθήκη δεύτερης μπαταρίας), με σκοπό να μεταβάλλουμε ανάλογα τα αποτελέσματα (περισσότερο φως) δεν κάνει του μαθητές/τριες να διερωτηθούν για τα ποσοτικά φυσικά μεγέθη που υπεισέρχονται στην εξήγηση των διαπιστωνόμενων μεταβολών. Δεν αποδίδουν, για παράδειγμα, τη διαφοροποίηση των αποτελεσμάτων στο διπλασιασμό της ποσότητας της αποθηκευμένης ενέργειας και στην αύξηση της μεταφερόμενης ενέργειας, αλλά στην αριθμητική και μόνο αύξηση των μπαταριών. Το υπόλοιπο όμως 40% των μαθητών/τριών εκφράζει προ-ενεργειακές αντιλήψεις: Π.χ., 'Γιατί υπάρχουν 2 μπαταρίες και δίνουν πιο πολύ φως στο λαμπάκι και κάνουν το νερό να ζεσταθεί περισσότερο' (Π.6, pre ) υπονοώντας ίσως ότι ο παράγων μεταφοράς είναι ισχυρότερος στην περίπτωση των δύο μπαταριών. Ένα μικρό ποσοστό (15,50 %) των αιτιολογήσεων μπορούν να θεωρηθούν ότι περιέχουν κάποια στοιχεία που τείνουν προς την κατεύθυνση του μοντέλου των ενεργειακών αλυσίδων: 'Η λάμπα θα ανάψει πιο δυνατά και το νερό θα ζεσταθεί περισσότερο γιατί οι δυο μπαταρίες είναι συνδεδεμένες και έχουν περισσότερα Volt από τη μια μπαταρία' (Π. 5 pre).

(γ) Αποτελέσματα ανάλυσης του χαρακτηρισμού των αιτιολογήσεων

Στον επόμενο πίνακα 6.9 παρατηρούμε ότι το πολύ μεγάλο ποσοστό του 85% περίπου των ερωτώμενων, έδωσε αιτιολογήσεις που χαρακτηρίζονται ανεπαρκείς (κατατάσσονται στις κατηγορίες Φ, Π, Δ), και μόνο ένα μικρό ποσοστό περίπου 15%, αιτιολόγησε χρησιμοποιώντας ελάχιστα στοιχεία του προτεινόμενου πλαισίου τα οποία όμως, δεν είναι ικανά για να στοιχειοθετήσουν νοητική παράσταση συμβατή με το προτεινόμενο μοντέλο.

Κατηγορίες χαρακτηρισμού αιτιολογήσεων	Απόλυτη Συχνότητα (N)	Ποσοστιαία Συχνότητα (%)
ΑΝΕΠΑΡΚΗΣ	33	84,6
ΕΝΔΙΑΜΕΣΗ	6	15,4
ΕΠΑΡΚΗΣ	0	0,0
<b>Σύνολο</b>	<b>39</b>	<b>100,0</b>

**Πίνακας 6.9 :** Χαρακτηρισμός των αιτιολογήσεων των μαθητών/τριών στην ερώτηση 3 του ερωτηματολογίου προελέγχου

#### Ερώτηση 4

##### *(α) Αποτελέσματα ανάλυσης των αιτιολογήσεων*

Στην ερώτηση αυτή οι μαθητές/τριες έπρεπε να εξηγήσουν ένα φαινόμενο που ενδεχομένως σε ορισμένους από αυτούς να ήταν άγνωστο εφ' όσον το δυναμό ποδηλάτου δεν είναι πλέον ο μοναδικός τρόπος φωτισμού στα ποδήλατα.

Κατηγορίες αιτιολογήσεων	Απόλυτη Συχνότητα (N)	Ποσοστιαία Συχνότητα (%)
A2	1	2,6
Φ	32	82,1
Π	3	7,7
Δ	3	7,7
Σύνολο	39	100,0

**Πίνακας 6.10:** Οι αιτιολογήσεις των μαθητών/τριών στην ερώτηση 4 του ερωτηματολογίου προελέγχου

Από τις αιτιολογήσεις στην τέταρτη ερώτηση όπως φαίνεται από τον πίνακα 6.10, διαπιστώνουμε ότι ένα πολύ μεγάλο ποσοστό (περίπου 80%) των μαθητών/τριών επιστρατεύει κυρίως φαινομενολογικά στοιχεία του προβλήματος, προκειμένου να αιτιολογήσει το γιατί πρέπει η μαθήτρια που κάνει ποδήλατο να βάζει μεγαλύτερη δύναμη στο πετάλι όταν το δυναμό ακουμπά στη ρόδα: 'Γιατί αν πάει πιο γρήγορα η ρόδα θα κινηθεί πιο γρήγορα και το δυναμό να μην προλαβαίνει να ακουμπήσει τη ρόδα' (Π.7,pre) ή 'Αναγκάζεται να κάνει πετάλι πιο δυνατά γιατί το δυναμό ακουμπά πάνω στη ρόδα του ποδηλάτου και αν κάνει σιγά θα πέσει' (Π. 11,pre). Στην ερώτηση αυτή πολύ λιγότεροι μαθητές/τριες δίδουν αιτιολογήσεις που αντιστοιχούν σε προ-ενεργειακές παραστάσεις: 'Γιατί για να γυρίσει η ρόδα το δυναμό χρειάζεται δύναμη και ενέργεια για να ανάψει η λάμπα' (B. 4,pre) ή 'Γιατί το δυναμό σταματά τη ρόδα και παίρνει την ενέργεια και έτσι πρέπει να κάνει πιο δυνατά πετάλι' (B .9, pre). Αυτό ίσως οφείλεται τόσο στην άγνοια του μηχανισμού του δυναμό όσο και στο ότι η συνδεσμολογία και η διάταξη των αντικειμένων δεν οδηγούν αυθόρμητα σε κάποια γραμμική αιτιακή αλυσίδα των αντικειμένων (άνθρωπος → ρόδα → δυναμό → λάμπα).

##### *(β) Αποτελέσματα ανάλυσης του χαρακτηρισμού των αιτιολογήσεων*

Στον επόμενο πίνακα 6.11 παρατηρούμε ότι όλοι σχεδόν οι μαθητές/τριες αιτιολόγησαν την απάντησή τους με τη χρήση νοητικών παραστάσεων που χαρακτηρίζονται ως ανεπαρκείς σε σχέση με την προτεινόμενη σχολική γνώση (κατατάσσονται στις κατηγορίες Φ, Π, Δ).

Κατηγορίες χαρακτηρισμού αιτιολογήσεων	Απόλυτη Συχνότητα (N)	Ποσοστιαία Συχνότητα (%)
ΑΝΕΠΑΡΚΗΣ	38	97,4
ΕΝΔΙΑΜΕΣΗ	1	2,6
ΕΠΑΡΚΗΣ	0	0,0
<b>Σύνολο</b>	<b>39</b>	<b>100,0</b>

**Πίνακας 6.11 :** Χαρακτηρισμός των αιτιολογήσεων των μαθητών/τριών στην ερώτηση 4 του ερωτηματολογίου προελέγχου

### Συζήτηση

Από τις απαντήσεις και αιτιολογήσεις των μαθητών/τριών στην τρίτη και στην τέταρτη ερώτηση που παρουσιάσαμε παραπάνω προκύπτει, ότι αρκετοί μαθητές/τριες έχουν προ-ενεργειακές νοητικές παραστάσεις υπό την προϋπόθεση ότι η διάταξη και συνδεσμολογία των διαφόρων αντικείμενων είναι τέτοια ώστε να επιτρέπει την ανάδειξή τους (ερώτηση 3). Όμως πολύ λιγότερο φαίνεται να συνδέονται αυτές οι νοητικές παραστάσεις με την έννοια της ποσότητας. Τα αποτελέσματα στη δεύτερη ενότητα ερωτήσεων φαίνεται να επιβεβαιώνουν την υπόθεση ότι οι μαθητές αυτής της ηλικίας δεν μπορούν να εκφράσουν αντιλήψεις που να αντιστοιχούν σε ποσοτικές προ-ενεργειακές ή ενεργειακές νοητικές παραστάσεις και ότι εκεί ακριβώς εντοπίζεται η μεγαλύτερη *εννοιολογική δυσκολία* για να μετακινηθούν προς την κατεύθυνση του μοντέλου των ενεργειακών αλυσίδων.

### Τρίτη ενότητα ερωτήσεων

Η τρίτη ενότητα ερωτήσεων περιλαμβάνει την πέμπτη και έκτη ερώτηση του ερωτηματολογίου προελέγχου, με τις οποίες αποσκοπούμε στην ανάδειξη αντιλήψεων σε σχέση με τις βασικές ενεργειακές μονάδες Joule και Watt τις οποίες ενδεχομένως οι μαθητές/τριες έχουν συναντήσει στην καθημερινότητά τους.

### Ερώτηση 5

#### (α) Αποτελέσματα ανάλυσης των αιτιολογήσεων

Στην πέμπτη ερώτηση οι μαθητές/τριες έπρεπε να ερμηνεύσουν μια φράση η οποία περιείχε στοιχεία τυπικού κώδικα φυσικών επιστημών. Για τον λόγο αυτό, εκ των προτέρων στην ερώτηση αυτή του ερωτηματολογίου προελέγχου, αναμέναμε μικρή ανταπόκριση από τους μαθητές/τριες. Τα αποτελέσματα των απαντήσεων των μαθητών/τριών φαίνονται στον *πίνακα 6.12*.

Κατηγορίες αιτιολογήσεων	Απόλυτη Συχνότητα (N)	Ποσοστιαία Συχνότητα (%)
B	1	2,6
Φ	28	71,8
Π	3	7,7
Δ	7	17,9
Σύνολο	39	100,0

**Πίνακας 6.12 :** Οι αιτιολογήσεις των μαθητών/τριών στην ερώτηση 5 του ερωτηματολογίου προελέγχου

Στον παραπάνω πίνακα 6.12 φαίνεται καθαρά ότι ένα πολύ μεγάλο ποσοστό (περίπου 70 %) των μαθητών/τριών ερμηνεύει - αιτιολογεί την πρόταση με φαινομενολογικούς όρους χωρίς να φαίνεται αν συσχετίζουν αυτή την ερμηνεία με κάποιο εννοιολογικό μοντέλο (κατηγορία Φ). Μάλιστα κάποιοι από τους μαθητές/τριες προέβησαν ακόμη και στη διατύπωση κάποιου δικού τους νέου ορισμού για την λέξη-έννοια του Watt, έτσι κατέστησαν το Watt συνώνυμο της λέξης δύναμη: 'Μάλλον σημαίνει ότι η δύναμη της λάμπας είναι 10W' (B. 18, pre) ή 'Έτσι μετράμε τη δύναμη της λάμπας' (Π.1, pre) ή 'Σημαίνει ότι είναι πολύ δυνατή λάμπας' (Π. 18, pre), ενώ άλλοι θεώρησαν ότι το Βατ είναι χαρακτηριστικό του μεγέθους της λάμπας: 'Δείχνει το πόσο μεγάλη είναι η λάμπας' (B.12, pre). Λίγες απαντήσεις μπορεί να χαρακτηρισθούν προ-ενεργειακές ή συμβατές με το μοντέλο των ενεργειακών αλυσίδων: 'Πιστεύω ότι γράφει έτσι γιατί αν μια λάμπας γράφει πάνω 130 βατ, θα φωτίζει καλύτερα' (B. 16, pre).

Σημαντικό είναι να τονίσουμε πως το 1/5 περίπου των μαθητών/τριών δήλωσαν πως δεν γνωρίζουν τίποτα για την έννοια του Watt και δεν έδωσαν καμιά αιτιολόγηση: 'Δεν ξέρω τι σημαίνει Watt δεν το έχω ακούσει πουθενά' (Π. 5, pre).

*(β) Αποτελέσματα ανάλυσης του χαρακτηρισμού των αιτιολογήσεων*

Στον επόμενο πίνακα 6.13 φαίνεται ότι οι αιτιολογήσεις των μαθητών/τριών χαρακτηρίζονται στο σύνολό τους ανεπαρκείς (κατατάσσονται στις κατηγορίες B, Φ, Π, Δ).

Κατηγορίες χαρακτηρισμού αιτιολογήσεων	Απόλυτη Συχνότητα (N)	Ποσοστιαία Συχνότητα (%)
ΑΝΕΠΑΡΚΗΣ	39	100,0
ΕΝΔΙΑΜΕΣΗ	0	0,0
ΕΠΑΡΚΗΣ	0	0,0
<b>Σύνολο</b>	<b>39</b>	<b>100,0</b>

**Πίνακας 6.13:** Χαρακτηρισμός των αιτιολογήσεων των μαθητών/τριών στην ερώτηση 5 του ερωτηματολογίου προελέγχου

## Ερώτηση 6

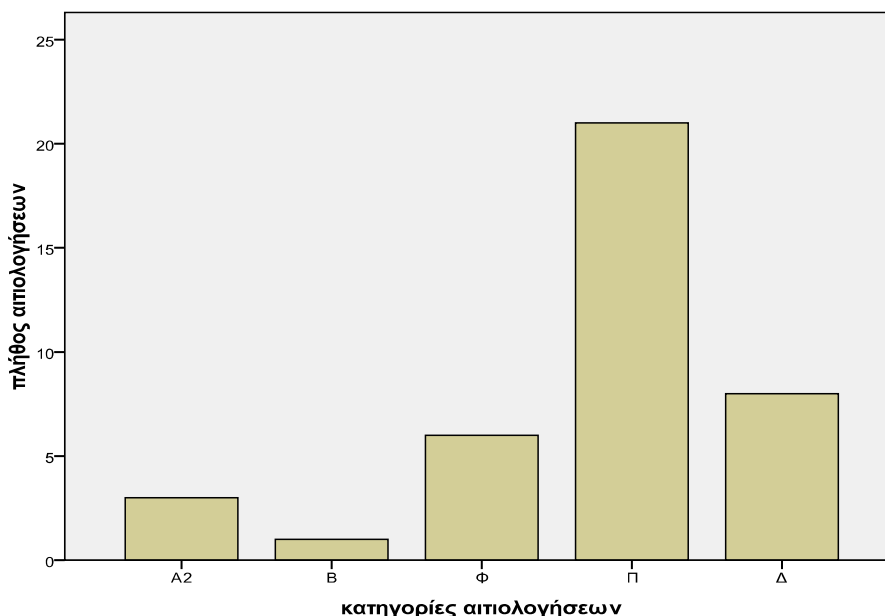
### (α) αποτελέσματα ανάλυσης των αιτιολογήσεων

Η ερώτηση αυτή αποσκοπεί να διερευνήσει το βαθμό κατανόησης από τους μαθητές/τριες της λέξης 'Joule' καθώς και τη συσχέτισή της με την έννοια της ενέργειας. Πρόκειται για τη δίδυμη ερώτηση της ερώτησης 5 και ισχύουν όλα όσα υποθέσαμε για αυτήν.

Η εικόνα που μας δίνει η ανάλυση των αιτιολογήσεων αυτής της ερώτησης φαίνεται στον επόμενο πίνακα 6.14 και στο σχήμα 6.4.

Κατηγορίες αιτιολογήσεων	Απόλυτη Συχνότητα (N)	Ποσοστιαία Συχνότητα (%)
A2	3	7,7
B	1	2,6
Φ	6	15,4
Π	21	53,8
Δ	8	20,5
Σύνολο	39	100,0

**Πίνακας 6.14 :** Οι αιτιολογήσεις των μαθητών/τριών στην ερώτηση 6 του ερωτηματολογίου προελέγχου



**Σχήμα 6.4:** Οι αιτιολογήσεις των μαθητών/τριών στην ερώτηση 6 του ερωτηματολογίου προελέγχου

Παρατηρούμε ότι το 20% περίπου των μαθητών/τριών όπως και στην προηγούμενη ερώτηση δήλωσε ότι δεν γνωρίζει τίποτα για την έννοια του Joule: 'Το Joule δεν ξέρω γιατί δεν έχω μάθει τη λέξη αυτή ακόμα στο σχολείο (B.11, pre)'. Σε αντίθεση με την προηγούμενη ερώτηση, εδώ μπορούμε να ισχυριστούμε ότι οι μισοί περίπου μαθητές/τριες εκφράζουν ένα είδος προ-ενεργειακού συλλογισμού αφού συνδέουν το Joule με κάποιο ενδιάμεσο παράγοντα ανάμεσα στη μπαταρία και το νερό: 'Το Joule είναι η ζεστασιά που ξόδεψε η λάμπα και το νερό' (Π. 1, pre)

ή ' Το Joule μάλλον είναι η ενέργεια της μπαταρίας δηλαδή το πόσο διαρκεί' (B. 4 ,pre), ή 'Το Joule είναι το ρεύμα που ξοδέψαμε για τη λάμπα και το νερό' (B.7, pre). Ορισμένες μάλιστα (λίγες) απαντήσεις υπονοούν και μια ποσοτική προσέγγιση: 'Σημαίνει το ηλεκτρικό ρεύμα που χάλασαμε για να ζεστάνουμε το νερό είναι περισσότερο από της λάμπας' (Π.1, pre) ενώ ένας πολύ μικρός αριθμός μαθητών/τριών (τρεις) έδωσαν ελλιπείς αιτιολογήσεις μέσα στο πλαίσιο του μοντέλου των ενεργειακών αλυσίδων, κάτι που δεν ήταν αναμενόμενο: 'Σημαίνει ότι ξόδεψα τόση ηλεκτρική ενέργεια για τη λάμπα, το ίδιο συμβαίνει και με το ζέσταμα του νερού' ( Π.8, pre) ή 'Είναι η ενέργεια που ξόδεψε η μπαταρία' (B.14, pre).

Αρκετοί μαθητές/τριες αδυνατώντας να κατανοήσουν το περιεχόμενο της λέξης του Joule, αιτιολόγησαν την απάντησή τους χρησιμοποιώντας ταυτολογίες (κατηγορία Φ): 'Σημαίνει ότι για τη λειτουργία της λάμπας μέσα σε δυο λεπτά ξόδεψα 150J και για το ζέσταμα του νερού ξόδεψα 700J' (Π.11,pre).

#### (β) Αποτελέσματα ανάλυσης του χαρακτηρισμού των αιτιολογήσεων

Στον επόμενο πίνακα 6.15 παρατηρούμε ότι η συντριπτική πλειοψηφία των μαθητών/τριών έδωσε αιτιολογήσεις οι οποίες χαρακτηρίζονται ως ανεπαρκείς (κατατάσσονται στις κατηγορίες Β, Φ, Π, Δ).

Κατηγορίες χαρακτηρισμού αιτιολογήσεων	Απόλυτη Συχνότητα (N)	Ποσοστιαία Συχνότητα (%)
ΑΝΕΠΑΡΚΗΣ	36	92,3
ΕΝΔΙΑΜΕΣΗ	3	7,7
ΕΠΑΡΚΗΣ	0	0,0
<b>Σύνολο</b>	<b>39</b>	<b>100,0</b>

**Πίνακας 6.15:** Χαρακτηρισμός των αιτιολογήσεων των μαθητών/τριών στην ερώτηση 6 του ερωτηματολογίου προελέγχου

#### Συζήτηση

Από τις αιτιολογήσεις των μαθητών/τριών στην πέμπτη και έκτη ερώτηση που παρουσιάσαμε παραπάνω προκύπτει, ότι οι μαθητές/τριες μπορούν να εκφράσουν ως ένα βαθμό προ-ενεργειακές αντιλήψεις ή μερικώς συμβατές με την προτεινόμενη σχολική γνώση όταν το φαινομενολογικό πεδίο και το είδος της ερώτησης (ερώτηση 6 - 'Μέσα σε δύο λεπτά ξόδεψα για τη λειτουργία της λάμπας ...') εμμέσως πλην σαφώς οδηγεί σε μια γραμμική αιτιακή εξήγηση. Αντίθετα στην ερώτηση 5 όπου δεν ισχύει το ίδιο ('Η λάμπα είναι μια λάμπα των 10 W (Βατ)'), οι μαθητές/τριες καταφεύγουν σε (ενδιαφέρουσες πολλές φορές) φαινομενολογικές ή ταυτολογικές ερμηνείες. Το 1/5 περίπου των μαθητών/τριών και στις δύο ερωτήσεις δηλώνει άγνοια για αυτές τις



δυο έννοιες. Η χρήση όμως του γραμμικού αιτιακού συλλογισμού στην περίπτωση της ερώτησης 6 από τους μισούς περίπου μαθητές/τριες σημαίνει ότι η ποσοτική προσέγγιση της έννοιας της ενέργειας πρέπει να γίνει με τρόπο ώστε να ο συλλογισμός αυτός να αποτελεί οπωσδήποτε τον *μηχανισμό υποδοχής* της νέας ποσοτικής γνώσης για την ενέργεια.

#### *Τέταρτη ενότητα ερωτήσεων*

Η τέταρτη ενότητα ερωτήσεων περιλαμβάνει την έβδομη και όγδοη ερώτηση του ερωτηματολογίου προελέγχου, με τις οποίες αποσκοπούμε στην ανάδειξη και ενεργοποίηση ενδεχόμενων νοητικών παραστάσεων των μαθητών/τριών σε φαινομενολογικές καταστάσεις που σχετίζονται με δραστηριότητες της καθημερινής ζωής και κυρίως με τη χρήση του ρολογιού της ΔΕΗ. Ουσιαστικά αποσκοπούμε στο να διαπιστώσουμε ποιοι από τους μαθητές/τριες γνωρίζουν αυτό το όργανο μέτρησης και αν γνωρίζουν κάτι σχετικά με τη χρήση του.

#### Ερώτηση 7

##### *(α) Αποτελέσματα ανάλυσης των απαντήσεων*

Τα ποσοτικά στοιχεία των απαντήσεων των μαθητών/τριών στην έβδομη ερώτηση παρουσιάζονται στον επόμενο πίνακα 6.16.

<b>Κατηγορίες απαντήσεων</b>	<b>Απόλυτη συχνότητα (N)</b>	<b>Ποσοστιαία Συχνότητα (%)</b>
Απάντηση α	26	66,7
Απάντηση β	3	7,7
Απάντηση γ	9	23,1
ΔΞ-ΔΑ	1	2,6
<b>Σύνολο</b>	<b>39</b>	<b>100,0</b>

**Πίνακας 6.16 :** *Οι απαντήσεις των μαθητών/τριών στην ερώτηση 7 του ερωτηματολογίου προελέγχου*

Παρατηρούμε πως ένα μεγάλο ποσοστό 67% περίπου επέλεξε την απάντηση (α) η οποία ανταποκρίνεται στη σωστή περιγραφή των δεδομένων της ερώτησης, ενώ ένα 30% περίπου προτίμησε τις απαντήσεις (β) και (γ) που περιγράφουν λανθασμένα τις μετρήσεις της ηλεκτρικής ενέργειας με το ρολόι της ΔΕΗ.

##### *(β) Αποτελέσματα ανάλυσης των αιτιολογήσεων*

Οι αιτιολογήσεις των μαθητών/τριών κατηγοριοποιούνται στον πίνακα 6.17.

Κατηγορίες αιτιολογήσεων	Απόλυτη Συχνότητα (N)	Ποσοστιαία Συχνότητα (%)
A2	2	5,1
Φ	25	64,1
Π	8	20,5
Δ	4	10,3
Σύνολο	39	100,0

**Πίνακας 6.17 :** Οι αιτιολογήσεις των μαθητών/τριών στην ερώτηση 7 του ερωτηματολογίου προελέγχου

Παρατηρώντας τα παραπάνω στοιχεία διαπιστώνουμε πως το 65% περίπου των αιτιολογήσεων περιλαμβάνουν διατυπώσεις με φαινομενολογικούς όρους, ταυτολογικές παρατηρήσεις ή/και τα χαρακτηριστικά στοιχεία της συσκευής μέτρησης: 'Θα πέσουν περισσότερα νούμερα γιατί έχουμε και περισσότερες συσκευές' (B. 6, pre), ή 'Θα πέσουν περισσότερα νούμερα στις πρώτες δυο ώρες γιατί είναι 10 λάμπες ενώ στις 2 τελευταίες ώρες λιγότερα γιατί θα είναι οι μισές', (B. 16, pre). Λιγότεροι μαθητές/τριες αιτιολόγησαν την εξήγησή τους ενεργοποιώντας κάποιες προ-ενεργειακές αντιλήψεις που υποδηλώνουν σύνδεση της απάντησής τους με μια διαδικασία μεταφοράς ενέργειας, χωρίς βεβαίως να αναφέρονται στη συγκεκριμένη λέξη: 'Στις δυο πρώτες ώρες θα πέφτουν περισσότερα νούμερα γιατί έχουμε και περισσότερες λάμπες, δηλαδή χαλάμε περισσότερο ρεύμα' (B. 17, pre). Η αιτιολόγηση δύο μόνο μαθητών/τριών θεωρήθηκε μερικώς συμβατή με την προτεινόμενη σχολική γνώση: 'Γιατί χαλάμε περισσότερη ενέργεια' (Π.4, pre). Το 10 % δεν μπόρεσε να δώσει καμιά αιτιολόγηση.

*(γ) Αποτελέσματα ανάλυσης του χαρακτηρισμού των αιτιολογήσεων*

Στον επόμενο πίνακα 6.18 παρατηρούμε, όπως και στις προηγούμενες ερωτήσεις, ότι οι αιτιολογήσεις της συντριπτικής πλειοψηφίας των μαθητών/τριών χαρακτηρίζονται ως ανεπαρκείς (κατατάσσονται στις κατηγορίες B, Φ, Π, Δ).

Κατηγορίες χαρακτηρισμού αιτιολογήσεων	Απόλυτη Συχνότητα (N)	Ποσοστιαία Συχνότητα (%)
ΑΝΕΠΑΡΚΗΣ	37	94,9
ΕΝΔΙΑΜΕΣΗ	2	5,1
ΕΠΑΡΚΗΣ	0	0,0
Σύνολο	39	100,0

**Πίνακας 6.18 :** Χαρακτηρισμός των αιτιολογήσεων των μαθητών/τριών στην ερώτηση 7 του ερωτηματολογίου προελέγχου

### Ερώτηση 8

#### *(α) Αποτελέσματα ανάλυσης των απαντήσεων*

Η ερώτηση αυτή είναι δίδυμη ερώτηση της ερώτησης 7. Η μόνη αλλαγή σχετίζεται με το φαινομενολογικό στοιχείο της περιστροφής του δίσκου το οποίο αντικαθιστά τη ροή των αριθμών κατά τη διάρκεια της μέτρησης της ενέργειας. Η έμφαση στην ερώτηση αυτή δίδεται στο ρυθμό μεταφοράς ενέργειας και όχι στην ποσότητα ενέργειας όπως συμβαίνει στην ερώτηση 7. Η απάντηση (α) είναι και εδώ η σωστή απάντηση την οποία επέλεξε το 60% περίπου των μαθητών/τριών. Το 1/10 περίπου των μαθητών/τριών δεν επέλεξε καμιά από τις απαντήσεις (α), (β) και (γ).

#### *(β) Αποτελέσματα ανάλυσης των αιτιολογήσεων*

Οι μαθητές/τριες εξήγησαν τις επιλογές τους ως εξής (πίνακας 6.19).

Κατηγορίες αιτιολογήσεων	Απόλυτη Συχνότητα (N)	Ποσοστιαία Συχνότητα (%)
B	1	2,6
Φ	25	64,1
Π	2	5,1
Δ	11	28,2
Σύνολο	39	100,0

**Πίνακας 6.19:** Οι αιτιολογήσεις των μαθητών/τριών στην ερώτηση 8 του ερωτηματολογίου προελέγχου

Στον παραπάνω πίνακα βλέπουμε ότι η εικόνα σε σχέση με την προηγούμενη ερώτηση 7 δεν αλλάζει δραματικά. Το 65% περίπου των μαθητών/τριών αιτιολόγησαν την εξήγησή τους εισάγοντας φαινομενολογικούς όρους, ταυτολογικές παρατηρήσεις ή/και τα χαρακτηριστικά στοιχεία της συσκευής μέτρησης: 'Θα γυρίζει πιο γρήγορα γιατί θα είναι πιο πολλές οι συσκευές' (Π. 11, *pre*). Λιγότερες ήταν αυτή τη φορά οι προ-ενεργειακές αντιλήψεις: 'Στις δυο πρώτες ώρες θα γυρνάει πιο γρήγορα γιατί χαλάμε περισσότερο ρεύμα' (B.15, *pre*). Το ποσοστό των μαθητών/τριών που δεν μπόρεσε να δώσει καμιά εξήγηση τριπλασιάστηκε σε σχέση με την ερώτηση 7. Μια πιθανή ερμηνεία είναι ότι δεν γνώριζαν μετρητές της ΔΕΗ με δίσκο (πολλοί από αυτούς έχουν αντικατασταθεί με νεώτερης γενιάς μετρητές που δεν διαθέτουν περιστρεφόμενο δίσκο).

#### *(γ) Αποτελέσματα ανάλυσης του χαρακτηρισμού των αιτιολογήσεων*

Στον επόμενο πίνακα 6.20 παρατηρούμε ότι οι όλες οι αιτιολογήσεις των μαθητών/τριών χαρακτηρίζονται ως ανεπαρκείς (κατατάσσονται στις κατηγορίες B, Φ, Π, Δ).

Κατηγορίες χαρακτηρισμού αιτιολογήσεων	Απόλυτη Συχνότητα (N)	Ποσοστιαία Συχνότητα (%)
ΑΝΕΠΑΡΚΗΣ	39	100,0
ΕΝΔΙΑΜΕΣΗ	0	0,0
ΕΠΑΡΚΗΣ	0	0,0
<b>Σύνολο</b>	39	100,0

**Πίνακας 6.20:** Χαρακτηρισμός των αιτιολογήσεων των μαθητών/τριών στην ερώτηση 8 του ερωτηματολογίου προελέγχου

### Συζήτηση

Από τις αιτιολογήσεις των μαθητών/τριών στην έβδομη και όγδοη ερώτηση που παρουσιάσαμε παραπάνω προκύπτει ότι ένα μεγάλο μέρος των μαθητών/τριών γνωρίζει τι είναι το ρολόι της ΔΕΗ. Αυτό αποτελεί θετικό στοιχείο διότι επιτρέπει κατ' αρχήν να υποθέσουμε ότι η εισαγωγή δραστηριοτήτων όπως η μέτρηση της ενέργειας με μετρητή ενέργειας, είτε στο επίπεδο του εργαστηρίου, είτε στο επίπεδο της καθημερινής ζωής θα γίνει χωρίς μεγάλες δυσκολίες κατά τη διάρκεια των προτεινόμενων διδακτικών δραστηριοτήτων. Παράλληλα, και ως ήταν αναμενόμενο, οι μαθητές/τριες στη μεγάλη τους πλειοψηφία δεν γνωρίζουν την ακριβή χρήση του οργάνου και προσπαθούν να τη 'μαντέψουν' μέσα από το περιεχόμενο των ερωτημάτων συσχετίζοντάς το με τον αριθμό των συσκευών με τις οποίες υποτίθεται ότι είναι συνδεδεμένο. Ελάχιστες είναι οι προ-ενεργειακές ή μερικώς συμβατές με την προτεινόμενη σχολική γνώση.

Συνολικά, τα αποτελέσματα της ανάλυσης του ερωτηματολογίου προελέγχου δείχνουν ότι, αρκετοί μαθητές/τριες είναι σε θέση να εκφράσουν προ-ενεργειακές αντιλήψεις οι οποίες βασίζονται στον γραμμικό αιτιακό συλλογισμό τον οποίον ενεργοποιούν περισσότερο ή λιγότερο ανά περίπτωση φαινομενολογικού πεδίου. Οι αντιλήψεις αυτές, επειδή είναι κατ' αρχήν συμβατές με την προτεινόμενη σχολική γνώση, αποτέλεσαν, σε πρώτη φάση, τους υποδοχείς της νέας γνώσης και έγινε προσπάθεια μέσω στοχευμένων δραστηριοτήτων να παραχθούν από όλους τους μαθητές/τριες, ενώ, συγχρόνως, ελήφθη μέριμνα ώστε καθ' όλη τη διάρκεια της διδακτικής παρέμβασης να είναι παρούσες είτε στο ποιοτικό είτε στο ποσοτικό επίπεδο. Από την άλλη μεριά, φαίνεται ότι αυτός ο τρόπος σκέψης υποχωρεί όταν οι μαθητές/τριες έχουν ν' αντιμετωπίσουν προβλήματα που απαιτούν προ-ενεργειακούς ή ενεργειακούς συλλογισμούς με ποσοτικά χαρακτηριστικά (ποσότητα αποθηκευμένης ή μεταφερόμενης οντότητας ή ρυθμό μεταφοράς μιας οντότητας). Ο μετασηματισμός των ποιοτικών προ-ενεργειακών νοητικών παραστάσεων των μαθητών/τριών σε ποσοτικές ενεργειακές νοητικές παραστάσεις αποτέλεσε τον βασικό στόχο της διδακτικής παρέμβασης. Είναι, επίσης, ιδιαίτερα σημαντικό να επισημανθεί ότι οι απαντήσεις και αιτιολογήσεις των μαθητών/τριών συνδέονται άμεσα με το φαινομενολογικό πεδίο και το περιεχόμενο των ερωτήσεων που τίθενται σε αυτούς. Φαίνεται ότι το φαινομενολογικό πεδίο που

χρησιμοποιήθηκε στο ερωτηματολόγιο προελέγχου πλην του πεδίου της ερώτησης 4 (δυναμό ποδηλάτου) αποτελεί ένα πεδίο οικείο στους περισσότερους μαθητές/τριες συμπεριλαμβανομένου και του πεδίου της καθημερινότητας (ρολόι της ΔΕΗ), γι' αυτό και χρησιμοποιήθηκε στην προτεινόμενη διδακτική παρέμβαση.

## 6.2 Οι νοητικές παραστάσεις των μαθητών/τριών μετά από τη διδακτική παρέμβαση

Σε αυτή την ενότητα θα παρουσιάσουμε τα αποτελέσματα της ποσοτικής και ποιοτικής ανάλυσης των απαντήσεων και των αιτιολογήσεων των μαθητών/τριών στο ερωτηματολόγιο μετελέγχου. Θα παρουσιάσουμε ακόμα το χαρακτηρισμό των αιτιολογήσεων αυτών ως προς την επάρκεια των νοητικών παραστάσεων σύμφωνα με τα κριτήρια που θέσαμε στην ενότητα 5.5.

Τον τρόπο παρουσίασης των αποτελεσμάτων που επιλέξαμε στην προηγούμενη ενότητα 6.1, θα συνεχίσουμε να εφαρμόζουμε και σε αυτή την ενότητα. Έτσι για κάθε ερώτηση του ερωτηματολογίου μετελέγχου θα παραθέτουμε τις απαντήσεις, τις αιτιολογήσεις και το χαρακτηρισμό των αιτιολογήσεων των μαθητών/τριών σε μορφή πινάκων συχνοτήτων (frequency tables) και γραφημάτων ράβδων (bar chart), όπου κρίνουμε ότι είναι απαραίτητο.

### Πρώτη ενότητα ερωτήσεων

Η πρώτη ενότητα ερωτήσεων περιλαμβάνει τις δυο πρώτες ερωτήσεις του ερωτηματολογίου μετελέγχου, με τις οποίες αποσκοπούμε στην ανάδειξη των νοητικών παραστάσεων που αφορούν την ποιοτική διάσταση της έννοιας της ενέργειας, των εμπλουτισμένων νοητικών παραστάσεων 'λειτουργίας' και 'διανομής' καθώς στην ανάδειξη και του γραμμικού αιτιακού συλλογισμού των μαθητών/τριών.

### Ερώτηση 1

#### (α) Αποτελέσματα ανάλυσης των απαντήσεων

Τα ποσοτικά στοιχεία των απαντήσεων των μαθητών/τριών στην πρώτη ερώτηση του ερωτηματολογίου μετελέγχου φαίνονται στον επόμενο πίνακα 6.21.

Κατηγορίες απαντήσεων	Απόλυτη Συχνότητα (N)	Ποσοστιαία Συχνότητα (%)
ΝΑΙ	39	100.0
ΟΧΙ	0	0,0
ΔΞ-ΔΑ	0	0,0
Σύνολο	39	100,0

**Πίνακας 6.21** :Οι απαντήσεις των μαθητών/τριών στην ερώτηση 1 του ερωτηματολογίου μετελέγχου

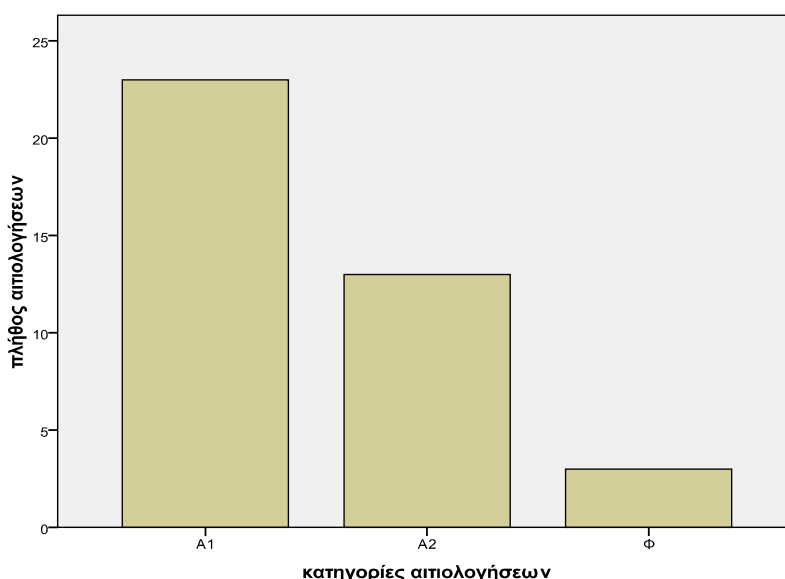
Παρατηρώντας τον πίνακα 6.21, βλέπουμε ότι όλοι οι μαθητές/τριες δήλωσαν πως μπορούν να δώσουν μια εξήγηση που να είναι κοινή και για τα δυο φαινόμενα (άναμμα της λάμπας και κίνηση του ανεμιστήρα).

*(β) Αποτελέσματα ανάλυσης των αιτιολογήσεων*

Οι μαθητές/τριες εξήγησαν τις επιλογές τους ως εξής:

Κατηγορίες αιτιολογήσεων	Απόλυτη Συχνότητα (N)	Ποσοστιαία Συχνότητα (%)
A1	23	59,0
A2	13	33,3
Φ	3	7,7
Σύνολο	39	100,0

**Πίνακας 6.22 :** Οι αιτιολογήσεις των μαθητών/τριών στην ερώτηση 1 του ερωτηματολογίου μετελέγχου



**Σχήμα 6.5 :** Οι αιτιολογήσεις των μαθητών/τριών στην ερώτηση 1 του ερωτηματολογίου μετελέγχου

Στον παραπάνω πίνακα 6.22 όπως και στο αντίστοιχο ραβδόγραμμα (σχήμα 6.5), παρουσιάζονται τα ποσοτικά στοιχεία των αιτιολογήσεων των μαθητών/τριών στην πρώτη ερώτηση. Προκύπτει ότι ένα σημαντικό ποσοστό των αιτιολογήσεων (περίπου 60%), διατυπώθηκε με σωστές και πλήρης εκφράσεις ή αποτυπώσεις, που περιλάμβαναν εννοιολογικά στοιχεία του μοντέλου των ενεργειακών αλυσίδων. Οι μαθητές/τριες θεώρησαν ότι υπάρχει κοινή εξήγηση γιατί υπάρχει κοινή αιτία και μεσολαβεί ή ίδια οντότητα που δεν είναι άλλη από την ενέργεια η οποία μεταφέρεται από την αποθήκη (μπαταρία) στους αποδέκτες (συσσκευές) κι αυτές λειτουργούν (η κάθε μια με το δικό της τρόπο και φέρνει διαφορετικό αποτέλεσμα, φως ή κίνηση) : *‘Η μπαταρία είναι αποθήκη*

ενέργειας και μεταφέρει ενέργεια και στη λάμπα και στο ανεμιστηράκι κι έτσι λειτουργούν' (Π. 5, post), ή 'Η αποθήκη δηλαδή η μπαταρία έχει ενέργεια και όταν τη συνδέσουμε με το μοτεράκι ή με τη λάμπα ο έλικας γυρίζει και η λάμπα ανάβει. Άρα η μπαταρία έχει ενέργεια και τη δίνει στο μοτεράκι και στη λάμπα κι έτσι οι αποδέκτες αυτοί λειτουργούν' (B. 16, post). Η εισαγωγή του μοντέλου των ενεργειακών αλυσίδων με τη διδακτική παρέμβαση επέφερε εξέλιξη στις αντιλήψεις των μαθητών/τριών μετατρέποντας τις νοητικές παραστάσεις 'λειτουργίας' και 'διανομής' σε μια εξελιγμένη μορφή της νοητικής παράστασης 'διανομής'.

Ένα ποσοστό περίπου 33% των αιτιολογήσεων περιείχαν διατυπώσεις που περιελάμβαναν ελλιπή εννοιολογικά στοιχεία του μοντέλου των ενεργειακών αλυσίδων : 'Η μπαταρία δίνει ενέργεια στο λαμπάκι και στο μοτεράκι. Η λάμπα μετατρέπει το ρεύμα σε φως και το μοτεράκι σε κίνηση. Αυτό συμβαίνει γιατί η ενέργεια που δίνει η μπαταρία μετατρέπεται σε κάτι άλλο' (Π. 4, post), ή 'Η κοινή εξήγηση είναι ότι και τα δυο δουλεύουν με την ενέργεια της μπαταρίας κι έτσι από τη ροή που δίνει η μπαταρία φωτίζει το λαμπάκι και το ανεμιστηράκι παίρνει κίνηση από το μοτεράκι' (B.14, post). Το 92% περίπου των μαθητών/τριών βλέπουμε ότι χρησιμοποίησε κατά την αιτιολόγησή του το ενεργειακό πλαίσιο που εισήχθη κατά τη διδασκαλία και ενέταξε στις εξηγήσεις του ποιοτικά στοιχεία του μοντέλου, όπως για παράδειγμα, την πηγή ενέργειας, την αποθήκη ενέργειας, τη διαδικασία μεταφοράς ενέργειας και τους αποδέκτες ενέργειας.

Μόνο ένα πολύ μικρό ποσοστό (περίπου 8%) των μαθητών/τριών εξακολούθησε στο ερωτηματολόγιο μετελέγχου να διατηρεί φαινομενολογικές νοητικές παραστάσεις που εκφράστηκαν με περιγραφές πειραματικών διαδικασιών ή με απλό αιτιακό συλλογισμό: 'Ο ανεμιστήρας θα περιστρέφεται και η λάμπα θα φωτίσει γιατί ο ένας πόλος της μπαταρίας συνδέεται με καλώδιο στη μια επαφή της λάμπας - ανεμιστήρα και ο άλλος πόλος το ίδιο' (Π. 1, post) ή 'Τα δυο καλώδια συνδέονται με τους δυο πόλους της μπαταρίας και έτσι και οι δυο συσκευές αναγκαστικά λειτουργούν' (B. 12, post.)

#### (γ) Αποτελέσματα ανάλυσης του χαρακτηρισμού των αιτιολογήσεων

Στον επόμενο πίνακα 6.23 παρατηρούμε ότι η πλειοψηφία των μαθητών/τριών (το 60% περίπου), αιτιολόγησαν την απάντησή τους με τη χρήση νοητικών παραστάσεων που είναι συμβατές με το προτεινόμενο προς οικοδόμηση μοντέλο των ενεργειακών αλυσίδων και οι οποίες χαρακτηρίζονται ως επαρκείς (κατατάσσονται στην κατηγορία A1). Οι ανεπαρκείς αιτιολογήσεις αποτελούν το 8% περίπου των αιτιολογήσεων σε σχέση με το 90% περίπου στην αντίστοιχη ερώτηση του ερωτηματολογίου προελέγχου.

Κατηγορίες χαρακτηρισμού αιτιολογήσεων	Απόλυτη Συχνότητα (N)	Ποσοστιαία Συχνότητα (%)
ΑΝΕΠΑΡΚΗΣ	3	7,7
ΕΝΔΙΑΜΕΣΗ	13	33,3
ΕΠΑΡΚΗΣ	23	59,0
<b>Σύνολο</b>	<b>39</b>	<b>100,0</b>

**Πίνακας 6.23 :** Χαρακτηρισμός των αιτιολογήσεων των μαθητών/τριών στην ερώτηση 1 του ερωτηματολογίου μετελέγχου

### Ερώτηση 2

#### (α) Αποτελέσματα ανάλυσης των απαντήσεων

Τα ποσοτικά στοιχεία των απαντήσεων των μαθητών/τριών στη δεύτερη ερώτηση παρουσιάζονται στον επόμενο πίνακα 6.24.

Κατηγορίες απαντήσεων	Απόλυτη Συχνότητα (N)	Ποσοστιαία Συχνότητα (%)
Απάντηση α	1	2,6
Απάντηση β	37	94,9
Απάντηση γ	1	2,6
<b>ΔΞ-ΔΑ</b>	<b>0</b>	<b>0,0</b>
<b>Σύνολο</b>	<b>39</b>	<b>100,0</b>

**Πίνακας 6.24 :** Οι απαντήσεις των μαθητών/τριών στη ερώτηση 2 του ερωτηματολογίου μετελέγχου

Παρατηρώντας τον πίνακα 6.24, βλέπουμε ότι σχεδόν όλοι οι μαθητές/τριες (περίπου το 95 %) επέλεξαν την απάντηση (β), θεώρησαν δηλαδή ότι η σειρά με την οποία πρέπει να τοποθετηθούν οι τρεις καρτέλες είναι, μπαταρία → θερμαντήρας → νερό. Μόνο δυο μαθητές/τριες επέλεξαν τις άλλες δυο σειρές την (α) και τη (γ).

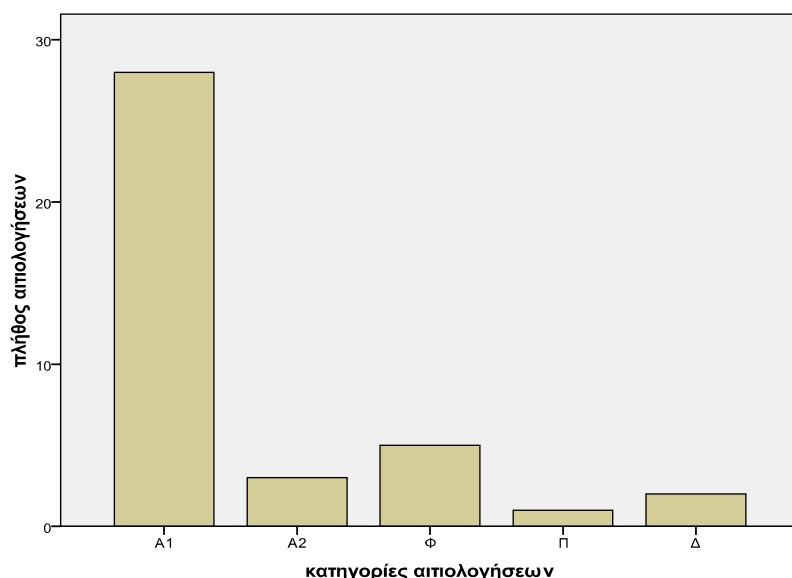
#### (β) Αποτελέσματα ανάλυσης των αιτιολογήσεων

Η κατηγοριοποίηση των αιτιολογήσεων φαίνεται στον πίνακα 6.25.

Κατηγορίες αιτιολογήσεων	Απόλυτη Συχνότητα (N)	Ποσοστιαία Συχνότητα (%)
A1	28	71,8
A2	3	7,7
Φ	5	12,8
Π	1	2,6
Δ	2	5,1
<b>Σύνολο</b>	<b>39</b>	<b>100,0</b>

**Πίνακας 6.25 :** Οι αιτιολογήσεις των μαθητών/τριών στην ερώτηση 2 του ερωτηματολογίου μετελέγχου





**Σχήμα 6.6 :** Οι αιτιολογήσεις των μαθητών/τριών στην ερώτηση 2 του ερωτηματολογίου μετελέγχου

Από την παρατήρηση του πίνακα 6.25, και του αντίστοιχου ραβδογράμματος (σχήμα 6.6), προκύπτει ότι ένα πολύ μεγάλο ποσοστό των αιτιολογήσεων (72 % περίπου), διατυπώθηκε με σωστές και πλήρης εκφράσεις ή αποτυπώσεις, που περιλάμβαναν εννοιολογικά στοιχεία του μοντέλου των ενεργειακών αλυσίδων. Οι μαθητές/τριες στη συντριπτική τους πλειοψηφία εξήγησαν ότι επέλεξαν τη (β) σειρά γιατί είχαν ως κριτήριο την ενεργειακή εξήγηση του φαινομένου η οποία επέβαλε στη συνέχεια τη γραμμική ακολουθία των συσκευών: *‘Πρώτα βάζουμε τη μπαταρία γιατί είναι αποθήκη ενέργειας δηλαδή αυτή δίνει ενέργεια στο θερμαντήρα μετά βάζουμε το θερμαντήρα που είναι μετατροπέας και την κάνει θερμότητα και μετά βάζουμε το νερό για να το ζεστάνει ο θερμαντήρας’* (B. 17, post) ή *‘Βάζω αυτή τη σειρά γιατί η μπαταρία που είναι αποθήκη δίνει ενέργεια στο θερμαντήρα που είναι μετατροπέας ενέργειας και μετατρέπει την ενέργεια σε θερμότητα κι έτσι το νερό ζεσταίνεται’* (Π. 14, post).

Ένα πολύ μικρό ποσοστό μαθητών/τριών (περίπου 8%), αν και αιτιολόγησε την απάντηση μέσα στο προτεινόμενο εννοιολογικό πλαίσιο, εν τούτοις παρέλειψε να επικαλεστεί κάποια στοιχεία που θα τους βοηθούσαν για να κάνουν εντελώς σαφή την εξήγησή τους: *‘Πρώτα πρέπει να πάει η μπαταρία για να δίνει ενέργεια στο θερμαντήρα και αυτός να ζεσταίνει το νερό’* (Π.1, post).

Μόνο το 15% περίπου των μαθητών/τριών εξακολούθησε να διατηρεί φαινομενολογικές νοητικές παραστάσεις που εκφράστηκαν με περιγραφές πειραματικών διαδικασιών: *‘Εγώ έβαλα τη β σειρά γιατί πρώτα βάζουμε τη μπαταρία για να συνδέσουμε τα καλώδια με το θερμαντήρα και έτσι θα ζεσταθεί το νερό’* (B. 19, post) ή με χρήση του αιτιακού μοντέλου «πηγής- δράσης- αποδέκτη»: *‘Γιατί πρώτα φεύγει ο ηλεκτρισμός μετά γίνεται θερμότητα και την πάει στο νερό και το ζεσταίνει και μετά το θερμομέτρο δείχνει πόσο ζεστό είναι το νερό’* (B. 2, post).

*(γ) Αποτελέσματα ανάλυσης του χαρακτηρισμού των αιτιολογήσεων*

Στον επόμενο πίνακα 6.26 παρατηρούμε ότι η συντριπτική πλειοψηφία των μαθητών/τριών (το 72% περίπου) αιτιολόγησαν την απάντησή τους με τη χρήση νοητικών παραστάσεων που είναι συμβατές με το προτεινόμενο προς οικοδόμηση μοντέλο των ενεργειακών αλυσίδων και οι οποίες χαρακτηρίζονται ως επαρκείς (κατατάσσονται στην κατηγορία A1). Το 1/5 περίπου των μαθητών/τριών αιτιολόγησαν ανεπαρκώς την απάντησή τους ενώ το αντίστοιχο ποσοστό ανεπάρκειας στην αντίστοιχη ερώτηση του ερωτηματολογίου προελέγχου ήταν περίπου 98%.

Κατηγορίες χαρακτηρισμού αιτιολογήσεων	Απόλυτη Συχνότητα (N)	Ποσοστιαία Συχνότητα (%)
ΑΝΕΠΑΡΚΗΣ	8	20,5
ΕΝΔΙΑΜΕΣΗ	3	7,7
ΕΠΑΡΚΗΣ	28	71,8
<b>Σύνολο</b>	<b>39</b>	<b>100,0</b>

**Πίνακας 6.26:** Χαρακτηρισμός των αιτιολογήσεων των μαθητών/τριών στη ερώτηση 2 του ερωτηματολογίου μετελέγχου

*Συζήτηση*

Από τις απαντήσεις και τις αιτιολογήσεις των μαθητών/τριών στις δυο πρώτες ερωτήσεις που παρουσιάσαμε παραπάνω φαίνεται ότι οι μαθητές/τριες έχουν εξελίξει σε μεγάλο ποσοστό (άνω του 80%) τις ποιοτικές προ-ενεργειακές νοητικές παραστάσεις 'λειτουργίας' και 'διανομής' σε μια εξελιγμένη ποιοτική μορφή της νοητικής παράστασης 'διανομής'. Οι περισσότεροι από αυτούς τους μαθητές/τριες διατυπώνουν τις απαντήσεις τους με πληρότητα και σαφήνεια χρησιμοποιώντας τη λέξη 'ενέργεια' για τον ενδιάμεσο παράγοντα ανάμεσα στην αποθήκη ενέργειας και τον δέκτη ενέργειας. Η εξελιγμένη αυτή ποιοτική ενεργειακή αντίληψη περιλαμβάνει επίσης, τις περισσότερες φορές, τα στοιχεία της αποθήκευσης και μετατροπής της ενέργειας η οποία μεταφέρεται.

*Δεύτερη ενότητα ερωτήσεων*

Η δεύτερη ενότητα ερωτήσεων περιλαμβάνει την τρίτη και τέταρτη ερώτηση του ερωτηματολογίου μετελέγχου, με τις οποίες αποσκοπούμε στην ανάδειξη των νοητικών παραστάσεων των μαθητών/τριών που αφορούν την ποσοτική διάσταση της έννοιας της ενέργειας καθώς και στην ανάδειξη της εμπλουτισμένης (με ποσοτικά χαρακτηριστικά) νοητικής παράστασης 'διανομής'.

### Ερώτηση 3

#### (α) Αποτελέσματα ανάλυσης των απαντήσεων

Τα ποσοτικά στοιχεία των απαντήσεων των μαθητών/τριών στην τρίτη ερώτηση του ερωτηματολογίου μετελέγχου παρουσιάζονται στον επόμενο πίνακα 6.27.

Κατηγορίες απαντήσεων	Απόλυτη Συχνότητα (N)	Ποσοστιαία Συχνότητα (%)
ΝΑΙ	39	100,0
ΟΧΙ	0	0,0
ΔΞ-ΔΑ	0	0,0
<b>Σύνολο</b>	<b>39</b>	<b>100,0</b>

**Πίνακας 6.27 :** Οι απαντήσεις των μαθητών/τριών στην ερώτηση 3 του ερωτηματολογίου μετελέγχου

Παρατηρώντας τον πίνακα 6.27 βλέπουμε ότι όλοι οι μαθητές/τριες είναι σε θέση να δώσουν μια κοινή εξήγηση στο γιατί η λάμπα θα λάμπει δυνατώτερα και το νερό θα ζεσταθεί περισσότερο.

#### (β) Αποτελέσματα ανάλυσης των αιτιολογήσεων

Στον πίνακα 6.28 παρουσιάζονται τα ποσοτικά στοιχεία των αιτιολογήσεων των μαθητών/τριών στην τρίτη ερώτηση.

Κατηγορίες αιτιολογήσεων	Απόλυτη Συχνότητα (N)	Ποσοστιαία Συχνότητα (%)
A1	22	56,4
A2	3	7,7
B	1	2,6
Φ	1	2,6
Π	11	28,2
Δ	1	2,6
<b>Σύνολο</b>	<b>39</b>	<b>100,0</b>

**Πίνακας 6.28:** Οι αιτιολογήσεις των μαθητών/τριών στην ερώτηση 3 του ερωτηματολογίου μετελέγχου

Προκύπτει ότι ένα σημαντικό ποσοστό των αιτιολογήσεων (το 65% περίπου), διατυπώθηκε με σωστές και πλήρης εκφράσεις ή αποτυπώσεις, που περιλάμβαναν εννοιολογικά στοιχεία του προτεινόμενου μοντέλου των ενεργειακών αλυσίδων. Οι μαθητές/τριες μπόρεσαν να δώσουν κοινή εξήγηση για τα δυο φαινόμενα στο εννοιολογικό αυτό πλαίσιο : 'Οι 2 μπαταρίες δίνουν τη διπλή ενέργεια στις συσκευές και έτσι η λάμπα φωτίζει περισσότερο και ο θερμικός αντιστάτης ζεσταίνεται πιο πολύ απ' ότι με τη μια μπαταρία' (B .5, post) ή 'Η λάμπα θα ανάβει περισσότερο

και ο θερμαντήρας θα θερμάνει πιο πολύ το νερό μέσα σε δυο λεπτά γιατί οι δυο μπαταρίες δίνουν περισσότερη ενέργεια μέσα σε δυο λεπτά' (Π. 2, post). Όπως φαίνεται από αυτά τα χαρακτηριστικά παραδείγματα οι μαθητές/τριες απέδωσαν τη διαφοροποίηση των αποτελεσμάτων (περισσότερο φως, περισσότερη θερμότητα) στο διπλασιασμό της ποσότητας της αποθηκευμένης στη μπαταρία ενέργειας και στην αύξηση της μεταφερόμενης ενέργειας, και όχι στην αριθμητική και μόνο αύξηση των μπαταριών. Οι μαθητές/τριες αυτοί σύνδεσαν τη νοητική παράσταση 'διανομής' με το ημι-ποσοτικό μοντέλο της ενεργειακής αλυσίδας με το οποίο ήλθαν σε επαφή κατά τη διάρκεια της δεύτερης ενότητας της διδακτικής παρέμβασης (βλ. ενότητα 4.3).

Πάντως ένα αρκετά μεγάλο ποσοστό (περίπου 30%) των αιτιολογήσεων εξακολούθησαν να περιέχουν διατυπώσεις με όρους προ-ενεργειακούς (κατηγορία Π): 'Γιατί και η λάμπα και ο μικρός θερμαντήρας έχουν συνδεθεί με 2 μπαταρίες ο καθένας έτσι οι 2 μπαταρίες θα δίνουν περισσότερο φως στη λάμπα και περισσότερη θέρμανση και έτσι το νερό θα ζεσταθεί πιο πολύ' (Β. 8, post) ή 'Αν συνδέσουμε δυο μπαταρίες η αποθήκη ενέργειας θα είναι μεγαλύτερη και έτσι θα δίνει περισσότερο ρεύμα και θα φωτίσει πιο δυνατά' (Π.5,post).

#### (γ) Αποτελέσματα ανάλυσης του χαρακτηρισμού των αιτιολογήσεων

Στον επόμενο πίνακα 6.29, παρατηρούμε ότι η πλειοψηφία των μαθητών/τριών (το 56% περίπου) αιτιολόγησαν την απάντησή τους με τη χρήση νοητικών παραστάσεων που είναι συμβατές με το προτεινόμενο προς οικοδόμηση μοντέλο των ενεργειακών αλυσίδων και οι οποίες χαρακτηρίζονται ως επαρκείς (κατατάσσονται στην κατηγορία Α1). Όμως ένα ποσοστό περίπου 36% των μαθητών/τριών συνεχίζει να εκφράζει ανεπαρκείς αιτιολογήσεις σε σχέση με την προτεινόμενη σχολική γνώση αν και από την ποιοτική ανάλυση φαίνεται ότι πολλοί από αυτούς τους μαθητές/τριες να έχουν μετακινηθεί από καθαρά φαινομενολογικές αντιλήψεις ή προ-ενεργειακές αντιλήψεις τύπου 'λειτουργίας' σε προ-ενεργειακές αντιλήψεις τύπου 'διανομής'.

Κατηγορίες χαρακτηρισμού αιτιολογήσεων	Απόλυτη Συχνότητα (N)	Ποσοστιαία Συχνότητα (%)
ΑΝΕΠΑΡΚΗΣ	14	35,9
ΕΝΔΙΑΜΕΣΗ	3	7,7
ΕΠΑΡΚΗΣ	22	56,4
<b>Σύνολο</b>	<b>39</b>	<b>100,0</b>

**Πίνακας 6.29 :** Χαρακτηρισμός των αιτιολογήσεων των μαθητών/τριών στην ερώτηση 3 του ερωτηματολογίου μετελέγχου

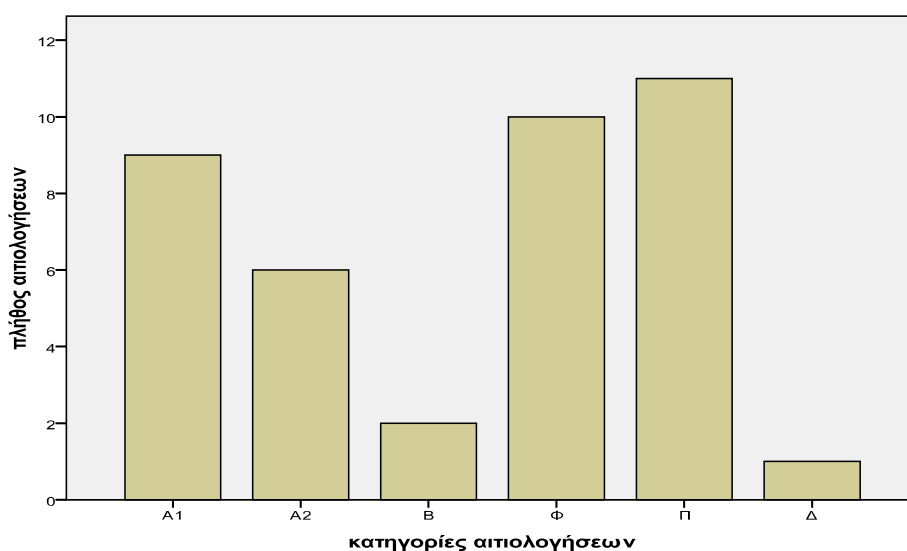
#### Ερώτηση 4

##### (α) Αποτελέσματα ανάλυσης των αιτιολογήσεων

Οι αιτιολογήσεις των μαθητών/τριών στην τέταρτη ερώτηση φαίνονται στον πίνακα 6.30 και το ραβδόγραμμα του σχήματος 6.7.

Κατηγορίες αιτιολογήσεων	Απόλυτη Συχνότητα (N)	Ποσοστιαία Συχνότητα (%)
A1	9	23,1
A2	6	15,4
B	2	5,1
Φ	10	25,6
Π	11	28,2
Δ	1	2,6
Σύνολο	39	100,0

**Πίνακας 6.30 :**Οι αιτιολογήσεις των μαθητών/τριών στην ερώτηση 4 του ερωτηματολογίου μετελέγχου



**Σχήμα 6.7 :**Οι αιτιολογήσεις των μαθητών/τριών στην ερώτηση 4 του ερωτηματολογίου μετελέγχου

Διαπιστώνουμε ότι το 1/5 περίπου των αιτιολογήσεων διατυπώθηκε με σωστές εκφράσεις που περιλάμβαναν εννοιολογικά στοιχεία του μοντέλου των ενεργειακών αλυσίδων: 'Γιατί το φανάρι για να ανάψει θέλει ενέργεια και αυτή η ενέργεια φτιάχνεται από την κίνηση, τότε το κορίτσι πρέπει να κάνει πιο δυνατά ποδήλατο για να δίνει πιο πολύ ενέργεια' (B. 4. post),

Ένα ποσοστό (περίπου 15%) των αιτιολογήσεων διατυπώθηκε με σωστές αλλά ελλιπείς εκφράσεις που περιλάμβαναν εννοιολογικά στοιχεία του μοντέλου των ενεργειακών αλυσίδων: 'Γιατί το δυναμό θέλει πολύ ενέργεια για να λειτουργήσει κι έτσι θα πρέπει να κάνει πετάλι δυνατότερα' (B. 1.post).

Ένα ποσοστό των μαθητών/τριών (περίπου 25%), συνέχιζε να επιστρατεύει τα φαινομενολογικά στοιχεία του προβλήματος, προκειμένου να αιτιολογήσει το γιατί πρέπει η μαθήτρια που κάνει ποδήλατο να βάζει μεγαλύτερη δύναμη στο πετάλι, όταν το δυναμό ακουμπά στη ρόδα: *‘Πρέπει να κάνει γρηγορότερα πετάλι γιατί άμα δεν κάνει τότε το δυναμό δεν θα γυρίζει τόσο γρήγορα και το λαμπάκι όλο θα σβήνει ενώ άμα κάνει γρηγορότερα το δυναμό θα γυρίζει πολύ γρήγορα κι έτσι το λαμπάκι θα φωτίζει όλο και πιο δυνατά και θα βλέπει καλύτερα’* (B. 3, post), ή *‘Γιατί άμα βάζουμε το δυναμό πάνω στη ρόδα θα υπάρχει μια μικρή αντίσταση και γι’ αυτό θα χρειαστεί περισσότερη δύναμη στο πετάλι’* (Π. 1, post). Ένα ποσοστό των μαθητών/τριών (περίπου 28%), συνέχιζε να επιστρατεύει τις προ-ενεργειακές του αντιλήψεις και έδωσαν εξηγήσεις με αποσπασματικό τρόπο χωρίς να λαμβάνουν υπόψη τους ολόκληρη τη διάταξη των αντικειμένων τη συνδεσμολογία τους και δεν αναδεικνύουν μια εμπλουτισμένη νοητική παράσταση διανομής της ενέργειας : *‘Αναγκάζεται να κάνει δυνατά πετάλι γιατί το δυναμό ακουμπάει στη ρόδα και τη δυσκολεύει να γυρίσει γρήγορα. Το λαμπάκι ανάβει γιατί ακουμπάει το δυναμό στη ρόδα και του δίνει ρεύμα’* (B.12, post).

*(β) Αποτελέσματα ανάλυσης του χαρακτηρισμού των αιτιολογήσεων*

Στον επόμενο πίνακα 6.31 παρατηρούμε ότι το 1/4 περίπου των μαθητών/τριών, αιτιολόγησαν την απάντησή τους με τη χρήση νοητικών παραστάσεων που είναι συμβατές με το προτεινόμενο προς οικοδόμηση μοντέλο των ενεργειακών αλυσίδων και οι οποίες χαρακτηρίζονται ως επαρκείς (κατατάσσονται στην κατηγορία A1). Ένα μικρό σχετικά ποσοστό, περίπου 15%, αιτιολόγησε με τη χρήση νοητικών παραστάσεων που περιλάμβαναν ελλιπή εννοιολογικά στοιχεία της ενεργειακής προσέγγισης του μοντέλου των ενεργειακών αλυσίδων (κατατάσσονται στην κατηγορία A2) και χαρακτηρίζονται ως ενδιάμεσες και το μεγαλύτερο ποσοστό (περίπου 60%), αιτιολόγησε με χρήση νοητικών παραστάσεων που είναι ασύμβατες με το προτεινόμενο προς οικοδόμηση μοντέλο των ενεργειακών αλυσίδων και οι οποίες χαρακτηρίζονται ως ανεπαρκείς (κατατάσσονται στις κατηγορίες Β, Φ, Π, Δ).

Κατηγορίες χαρακτηρισμού αιτιολογήσεων	Απόλυτη Συχνότητα (N)	Ποσοστιαία Συχνότητα (%)
ΑΝΕΠΑΡΚΗΣ	24	61,5
ΕΝΔΙΑΜΕΣΗ	6	15,4
ΕΠΑΡΚΗΣ	9	23,1
<b>Σύνολο</b>	<b>39</b>	<b>100,0</b>

**Πίνακας 6.31:** Χαρακτηρισμός των αιτιολογήσεων των μαθητών/τριών στην ερώτηση 4 του ερωτηματολογίου μετελέγχου

### *Συζήτηση*

Από τις απαντήσεις και αιτιολογήσεις των μαθητών/τριών στην τρίτη ερώτηση και τις αιτιολογήσεις στην τέταρτη ερώτηση που παρουσιάσαμε παραπάνω προκύπτει, ότι αρκετοί μαθητές/τριες έχουν αναπτύξει ενεργειακές νοητικές παραστάσεις όσο αφορά την εννοιολογική διάσταση της 'ποσότητας' και της 'διανομής' της ενέργειας. Στην τρίτη ερώτηση τα ποσοστά αυτών των μαθητών/τριών φαίνονται αυξημένα (άνω του 50%) σε σχέση με τα ποσοστά στην τέταρτη ερώτηση (περίπου 25%). Πρέπει όμως να σημειωθεί ότι το ερώτημα αυτό αναφερόταν σε φαινόμενο που δεν είχε παρουσιαστεί στην τάξη κατά τη διδακτική παρέμβαση και δεν το περιείχαν τα φύλλα εργασίας. Το συμπεριλάβαμε ωστόσο στο ερωτηματολόγιο γιατί θέλαμε να διαπιστώσουμε την δυνατότητα των μαθητών/τριών να μεταφέρουν και να αξιοποιούν τόσο την αποκτηθείσα γνώση όσο και τις κεκτημένες δεξιότητες σε άγνωστο και πιο σύνθετο φαινομενολογικό πεδίο. Θεωρούμε όμως σημαντική τη μείωση των ανεπαρκών απαντήσεων (κατά 40%) σε σχέση με αυτές που εμφανίστηκαν στο ερωτηματολόγιο προελέγχου. Από την ποιοτική ανάλυση, επίσης, των απαντήσεων και αιτιολογήσεων των μαθητών/τριών στις δύο ερωτήσεις φαίνεται καθαρά ότι είναι σε θέση να εξηγήσουν φαινομενολογικές καταστάσεις με τη χρήση μιας βελτιωμένης εκδοχής της νοητικής παράστασης 'διανομής' στην οποία αναδεικνύεται το ποσοτικό στοιχείο. Αυτό επιβεβαιώνεται και στην απάντηση των μαθητών/τριών στη συμπληρωματική ερώτηση του ερωτηματολογίου μετελέγχου (ερώτηση 9).

### *Τρίτη ενότητα ερωτήσεων*

Η τρίτη ενότητα ερωτήσεων περιλαμβάνει την πέμπτη και έκτη ερώτηση του ερωτηματολογίου μετελέγχου, με τις οποίες αποσκοπούμε στην καταγραφή της δυνατότητας των μαθητών/τριών για κατανόηση και λειτουργική χρήση των όρων Βατ (Watt) και του Τζάουλ (Joule) μετά τη διδακτική παρέμβαση.

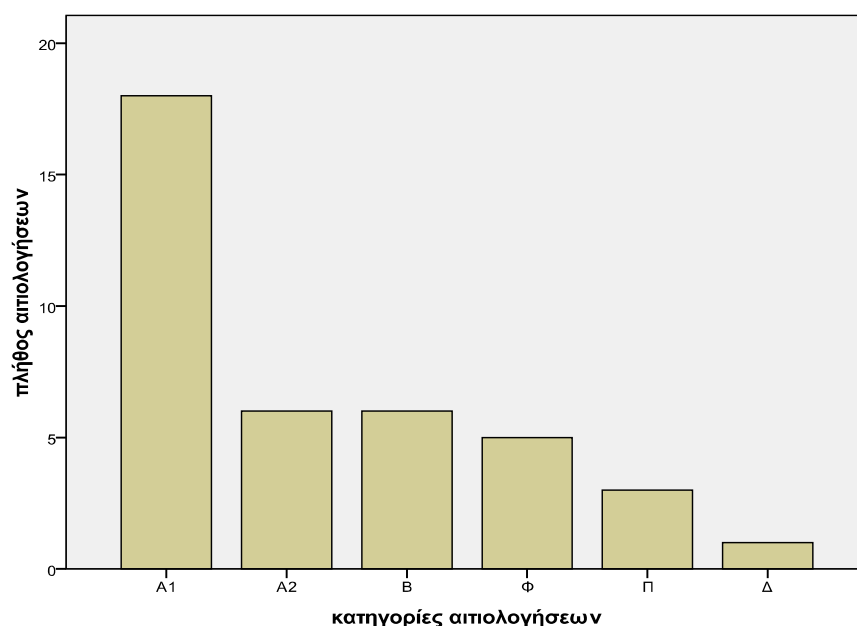
### *Ερώτηση 5*

#### *(α) Αποτελέσματα ανάλυσης των αιτιολογήσεων*

Στην πέμπτη ερώτηση του ερωτηματολογίου μετελέγχου παρατηρούμε μια σημαντική βελτίωση στις αντιλήψεις των μαθητών/τριών σε σχέση με αυτές που εμφανίστηκαν στην αντίστοιχη ερώτηση του ερωτηματολογίου προελέγχου.

Κατηγορίες αιτιολογήσεων	Απόλυτη Συχνότητα (N)	Ποσοστιαία Συχνότητα (%)
A1	18	46,2
A2	6	15,4
B	6	15,4
Φ	5	12,8
Π	3	7,7
Δ	1	2,6
Σύνολο	39	100,0

**Πίνακας 6.32 :** Οι αιτιολογήσεις των μαθητών/τριών στην ερώτηση 5 του ερωτηματολογίου μετελέγχου



**Σχήμα 6.8 :** Οι αιτιολογήσεις των μαθητών/τριών στην ερώτηση 5 του ερωτηματολογίου μετελέγχου

Πράγματι όπως δείχνει ο πίνακας 6.32 και το ραβδόγραμμα του σχήματος 6.8, ένα ποσοστό (περίπου 46%) των μαθητών/τριών αιτιολόγησε χρησιμοποιώντας σωστές εκφράσεις ή αποτυπώσεις που περιλάμβαναν εννοιολογικά στοιχεία του μοντέλου των ενεργειακών αλυσίδων: 'Σημαίνει ότι η λάμπα θα έχει λίγη ισχύ. Είναι μια μονάδα μέτρησης που μετράει την ισχύ της λάμπας.' (Π.13, post), ή 'Σημαίνει ότι η ισχύς της λάμπας είναι 10 Watt, δηλαδή τόσο μπορεί να φωτίζει, είναι μια μικρή λάμπα και πρέπει να τη βάλουμε σε μικρό χώρο όχι στο σαλόνι' (B. 17, post). Οι απαντήσεις των μαθητών/τριών, δείχνουν εξέλιξη των αντιλήψεων προς το ποσοτικό μοντέλο των ενεργειακών αλυσίδων και λειτουργική του εφαρμογή στην περιγραφή καταστάσεων όπως η συγκεκριμένη. Ένα ποσοστό (περίπου 15%) χρησιμοποιεί ελλιπείς εκφράσεις, που περιλαμβάνουν εννοιολογικά στοιχεία του μοντέλου των ενεργειακών αλυσίδων: 'Όταν γράφει πάνω σε μια λάμπα 10w σημαίνει ότι τόσο είναι η ισχύς της' (B. 3, post).



Ένα ποσοστό των μαθητών/τριών (γύρω στο 16%) αιτιολόγησε την απάντησή του χρησιμοποιώντας στοιχεία της ενεργειακής προσέγγισης του μοντέλου των ενεργειακών αλυσίδων αλλά με λάθος τρόπο, μια ακόμη ένδειξη της υπάρχουσας σύγχυσης σχετικά με την κατανόηση της έννοιας της ισχύος: *‘Η φράση η λάμπα είναι 10 w σημαίνει πόση ενέργεια παίρνει από το ηλεκτρικό ρεύμα’ (B. 13, post)*. Από τις αιτιολογήσεις τους προκύπτει ότι την ισχύ τη χρησιμοποιούν περισσότερο σαν μέγεθος μέτρησης ποσότητας ενέργειας, αντιλαμβάνονται δηλαδή την έννοια της ισχύος ως μια μονάδα μέτρησης ποσότητα ενέργειας και όχι ως μέγεθος που μετρά το ρυθμό μεταφοράς της ενέργειας.

Ένα μικρό ποσοστό των μαθητών/τριών αιτιολόγησε την απάντησή του χρησιμοποιώντας προ-ενεργειακό συλλογισμό: *Σημαίνει ότι δίνει τόσο φως στο περιβάλλον όσο γράφει πάνω (B. 9, post)*.

#### (γ) Αποτελέσματα ανάλυσης του χαρακτηρισμού των αιτιολογήσεων

Στον επόμενο πίνακα 6.33 παρατηρούμε ότι οι αντιλήψεις των μισών περίπου μαθητών/τριών μπορεί να χαρακτηρισθούν ως επαρκείς. Το ποσοστό ανεπάρκειας όμως παραμένει υψηλό αν και έχει μειωθεί δραματικά σε σχέση με το ποσοστό της αντίστοιχης ερώτησης του ερωτηματολογίου προελέγχου (100%).

Κατηγορίες χαρακτηρισμού αιτιολογήσεων	Απόλυτη Συχνότητα (N)	Ποσοστιαία Συχνότητα (%)
ΑΝΕΠΑΡΚΗΣ	15	38,5
ΕΝΔΙΑΜΕΣΗ	6	15,4
ΕΠΑΡΚΗΣ	18	46,2
<b>Σύνολο</b>	<b>39</b>	<b>100,0</b>

**Πίνακας 6.33:** Χαρακτηρισμός των αιτιολογήσεων των μαθητών/τριών στην ερώτηση 5 του ερωτηματολογίου μετελέγχου

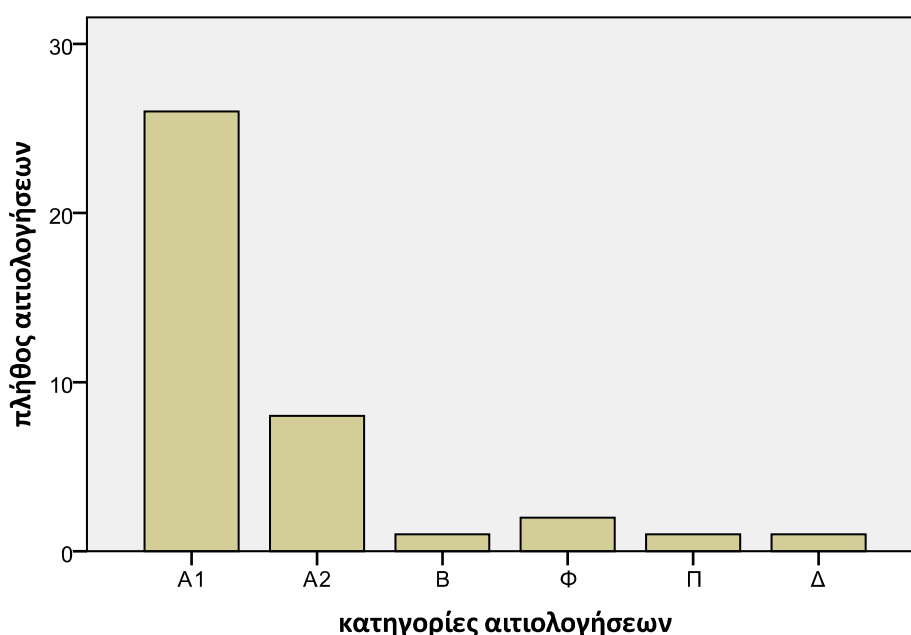
#### Ερώτηση 6

##### (α) Αποτελέσματα ανάλυσης των αιτιολογήσεων

Η εικόνα που μας δίνει η ανάλυση των αιτιολογήσεων της ερώτησης αυτής φαίνεται στο επόμενο πίνακα 6.34.

Κατηγορίες αιτιολογήσεων	Απόλυτη Συχνότητα (N)	Ποσοστιαία Συχνότητα (%)
A1	26	66,7
A2	8	20,5
B	1	2,6
Φ	1	2,6
Π	2	5,1
Δ	1	2,6
Σύνολο	39	100,0

**Πίνακας 6.34 :** Οι αιτιολογήσεις των μαθητών/τριών στην ερώτηση 6 του ερωτηματολογίου μετελέγχου



**Σχήμα 6.9 :** Οι αιτιολογήσεις των μαθητών/τριών στην ερώτηση 6 του ερωτηματολογίου μετελέγχου

Πιο εντυπωσιακά αποτελέσματα έχουμε για την έκτη ερώτηση του ερωτηματολογίου μετελέγχου. Βλέπουμε σ' αυτή την ερώτηση ότι οι μαθητές/τριες έχουν σημειώσει μια σημαντική βελτίωση στις νοητικές παραστάσεις τους σε σχέση με αυτές που εμφανίζουν στην αντίστοιχη ερώτηση του ερωτηματολογίου προελέγχου.

Όπως δείχνει ο πίνακας 6.34 και το ραβδόγραμμα του σχήματος 6.9, η συντριπτική πλειοψηφία των μαθητών/τριών (87% περίπου), αιτιολόγησαν την απάντησή τους χρησιμοποιώντας πλήρεις ή ελλιπείς εκφράσεις, που περιλάμβαναν εννοιολογικά στοιχεία του μοντέλου των ενεργειακών αλυσίδων. Οι αιτιολογήσεις τους δείχνουν εξέλιξη των νοητικών παραστάσεών τους από την ποιτική προς την ποσοτική διάσταση του μοντέλου των ενεργειακών αλυσίδων. Φαίνεται ότι μπόρεσαν να εφαρμόσουν λειτουργικά την έννοια του Joule ως μια ποσοτική ενεργειακή έννοια για περιγράψουν και εξηγήσουν φυσικές καταστάσεις της καθημερινής ζωής: *‘Το Joule είναι μια μο-*

νάδα μέτρησης της ενέργειας. Τα Joule μετράνε την ποσότητα της ενέργειας που μεταφέρεται από τη μπαταρία στη λάμπα και στο θερμαντήρα. Η ενέργεια που μεταφέρεται δεν είναι ίδια και στις 2 συσκευές. Ο θερμαντήρας είναι ενεργοβόρος' (B. 4, post), ή 'Σημαίνει πόση ενέργεια ξόδεψα για τη λειτουργία της λάμπας και για το ζέσταμα του νερού (Π. 6. post), ή 'Η φράση σημαίνει ότι σε δυο λεπτά ξόδεψα 850 Joule, δηλαδή κάποια ποσότητα ενέργειας για τη λειτουργία και των δύο συσκευών (Π. 8, post), ή 'Σημαίνει ότι η ποσότητα της ενέργειας που μεταφέρεται στη λάμπα είναι μικρή ενώ στο θερμαντήρα μεταφέρεται από την αποθήκη μεγάλη ποσότητα ενέργειας γιατί ο θερμαντήρας είναι ενεργοβόρος' (B. 15, post).

Ένας μόνο μαθητής/τρια αιτιολόγησε την απάντησή του με λανθασμένες εκφράσεις που περιλάμβαναν όμως στοιχεία της ενεργειακής προσέγγισης των ενεργειακών αλυσίδων (κατηγορία Β): 'Αυτή η φράση σημαίνει ότι δεν κάνει καθόλου οικονομία, και αυτή η ποσότητα ενέργειας πάει χαμένη και θα έρθει ο λογαριασμός πολύ ακριβά. Ξόδεψε 150J δηλαδή ξόδεψε πολύ ποσότητα και ο θερμαντήρας κατανάλωσε 700 J και ξόδεψε πολύ ενέργεια' (B.17, post).

Τέλος, το 5% περίπου των μαθητών/τριών εξέφρασε προ-ενεργειακές αντιλήψεις προκειμένου να αιτιολογήσει την απάντησή του: 'Σημαίνει ότι άφησα τις συσκευές ανοιχτές για δυο λεπτά. Ο θερμαντήρας καίει περισσότερο ρεύμα από τη λάμπα' (Π. 10, post).

#### (γ) Αποτελέσματα ανάλυσης του χαρακτηρισμού των αιτιολογήσεων

Στον επόμενο πίνακα 6.35 φαίνεται ότι η επάρκεια των αιτιολογήσεων που πρόσφεραν οι μαθητές/τριες είναι θεαματικά αυξημένη σε σχέση με την προηγούμενη ερώτηση (περίπου 67%), ενώ έχει αυξηθεί και το ποσοστό των ενδιάμεσων αιτιολογήσεων (περίπου 20%). Πολύ λίγοι είναι οι μαθητές/τριες που έχουν δώσει ανεπαρκείς αιτιολογήσεις αλλά βέβαια το ποσοστό αυτό έχει μειωθεί κατά πολύ σε σχέση με το ποσοστό στην αντίστοιχη ερώτηση του ερωτηματολογίου προελέγχου.

Κατηγορίες χαρακτηρισμού αιτιολογήσεων	Απόλυτη Συχνότητα (N)	Ποσοστιαία Συχνότητα (%)
ΑΝΕΠΑΡΚΗΣ	5	12,8
ΕΝΔΙΑΜΕΣΗ	8	20,5
ΕΠΑΡΚΗΣ	26	66,7
<b>Σύνολο</b>	<b>39</b>	<b>100,0</b>

**Πίνακας 6.35:** Χαρακτηρισμός των αιτιολογήσεων των μαθητών/τριών στην ερώτηση 6 του ερωτηματολογίου μετελέγχου

### *Συζήτηση*

Από τις αιτιολογήσεις των μαθητών/τριών στην πέμπτη και έκτη ερώτηση ερωτηματολογίου μετελέγχου που παρουσιάσαμε παραπάνω προκύπτει ότι οι μαθητές/τριες βρίσκονται σε διαφορετικά επίπεδα κατανόησης σε σχέση με τις έννοιες της ισχύος (παροχής ενέργειας) και της ποσότητας ενέργειας. Από τις αιτιολογήσεις της πέμπτης ερώτησης οι μισοί περίπου μαθητές/τριες εκφράζονται με όρους συμβατούς προς το μοντέλο των ενεργειακών αλυσίδων και δίνουν επαρκείς αιτιολογήσεις. Ένα μικρό ποσοστό 15% περίπου των μαθητών/τριών έδωσε ενδιάμεσης επάρκειας αιτιολογήσεις, κάτι που δεν μας διαφωτίζει ιδιαίτερα για το επίπεδο οικοδόμησης της έννοιας. Οι υπόλοιποι μαθητές/τριες δε φαίνεται να έχουν οικοδομήσει στοιχεία απ' την έννοια της ισχύος, παρ' όλο που τη συνδέουν με την έννοια της ποσότητας, και αιτιολογούν είτε αξιοποιώντας τα φαινομενολογικά στοιχεία του προβλήματος είτε μένουν προσκολλημένοι στις προ-ενεργειακές αντιλήψεις τους.

Αντίθετα στην έκτη ερώτηση που αφορά την ποσότητα της ενέργειας οι μαθητές/τριες σε μεγάλο ποσοστό (περίπου 67%) εκφράζονται με όρους συμβατούς προς το μοντέλο των ενεργειακών αλυσίδων και δίνουν επαρκείς αιτιολογήσεις. Φαίνεται δηλαδή πως έχουν αποκτήσει την ικανότητα να εκφράζουν ποσοτικές ενεργειακές αντιλήψεις που αντιστοιχούν στη βελτιωμένη νοητική παράσταση της διανομής. Η επάρκεια των αιτιολογήσεων των μαθητών/τριών φαίνεται να συνδέεται εδώ με μια αδιαφοροποίητη έννοια για την ενέργεια με ποσοτικά χαρακτηριστικά. Εκτιμάται ότι αυτό συνιστά ήδη μια σημαντική πρόοδο για τους μαθητές/τριες αυτής της ηλικίας.

### *Τέταρτη ενότητα ερωτήσεων*

Η τέταρτη ενότητα ερωτήσεων περιλαμβάνει την έβδομη και όγδοη ερώτηση του ερωτηματολογίου μετελέγχου, με τις οποίες αποσκοπούμε να διαπιστώσουμε αν πράγματι και πόσοι μαθητές/τριες υπερέβησαν τις ποιοτικές προ-ενεργειακές ή άλλες αντιλήψεις τους και εφάρμοσαν στοιχεία του μοντέλου των ενεργειακών αλυσίδων σε μια ερώτηση που σχετίζεται με καταστάσεις καθημερινής ζωής. Επιχειρούμε, δηλαδή, την ανάδειξη της σύνδεσης της σύνθετης ποσοτικής νοητικής παράστασης 'διανομής' σε σχέση με μετρήσεις που προέρχονται από τη μέτρηση ποσοτήτων ή ρυθμών ενέργειας από το ρολόι της ΔΕΗ.

### *Ερώτηση 7*

#### *(α) Αποτελέσματα ανάλυσης των απαντήσεων*

Τα ποσοτικά στοιχεία των απαντήσεων των μαθητών/τριών στην έβδομη ερώτηση παρουσιάζονται στον επόμενο πίνακα 6.36. Παρατηρούμε ότι όλοι οι μαθητές/τριες επέλεξαν την απάντηση (α) που συσχετίζει με ορθό τρόπο την ποσότητα της ενέργειας που μεταφέρεται στις λάμπες όταν

λειτουργούν, με τα νούμερα που θα 'πέσουν' στο μετρητή της ΔΕΗ στον αντίστοιχο χρόνο λειτουργίας.

Κατηγορίες απαντήσεων	Απόλυτη Συχνότητα (N)	Ποσοστιαία Συχνότητα (%)
Απάντηση α	39	100,0
Απάντηση β	0	0,0
Απάντηση γ	0	0,0
ΔΞ-ΔΑ	0	0,0
<b>Σύνολο</b>	<b>39</b>	<b>100,0</b>

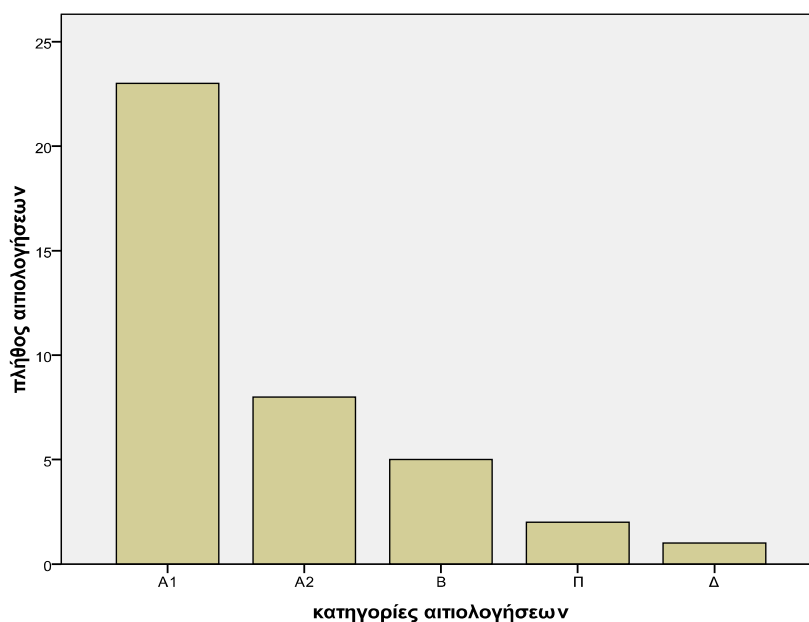
**Πίνακας 6.36 :** Οι απαντήσεις των μαθητών/τριών στην ερώτηση 7 του ερωτηματολογίου μετελέγχου

(β) Αποτελέσματα ανάλυσης των αιτιολογήσεων

Η εικόνα που μας δίνει η ανάλυση των αιτιολογήσεων της ερώτησης αυτής φαίνεται στο επόμενο πίνακα 6.37 και στο ραβδόγραμμα του σχήματος 6.10.

Κατηγορίες αιτιολογήσεων	Απόλυτη Συχνότητα (N)	Ποσοστιαία Συχνότητα (%)
A1	23	59,0
A2	8	20,5
B	5	12,8
Π	2	5,1
Δ	1	2,6
<b>Σύνολο</b>	<b>39</b>	<b>100,0</b>

**Πίνακας 6.37 :** Οι αιτιολογήσεις των μαθητών/τριών στην ερώτηση 7 του ερωτηματολογίου μετελέγχου



**Σχήμα 6.10:** Οι αιτιολογήσεις των μαθητών/τριών στην ερώτηση 7 του ερωτηματολογίου μετελέγχου

Η έβδομη ερώτηση αναφέρεται σ' ένα σύνθετο φαινομενολογικό πεδίο. Απ' τη μελέτη των αιτιολογήσεων φαίνεται ότι η πλειοψηφία των μαθητών/τριών (περίπου το 60%) ξεπέρασε τον αιτιακό συλλογισμό του τύπου 'πολλές λάμπες σε λειτουργία άρα θα 'πέφτουν πολλά' νούμερα στο μετρητή' και ενέταξε την αιτιολόγησή της στα πλαίσια του μοντέλου των ενεργειακών αλυσίδων. Μάλιστα για αυτό το ποσοστό των μαθητών/τριών οι αιτιολογήσεις είναι πλήρεις. Ορισμένοι μαθητές φαίνεται να συνεξέτασαν πολλές ποσοτικές παραμέτρους, όπως το ρυθμό εναλλαγής των ενδείξεων του μετρητή της ΔΕΗ, τον αριθμό στροφών του δίσκου του μετρητή, το χρόνο λειτουργίας των συσκευών καθώς και το πλήθος των συσκευών που λειτουργούν κάθε φορά, για να βρουν τη σχέση τους. Οι μαθητές/τριες αυτοί διατύπωσαν ξεκάθαρα ότι η οντότητα που μεταφέρεται στο κύκλωμα και μετριέται από τον μετρητή της ΔΕΗ είναι μια οντότητα που έχει ποσοτική διάσταση. Παραθέτουμε μερικά παραδείγματα τέτοιων αιτιολογήσεων: *'Εγώ απάντησα ότι θα γίνει το (α) γιατί εφόσον είναι 10 λάμπες ο δίσκος θα γυρίσει γρηγορότερα και τα νούμερα θα πέφτουν γρηγορότερα, ενώ άμα βάλουμε 5 λάμπες θα γυρίζει πιο αργά ο δίσκος και τα νούμερα θα πέσουν πιο αργά. Όταν έχω 10 λάμπες αναμμένες θα παίρνουν περισσότερη ενέργεια από τις μπαταρίες και έτσι τα νούμερα θα πέσουν πιο γρήγορα. Το ρολόι της ΔΕΗ μετράει την ενέργεια που θα δώσουν οι μπαταρίες στις λάμπες, δηλαδή τα Joule' (B. 3, post) ή 'Τις πρώτες δυο ώρες θα πέσουν πιο πολλά νούμερα γιατί οι 10 λάμπες καταναλώνουν πιο πολλές KWH (Κιλοβατώρες) απ' ότι οι 5 λάμπες. Όταν έχω 10 λάμπες αναμμένες η ενέργεια που καταναλώνουν είναι περισσότερη και έτσι στο ρολόι πέφτουν πιο γρήγορα τα νούμερα'* (Π. 12, post) ή *'Είναι σωστό το (α) γιατί στις δυο πρώτες ώρες θα είναι περισσότερες λάμπες αναμμένες και το Τζαουλόμετρο μετράει πιο γρήγορα την ενέργεια που παίρνουν, ενώ στις πέντε λάμπες θα μετράει πιο αργά το Τζαουλόμετρο γιατί θα περνάει από αυτό λιγότερη ενέργεια'* (B. 14, post).

Ένα ποσοστό περίπου 30% των μαθητών/τριών, αιτιολόγησαν την απάντησή τους μέσα στο εννοιολογικό πλαίσιο που θέσαμε στην διδακτική παρέμβαση αλλά διατύπωσαν ελλιπείς ή και λανθασμένες μερικές φορές προτάσεις: *'Στις δυο πρώτες ώρες δουλεύουν περισσότερα φώτα και καίγεται πολύ ρεύμα γι' αυτό ο μετρητής γυρίζει γρήγορα, ενώ τις επόμενες δυο ώρες δουλεύουν λίγα φώτα και δεν καίγεται πολύ ρεύμα'* (Π. 11, post) ή *'Όταν είναι αναμμένες 10 λάμπες θα φωτίζουν πολύ και το ρολόι της ΔΕΗ θα μετράει γρήγορα το ρεύμα που θα πηγαίνει στις λάμπες'* (B. 8, post).

Δύο μόνο μαθητές/τριες είχαν αδυναμία κατανόησης και χρήσης των εκφραστικών εργαλείων του προτεινόμενου μοντέλου και εξακολούθησαν να εκφράζουν προ-ενεργειακές αντιλήψεις, ενώ ένας μαθητής/τρια δεν έδωσε καμιά αιτιολόγηση.

*(γ) Αποτελέσματα ανάλυσης του χαρακτηρισμού των αιτιολογήσεων*

Στον επόμενο πίνακα 6.38 παρατηρούμε ότι ένα μεγάλο ποσοστό μαθητών/τριών (περίπου 60%), αιτιολόγησαν την απάντησή τους με τη χρήση νοητικών παραστάσεων που είναι συμβατές με το προτεινόμενο προς οικοδόμηση μοντέλο των ενεργειακών αλυσίδων και οι οποίες μπορεί να χαρακτηρισθούν ως επαρκείς (κατατάσσονται στην κατηγορία Α1). Το 1/5 περίπου των μαθητών/τριών εξέφρασε ανεπαρκείς αιτιολογήσεις. Όμως, ο αριθμός των ανεπαρκών αιτιολογήσεων έχει μειωθεί δραματικά σε σχέση με τις ανεπαρκείς αιτιολογήσεις που διατυπώθηκαν στην αντίστοιχη ερώτηση τους ερωτηματολογίου προελέγχου (περίπου 95%).

Κατηγορίες χαρακτηρισμού αιτιολογήσεων	Απόλυτη Συχνότητα (N)	Ποσοστιαία Συχνότητα (%)
ΑΝΕΠΑΡΚΗΣ	8	20,5
ΕΝΔΙΑΜΕΣΗ	8	20,5
ΕΠΑΡΚΗΣ	23	59,0
<b>Σύνολο</b>	<b>39</b>	<b>100,0</b>

**Πίνακας 6.38:** Χαρακτηρισμός των αιτιολογήσεων των μαθητών/τριών στην ερώτηση 7 του ερωτηματολογίου μετελέγχου

Ερώτηση 8

*(α) Αποτελέσματα ανάλυσης των απαντήσεων*

Τα ποσοτικά στοιχεία των απαντήσεων των μαθητών/τριών στην όγδοη ερώτηση παρουσιάζονται στον επόμενο πίνακα 6.39.

Κατηγορίες απαντήσεων	Απόλυτη Συχνότητα (N)	Ποσοστιαία Συχνότητα (%)
Απάντηση α	39	100,0
Απάντηση β	0	0,0
Απάντηση γ	0	0,0
ΔΞ-ΔΑ	0	0,0
<b>Σύνολο</b>	<b>39</b>	<b>100,0</b>

**Πίνακας 6.39 :** Οι απαντήσεις των μαθητών/τριών στην ερώτηση 8 του ερωτηματολογίου μετελέγχου

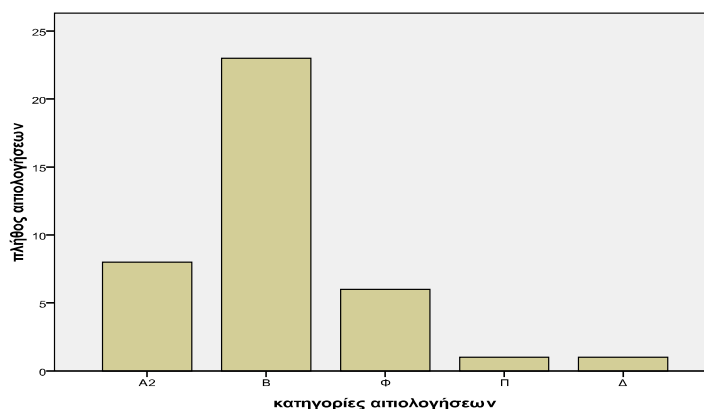
Βλέπουμε κι εδώ όπως και στην προηγούμενη ερώτηση, πως όλοι οι μαθητές/τριες επέλεξαν την απάντηση (α), που συσχετίζει με ορθό τρόπο την παροχή της ενέργειας (ισχύ) που μεταφέρεται στις λάμπες όταν λειτουργούν με το ρυθμό περιστροφής του δίσκου του μετρητή της ΔΕΗ. Όμως, όπως θα δούμε στις αιτιολογήσεις τους, οι μαθητές/τριες δεν συσχετίζουν πάντοτε τη σωστή αυτή απάντηση με την έννοια της παροχής ενέργειας (ισχύος), αλλά μάλλον ταυτίζουν την ταχύτητα περιστροφής του μετρητή της ΔΕΗ με την ποσότητα ενέργειας που διανέμεται.

(β) Αποτελέσματα ανάλυσης των αιτιολογήσεων

Η εικόνα που μας δίνει η ανάλυση των αιτιολογήσεων της ερώτησης αυτής φαίνεται στο επόμενο πίνακα 6.40 και στο ραβδόγραμμα του σχήματος 6.11.

Κατηγορίες αιτιολογήσεων	Απόλυτη Συχνότητα (N)	Ποσοστιαία Συχνότητα (%)
A1	0	0,0
A2	8	20,5
B	23	59,0
Φ	6	15,4
Π	1	2,6
Δ	1	2,6
Σύνολο	39	100,0

**Πίνακας 6.40:** Οι αιτιολογήσεις των μαθητών/τριών στην ερώτηση 8 του ερωτηματολογίου μετελέγχου



**Σχήμα 6.11 :** Οι αιτιολογήσεις των μαθητών/τριών στην ερώτηση 8 του ερωτηματολογίου μετελέγχου

Η όγδοη ερώτηση αναφέρεται κι αυτή στο ίδιο σύνθετο φαινομενολογικό πεδίο με αυτό της έβδομης ερώτησης. Απ' τη μελέτη των απαντήσεων φαίνεται ότι κανείς μαθητής/τρια δεν ενέταξε την αιτιολόγησή του στα πλαίσια του μοντέλου των ενεργειακών αλυσίδων δίδοντας μια πλήρη αιτιολόγηση κατά την οποία συνδέει την ταχύτητα περιστροφής του δίσκου του μετρητή της ΔΕΗ με το χρόνο λειτουργίας των συσκευών ή/και την έννοια της παροχής ενέργειας (ισχύος). Ορισμένοι μαθητές/τριες έκαναν αυτή τη σύνδεση αλλά όχι με πλήρη διατύπωση: 'Εγώ νομίζω ότι θα συμβεί το α' γιατί οι 10 λάμπες θα πάρουν πολύ ενέργεια στις δυο ώρες και έτσι θα γυρίσει γρηγορότερα ο δίσκος από ότι μετά. Γιατί ο δίσκος του μετρητή της ΔΕΗ θα μετρήσει την ενέργεια που παίρνουν οι λάμπες σε δύο ώρες' (B. 3, post).

Αντίθετα το μεγάλο μέρος των μαθητών/τριών (59%) συνδέουν την ταχύτητα περιστροφής του δίσκου με την ποσότητα ενέργειας η οποία μεταφέρεται στις οικιακές συσκευές χωρίς να λαμβά-



νουν υπ' όψιν τους το χρόνο μεταφοράς: 'Στις δυο πρώτες ώρες που έχουμε δέκα λάμπες θα γυρνάει πιο γρήγορα γιατί χρειάζονται περισσότερη ενέργεια, ενώ άμα σβήσουμε τις μισές λάμπες θα χρειαστούμε λιγότερη ενέργεια δηλαδή θα γυρνάει πιο αργά ο δίσκος' (B. 13, post) ή 'Γιατί τις δυο πρώτες ώρες που θα είναι αναμμένες δέκα λάμπες από το ρολόι της ΔΕΗ θα περνάει περισσότερη ενέργεια κι έτσι θα γυρνάει με μεγαλύτερη ταχύτητα το ρολόι' (B. 5, post) ή 'Επειδή οι συσκευές είναι περισσότερες και χρειάζεται να περάσει περισσότερη ενέργεια' (Π. 8, post).

Το 15% περίπου των μαθητών/τριών φαίνεται ότι βασίστηκε και πάλι στον αιτιακό συλλογισμό του τύπου 'πολλές λάμπες σε λειτουργία άρα θα γυρνάει πιο γρήγορα ο δίσκος του μετρητή' χωρίς να εξηγήσουν το τι συμβαίνει όταν λειτουργούν πολλές λάμπες, τι είναι αυτό που μετράει ο μετρητής και γιατί αλλάζει η ταχύτητα περιστροφής του.

#### (γ) Αποτελέσματα ανάλυσης του χαρακτηρισμού των αιτιολογήσεων

Στον επόμενο πίνακα 6.41 παρατηρούμε ότι δεν υπάρχουν μαθητές/τριες που αιτιολόγησαν τις απαντήσεις τους με τη χρήση νοητικών παραστάσεων που είναι συμβατές με το προτεινόμενο προς οικοδόμηση μοντέλο των ενεργειακών αλυσίδων και οι οποίες χαρακτηρίζονται ως επαρκείς (κατατάσσονται στην κατηγορία Α1). Ένα μεγάλο όμως ποσοστό μαθητών/τριών αιτιολόγησε την απάντησή του με τη χρήση της ποσοτικής νοητικής παράστασης 'διανομής' χρησιμοποιώντας όμως μια αδιαφοροποίητη έννοια της ενέργειας με ποσοτικά χαρακτηριστικά, όπως εξ' άλλου συνέβη και στην ερώτηση 5 (ενδιάμεσες και ανεπαρκείς).

Κατηγορίες χαρακτηρισμού αιτιολογήσεων	Απόλυτη Συχνότητα (N)	Ποσοστιαία Συχνότητα (%)
ΑΝΕΠΑΡΚΗΣ	31	79,5
ΕΝΔΙΑΜΕΣΗ	8	20,5
ΕΠΑΡΚΗΣ	0	0
<b>Σύνολο</b>	<b>39</b>	<b>100,0</b>

**Πίνακας 6.41 :** Χαρακτηρισμός των αιτιολογήσεων των μαθητών/τριών στην ερώτηση 8 του ερωτηματολογίου μετελέγχου

#### Συζήτηση

Από τις αιτιολογήσεις των μαθητών/τριών στην έβδομη και όγδοη ερώτηση που παρουσιάσαμε παραπάνω προκύπτει, ότι, όπως και στην προηγούμενη ενότητα ερωτήσεων, είναι δυνατή η ανάδειξη των εμπλουτισμένων ενεργειακών (ποσοτικών) νοητικών παραστάσεων των μαθητών/τριών στην κατάσταση στην οποία ζητείται ο συσχετισμός της λειτουργίας του μετρητή της ΔΕΗ με τη

πλήρη μορφή του μοντέλου των ενεργειακών αλυσίδων. Συγχρόνως, όμως, επιβεβαιώνεται η θέση που διατυπώσαμε στη συζήτηση των αιτιολογήσεων των ερωτήσεων 5 και 6, σύμφωνα με την οποία οι μαθητές/τριες δεν μπορούν να κάνουν διάκριση των εννοιών της ενέργειας και της ισχύος. Επίσης, σε καμιά αιτιολόγηση δεν φαίνεται οι μαθητές να χρησιμοποιούν κάποια αναλογία ανάμεσα στον μετρητή ενέργειας της ΔΕΗ και στον μετρητή ενέργειας του εργαστηρίου (Joulemetre) κάτι που σημαίνει ότι οι αντίστοιχες διδακτικές ενότητες δεν τους επηρέασαν προς αυτή την κατεύθυνση.

#### *Πέμπτη ενότητα ερωτήσεων*

Η πέμπτη ενότητα ερωτήσεων περιλαμβάνει την ένατη ερώτηση του ερωτηματολογίου μετελέγχου με την οποία αποσκοπούμε στην ανάδειξη εκ μέρους των μαθητών/τριών της σύνθετης τυπικής ποσοτικής νοητικής παράστασης 'διανομής' μέσω της αναπαραστατικής διάστασης του μοντέλου των ενεργειακών αλυσίδων. Η ερώτηση αυτή δεν υπάρχει στο ερωτηματολόγιο προελέγχου και προστέθηκε για να μας δώσει τη δυνατότητα για μια συνολική εκτίμηση του περιεχομένου των νοητικών παραστάσεων των μαθητών/τριών.

Πιο συγκεκριμένα, η ερώτησης αποσκοπεί στο να διαπιστωθεί αν οι μαθητές/τριες είναι σε θέση να εκφράσουν τις (ενεργειακές) αντιλήψεις τους στο συμβολικό επίπεδο, να κατασκευάσουν δηλαδή γραφικές παραστάσεις για ένα σύνθετο φαινομενολογικό πεδίο (ηλεκτρικές οικιακές συσκευές) οι οποίες να αναδεικνύουν αν έχει κατακτηθεί ένα από τα τρία επόμενα επίπεδα συλλογισμού: (α) το επίπεδο της νοητικής παράστασης 'λειτουργίας', (β) το επίπεδο της νοητικής παράστασης 'διανομής' ή (γ) το επίπεδο της εμπλουτισμένης νοητικής παράστασης 'διανομής' η οποία βασίζεται στα ποσοτικά χαρακτηριστικά του προτεινόμενου ενεργειακού μοντέλου.

Κατά την αξιολόγηση των απαντήσεων των μαθητών/τριών θεωρούμε ως επαρκείς αιτιολογήσεις εκείνες που αντιστοιχούν στο τρίτο επίπεδο, ενδιάμεσες αιτιολογήσεις εκείνες που αντιστοιχούν στο δεύτερο επίπεδο ή στο πρώτο επίπεδο και ανεπαρκείς αιτιολογήσεις εκείνες που δεν κατατάσσονται σε κανένα από τα παραπάνω επίπεδα.

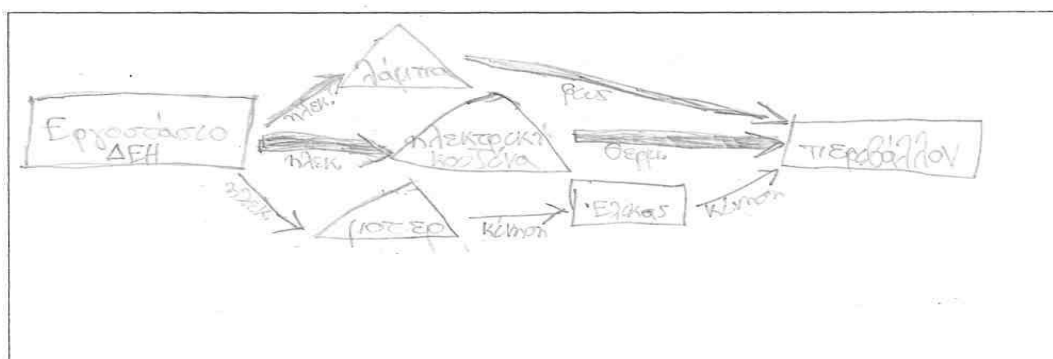
#### *(α) Αποτελέσματα ανάλυσης των γραφικών παραστάσεων της ερώτησης 9*

Η ανάλυση των γραφικών παραστάσεων έγινε κατ' ευθείαν στα πλαίσια της κατηγοριοποίησης του πίνακα 5.6 (ενότητα 5.5) καθόσον μας ενδιέφερε πρωτίστως να αναλύσουμε τα διαγράμματα με εννοιολογικούς όρους και όχι δομής μιας γραφικής παράστασης. Η εικόνα που μας δίνει η ανάλυση των γραφικών παραστάσεων της ερώτησης αυτής φαίνεται στο επόμενο πίνακα 6.42.

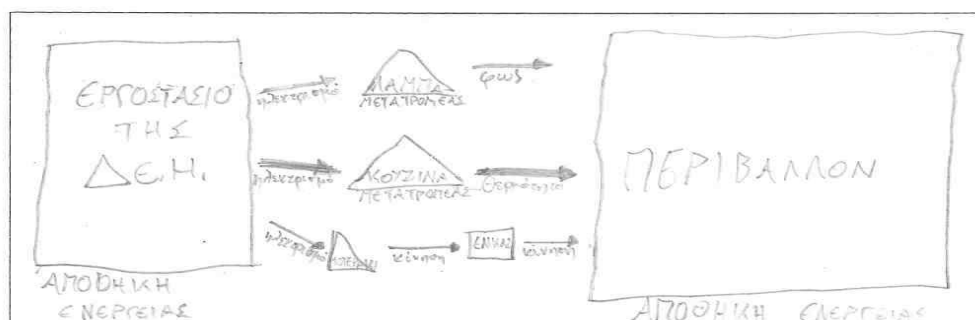
Κατηγορίες αιτιολογήσεων	Απόλυτη Συχνότητα (N)	Ποσοστιαία Συχνότητα (%)
A1	21	53,8
A2	17	43,6
Δ	1	2,6
Σύνολο	39	100,0

**Πίνακας 6.42 :** Οι αιτιολογήσεις των μαθητών/τριών στην ερώτηση 9 του ερωτηματολογίου μετελέγχου

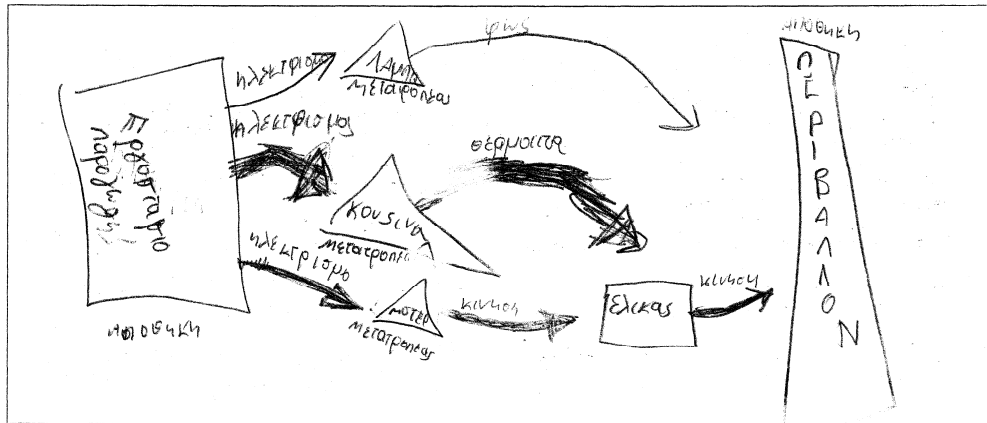
Απ' τη μελέτη των γραφικών παραστάσεων φαίνεται ότι όλοι σχεδόν οι μαθητές/τριες ενέταξαν την παράστασή τους στα πλαίσια του μοντέλου των ενεργειακών αλυσίδων ενώ πάνω από τους μισούς χρησιμοποίησαν σωστές και πλήρεις αποτυπώσεις που περιλάμβαναν ποιοτικά και ποσοτικά εννοιολογικά στοιχεία του μοντέλου των ενεργειακών αλυσίδων. Τέτοιες γραφικές παραστάσεις φαίνονται παρακάτω στα σχήματα 6.12, 6.13 και 6.14.



**Σχήμα 6.12:** Η γραφική παράσταση της μεταφοράς ενέργειας στο σπίτι όταν λειτουργούν ταυτόχρονα τρεις συσκευές (λάμπα, ηλεκτρική κουζίνα, ανεμιστήρας) του μαθητή/τριας (B. 17, post)

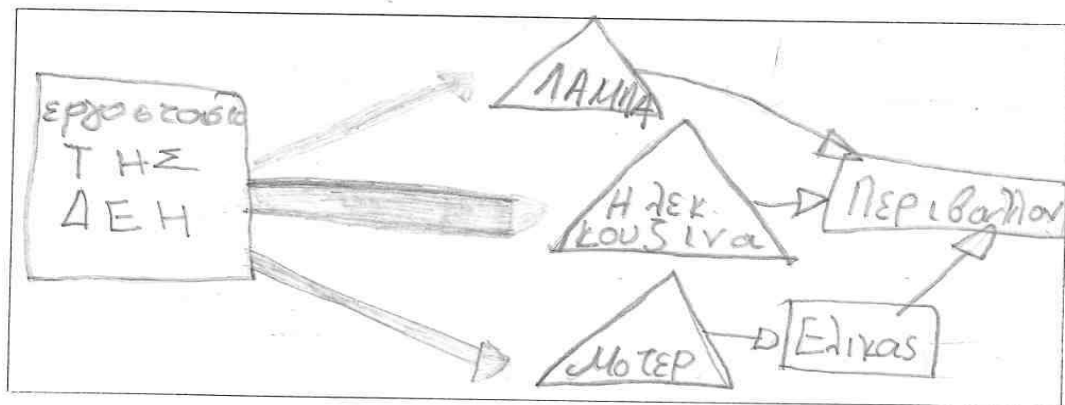


**Σχήμα 6.13:** Η γραφική παράσταση της μεταφοράς ενέργειας στο σπίτι όταν λειτουργούν ταυτόχρονα τρεις συσκευές (λάμπα, ηλεκτρική κουζίνα, ανεμιστήρας) του μαθητή/τριας (Π.8, post)



**Σχήμα 6.14 :** Η γραφική παράσταση της μεταφοράς ενέργειας στο σπίτι όταν λειτουργούν ταυτόχρονα τρεις συσκευές (λάμπα, ηλεκτρική κουζίνα, ανεμιστήρας) του μαθητή/τριας (Π. 14, post)

Ένα ποσοστό 44% περίπου των μαθητών /τριών αναπαράστησε με σωστές αλλά ελλιπείς αποτυπώσεις όπως για παράδειγμα στην γραφική παράσταση του σχήματος 6.15 που τα βέλη μεταξύ μετατροπέων ενέργειας και περιβάλλοντος δεν έχουν κάποιο πάχος το οποίο θα παρέπεμπε σε μια ποσοτική αντίληψη της μεταφοράς ενέργειας.



**Σχήμα 6.15 :** Η γραφική παράσταση της μεταφοράς ενέργειας στο σπίτι όταν λειτουργούν ταυτόχρονα τρεις συσκευές (λάμπα, ηλεκτρική κουζίνα, ανεμιστήρας), του μαθητή/τριας (Β. 19, post)

Σε όλα τα παραπάνω παραδείγματα φαίνεται ότι οι μαθητές/τριες αναπαριστούν τόσο δομικά όσο και ως προς το περιεχόμενο μια ορθή αντίληψη για τη μεταφορά ενέργειας από μια αρχική αποθήκη ενέργειας (εργοστάσιο της ΔΕΗ) σε μια τελική αποθήκη ενέργειας (περιβάλλον) μέσω των οικιακών συσκευών τις οποίες αντιλαμβάνονται ως μετατροπείς ενέργειας. Συγχρόνως, χρησιμοποιώντας βέλη έδειξαν αφ' ενός τις λειτουργίες και τον προσανατολισμό της δράσης και εφ'

ετέρου το διαφορετικό πάχος του βέλους, αναπαράστησε τις άνισες μεταφερόμενες ποσότητες κατά τη διανομή.

*(β) Αποτελέσματα ανάλυσης του χαρακτηρισμού των γραφικών παραστάσεων*

Στον επόμενο πίνακα 6.43 παρατηρούμε ότι το μεγαλύτερο ποσοστό των γραφικών παραστάσεων των μαθητών/τριών (περίπου 54%) χαρακτηρίζονται ως επαρκείς

Κατηγορίες χαρακτηρισμού αιτιολογήσεων	Απόλυτη Συχνότητα (N)	Ποσοστιαία Συχνότητα (%)
ΑΝΕΠΑΡΚΗΣ	1	2,6
ΕΝΔΙΑΜΕΣΗ	17	43,6
ΕΠΑΡΚΗΣ	21	53,8
<b>Σύνολο</b>	<b>39</b>	<b>100,0</b>

**Πίνακας 6.43 :** Χαρακτηρισμός των αιτιολογήσεων των μαθητών/τριών στην ερώτηση 9 του ερωτηματολογίου μετελέγχου

*Συζήτηση*

Από τις αιτιολογήσεις των μαθητών/τριών στην ερώτησης 9 του ερωτηματολογίου μετελέγχου προκύπτει ότι, από τις παραστάσεις που σχεδίασαν οι μαθητές/τριες απαντώντας στην ερώτηση, σχεδόν όλοι έχουν κατακτήσει και το τρίτο επίπεδο συμβολισμού που αντιστοιχεί στο επίπεδο της εμπλουτισμένης νοητικής παράστασης ‘διανομής’ η οποία βασίζεται στα ποσοτικά χαρακτηριστικά του προτεινόμενου ενεργειακού μοντέλου.

**6.3. Η επάρκεια και η εξέλιξη των νοητικών παραστάσεων των μαθητών/τριών**

Στην ενότητα αυτή θα παρουσιάσουμε τη στατιστική επεξεργασία των δεδομένων των ερωτηματολογίων προελέγχου και μετελέγχου, που θα μας βοηθήσει να εξαγάγουμε συμπεράσματα για το αν έχει συντελεστεί εξέλιξη στις νοητικές παραστάσεις των μαθητών/τριών συμβατή προς το προτεινόμενο μοντέλο των ενεργειακών αλυσίδων. Για τη στατιστική επεξεργασία των δεδομένων χρησιμοποιήσαμε μεθόδους επαγωγικής στατιστικής στις οποίες χρησιμοποιούνται δεδομένα από ένα δείγμα για την εξαγωγή συμπερασμάτων για τον πληθυσμό. Τα επαγωγικά συμπεράσματα αποτελούν εκτιμήσεις για τα χαρακτηριστικά ενός πληθυσμού οι οποίες έχουν μια συγκεκριμένη πιθανότητα να είναι αληθινές ή έρχονται να απαντήσουν στο πρόβλημα πώς από τα δεδομένα ενός δείγματος μπορούμε να συμπεράνουμε αν πρέπει να απορριφθεί ή όχι μια υπόθεση που διατυπώνεται για την/τις παραμέτρους ενός πληθυσμού (Αθανασόπουλος, 1990).

Στο συγκεκριμένο σχέδιο έρευνας πραγματοποιήθηκε μη-παραμετρικός έλεγχος σημαντικότητας για τα δεδομένα μας καθώς «οι μη παραμετρικοί έλεγχοι είναι κατάλληλοι όταν η κλίμακα μέτρησης εκφράζει συχνότητες τιμών ή θέσεις τιμών (τακτική κλίμακα)» (Γιαλαμάς, 2005, σ. 277).

Τα δεδομένα μας στην πλειονότητα τους αποτελούνται από μετρήσεις που εκφράζονται σε μια τακτική κλίμακα που δηλώνει μια σειρά κατάταξης, δηλαδή μπορούν να διαταχθούν ως προς τη συμβατότητα τους με το προτεινόμενο μοντέλο.

Συγκεκριμένα, χρησιμοποιήθηκε ο έλεγχος προσημασμένων θέσεων *Wilcoxon* που εφαρμόζεται σε παρατηρήσεις κατά ζεύγη προκειμένου να μετρήσουμε την μεταβολή ως προς την κεντρική θέση, δηλαδή τη διαφορά ως προς τις τιμές που συγκεντρώνονται τα υποκείμενα. Πρόκειται για επαναλαμβανόμενες μετρήσεις κατά τις οποίες μια ομάδα υποκειμένων μετριέται σε δύο διαφορετικές στιγμές (πριν από την παρέμβαση και μετά). Ο έλεγχος αυτός εκτελείται με τη βοήθεια των θέσεων των τιμών διαφοράς. Ως τιμή διαφοράς ορίζεται η διαφορά των τιμών των υποκειμένων στην πρώτη μέτρηση από τις τιμές των υποκειμένων στη δεύτερη μέτρηση. Οι απόλυτες τιμές της διαφοράς ταξινομούνται από τη μικρότερη προς τη μεγαλύτερη και στη συνέχεια οι θέσεις των θετικών διαφορών συγκροτούν μια ομάδα και οι θέσεις των αρνητικών διαφορών μια δεύτερη ομάδα και υπολογίζονται τα αθροίσματά τους. Στους πίνακες που παρουσιάζονται στη συνέχεια εμφανίζονται τρεις ομάδες: η ομάδα που αντιστοιχεί σε ελάττωση τιμών, δηλαδή μεγαλύτερες τιμές στο ερωτηματολόγιο προελέγχου από ότι στο ερωτηματολόγιο μετελέγχου (οπισθοδρόμηση), η ομάδα που αντιστοιχεί σε αύξηση τιμών, δηλαδή μεγαλύτερες τιμές στο ερωτηματολόγιο μετελέγχου από ότι στο ερωτηματολόγιο προελέγχου (πρόοδος) και η ομάδα στην οποία δεν υπάρχει αλλαγή (στασιμότητα).

Η επίδραση της ανεξάρτητης μεταβλητής υποθέτουμε ότι θα οδηγήσει σε τιμές της διαφοράς θετικές, δηλαδή σε αύξηση τιμών. Επειδή το μέγεθος του δείγματος δεν υπερβαίνει το 50 ακολουθεί η τυπική κανονική κατανομή στην περίπτωση μεσαίων δειγμάτων και χρησιμοποιείται η τιμή  $z$ . Σχηματικά μπορούμε να πούμε ότι θεωρούμε ως ανεξάρτητη μεταβλητή τη διδακτική ακολουθία και ως εξαρτημένη την εξέλιξη των νοητικών παραστάσεων των υποκειμένων και επιχειρούμε να πιστοποιήσουμε την ύπαρξη ή μη στατιστικής σημαντικότητας στις διαφορές των απαντήσεων των υποκειμένων πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση. Η στατιστική σημαντικότητα δηλώνεται από τον δείκτη  $p$  (πιθανότητα να βρεθεί μια τιμή  $z$  ώστε  $|z| \geq z_k$  όπου  $z_k$  η παρατηρούμενη τιμή με βάση το δείγμα μας). Όταν η τιμή  $p$  είναι μικρότερη του επιπέδου σημαντικότητας  $\alpha$  (συνήθως  $\alpha = 0,05$  ή  $0,01$ ) σημαίνει ότι οι διαφορές που παρουσιάζονται προέρχονται από τη διδακτική παρέμβαση και δεν είναι συμπτωματικές. Επίσης, στους πίνακες που παρουσιάζεται

ο έλεγχος προσημασμένων θέσεων εμφανίζεται και η μέση θέση που δηλώνει τη μέση πρόοδο (αύξηση θέσης μέσου ατόμου) και τη μέση επιδείνωση (ελάττωση θέσης).

Στη συνέχεια θα παρουσιάσουμε τα αποτελέσματα της αντιπαραβολής των αιτιολογήσεων που έδωσαν οι μαθητές πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση για κάθε μια ερώτηση χωριστά. Με τη βοήθεια του προγράμματος στατιστικής επεξεργασίας SPSS, εκτελούμε τον έλεγχο Wilcoxon, (έλεγχος προσημασμένων θέσεων), με το Wilcoxon Signed Ranks Test, προκειμένου να διερευνηθεί η σημαντικότητα της μέσης μετακίνησης του αριθμού των συμβατών με το μοντέλο των ενεργειακών αλυσίδων αιτιολογήσεων, των υποκειμένων (Howitt & Cramer, 2006).

Εκτελώντας τον έλεγχο Wilcoxon, μεταξύ των αιτιολογήσεων που έδωσαν οι μαθητές/τριες στο ερωτηματολόγιο προελέγχου και στο ερωτηματολόγιο μετελέγχου για κάθε ερώτηση ξεχωριστά παίρνουμε τα παρακάτω αποτελέσματα

#### Έλεγχος επάρκειας αιτιολογήσεων πρώτης ερώτησης

Θα εκτελέσουμε έλεγχο προσημασμένων θέσεων σε επαναλαμβανόμενες μετρήσεις ( Wilcoxon), προκειμένου να διερευνηθεί η σημαντικότητα της μέσης μετακίνησης της επάρκειας των αιτιολογήσεων των υποκειμένων στην πρώτη ερώτηση.

		N	Μέση θέση
ΕΠΑΡΚΕΙΑ ΑΙΤ.1 (ΜΕΤΑ) - ΕΠΑΡΚΕΙΑ ΑΙΤ.1 (ΠΡΙΝ)	Ελάττωση τιμών	0 <sup>a</sup>	0,00
	Αύξηση τιμών	35 <sup>b</sup>	18,00
	Χωρίς αλλαγή	4 <sup>c</sup>	
	Σύνολο	39	

- a. ΕΠΑΡΚΕΙΑ ΑΙΤ.1 (ΜΕΤΑ) < ΕΠΑΡΚΕΙΑ ΑΙΤ.1 (ΠΡΙΝ)  
 b. ΕΠΑΡΚΕΙΑ ΑΙΤ.1 (ΜΕΤΑ) > ΕΠΑΡΚΕΙΑ ΑΙΤ.1 (ΠΡΙΝ)  
 c. . ΕΠΑΡΚΕΙΑ ΑΙΤ.1 (ΜΕΤΑ) = ΕΠΑΡΚΕΙΑ ΑΙΤ.1 (ΠΡΙΝ)

#### Πίνακας 6.44: Υπολογισμός προσημασμένων θέσεων για την επάρκεια των αιτιολογήσεων της ερώτησης 1

Ο παραπάνω έλεγχος έδειξε ότι υπάρχει σημαντική μετακίνηση στην επάρκεια των αιτιολογήσεων των μαθητών/τριών (N= 39, z= -5.31, δίπλευρη p=0.01) προς αιτιολογήσεις συμβατές με το μοντέλο μας. Συγκεκριμένα 35 υποκείμενα σημείωσαν πρόοδο, 4 έμειναν στάσιμα και κανένα δεν οπισθοδρόμησε. Τα αποτελέσματα αυτά δείχνουν ότι η διαφορά μεταξύ των δυο μεταβλητών είναι στατιστικά σημαντική στο επίπεδο του 5%. Μπορούμε να ισχυριστούμε λοιπόν, ότι η βελτίωση των αιτιολογήσεων ως προς την επάρκειά τους στο ερωτηματολόγιο μετελέγχου δεν οφείλεται σε τυχαίους παράγοντες αλλά είναι αποτέλεσμα της διδακτικής μας ακολουθίας

### Έλεγχος επάρκειας αιτιολογήσεων δεύτερης ερώτησης

Θα εκτελέσουμε έλεγχο προσημασμένων θέσεων σε επαναλαμβανόμενες μετρήσεις (Wilcoxon), προκειμένου να διερευνηθεί η σημαντικότητα της μέσης μετακίνησης της επάρκειας των αιτιολογήσεων των υποκειμένων στη δεύτερη ερώτηση.

		N	Μέση θέση
ΕΠΑΡΚΕΙΑ ΑΙΤ.2 (ΜΕΤΑ) - ΕΠΑΡΚΕΙΑ ΑΙΤ.2 (ΠΡΙΝ)	Ελάττωση τιμών	0 <sup>a</sup>	0,00
	Αύξηση τιμών	31 <sup>b</sup>	16,00
	Χωρίς αλλαγή	8 <sup>c</sup>	
	Σύνολο	39	

- a. ΕΠΑΡΚΕΙΑ ΑΙΤ.2 (ΜΕΤΑ) < ΕΠΑΡΚΕΙΑ ΑΙΤ.2 (ΠΡΙΝ)  
b. ΕΠΑΡΚΕΙΑ ΑΙΤ.2 (ΜΕΤΑ) > ΕΠΑΡΚΕΙΑ ΑΙΤ.2 (ΠΡΙΝ)  
c. . ΕΠΑΡΚΕΙΑ ΑΙΤ.2 (ΜΕΤΑ) = ΕΠΑΡΚΕΙΑ ΑΙΤ.2 (ΠΡΙΝ)

**Πίνακας 6.45:** Υπολογισμός προσημασμένων θέσεων για την επάρκεια των αιτιολογήσεων της ερώτησης 2

Ο παραπάνω έλεγχος έδειξε ότι υπάρχει σημαντική μετακίνηση στην επάρκεια των αιτιολογήσεων των μαθητών/τριών ( N= 39, z= -5.29, δίπλευρη p=0.01) προς αιτιολογήσεις συμβατές με το μοντέλο μας. Συγκεκριμένα 31 υποκείμενα σημείωσαν πρόοδο, 8 έμειναν στάσιμα και κανένα δεν οπισθοδρόμησε. Τα αποτελέσματα αυτά δείχνουν ότι η διαφορά μεταξύ των δυο μεταβλητών είναι στατιστικά σημαντική στο επίπεδο του 5%. Μπορούμε να ισχυριστούμε λοιπόν, ότι η βελτίωση των αιτιολογήσεων ως προς την επάρκειά τους στο ερωτηματολόγιο μετελέγχου δεν οφείλεται σε τυχαίους παράγοντες αλλά είναι αποτέλεσμα της διδακτικής μας ακολουθίας

### Έλεγχος επάρκειας αιτιολογήσεων τρίτης ερώτησης

Θα εκτελέσουμε έλεγχο προσημασμένων θέσεων σε επαναλαμβανόμενες μετρήσεις (Wilcoxon), προκειμένου να διερευνηθεί η σημαντικότητα της μέσης μετακίνησης της επάρκειας των αιτιολογήσεων των υποκειμένων στην τρίτη ερώτηση.

		N	Μέση θέση
ΕΠΑΡΚΕΙΑ ΑΙΤ.3 (ΜΕΤΑ) - ΕΠΑΡΚΕΙΑ ΑΙΤ.3 (ΠΡΙΝ)	Ελάττωση τιμών	0 <sup>a</sup>	0,00
	Αύξηση τιμών	24 <sup>b</sup>	12,50
	Χωρίς αλλαγή	15 <sup>c</sup>	
	Σύνολο	39	

- a. ΕΠΑΡΚΕΙΑ ΑΙΤ.3 (ΜΕΤΑ) < ΕΠΑΡΚΕΙΑ ΑΙΤ.3 (ΠΡΙΝ)  
b. ΕΠΑΡΚΕΙΑ ΑΙΤ.3 (ΜΕΤΑ) > ΕΠΑΡΚΕΙΑ ΑΙΤ.3 (ΠΡΙΝ)  
c. . ΕΠΑΡΚΕΙΑ ΑΙΤ.3 (ΜΕΤΑ) = ΕΠΑΡΚΕΙΑ ΑΙΤ.3 (ΠΡΙΝ)

**Πίνακας 6.46:** Υπολογισμός προσημασμένων θέσεων για την επάρκεια των αιτιολογήσεων της ερώτησης 3



Ο παραπάνω έλεγχος έδειξε ότι υπάρχει σημαντική μετακίνηση στην επάρκεια των αιτιολογήσεων των μαθητών/τριών (  $N= 39, z= -4.49$ , δίπλευρη  $p=0.01$ ) προς αιτιολογήσεις συμβατές με το μοντέλο μας. Συγκεκριμένα 24 υποκείμενα σημείωσαν πρόοδο, 15 έμειναν στάσιμα και κανένα δεν οπισθοδρόμησε. Τα αποτελέσματα αυτά δείχνουν ότι η διαφορά μεταξύ των δυο μεταβλητών είναι στατιστικά σημαντική στο επίπεδο του 5%. Μπορούμε να ισχυριστούμε λοιπόν, ότι η βελτίωση των αιτιολογήσεων ως προς την επάρκειά τους στο ερωτηματολόγιο μετελέγχου δεν οφείλεται σε τυχαίους παράγοντες αλλά είναι αποτέλεσμα της διδακτικής μας ακολουθίας

#### Έλεγχος επάρκειας αιτιολογήσεων τέταρτης ερώτησης

Θα εκτελέσουμε έλεγχο προσημασμένων θέσεων σε επαναλαμβανόμενες μετρήσεις (Wilcoxon), προκειμένου να διερευνηθεί η σημαντικότητα της μέσης μετακίνησης της επάρκειας των αιτιολογήσεων των υποκειμένων στην τέταρτη ερώτηση.

		N	Μέση θέση
ΕΠΑΡΚΕΙΑ ΑΙΤ.4 (ΜΕΤΑ) - ΕΠΑΡΚΕΙΑ ΑΙΤ.4 (ΠΡΙΝ)	Ελάττωση τιμών	0 <sup>a</sup>	0,00
	Αύξηση τιμών	15 <sup>b</sup>	8,00
	Χωρίς αλλαγή	24 <sup>c</sup>	
	Σύνολο	39	

a. ΕΠΑΡΚΕΙΑ ΑΙΤ.4 (ΜΕΤΑ) < ΕΠΑΡΚΕΙΑ ΑΙΤ.4 (ΠΡΙΝ)

b. ΕΠΑΡΚΕΙΑ ΑΙΤ.4 (ΜΕΤΑ) > ΕΠΑΡΚΕΙΑ ΑΙΤ.4 (ΠΡΙΝ)

c. . ΕΠΑΡΚΕΙΑ ΑΙΤ.4 (ΜΕΤΑ) = ΕΠΑΡΚΕΙΑ ΑΙΤ.4 (ΠΡΙΝ)

#### Πίνακας 6.47: Υπολογισμός προσημασμένων θέσεων για την επάρκεια των αιτιολογήσεων της ερώτησης 4

Ο παραπάνω έλεγχος έδειξε ότι υπάρχει σημαντική μετακίνηση στην επάρκεια των αιτιολογήσεων των μαθητών/τριών (  $N= 39, z= -3.50$ , δίπλευρη  $p=0.01$ ) προς αιτιολογήσεις συμβατές με το μοντέλο μας. Συγκεκριμένα 15 υποκείμενα σημείωσαν πρόοδο, 24 έμειναν στάσιμα και κανένα δεν οπισθοδρόμησε. Τα αποτελέσματα αυτά δείχνουν ότι η διαφορά μεταξύ των δυο μεταβλητών είναι στατιστικά σημαντική στο επίπεδο του 5%. Μπορούμε να ισχυριστούμε λοιπόν, ότι η βελτίωση των αιτιολογήσεων ως προς την επάρκειά τους στο ερωτηματολόγιο μετελέγχου δεν οφείλεται σε τυχαίους παράγοντες αλλά είναι αποτέλεσμα της διδακτικής μας ακολουθίας

#### Έλεγχος επάρκειας αιτιολογήσεων πέμπτης ερώτησης

Θα εκτελέσουμε έλεγχο προσημασμένων θέσεων σε επαναλαμβανόμενες μετρήσεις (Wilcoxon), προκειμένου να διερευνηθεί η σημαντικότητα της μέσης μετακίνησης της επάρκειας των αιτιολογήσεων των υποκειμένων στην πέμπτη ερώτηση.

		N	Μέση θέση
ΕΠΑΡΚΕΙΑ ΑΙΤ.5 (ΜΕΤΑ) - ΕΠΑΡΚΕΙΑ ΑΙΤ.5 (ΠΡΙΝ)	Ελάττωση τιμών	0 <sup>a</sup>	0,00
	Αύξηση τιμών	24 <sup>b</sup>	12,50
	Χωρίς αλλαγή	15 <sup>c</sup>	
	Σύνολο	39	

- a. ΕΠΑΡΚΕΙΑ ΑΙΤ.5 (ΜΕΤΑ) < ΕΠΑΡΚΕΙΑ ΑΙΤ.5 (ΠΡΙΝ)  
b. ΕΠΑΡΚΕΙΑ ΑΙΤ.5 (ΜΕΤΑ) > ΕΠΑΡΚΕΙΑ ΑΙΤ.5 (ΠΡΙΝ)  
c. . ΕΠΑΡΚΕΙΑ ΑΙΤ.5 (ΜΕΤΑ) = ΕΠΑΡΚΕΙΑ ΑΙΤ.5 (ΠΡΙΝ)

**Πίνακας 6.48:** Υπολογισμός προσημασμένων θέσεων για την επάρκεια των αιτιολογήσεων της ερώτησης 5

Ο παραπάνω έλεγχος έδειξε ότι υπάρχει σημαντική μετακίνηση στην επάρκεια των αιτιολογήσεων των μαθητών/τριών ( N= 39, z= -4.52, δίπλευρη p=0.01) προς αιτιολογήσεις συμβατές με το μοντέλο μας. Συγκεκριμένα 24 υποκείμενα σημείωσαν πρόοδο, 15 έμειναν στάσιμα και κανένα δεν οπισθοδρόμησε. Τα αποτελέσματα αυτά δείχνουν ότι η διαφορά μεταξύ των δυο μεταβλητών είναι στατιστικά σημαντική στο επίπεδο του 5%. Μπορούμε να ισχυριστούμε λοιπόν, ότι η βελτίωση των αιτιολογήσεων ως προς την επάρκειά τους στο ερωτηματολόγιο μετελέγχου δεν οφείλεται σε τυχαίους παράγοντες αλλά είναι αποτέλεσμα της διδακτικής μας ακολουθίας

#### Έλεγχος επάρκειας αιτιολογήσεων έκτης ερώτησης

Θα εκτελέσουμε έλεγχο προσημασμένων θέσεων σε επαναλαμβανόμενες μετρήσεις (Wilcoxon), προκειμένου να διερευνηθεί η σημαντικότητα της μέσης μετακίνησης της επάρκειας των αιτιολογήσεων των υποκειμένων στην έκτη ερώτηση.

		N	Μέση θέση
ΕΠΑΡΚΕΙΑ ΑΙΤ.6 (ΜΕΤΑ) - ΕΠΑΡΚΕΙΑ ΑΙΤ.6 (ΠΡΙΝ)	Ελάττωση τιμών	1 <sup>a</sup>	4,50
	Αύξηση τιμών	20 <sup>b</sup>	11,33
	Χωρίς αλλαγή	18 <sup>c</sup>	
	Σύνολο	39	

- a. ΕΠΑΡΚΕΙΑ ΑΙΤ.6 (ΜΕΤΑ) < ΕΠΑΡΚΕΙΑ ΑΙΤ.6 (ΠΡΙΝ)  
b. ΕΠΑΡΚΕΙΑ ΑΙΤ.6 (ΜΕΤΑ) > ΕΠΑΡΚΕΙΑ ΑΙΤ.6 (ΠΡΙΝ)  
c. . ΕΠΑΡΚΕΙΑ ΑΙΤ.6 (ΜΕΤΑ) = ΕΠΑΡΚΕΙΑ ΑΙΤ.6 (ΠΡΙΝ)

**Πίνακας 6.49:** Υπολογισμός προσημασμένων θέσεων για την επάρκεια των αιτιολογήσεων της ερώτησης 6

Ο παραπάνω έλεγχος έδειξε ότι υπάρχει σημαντική μετακίνηση στην επάρκεια των αιτιολογήσεων των μαθητών/τριών ( N= 39, z= -3.99, δίπλευρη p=0.01) προς αιτιολογήσεις συμβατές με το μοντέλο μας. Συγκεκριμένα 20 υποκείμενα σημείωσαν πρόοδο, 18 έμειναν στάσιμα και ένα οπι-

σθοδρόμηση. Τα αποτελέσματα αυτά δείχνουν ότι η διαφορά μεταξύ των δυο μεταβλητών είναι στατιστικά σημαντική στο επίπεδο του 5%. Μπορούμε να ισχυριστούμε λοιπόν, ότι η βελτίωση των αιτιολογήσεων ως προς την επάρκειά τους στο ερωτηματολόγιο μετελέγχου δεν οφείλεται σε τυχαίους παράγοντες αλλά είναι αποτέλεσμα της διδακτικής μας ακολουθίας

#### Έλεγχος επάρκειας αιτιολογήσεων έβδομης ερώτησης

Θα εκτελέσουμε έλεγχο προσημασμένων θέσεων σε επαναλαμβανόμενες μετρήσεις (Wilcoxon), προκειμένου να διερευνηθεί η σημαντικότητα της μέσης μετακίνησης της επάρκειας των αιτιολογήσεων των υποκειμένων στην έβδομη ερώτηση.

		N	Μέση θέση
ΕΠΑΡΚΕΙΑ ΑΙΤ.7 (ΜΕΤΑ) - ΕΠΑΡΚΕΙΑ ΑΙΤ.7 (ΠΡΙΝ)	Ελάττωση τιμών	1 <sup>a</sup>	5,50
	Αύξηση τιμών	31 <sup>b</sup>	16,85
	Χωρίς αλλαγή	7 <sup>c</sup>	
	Σύνολο	39	

a. ΕΠΑΡΚΕΙΑ ΑΙΤ.7 (ΜΕΤΑ) < ΕΠΑΡΚΕΙΑ ΑΙΤ.7 (ΠΡΙΝ)

b. ΕΠΑΡΚΕΙΑ ΑΙΤ.7 (ΜΕΤΑ) > ΕΠΑΡΚΕΙΑ ΑΙΤ.7 (ΠΡΙΝ)

c. ΕΠΑΡΚΕΙΑ ΑΙΤ.7 (ΜΕΤΑ) = ΕΠΑΡΚΕΙΑ ΑΙΤ.7 (ΠΡΙΝ)

#### Πίνακας 6.50 : Υπολογισμός προσημασμένων θέσεων για την επάρκεια των αιτιολογήσεων της ερώτησης 7

Ο παραπάνω έλεγχος έδειξε ότι υπάρχει σημαντική μετακίνηση στην επάρκεια των αιτιολογήσεων των μαθητών/τριών ( N= 39, z= -5.02, δίπλευρη p=0.01) προς αιτιολογήσεις συμβατές με το μοντέλο μας. Συγκεκριμένα 31 υποκείμενα σημείωσαν πρόοδο, 7 έμειναν στάσιμα και ένα οπισθοδρόμηση. Τα αποτελέσματα αυτά δείχνουν ότι η διαφορά μεταξύ των δυο μεταβλητών είναι στατιστικά σημαντική στο επίπεδο του 5%. Μπορούμε να ισχυριστούμε λοιπόν, ότι η βελτίωση των αιτιολογήσεων ως προς την επάρκειά τους στο ερωτηματολόγιο μετελέγχου δεν οφείλεται σε τυχαίους παράγοντες αλλά είναι αποτέλεσμα της διδακτικής μας ακολουθίας

#### Έλεγχος επάρκειας αιτιολογήσεων όγδοης ερώτησης

Θα εκτελέσουμε έλεγχο προσημασμένων θέσεων σε επαναλαμβανόμενες μετρήσεις (Wilcoxon), προκειμένου να διερευνηθεί η σημαντικότητα της μέσης μετακίνησης της επάρκειας των αιτιολογήσεων των υποκειμένων στην όγδοη ερώτηση.

		N	Μέση θέση
ΕΠΑΡΚΕΙΑ ΑΙΤ.8 (ΜΕΤΑ) - ΕΠΑΡΚΕΙΑ ΑΙΤ.8 (ΠΡΙΝ)	Ελάττωση τιμών	0 <sup>a</sup>	0,00
	Αύξηση τιμών	20 <sup>b</sup>	10,50
	Χωρίς αλλαγή	19 <sup>c</sup>	
	Σύνολο	39	

- a. ΕΠΑΡΚΕΙΑ ΑΙΤ.8 (ΜΕΤΑ) < ΕΠΑΡΚΕΙΑ ΑΙΤ.8 (ΠΡΙΝ)  
b. ΕΠΑΡΚΕΙΑ ΑΙΤ.8 (ΜΕΤΑ) > ΕΠΑΡΚΕΙΑ ΑΙΤ.8 (ΠΡΙΝ)  
c. . ΕΠΑΡΚΕΙΑ ΑΙΤ.8 (ΜΕΤΑ) = ΕΠΑΡΚΕΙΑ ΑΙΤ.8 (ΠΡΙΝ)

**Πίνακας 6.51:** Υπολογισμός προσημασμένων θέσεων για την επάρκεια των αιτιολογήσεων της ερώτησης 8

Ο παραπάνω έλεγχος έδειξε ότι υπάρχει σημαντική μετακίνηση στην επάρκεια των αιτιολογήσεων των μαθητών/τριών (  $N = 39$ ,  $z = -4.13$ , δίπλευρη  $p = 0.01$ ) προς αιτιολογήσεις συμβατές με το μοντέλο μας. Συγκεκριμένα 20 υποκείμενα σημείωσαν πρόοδο, 19 έμειναν στάσιμα και κανένα δεν οπισθοδρόμησε. Τα αποτελέσματα αυτά δείχνουν ότι η διαφορά μεταξύ των δυο μεταβλητών είναι στατιστικά σημαντική στο επίπεδο του 5%. Μπορούμε να ισχυριστούμε λοιπόν, ότι η βελτίωση των αιτιολογήσεων ως προς την επάρκειά τους στο ερωτηματολόγιο μετελέγχου δεν οφείλεται σε τυχαίους παράγοντες αλλά είναι αποτέλεσμα της διδακτικής μας ακολουθίας. Κλείνοντας την ενότητα αυτή μπορούμε να διατυπώσουμε τη θέση ότι ο έλεγχος Wilcoxon που κάναμε παραπάνω σε όλες τις αιτιολογήσεις έδειξε ότι στη συντριπτική πλειοψηφία τους υπάρχει στατιστικά σημαντική μετατόπιση (προσδοκώμενη εξέλιξη) της επάρκειας των αιτιολογήσεων των υποκειμένων προς το εννοιολογικό πρότυπο του μοντέλου των ενεργειακών αλυσίδων που εισάγαμε με τη διδακτική ακολουθία. Η διδακτική παρέμβασή μας είχε σαν αποτέλεσμα τη σημαντική ποιοτική βελτίωση των νοητικών παραστάσεων των μαθητών/τριών.

#### 6.4 Η συνολική επίδοση των μαθητών/τριών

Στην ενότητα αυτή θα εξετάσουμε την επίδοση των μαθητών/τριών στα ερωτηματολόγια προελέγχου και μετελέγχου προκειμένου να διαπιστωθεί μέσα από την συγκριτική θεώρησή τους ενδεχόμενη μεταβολή της επίδοσης δηλαδή εξέλιξη των νοητικών παραστάσεων μετά τη διδακτική παρέμβαση προς το εννοιολογικό πλαίσιο του προτεινόμενου μοντέλου. Στην τρίτη και τελική αυτή φάση της διαδικασίας της κατηγοριοποίησης προχωρήσαμε σε μια νέα ομαδοποίηση των κατηγοριών επάρκειας των αιτιολογήσεων, προκειμένου να διαπιστώσουμε σε πιο βαθμό τελικά επηρέασε η διδακτική παρέμβαση την τελική επίδοση των μαθητών/τριών. Καταγράφηκαν λοιπόν οι συχνότητες εμφάνισης των κατηγοριών που συναντάμε σύμφωνα με το κριτήριο επάρκειας της αιτιολογήσεως ανά μαθητή/τρια (βλέπε πίνακα 5.7). Δημιουργήθηκε έτσι ένα πρωτόκολλο το οποίο μπορεί να περιγραφεί ως ένας πίνακας που περιέχει στον κατακόρυφο άξονα τους μα-

θητές/τριες που έλαβαν μέρος στην έρευνα, και στον οριζόντιο άξονα τη συχνότητα επάρκειας σε όλες τις ερωτήσεις του ερωτηματολογίου. Στον πίνακα 5.8 παρουσιάζεται η ιεραρχική κλίμακα η οποία περιλαμβάνει τρεις κατηγορίες (χαμηλή, μέτρια, υψηλή) που συγκροτούν την κατηγοριοποίηση *επίδοσης* με κριτήριο το πλήθος των επαρκών αιτιολογήσεων. Η κατηγοριοποίηση επίδοσης θα χρησιμοποιηθεί ως δείκτης αξιολόγησης της προτεινόμενης διδακτικής ακολουθίας στα πλαίσια του εκπαιδευτικού περιβάλλοντος εντός του οποίου διεξάγεται η παρούσα έρευνα.

Στον επόμενο πίνακα 6.52 παρουσιάζονται συγκεντρωτικά τα αποτελέσματα ανάλυσης της επίδοσης των μαθητών /τριών στο ερωτηματολόγιο προελέγχου, που μας έδωσε η επεξεργασία των δεδομένων με το στατιστικό πρόγραμμα SPSS .

Επίδοση	Απόλυτη Συχνότητα (N)	Ποσοστιαία Συχνότητα (%)
ΧΑΜΗΛΗ	39	100.0
ΜΕΤΡΙΑ	0	0.0
ΥΨΗΛΗ	0	0.0
<b>Σύνολο</b>	39	100,0

**Πίνακας 6.52 :** Η επίδοση των μαθητών/τριών στο ερωτηματολόγιο προελέγχου

Παρατηρώντας τον παραπάνω πίνακα και θέλοντας να κάνουμε αξιολόγηση των αποτελεσμάτων που παρουσιάζονται σ' αυτόν προκύπτει πολύ εύκολα, ότι όλοι οι μαθητές/τριες σημείωσαν χαμηλή επίδοση στο ερωτηματολόγιο προελέγχου.

Θα παρουσιάσουμε τώρα στον επόμενο πίνακα 6.53 συγκεντρωτικά τα αποτελέσματα ανάλυσης της επίδοσης των μαθητών /τριών στο ερωτηματολόγιο μετελέγχου που μας έδωσε η επεξεργασία των δεδομένων με το στατιστικό πρόγραμμα SPSS .

Επίδοση	Απόλυτη Συχνότητα (N)	Ποσοστιαία Συχνότητα (%)
ΧΑΜΗΛΗ	8	20,5
ΜΕΤΡΙΑ	13	33,3
ΥΨΗΛΗ	18	46,2
<b>Σύνολο</b>	39	100,0

**Πίνακας 6.53 :** Η επίδοση των μαθητών/τριών στο ερωτηματολόγιο μετελέγχου

Από τον παραπάνω πίνακα προκύπτει ότι το 46% περίπου των μαθητών/τριών έχει σημειώσει υψηλή επίδοση, το 33% περίπου μέτρια και μόνο το 20% περίπου εξακολουθεί να έχει χαμηλή επίδοση. Συγκρίνοντας τους δυο παραπάνω πίνακες 6.48 και 6.49, διαπιστώνουμε ότι έχει σημειωθεί μεγάλη πρόοδος στις νοητικές παραστάσεις των μαθητών/τριών μετά τη διδακτική μας παρέμβαση. Σημειώνουμε εμφαντικά ότι στο ερωτηματολόγιο προελέγχου όλοι οι μαθητές/τριες έχουν σημειώσει χαμηλή επίδοση ενώ στο ερωτηματολόγιο μετελέγχου μόνο το 20% έχουν χαμηλή επίδοση, η συντριπτική πλειοψηφία (το 80% περίπου) έχουν υψηλή ή μέτρια επίδοση.

## **6.5 Η συνάφεια της επίδοσης των μαθητών/τριών με το φύλο και το σχολείο φοίτησης**

Στην ενότητα αυτή και μετά την παρουσίαση των ευρημάτων της έρευνας σχετικά με την επίδοση των μαθητών/τριών ελέγχουμε τη συσχέτιση των ανεξάρτητων μεταβλητών (φύλο, σχολείο φοίτησης) με την επίδοση.

### **6.5.1 Η συνάφεια της επίδοσης των μαθητών/τριών με το φύλο**

Προκειμένου να διερευνήσουμε την πιθανότητα της συσχέτισης της επίδοσης με το φύλο εκτέλεσαμε έλεγχο με το στατιστικό κριτήριο  $\chi^2$  (chi-square) ανεξαρτησίας (Ρούσσοσ & Τσαούσης 2002).

Το στατιστικό κριτήριο  $\chi^2$  αντανακλά το μέγεθος των διαφορών μεταξύ των πραγματικών και των αναμενόμενων συχνοτήτων. Όσο μεγαλύτερη είναι αυτή η διαφορά, τόσο πιθανότερο είναι να προκύψει στατιστικά σημαντικό αποτέλεσμα. Προτού προχωρήσουμε στον υπολογισμό του  $\chi^2$  με το στατιστικό πρόγραμμα SPSS, διατυπώσαμε τις υποθέσεις μας:

*Μηδενική υπόθεση:* Οι δυο μεταβλητές (φύλο και επίδοση) είναι ανεξάρτητες μεταξύ τους. Με άλλα λόγια τα ποσοστά των μαθητών και των μαθητριών με χαμηλή, μέτρια και υψηλή επίδοση θα είναι ίσα.

*Εναλλακτική υπόθεση:* Οι δυο μεταβλητές (φύλο και επίδοση) είναι εξαρτημένες (σχετίζονται μεταξύ τους). Δηλαδή τα ποσοστά των μαθητών και των μαθητριών με χαμηλή, μέτρια και υψηλή επίδοση θα είναι διαφορετικά

Στον πίνακα *σύμπτωσης ή συνάφειας* (contingency table) που ακολουθεί (πίνακας 6.54) παρουσιάζονται οι συχνότητες κάθε φύλου που ανήκουν σε κάθε κατηγορία επίδοσης. Οι πραγματικές συχνότητες μας είναι ήδη γνωστές (είναι οι αριθμοί των μαθητών και των μαθητριών που εμπίπτουν σε καθένα από τα τρία επίπεδα επίδοσης. Οι αναμενόμενες συχνότητες όμως πρέπει να υπολογιστούν από τους συνολικούς αριθμούς συμμετεχόντων και από τους συνολικούς αριθμούς κάθε επιπέδου επίδοσης.

Επίδοση	Φύλο		Σύνολο
	Αγόρι	Κορίτσι	
ΧΑΜΗΛΗ	4	6	10
ΜΕΤΡΑ	10	10	20
ΥΨΗΛΗ	5	4	9
<b>Σύνολο</b>	19	20	39

**Πίνακας 6.54:** Η επίδοση των μαθητών και των μαθητριών

Εφαρμόζοντας το στατιστικό κριτήριο  $\chi^2$  στα δεδομένα μας, πήραμε τον επόμενο πίνακα αποτελεσμάτων (πίνακας 6.55):

	Τιμές	Βαθμοί ελευθερίας (df)	Δίπλευρη σημαντικότητα
Pearson Chi-Square ( $\chi^2$ )	0.486 <sup>a</sup>	2	0.784

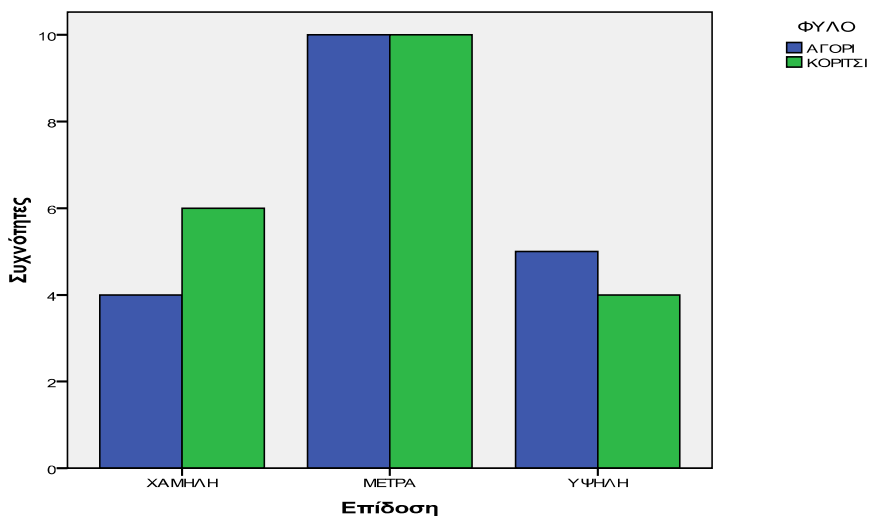
a. 2 cells (33,30%) have expected count less than 5. The minimum expected count is 5.38,

(2 κελιά [33.30%] έχουν αναμενόμενη συχνότητα μικρότερη από 5. Η ελάχιστη αναμενόμενη συχνότητα είναι 5.38).

**Πίνακας 6.55:** Συσχέτιση επίδοσης - φύλου

Στον παραπάνω πίνακα βλέπουμε την τιμή  $\chi^2$  του Pearson (0.486), τους βαθμούς ελευθερίας (2) και τη δίπλευρη σημαντικότητα (0.784). Καθώς αυτή η τιμή είναι μεγαλύτερη από το επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας 0.05, το  $\chi^2$  είναι ασήμαντο, δηλαδή δεν μπορεί να απορριφθεί η μηδενική υπόθεση (Howitt & Cramer 2008). Μπορούμε λοιπόν να πούμε ότι 'Δεν υπήρξε καμιά σημαντική συσχέτιση μεταξύ φύλου και επίδοσης, οι μεταβλητές είναι ανεξάρτητες μεταξύ τους' ( $\chi^2 = 0.486$ ,  $DF = 2$ ,  $p = 0.784$ ).

Στο παρακάτω ραβδόγραμμα του σχήματος 6.16 αποτυπώνεται το συμπέρασμα αυτό με εμφανή τρόπο.



**Σχήμα 6.16:** Συσχέτιση επίδοσης φύλου

Παρατηρούμε ότι η επίδοση δεν διαφέρει μεταξύ των αγοριών και κοριτσιών. Ο ίδιος αριθμός αγοριών και κοριτσιών είχαν μέτρια επίδοση, ενώ στις δυο άλλες κατηγορίες επίδοσης (χαμηλή και υψηλή), η διαφορά ήταν στατιστικά ασήμαντη.

### 6.5.2 Η συνάφεια της επίδοσης με το σχολείο φοίτησης

Στην ενότητα αυτή θα εξετάσουμε την ύπαρξη συνάφειας μεταξύ της επίδοσης των μαθητών/τριών και του σχολείου φοίτησής τους. Θα ελέγξουμε δηλαδή αν η επίδοση όπως καταγράφηκε στα ερωτηματολόγια διαφέρει μεταξύ των φοιτούντων σ' ένα σχολείο της αστικής περιοχής των Πατρών και σ' ένα σχολείο της ημιαστικής περιοχής των Βραχνεϊκών.

Εργαζόμενοι με τρόπο ανάλογο προς την προηγούμενη ενότητα 6.5.1, κάνουμε την κατηγοριοποίηση της επίδοσης των μαθητών/τριών σε τρεις κατηγορίες ( χαμηλή , μέτρια, υψηλή), με τον τρόπο που αναλύουμε στην ενότητα 5.5.

Στον πίνακα σύμπτωσης ή συνάφειας (contingency table) που ακολουθεί (πίνακας 6.52) παρουσιάζονται οι συχνότητες των φοιτούντων σε κάθε σχολείο που ανήκουν σε κάθε κατηγορία επίδοσης. Οι πραγματικές συχνότητες μας είναι ήδη γνωστές (είναι οι αριθμοί των μαθητών/τριών που εμπίπτουν σε καθένα από τα τρία επίπεδα επίδοσης). Οι αναμενόμενες συχνότητες όμως πρέπει να υπολογιστούν από τους συνολικούς αριθμούς συμμετεχόντων και από τους συνολικούς αριθμούς κάθε επιπέδου επίδοσης.

Επίδοση	Σχολείο φοίτησης		Σύνολο
	Πάτρα	Βραχνεϊκά	
ΧΑΜΗΛΗ	4	6	10
ΜΕΤΡΑ	11	9	20
ΥΨΗΛΗ	5	4	9
<b>Σύνολο</b>	20	19	39

**Πίνακας 6.56:** Η επίδοση των μαθητών/τριών σε σχέση με το σχολείο φοίτησης

Χρησιμοποιήσαμε το στατιστικό κριτήριο  $\chi^2$  προκειμένου να διερευνήσουμε την πιθανότητα της συσχέτισης της επίδοσης με το σχολείο φοίτησης των μαθητών/τριών. Το στατιστικό κριτήριο  $\chi^2$  αντανάκλα το μέγεθος των διαφορών μεταξύ των πραγματικών και των αναμενόμενων συχνοτήτων. Όσο μεγαλύτερη είναι αυτή η διαφορά, τόσο πιθανότερο είναι να προκύψει στατιστικά σημαντικό αποτέλεσμα (Ρούσος & Τσαούσης, 2002). Προτού προχωρήσουμε στον υπολογισμό του  $\chi^2$  με το στατιστικό πρόγραμμα SPSS, διατυπώσαμε τις υποθέσεις μας:



**Μηδενική υπόθεση:** Οι δυο μεταβλητές (σχολείο φοίτησης και επίδοση) είναι ανεξάρτητες μεταξύ τους. Με άλλα λόγια τα ποσοστά των μαθητών/τριών με χαμηλή, μέτρια και υψηλή επίδοση θα είναι ίσα και στα δυο σχολεία

**Εναλλακτική υπόθεση:** Οι δυο μεταβλητές (σχολείο φοίτησης και επίδοση) είναι εξαρτημένες (σχετίζονται μεταξύ τους). Δηλαδή τα ποσοστά των μαθητών/τριών με χαμηλή, μέτρια και υψηλή επίδοση θα είναι διαφορετικά στα δυο σχολεία.

Εφαρμόζοντας το στατιστικό κριτήριο  $\chi^2$  στα δεδομένα μας, πήραμε τον επόμενο πίνακα αποτελεσμάτων.

	Τιμές	Βαθμοί ελευθερίας (df)	Δίπλευρη σημαντικότητα
Pearson Chi-Square ( $\chi^2$ )	0.686 <sup>a</sup>	2	0.710

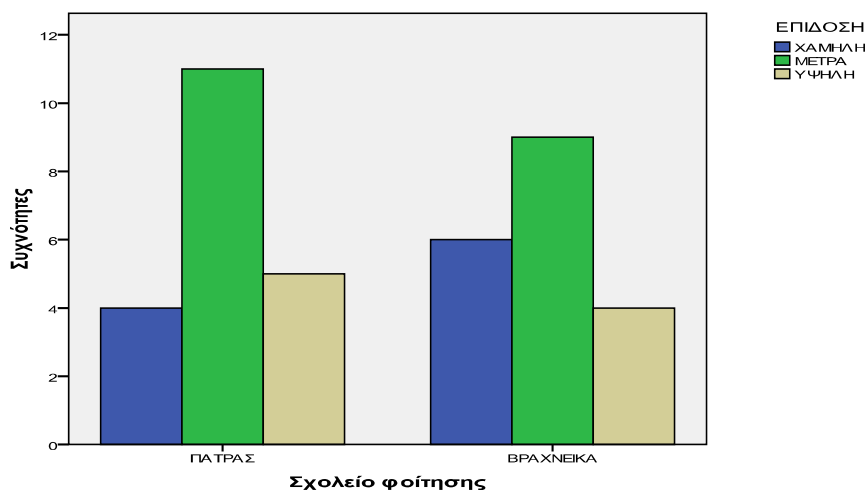
a. 2 cells (33,30%) have expected count less than 5. The minimum expected count is 5.38,

(2 κελιά [33.30%] έχουν αναμενόμενη συχνότητα μικρότερη από 5. Η ελάχιστη αναμενόμενη συχνότητα είναι 5.38)

**Πίνακας 6.57:** Συσχέτιση επίδοσης – σχολείου φοίτησης

Στον παραπάνω πίνακα 6.57 βλέπουμε την τιμή  $\chi^2$  του Pearson (0.686), τους βαθμούς ελευθερίας (2) και τη δίπλευρη σημαντικότητα (0.710). Καθώς αυτή η τιμή είναι μεγαλύτερη από το επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας 0.05, το  $\chi^2$  είναι ασήμαντο, δηλαδή δεν μπορεί να απορριφθεί η μηδενική υπόθεση. Μπορούμε λοιπόν να πούμε ότι *‘Δεν υπήρξε καμιά σημαντική συσχέτιση μεταξύ σχολείου και επίδοσης, οι μεταβλητές είναι ανεξάρτητες μεταξύ τους ( $\chi^2 = 0.686$ ,  $DF = 2$ ,  $p = 0.710$ )*.

Στο παρακάτω ραβδόγραμμα του σχήματος 6.17 αποτυπώνεται το συμπέρασμα αυτό με πιο εμφανή τρόπο.



**Σχήμα 6.17:** Η επίδοση των μαθητών/τριών σε σχέση με το σχολείο φοίτησης

Παρατηρούμε ότι η επίδοση δεν διαφέρει σημαντικά μεταξύ των μαθητών/τριών των δυο σχολείων. Ο αριθμός των μαθητών/τριών που είχαν μέτρια, χαμηλή ή υψηλή επίδοση στα δυο σχολεία αντίστοιχα, δεν διαφέρει σημαντικά (η διαφορά είναι το πολύ δυο μαθητές/τριες σε κάθε κατηγορία και είναι στατιστικά ασήμαντη).

## 6.6 Συζήτηση

Τα αποτελέσματα του ερωτηματολογίου προελέγχου ανέδειξαν το επίπεδο αναφοράς των νοητικών παραστάσεων των μαθητών /τριών σε σχέση με την έννοια που μας ενδιαφέρει. Έτσι είδαμε ότι κανένας μαθητής/τρια δεν είχε σχηματοποιημένο ένα νοητικό μοντέλο συμβατό με το πρότυπο της ενεργειακής αλυσίδας. Στην πλειοψηφία τους οι μαθητές/τριες εξέφραζαν προενεργειακές νοητικές παραστάσεις με λεκτικές διατυπώσεις που περιλάμβαναν όρους πειραματικών διαδικασιών, γεγονότων και έκαναν χρήση απλού αιτιακού συλλογισμού.

Τα αποτελέσματα του ερωτηματολογίου μετελέγχου ανέδειξαν ότι έχει σημειωθεί μεγάλη πρόοδος στις νοητικές παραστάσεις των μαθητών/τριών μετά τη διδακτική μας παρέμβαση. Στο ερωτηματολόγιο προελέγχου όλοι οι μαθητές/τριες είχαν σημειώσει χαμηλή επίδοση, ενώ στο ερωτηματολόγιο μετελέγχου μόνο το 20% έχουν χαμηλή επίδοση. Οι περισσότεροι μαθητές/τριες, δηλαδή το 80% περίπου έχουν μέτρια ή υψηλή επίδοση.

Εκτελώντας τον έλεγχο Wilcoxon, ως προς την επάρκεια των αιτιολογήσεων που έδωσαν οι μαθητές/τριες στο ερωτηματολόγιο προελέγχου και στο ερωτηματολόγιο μετελέγχου για κάθε μια ερώτηση χωριστά, έδειξε ότι υπάρχει στατιστικά σημαντική μετατόπιση (προσδοκώμενη εξέλιξη) της επάρκειας των αιτιολογήσεων των μαθητών/τριών προς το εννοιολογικό πρότυπο του μοντέλου των ενεργειακών αλυσίδων που εισαγάγαμε με τη διδακτική ακολουθία.

Χρησιμοποιώντας το στατιστικό κριτήριο  $\chi^2$  διερευνήσαμε την πιθανότητα της συσχέτισης της επίδοσης των μαθητών/τριών με το φύλο και το σχολείο φοίτησης. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι δεν υπήρξε καμιά σημαντική συσχέτιση μεταξύ επίδοσης και φύλου ή μεταξύ επίδοσης και σχολείου φοίτησης, οι μεταβλητές είναι ανεξάρτητες μεταξύ τους. Μπορούμε να ισχυριστούμε λοιπόν ότι είναι πολύ πιθανόν, η σημαντική γνωστική πρόοδος των μαθητών/τριών που διαπιστώσαμε, να οφείλεται στη εφαρμογή της διδακτική ακολουθίας.

## Κεφάλαιο 7

### Συμπεράσματα

#### 7.0 Εισαγωγή

Όπως φαίνεται και στην εισαγωγή αυτής της διατριβής, το βασικό πρόβλημα το οποίο πραγματεύεται είναι η διερεύνηση της δυνατότητας να σχεδιασθεί μια ακολουθία διδακτικών δραστηριοτήτων η οποία να οδηγεί μαθητές/τριες της ε' δημοτικού του ελληνικού σχολείου στην οικοδόμηση ποιοτικών και ποσοτικών στοιχείων της έννοιας της ενέργειας για να είναι σε θέση να περιγράφουν και εξηγούν φωτεινά, μηχανικά και θερμικά φαινόμενα που συμβαίνουν σε ένα απλό ηλεκτρικό κύκλωμα στο επίπεδο του σχολικού εργαστηρίου αλλά και τα ίδια φαινόμενα στο επίπεδο του οικιακού ηλεκτρικού κυκλώματος. Στην τελευταία αυτή ενότητα θα επιχειρήσουμε να συνοψίσουμε τα αποτελέσματα αυτής της διερεύνησης με βάση τους στόχους που τέθηκαν και περιγράφηκαν στην ενότητα 2.1. Επίσης, θα προχωρήσουμε και στην αναφορά ορισμένων επιπτώσεων που αυτή μπορεί να έχει στη διδασκαλία και την επιμόρφωση των εκπαιδευτικών.

#### 7.1 Για τους στόχους της έρευνας

Το ερευνητικό πρόβλημα αντιμετωπίστηκε σε τρία επίπεδα: στο επίπεδο της ανάλυσης, στο επίπεδο της σύνθεσης και στο επίπεδο της εφαρμογής. Στο επίπεδο της ανάλυσης (κεφάλαια 2 και 3), αναδείξαμε, κατ' αρχάς, το θεωρητικό ζήτημα του διδακτικού μετασχηματισμού της επιστημονικής γνώσης σε σχολική γνώση και προσπαθήσαμε να δείξουμε ότι, στα πλαίσια αυτού του θεωρητικού πλαισίου, είναι δυνατή η επίλυση του προβλήματος αφού νομιμοποιείται επιστημολογικά η εισαγωγή ποιοτικών στοιχείων φυσικής σε εκπαιδευτικές βαθμίδες στις οποίες είναι σχεδόν αδύνατο να εισαχθούν αφηρημένα ποσοτικά στοιχεία που χαρακτηρίζουν τα εννοιολογικά πλαίσια της φυσικής και ιδιαίτερα εκείνα που σχετίζονται με την έννοια της ενέργειας. Συγχρόνως, δείξαμε ότι είναι δυνατή μια συνδυασμένη ανάλυση της επιστημονικής γνώσης αναφοράς, των νοητικών παραστάσεων των μαθητών/τριών για την ενέργεια και του εκπαιδευτικού περιβάλλοντος εντός του οποίου θα λειτουργούσε η προτεινόμενη σχολική γνώση, η οποία να οδηγήσει σε ένα αυτοσυνεπές σύνολο διδακτικών στόχων, η εφαρμογή των οποίων θα οδηγούσε σε ένα περιεχόμενο διδασκαλίας με τα επιθυμητά χαρακτηριστικά που περιγράφονται στην προηγούμενη ενότητα (κεφάλαιο 4). Πιο συγκεκριμένα, δείξαμε ότι οι μαθητές/τριες αυτής της ηλικίας, παρ' όλο που διατυπώνουν σε γενικές γραμμές αντιλήψεις και έχουν νοητικές παραστάσεις για την ενέργεια οι οποίες είναι ποιοτικά διαφορετικές από τη σχετική επιστημονική γνώση, διαθέτουν ένα μηχανισμό σκέψης, το γραμμικό αιτιακό συλλογισμό, ο οποίος, και από μικρότερες ακόμη ηλικίες, είναι δυνατόν να ενεργοποιηθεί ώστε να παραχθούν προ-ενεργειακές νοητικές παραστά-

σεις για απλά φυσικά φαινόμενα. Προσπαθήσαμε επίσης να δείξουμε ότι οι νοητικές αυτές παραστάσεις είναι κατ' αρχήν συμβατές με το εννοιολογικό πλαίσιο της μακροσκοπικής θερμοδυναμικής, και ιδιαίτερα με μια διδακτικά μετασηματισμένη μορφή του, του μοντέλου των ενεργειακών αλυσίδων. Από την ανάλυση του ισχύοντος προγράμματος σπουδών έγινε φανερό ότι εισάγεται ένα γενικόλογό πλαίσιο μετατροπών ενέργειας που έχει ως πεδίο εφαρμογής το σύνολο των φαινομένων. Ουσιαστικά πρόκειται για περιγραφή του φυσικού κόσμου με μια περισσότερο τυπική γλώσσα χωρίς να έχει τις ιδιότητες ενός εξηγητικού μοντέλου. Αντίθετα, η ανάλυση έδειξε, ότι το μοντέλο των ενεργειακών αλυσίδων είναι όχι μόνο συμβατό με ορισμένες αρχικές ιδέες των μαθητών/τριών αλλά και με τον τύπο εξήγησης που απαιτείται όταν το φαινομενολογικό πεδίο εφαρμογής του μοντέλου είναι φαινόμενα και ζητήματα καθημερινής ζωής (οικιακή ενεργειακή 'κατανάλωση', εξοικονόμηση ενέργειας κλπ), που θα αποτελούσαν ένα εκ των σημαντικών στοιχείων του εκπαιδευτικού περιβάλλοντος εντός του οποίου θα λειτουργούσε η διδακτική ακολουθία.

Στο επίπεδο της σύνθεσης, δείξαμε ότι είναι δυνατός ο σχεδιασμός μια ακολουθίας ενοτήτων με βάση τους γνωστικούς σκοπούς που διατυπώθηκαν ως αποτέλεσμα της συνδυασμένης ανάλυσης που προηγήθηκε. Πιο συγκεκριμένα, αναπτύξαμε επιχειρήματα για να τεκμηριώσουμε ότι η ακολουθία για να είναι δυνατόν να οδηγήσει μαθητές/τριες αυτής της ηλικίας στο να οικοδομήσουν ένα ημι-ποσοτικό ενεργειακό μοντέλο θα πρέπει να βασίζεται (α) στην 'καινοτομική' αντίληψη για το πρόγραμμα σπουδών των φυσικών επιστημών, σύμφωνα με την οποία οι μαθητές/τριες πραγματεύονται τις διάφορες πτυχές ενός μοναδικού εννοιολογικού πεδίου, μέσω της διαδικασίας της 'δραστηριότητας-προβλήματος' κατά την οποία οδηγούνται να εξηγήσουν φυσικές καταστάσεις στο εργαστήριο και στην καθημερινή ζωή (οικιακές δραστηριότητες), και (β) στην 'εποικοδομητική' αντίληψη για το πρόγραμμα σπουδών των φυσικών επιστημών σύμφωνα με την οποία στο σχεδιασμό των διδακτικών δραστηριοτήτων λαμβάνονται υπ' όψιν οι πρότερες νοητικές παραστάσεις των μαθητών/τριών με γνώμονα την εξέλιξη αυτών των παραστάσεων προς την κατεύθυνση του επιθυμητού εννοιολογικού μοντέλου.

Στο επίπεδο της εφαρμογής επιχειρήθηκε να ελεγχθούν μια σειρά από λειτουργικές υποθέσεις οι οποίες με τη σειρά τους θα επιβεβαίωναν ή θα διέψευδαν τη γενική υπόθεση που διατυπώθηκε στο επίπεδο της σύνθεσης. Οι υποθέσεις αυτές ήσαν οι εξής:

(α) *Η μεγάλη πλειοψηφία των μαθητών/τριών που λαμβάνουν μέρος στην έρευνα διαθέτουν, πριν από την διδακτική παρέμβαση, προ-ενεργειακές νοητικές παραστάσεις (συγκεκριμένα, τις παραστάσεις 'λειτουργίας' και 'διανομής'), δηλαδή, ποιοτικές εξηγήσεις για τα φαινόμενα του προτεινόμενου φαινομενολογικού πεδίου, οι οποίες είναι σε ένα πρώτο επίπεδο συμβατές με την*

*προτεινόμενη σχολική γνώση.* Τα αποτελέσματα του ερωτηματολογίου προελέγχου επιβεβαιώνουν ως ένα βαθμό αυτή την υπόθεση αυτή. Πιο συγκεκριμένα, στις ερωτήσεις που αναφέρονται σε μια ποιοτική ή ημι-ποσοτική εξήγηση των διαφόρων φαινομένων το ποσοστό των μαθητών/τριών που απαντά χρησιμοποιώντας ένα προ-ενεργειακό συλλογισμό (κυρίως τον συλλογισμό 'λειτουργίας') είναι σχετικά υψηλός (από 40% έως 80% περίπου) εκτός από την ερώτηση 4. Πιθανόν τα χαμηλά ποσοστά στην ερώτηση αυτή να οφείλονται στην άγνωστη για τους μαθητές/τριες φαινομενολογία του ερωτήματος. Στις ερωτήσεις όμως οι οποίες αναφέρονται σε ποσότητες ή μονάδες μέτρησης ενεργειακών μεγεθών, το ποσοστό αυτό μειώνεται σημαντικά. Τα αποτελέσματα αυτά επιβεβαιώνουν την υπόθεση ότι μαθητές/τριες διαφόρων ηλικιών χρησιμοποιούν αυθόρμητα συλλογισμούς όπου αναγνωρίζουν σε ένα απλό ηλεκτρικό κύκλωμα ως αιτία διαφόρων φαινομένων την μπαταρία, ενώ ορισμένοι αναγνωρίζουν και ένα ενδιάμεσο παράγοντα ο οποίος συνδέει την αρχική αιτία με το τελικό αποτέλεσμα. Ο τελευταίος αυτός συλλογισμός, ο οποίος στη βιβλιογραφία αναφέρεται ως 'μεταβιβαστική σκέψη' ('transitive thought') (Ravanis, Paramichael & Koulaïdis, 2002), αποτέλεσε το βασικό εννοιολογικό στόχο της πρώτης ενότητας διδακτικών δραστηριοτήτων. Η διατύπωση αυθόρμητων αιτιακών συλλογισμών από αρκετούς μαθητές/τριες θεωρήθηκε ότι θα συνέβαλλε στην πραγματοποίηση του στόχου αυτού. Τα αποτελέσματα του ερωτηματολογίου έδειξαν επίσης ότι το βασικό διακύβευμα της διδασκαλίας ήταν η μετακίνηση των όποιων προ-ενεργειακών νοητικών παραστάσεων των μαθητών/τριών προς ποσοτικές ενεργειακές νοητικές παραστάσεις. Οι έρευνες που διερευνούν την ποσοτική διάσταση της έννοιας της ενέργειας και ιδιαίτερα τη σχέση αυτής της διάστασης με τη μέτρηση της ενέργειας σε αυτές τις ηλικίες είναι ελάχιστες (Heron, Michelini & Stefanel, 2008), ενώ δεν μπορέσαμε να εντοπίσουμε έρευνες που να έχουν ως κεντρικό ερώτημα τη διερεύνηση της μετακίνησης των μαθητών/τριών προς αυτή την κατεύθυνση.

(β) *Η μεγάλη πλειοψηφία των μαθητών/τριών που λαμβάνουν μέρος στην έρευνα, μετά την διδακτική παρέμβαση, εξελίσσει τις προ-ενεργειακές παραστάσεις σε νοητικές παραστάσεις που αντιστοιχούν στο μοντέλο των ενεργειακών αλυσίδων και οι μαθητές/τριες αυτοί είναι ικανοί να το εφαρμόζουν τόσο σε καταστάσεις εργαστηρίου όσο και σε καταστάσεις καθημερινής ζωής.* Τα αποτελέσματα του ερωτηματολογίου μετελέγχου επιβεβαιώνουν εν μέρει την υπόθεση αυτή. Στις ερωτήσεις που αντιστοιχούν στην πρώτη ενότητα ερωτήσεων, μεγάλα ποσοστά μαθητών/τριών εκφράζουν εξηγήσεις που αντιστοιχούν σε μια πλήρη και σωστή διατύπωση του μοντέλου των ενεργειακών αλυσίδων. Αυτό σημαίνει ότι για πολλούς μαθητές/τριες οι προ-ενεργειακές νοητικές παραστάσεις που εκφράστηκαν αυθόρμητα ή οικοδομήθηκαν κατά τη διάρκεια της πρώτης ενότητας μετασηματισθήκαν από την πλειοψηφία των μαθητών/τριών σε ποιοτικές γραμμικές

αιτιακές ενεργειακές εξηγήσεις. Ουσιαστικά πρόκειται για την επιβεβαίωση ανάλογης συμπεριφοράς σε μικρότερες ηλικίες (Κολιόπουλος & Αργυροπούλου, 2011). Συγχρόνως, παρατηρήθηκαν πλειοψηφικά ποσοστά σε όλες εκείνες τις ερωτήσεις που απαιτούσαν τη χρήση της έννοιας 'ποσότητα ενέργειας' (ερωτήσεις 3, 6, 7 και 9). Εξάιρεση αποτελεί πάλι η ερώτηση 4 η οποία συνεχίζει να έχει χαμηλότερα ποσοστά και στο μετέλεγχο. Τα μεγάλα ποσοστά που εμφανίζει η ερώτηση 9, η οποία αναφέρεται στο σχεδιασμό της λειτουργίας ενός σύνθετου φυσικού συστήματος, ισχυροποιούν τα παραπάνω αποτελέσματα, ενώ ταυτόχρονα επιβεβαιώνουν τόσο την καταλληλότητα του τυπικού κώδικα του μοντέλου των ενεργειακών αλυσίδων εξαιτίας της δυνατότητάς του να αναπαρασταθεί γραφικά, όσο και τη δυνατότητα των μαθητών/τριών να χρησιμοποιούν με σχετική ευκολία αυτόν τον τύπο της σχηματικής αναπαράστασης (Stylianidou, Ormerod & Ogborn, 2002; Ametller & Pinto, 2002; Κολιόπουλος, 2006β). Μικρότερα όμως ποσοστά συμβατών προς το μοντέλο των ενεργειακών αλυσίδων εμφανίζονται στις ερωτήσεις εκείνες που απαιτούν μια εξήγηση με όρους 'παροχής ενέργειας' (ισχύος). Φαίνεται, και ιδιαίτερα από τα πολύ χαμηλά ποσοστά της ερώτησης 8 ότι οι μαθητές/τριες δεν έχουν διαφοροποιήσει τις δύο εκφάνσεις της ποσοτικής διάστασης της έννοιας της ενέργειας, αλλά χρησιμοποιούν μια αδιαφοροποίητη ποσοτική έννοια για να εκφράσουν είτε ισχυρότερα φαινόμενα (ισχυρότερη λάμψη, γρηγορότερη κίνηση κλπ), είτε να ερμηνεύσουν την ταχύτητα κίνησης του ρολογιού της ΔΕΗ ή ακόμη να εξηγήσουν τον όρο watt. Οι δυσκολίες αυτής της διαφοροποίησης έχουν αναφερθεί στη βιβλιογραφία, αλλά πάντοτε σε υψηλότερα εκπαιδευτικά επίπεδα (Καριώτογλου & Κολιόπουλος, 1993; Bécu-Robinault, 1997). Είναι βεβαίως επισφαλές να ισχυρισθούμε ότι αυτά είναι τα όρια της οικοδόμησης ενός ποσοτικού μοντέλου για την ενέργεια από μαθητές/τριες της ε' δημοτικού αν δεν προβούμε σε περαιτέρω διερεύνηση της δυνατότητας να σχεδιασθεί μια ακολουθία διδακτικών δραστηριοτήτων με αυτόν ακριβώς τον στόχο.

*(γ) Η επίδοση των μαθητών/τριών ως αποτέλεσμα της προτεινόμενης διδακτικής ακολουθίας είναι ικανοποιητική και ανεξάρτητη από το φύλο και το σχολείο φοίτησης των μαθητών/τριών.* Τα αποτελέσματα της στατιστικής ανάλυσης που ακολούθησε την ανάλυση των απαντήσεων και αιτιολογήσεων των μαθητών /τριών στα ερωτηματολόγια προελέγχου και μετελέγχου επιβεβαίωσαν πλήρως την συγκεκριμένη υπόθεση. Χρησιμοποιήθηκαν τρεις στατιστικοί έλεγχοι: με τον έλεγχο Wilcoxon διαπιστώθηκε ότι σε όλες τις ερωτήσεις σημειώθηκε στατιστικά σημαντική μετακίνηση των μαθητών/τριών προς μέτριες ή επαρκείς εξηγήσεις, κάτι που δηλώνει ότι την αποτελεσματικότητα της προταθείσης διδακτικής ακολουθίας. Βεβαίως η διατριβή δεν έθεσε και γι αυτό απαντά μόνο εμμέσως στο ερώτημα πως και κάτω από ποιες διδακτικές συνθήκες οι μαθητές/τριες μετακινήθηκαν προς τις επαρκείς εξηγήσεις. Ασφαλώς μια διαφορετική μεθοδολογία ή

οποία θα περιελάμβανε παρατήρηση τάξης και παρατήρηση ομάδων θα μπορούσε να δώσει ακριβείς απαντήσεις στο ερώτημα αυτό. Η τρίτη υπόθεση αποσκοπεί ακριβώς στο να τεκμηριώσει εμμέσως το επιχείρημα ότι η μετακίνηση των μαθητών/τριών σε μέτριες και επαρκείς εξηγήσεις οφείλεται κατά κύριο λόγο στη δομή και το περιεχόμενο της διδακτικής ακολουθίας ή οποία, όπως φαίνεται και από τα πρωτόκολλα έρευνας (βλ. παράρτημα 2) συνδέει οργανικά σε όλες τις ενότητες τις διδακτικές δράσεις με τα αναμενόμενα μαθησιακά αποτελέσματα (Tiberghien, 1997). Οι δύο άλλοι έλεγχοι ήσαν έλεγχοι συνάφειας οι οποίοι έδειξαν ότι η επίδοση των μαθητών/τριών είναι ανεξάρτητη του φύλου και, κυρίως, του σχολείου φοίτησης.

Όπως ήδη έχουμε αναφέρει η συγκεκριμένη έρευνα ανήκει στις έρευνες εφικτότητας (Astolfi, 1993; Κολιόπουλος, 1997) οι οποίες διερευνούν την δυνατότητα και μόνο οι μαθητές/τριες να οικοδομούν εννοιολογικά μοντέλα ως αποτέλεσμα της έκθεσής τους σε μια διδακτική παρέμβαση. Δεν πρόκειται, δηλαδή, για έρευνα η οποία εξετάζει εφαρμογή διδασκαλιών σε μεγάλα δείγματα μαθητών/τριών. Υπό αυτή την έννοια, θεωρούμε ότι οι ερευνητικοί στόχοι της διατριβής επετεύχθησαν στο ακέραιο.

## **7.2 Για τις επιπτώσεις της έρευνας στην διδασκαλία και την επιμόρφωση εκπαιδευτικών**

Μια σημαντική επίπτωση που μπορεί να έχουν οι έρευνες εφικτότητας στη διδασκαλία είναι ότι το προτεινόμενο περιεχόμενο της διδακτικής ακολουθίας στις οποίες αναφέρονται είναι άμεσα αξιοποιήσιμο στη διδασκαλία, δηλαδή, αν εξασφαλιστούν οι κατάλληλες συνθήκες μπορεί να μετατραπεί σε αντικείμενο διδασκαλίας. Στην προκειμένη περίπτωση το ερωτηματολόγιο και τα φύλλα εργασίας που παρουσιάζονται στα παραρτήματα 3 και 4 αποτελούν τη βάση για μια εφαρμογή της προτεινόμενης διδακτικής παρέμβασης σε ευρεία κλίμακα. Η εφαρμογή της διδακτικής ακολουθίας σε πραγματικές τάξεις, για ερευνητικούς λόγους (επίπεδο εφαρμογής), έδειξε ότι μπορεί να υλοποιηθεί αρκεί ο εκπαιδευτικός, να έχει την κατάλληλη κατάρτιση και ειδική επιμόρφωση κατά την οποία να μπορεί να εξοικειωθεί με το περιεχόμενο του διδακτικού υλικού και τη μέθοδο διδασκαλίας (Pinto, 2002). Ο μετασχηματισμός διδακτικών ακολουθιών που έχουν παραχθεί σε ερευνητικές συνθήκες σε διδακτικές ακολουθίες ευρείας κλίμακας δεν είναι εύκολη υπόθεση και προϋποθέτει ειδικές μεθόδους επιμόρφωσης (Kanderakis, Dossis & Koliopoulos, 2011), ενώ μπορεί να αποτελέσει και ο ίδιος αντικείμενο έρευνας στα πλαίσια της Διδακτικής των φυσικών επιστημών.

### 7.3 Προτάσεις για περαιτέρω έρευνα

Η ενδεχόμενη εφαρμογή των πορισμάτων μιας έρευνας σαν και αυτής που πραγματοποιήθηκε εδώ, τροφοδοτεί με τη σειρά της σκέψεις για επέκταση των επιδιώξεων της έρευνας. Μια ενδιαφέρουσα επέκταση της έρευνάς μας θα ήταν η διερεύνηση της εισαγωγής του μοντέλου των ενεργειακών αλυσίδων και των γνωστικών ορίων των μαθητών/τριών σε σχέση με αυτό σε όλο το φάσμα της εκπαίδευσης, δηλαδή από την προσχολική εκπαίδευση μέχρι το τέλος της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης. Παρόμοιες προτάσεις έχουν ήδη διατυπωθεί διεθνώς (Colonese et al, 2012) ή στην Ελλάδα (Ομάδα 'Ενέργεια στην Εκπαίδευση'). Οι προτάσεις αυτές εντάσσονται στα πλαίσια αντιλήψεων οι οποίες θεωρούν ότι η ενέργεια είναι ένα θέμα ή 'βασική ιδέα' το οποίο μπορεί να αποτελέσει οργανωτική αρχή του προγράμματος σπουδών για τις φυσικές επιστήμες (Κολιόπουλος, 1997; Harlen, 2010). Όμως η έρευνα θα μπορούσε όχι μόνο να διευρυνθεί προς το ευρύ σχολικό κοινό αλλά να εξειδικευθεί και προς τη διερεύνηση των γνωστικών δυνατοτήτων παιδιών με μαθησιακές και άλλες δυσκολίες απ' όπου θα αντλούσαμε πολύ ενδιαφέροντα συμπεράσματα για το είδος των τροποποιήσεων που πρέπει να υποστεί η διδακτική ακολουθία ώστε να προσαρμοσθεί σε αυτές τις δυνατότητες (Κακός, 2010). Τέλος, όπως επισημάνθηκε και στην προηγούμενη ενότητα, η έρευνα θα πρέπει να συμπληρωθεί με άλλες μεθοδολογικές στρατηγικές και τεχνικές οι οποίες θα αναδείξουν τις πραγματικές αλληλεπιδράσεις μαθητών/τριών - εκπαιδευτικού-αντικείμενου διδασκαλίας οι οποίες οδηγούν παιδιά τόσο μικρής ηλικίας στην οικοδόμηση προ-ενεργειακών και ενεργειακών εννοιών, όπως στην παρούσα εργασία.

Οι παραπάνω προτάσεις αποτελούν ένα μικρό μέρος ενός συνόλου δυνατοτήτων έρευνας σχετικά με την έννοια της ενέργειας. Εξ' αιτίας της ειδικής βαρύτητας που έχει η έννοια της ενέργειας στην επιστήμη, στην τεχνολογία και στην κοινωνικοοικονομική ζωή, αφού παρέχει ένα σημαντικό κλειδί για την κατανόηση του τρόπου που συμβαίνουν τα πράγματα στο φυσικό, βιολογικό και τεχνολογικό κόσμο, το ενδιαφέρον των ερευνητών θα εξακολουθήσει να είναι αμείωτο και οι ερευνητικές προσπάθειες του διδακτικού μετασχηματισμού, της μάθησης και της διδασκαλίας της έννοιας της ενέργειας θα συνεχιστούν και θα επιφέρουν σημαντικά και χρήσιμα αποτελέσματα.



## Βιβλιογραφία

- Αποστολάκης, Ε. κ. ά. (2006). *Ερευνώ και ανακαλύπτω, Φυσικά Ε΄ Δημοτικού, Τετράδιο Εργασιών - Βιβλίο Μαθητή*, Αθήνα: ΟΕΔΒ.
- Αποστολάκης, Ε. κ.ά. (2006). *Ερευνώ και ανακαλύπτω, Φυσικά ΣΤ΄ Δημοτικού, Τετράδιο Εργασιών - Βιβλίο Μαθητή*, Αθήνα: ΟΕΔΒ.
- Αποστολάκης, Ε., Καλκάνης κ. ά. (2006). *Ερευνώ και ανακαλύπτω, Βιβλίο Δασκάλου Ε΄ Δημοτικού*, Αθήνα: ΟΕΔΒ.
- Αποστολάκης, Ε. κ. ά. (2006). *Ερευνώ και ανακαλύπτω, Βιβλίο Δασκάλου Στ΄ Δημοτικού*, Αθήνα: ΟΕΔΒ.
- Agabra J. et al. (1979a). *Sciences Physiques, Collection Livres Parcours*, Hachette.
- Amettler, J. & Pinto, R. (2002). Students' reading of innovative images of energy at secondary school level. *International Journal of Science Education*, 24 (3), 285-312.
- Arapaki, X. & Koliopoulos, D. (2010). Popularization and teaching of the relationship between visual arts and natural sciences: historical, philosophical and didactical dimensions of the problem. *Science & Education*, 20, 7, 797-803.
- Anderson, B. (1986). The experiential gestalt of causation. A common core to pupils' preconceptions in science. *European Journal of Science Education*, 8, 2, 155-171.
- Antoine, M. (1982). Le niveau qualitatif dans l'initiation aux sciences physiques. *Bulletin de l'Union des Physiciens*, 643, 783-796.
- Arons, B. (1992). *Οδηγός διδασκαλίας της φυσικής*. Αθήνα: Τροχαλία.
- Arsac, G., Develay, M. & Tiberghien, A. (1989). *La transposition didactique en mathematiques, en physique, en biologie*. Lyon. IREM-LIRDIS.
- Astolfi, J. (1993). Trois paradigmes pour la recherche en didactique. *Revue Française de Pédagogie*, 103, 5-18.
- Ault, C.R., Novak, J.D., & Gowin, D.B. (1988). Constructing vee maps for clinical interviews on energy concepts. *Science Education* 72 (4), 515-545.
- Βοσνιάδου, Σ. & Brewer, W. (1992). Θεωρίες αναδιοργάνωσης της γνώσης. Στο Σ. Βοσνιάδου, *Κείμενα Εξελικτικής Ψυχολογίας. Σκέψη*. Αθήνα: Gutenberg, 124-148.
- Barbetta, M., Loria, A., Mascellani, V., & Michellini, M. (1984). An investigation on students' frameworks about motion and the concepts of force and energy. In P. Lijnse (Ed.), *Early Tertiary Education, Proceedings of a Conference on Physics*, 20-25.
- Bécu-Robinault, K. (1997). Expérience et activités de modélisation de l'apprenant : introduction expérimentale du concept de puissance, *Didaskalia*, 11, 7-37.
- Bernstein, B. (1991). *Παιδαγωγικοί κώδικες και κοινωνικός έλεγχος*. Αθήνα: Εκδόσεις Αλεξάνδρεια.
- Bliss, J. & Ogborn, J. (1985). Children's choices of uses of energy. *European Journal of Science Education*, 7 (2), 195-203.

- Boyes, E. & Stanisstreet, M. (1990). Pupils' ideas concerning energy sources. *International Journal of Science Education*, 12(5), 513-529.
- Brook, A., & Driver, R. (1984). Aspects of secondary students' understanding of energy. Full report. University of Leeds.
- Brook, A. (1985). Children's understanding of ideas about energy: a review of the literature. In R. Driver & R. Millar (Eds) *Energy Matters*. University of Leeds, 33-45.
- Γιαλαμάς, Β. (2005). Στατιστικές τεχνικές και εφαρμογές στις επιστήμες της αγωγής. Αθήνα, Εκδόσεις Πατάκη.
- Carr, M. & Kirkwood, V. (1988). Teaching and learning in New Zealand secondary school junior science classrooms. *Physics Education*, 23, 86-91.
- Chevallard, Y. (1985). *La transposition didactique*. La Pensée Sauvage
- Coelho, R. (2007). On the Concept of Energy: How Understanding its History can Improve Physics Teaching Science & Education, 18(8), 961-983.
- Cohen, L. & Manion, L. (1997). *Μεθοδολογία εκπαιδευτικής έρευνας*, Αθήνα: Μεταίχιμο.
- Colonnese, D., Heron, P., Michelini, M., Santi, L. & Stefanel, A. (2012). A vertical pathway for teaching and learning the concept of energy. *Review of Science, Mathematics and ICT Education*, 6(1), 21-50.
- Curriculum framework for ACT schools, (2007). Διαθέσιμο στην ιστοσελίδα:  
[http://www.det.act.gov.au/teaching\\_and\\_learning/curriculum\\_programs](http://www.det.act.gov.au/teaching_and_learning/curriculum_programs)
- Δελέγκος, Ν. (2005). Η αναπλαισίωση της επιστημονικής γνώσης στα σχολικά εγχειρίδια των Φυσικών Επιστημών και η περιχάραξη των επικοινωνιακών σχέσεων του 'διπόλου' βιβλίο – μαθητής: Η περίπτωση του σχολικού εγχειριδίου της Φυσικής Β' Γυμνασίου. *Σύγχρονη εκπαίδευση*, 140, 94-108.
- Δελέγκος, Ν. (2006). Ανάλυση των σχολικών εγχειριδίων των φυσικών επιστημών του δημοτικού σχολείου: η περίπτωση της έννοιας της ενέργειας. Στο Ε. Σταυρίδου (Επιμ.) *Διδακτική των Φυσικών Επιστημών: Μέθοδοι και τεχνολογίες μάθησης*. Εκδόσεις Νέων Τεχνολογιών, 125-132.
- De Berg, C. (1997). The development of the concept of work: A case where History can inform Pedagogy. *Science & Education* 6, 511-527.
- Develay, M. (1992). *De l'apprentissage à l'enseignement. Pour une épistémologie scolaire*. ESF Editeur
- Devi, R., Tiberghien, A., Baker, M., & Brna, P. (1996). Modelling students' construction of energy models in physics. *Instructional Science*, 24, 259-293.
- Domenech, J., Gil-Perez, D., Gras-Marti, A., Martinez-Torregrosa, J., Guisasola, G., Salinas, J., Trumper, R., Valdes, P. & Vilches A. (2007). Teaching of Energy Issues: A Debate Proposal for a Global Reorientation. *Science & Education* 16, 43-64.
- Driver, R., & Millar, R. (1986). *Energy matters*. University of Leeds.
- Driver, P. (1989). Students' conceptions and the learning of science. *International Journal of Science Education*, 11, 5, 481-490.

- Driver, R., Squires, A., Rushworth, P., & Wood-Robinson, V. (2000). *Οικο-δομώντας τις έννοιες των φυσικών επιστημών*, Αθήνα: Τυπωθήτω
- Duit, R. (1986). In Search of an Energy Concept. In Driver R. & Millar R. (eds) *Energy Matters*, University of Leeds, Leeds, 67-101.
- Duit, R. & Haeussler, P. (1994). Learning and teaching energy. In P. Fensham, R. Gunstone & R. White (Eds.) *The content of science*. The Falmer press, 185-200.
- Feynman, R., Leighton, R., & Sands, M. (1963). *The Feynman Lectures on Physics, Mainly Mechanics, Radiation and Heat vol. I*, Addison-Wesley, Reading, MA.
- Gailiunas, P. (1988). Is Energy a Thing? Some misleading aspects of scientific language. *School Science Review* 69, 587-590.
- Gayford, G. (1986). Some aspects of the problems of teaching about energy in school biology. *European Journal of Science Education*, 8(4), 443-450.
- Gilbert, C, & Pope, M. (1982). Schoolchildren discussing energy. Internal report IED University of Surrey.
- Gil Perez, D., & Carrascosa, J. (1985). Science Learning as a conceptual and methodological change, *European Journal of Science Education* 7, 231-236.
- Halwachs, F., (1975). La physique du maitre entre la physique du physicien et la physique de l'élève. *Revue Française de Pédagogie*, 33, 19-29.
- Hammer, D., Goldberg, F. & Fargason, S. (2012). Responsive teaching and the beginnings of energy in a third grade classroom. *Review of Science, Mathematics and ICT Education*, 6(1), 51-72.
- Harlen, W. (2010). *Principles and big ideas of Science Education*. London, Association for Science Education.
- Heron P., Michelini M and Stefanel A. (2008). Teaching & learning the concept of energy in primary school. Paper presented in GIREP 2008 International Conference, 11-18 August, Cyprus.
- Hodson, D. (1990). A critical look at practical work in school science. *School Science Review*, 71(256), 33-40.
- Hottecke, D. & Silva, C. (2010). Why Implementing History and Philosophy in School Science Education is a Challenge: An Analysis of Obstacles. *Science & Education*, 20, (3-4), 293-316.
- Howitt, D. & Cramer, D. (2008). *Στατιστική με το SPSS*. Αθήνα: Κλειδάριθμος.
- Intelligent Energy (2009). *Energy Education. Changing their habits in our lifetime*. Project report, no 8. EACI.
- Κακός, Σ. (2010). Η διδασκαλία της ενέργειας σε παιδιά με ειδικές εκπαιδευτικές ανάγκες. Αδημοσίευτη μεταπτυχιακή εργασία. ΤΕΕΑΠΗ Παν/μίου Πατρών.
- Καμίδου, Κ., Σπύρτου, Α. & Καριώτογλου, Π. (2007). Μια επικοινωνιακή προσέγγιση για τη διδασκαλία της ενέργειας στο Δημοτικό Σχολείο: πιλοτική εφαρμογή. Στο Γ. Τσαπαρλής κ.α. (επιμ.), Πρακτικά 5<sup>ου</sup> Πανελληνίου Συνεδρίου «Διδακτική φυσικών επιστημών και νέες τεχνολογίες στην εκπαίδευση». ΠΤΔΕ Πανεπιστημίου Ιωαννίνων, 166-174, Διαθέσιμο στην ιστοσελίδα <http://www.kodipheet.gr>.
- Καριώτογλου, Π. & Κολιόπουλος, Δ. (1993), Το πείραμα στην επικοινωνιακή προσέγγιση της διδασκαλίας και μάθησης της φυσικής: Εφαρμογή στη διδασκαλία της πίεσης και της ενέργειας, Στο Δ. Κολιόπου-

λου (Επιμ.), *Η πειραματική διδασκαλία των φυσικών επιστημών. Πρόταση για ένα επιμορφωτικό πρόγραμμα*, Αθήνα, Εκδόσεις Γ. Πνευματικός, 147-159.

Κόκκοτας, Π. (2003). *Διδακτική των Φυσικών Επιστημών*. Μέρος Β. Αθήνα.

Κολιάδης, Ε. (1997). *Θεωρίες μάθησης και εκπαιδευτική πράξη. Τόμος Γ΄*. Αθήνα.

Κολιόπουλος, Δ. (1997). Επιστημολογικές και διδακτικές διαστάσεις των διαδικασιών συγκρότησης αναλυτικού προγράμματος: Η περίπτωση του διδακτικού μετασχηματισμού και της μάθησης της έννοιας της ενέργειας. Διδακτορική διατριβή, ΤΕΕΑΠΗ Παν/μίου Πατρών.

Κολιόπουλος, Δ. (2001). Σχεδιασμός διδακτικού υλικού για την έννοια της ενέργειας. Στο Β. Κουλαϊδή (επιμ.), *Διδακτική των Φυσικών Επιστημών, τόμος 2*, 217-251, Πάτρα : Ε.Α.Π.

Κολιόπουλος, Δ. (2006α). *Θέματα διδακτικής φυσικών επιστημών*, Αθήνα: Μεταίχιμο.

Κολιόπουλος, Δ. (2006β). Το Εννοιολογικό Πρότυπο των Ενεργειακών Αλυσίδων ως Κατάλληλος Διδακτικός Μετασχηματισμός της Επιστημονικής Γνώσης για την Ενέργεια στην Πρωτοβάθμια και Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση. *Διδακασία των Φυσικών Επιστημών. Έρευνα και Πράξη (Αφιέρωμα στη διδασκαλία της έννοιας της ενέργειας)*, 18,78-83.

Κολιόπουλος, Δ. (2012). Εισαγωγή της Ιστορίας και Φιλοσοφίας των Φυσικών Επιστημών στο πρόγραμμα σπουδών των Φυσικών Επιστημών: Θεωρητικές αφητηρίες και διδακτικές προσεγγίσεις. Στο Μ. Ευαγόρου & Λ. Αβρααμίδου (Επιμ.) *Θεωρητικές και διδακτικές προσεγγίσεις στις φυσικές επιστήμες*. Εκδ. Διάδραση, 28-51

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. Στο Α. Δημητρίου κ.ά. (Επιμ.) *Ψυχολογικές έρευνες στην Ελλάδα. Ανάπτυξη, Μάθηση, και Εκπαίδευση*. Α. Π. Θεσ/νίκης, 79-90.

Κολιόπουλος, Δ. & Ραβάνης, Κ. (1998), Οι επιστημολογικές διαστάσεις του προβλήματος του διδακτικού μετασχηματισμού. Κατασκευάζοντας ένα αναλυτικό πρόγραμμα για τη διδασκαλία της ενέργειας στο γυμνάσιο, *Επιθεώρηση Φυσικής*, 26, 36-46.

Κολιόπουλος, Δ. & Ραβάνης, Κ. (2001). Η συγκρότηση αναλυτικών προγραμμάτων για τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών: Από τον εμπειρισμό στη θεωρία των αναλυτικών προγραμμάτων και τη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών. Στο Π. Κόκκοτας & Ι. Βλάχος (επιμ.), *Η διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών στις αρχές του 21ου αιώνα: Προβλήματα και προοπτικές*. Αθήνα: Γρηγόρης,.

Κολιόπουλος, Δ. & Δελέγκος, Ν. (2008). Η θεματική ενότητα «ενέργεια» στο πρόγραμμα σπουδών και το σχολικό εγχειρίδιο της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης. Στο Π. Κουμαρά & Φ. Σέρογλου (Επιμ.) *Πρακτικά 4ου Συνεδρίου ΕΔΙΦΕ «Αναλυτικά προγράμματα και βιβλία φυσικών επιστημών: Κριτική θεώρηση και προοπτικές»*, Θεσσαλονίκη, Εκδ. Χριστοδουλίδης, 106-114.

Κολιόπουλος, Δ. & Αργυροπούλου, Μ. (2011). Η διδασκαλία της ενέργειας στην α΄ δημοτικού. *Διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών. Έρευνα και Πράξη*, 34/35, 19-39.

- Κοντογιαννάτου, Α. (2009). Προ-ενεργειακές νοητικές παραστάσεις παιδιών προσχολικής ηλικίας. Δημοσίευτη πτυχιακή εργασία. ΤΕΕΑΠΗ Παν/μίου Πατρών.
- Κουζέλης, Γ. (2005). *Ενάντια στα φαινόμενα. Για μια επιστημολογική προσέγγιση της Διδακτικής των Κοινωνικών Επιστημών*. Αθήνα, Νήσος.
- Κουλαϊδής, Β., & Κουζέλης, Γ. (1990). Για την παραδειγματική συγκρότηση της Διδακτικής των φυσικών επιστημών: Μια επιστημολογική προσέγγιση, *Νέα παιδεία*, 53, 151-169.
- Κουλαϊδής, Β. (1995). Επιστήμες της διδακτικής διαμεσολάβησης. Οριοθέτηση και οργάνωση, στο Η.Γ. Μασαγγούρας, *Η εξέλιξη της Διδακτικής. Επιστημολογική θεώρηση*, Αθήνα: Gutenberg, σελ. 407-419.
- Κουλαϊδής, Β. (Επιμ.) (2001α). *Διδακτική των Φυσικών Επιστημών*, Πάτρα : Ε.Α.Π.
- Κουλαϊδής, Β. (2001β). Η επιστημολογική συγκρότηση της επιστημονικής γνώσης. Στο Β. Κουλαϊδή (επιμ.), *Διδακτική των Φυσικών Επιστημών, τόμος Α*, 277-314, Πάτρα : Ε.Α.Π.
- Κουλαϊδής, Β. (2001γ). Υποθετικο-παραγωγική εικόνα της επιστημονικής γνώσης: από την κοινή αντίληψη στη λογική πληρότητα. Στο Β. Κουλαϊδή (επιμ.), *Διδακτική των Φυσικών Επιστημών, τόμος Γ*, 295-314, Πάτρα : Ε.Α.Π.
- Κουλαϊδής, Β. & Τσελφές, Β. (1995). Ενέργεια: μια διερεύνηση των αντιλήψεων των μαθητών με βάση τη χρήση της. *Σύγχρονη Εκπαίδευση*, 80, 84-90.
- Kanderakis, N., Dossis, S.& Koliopoulos, D. (2011). Teachers' conceptions about the implementation of a HPS sequence concerning the movement of a simple pendulum, In F. Seroglou, V. Koulountzos & A. Siatras (Eds.) *Proceedings of the 11<sup>th</sup> International IHPST and 6th Greek History, Philosophy and Science Teaching Joint Conference 'Science and Culture: Promise, Challenge and Demand'*, 394-396, Thessaloniki, Epikentro.
- Kariotoglou, P., Psillos, D. & Tselfes, V. (2003). Modelling the Evolution of Teaching-Learning Sequences: From Discovery to Constructivism. In D. Psillos et al (eds), *Science Education Research in the Knowledge-Based Society*, Kluwer Academic Publishers, 259-268.
- Kirwan, F. (1987) (Ed.). *Energy resources in Science Education*. Pergammon Press.
- Koliopoulos, D. & Tiberghien, A. (1986), *Éléments d'une bibliographie concernant l'enseignement de l'énergie au niveau des collèges*, *Aster, Institut National de Recherche Pédagogique*, 2, 167-178.
- Koliopoulos, D. & Ravanis, K. (1998), *L'enseignement de l'énergie au collège vu par les enseignants. Grille d'analyse de leurs conceptions*, *Aster, Institut National de Recherche Pédagogique*, 26, 165-182.
- 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., Dossis, S. & Stamoulis, E. (2007). The use of history of science texts in teaching science: Two cases of an innovative, constructivist approach, *The Science Education Review*, 6, 2, 44-56.
- 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.

- Koliopoulos, D. & Constantinou, C. (2012). Energy in education, *Review of Science, Mathematics and ICT Education*, 6(1), 3-6.
- Kuhn, T. (1997). Energy conservation as an example of simultaneous discovery. In *The Essential Tension*. The University of Chicago press, 66-104.
- Lehrman, R. (1973). Energy is not the ability to do work. *The Physics Teacher* 11, 15-18.
- Lemeignan, G., & Weil-Barais, A. (1997). *Η οικοδόμηση των εννοιών στη φυσική*, Αθήνα: Τυπωθήτω.
- Lindsay, B. (1975). *Energy. Historical development of the concept*. Dowden. Hutchinson and Ross, Inc.
- Martinand, J-L. (1986). *Connaître et transformer la matière*. Peter Lang.
- Matthews, M. (2007). *Διδάσκοντας φυσικές επιστήμες*, Αθήνα: Επίκεντρο.
- 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.
- Millar, R. (1989). Constructivism criticisms. *International Journal of Science Education*, 11, 587-596.
- Millar, R. (2005). *Teaching about energy*. Department of Educational Studies, University of York.
- National Core Curriculum for Basic Education (2004). Helsinki, Finland (pp. 7 – 23, 36-42, 169-195, 260-269).
- National Curriculum in England for Science, (2000). Διαθέσιμο στην ιστοσελίδα:  
<http://www.education.gov.uk/schools/teachingandlearning/curriculum/primary>
- National Guidelines for Scotland, (2000). Διαθέσιμο στην ιστοσελίδα:  
<http://www.scotland.gov.uk/Topics/Built Environment/Housing/access/nationalstandards>
- Οικονόμου, Ε. (1990). *Η φυσική σήμερα. Τα θεμέλια*, Ηράκλειο: Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης.
- Παπαδούρης, Ν. (2010). Συνδυασμένη ανάπτυξη κατανόησης ενεργειακών μηχανισμών και δεξιοτήτων λήψης απόφασης και η σύνδεσή τους με τη φύση της επιστήμης. Διδακτορική Διατριβή.
- Παπατριανταφύλλου, Κ. (1980). Το ενεργειακό πρόβλημα από την άποψη του φυσικού. Στο *Θεμέλια των Επιστημών* (Συλλογικό έργο). Αθήνα, Gutenberg – ΕΕΦ, 139-155.
- Pinto, J. (2002). Introduction to the Science Teacher Training in an Information Society (STTIS) project. *International Journal of Science Education*, 24(3), 227-234.
- Ραβάνης, Κ. (1995). Από τη γενική διδακτική στη διδακτική των φυσικών επιστημών. Παιδαγωγική συνέχεια και επιστημολογική ασυνέχεια, στο Η. Γ. Ματσαγγούρας (επιμ.). *Η εξέλιξη της Διδακτικής. Επιστημολογική θεώρηση*. Gutenberg, 421-446.
- Ραβάνης, Κ. (1999). *Οι Φυσικές Επιστήμες στην προσχολική εκπαίδευση*, Αθήνα: Τυπωθήτω – Γιώργος Δαρδανός.
- Ραβάνης, Κ. (2003). *Εισαγωγή στη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών*, Αθήνα, Εκδ. Νέων Τεχνολογιών.
- Ριζάκη, Α. (2008). Εποικοδομητική προσέγγιση της διδασκαλίας της έννοιας 'ενέργεια' στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση. Διδακτορική διατριβή, Πανεπιστήμιο Αθηνών.

- Ρούσος, Π. & Τσαούσης, Γ. (2006). *Στατιστική εφαρμοσμένη στις κοινωνικές επιστήμες*, Αθήνα: Ελληνικά Γράμματα.
- Ravanis, K. (2005). Les sciences physiques a l'école maternelle : éléments théoriques d'un cadre sociocognitif pour la construction des connaissances et/ou le développement des activités didactiques. *International Review of Education*, 51(2/3), 2012-218.
- Ravanis, K., Papamichael, Y. & Koulaïdis, V. (2002). Social marking and conceptual change: The conception of light for ten-year old. *Journal of Science Education*, 3(1), 15-18.
- Resnick, R., Halliday, D. & Krane, K. (1992). *Physics*, Vol. 1, 4th edn, John Wiley & Sons, Inc, New York.
- Σπύρτου, Α. (2002). Μελέτη εποικοδομητικής στρατηγικής για την εκπαίδευση των δασκάλων στις Φυσικές Επιστήμες. Δημοσίευτη Διδακτορική Διατριβή, Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης, Α.Π.Θ.
- Σταυρίδου, Ε., (2000). *Συνεργατική μάθηση στις Φυσικές Επιστήμες: Μια εφαρμογή στο Δημοτικό Σχολείο*. Βόλος, Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Θεσσαλίας.
- Σταυρόπουλος, Β., & Κολιόπουλος, Δ. (2005). Συγκριτική ανάλυση των σχολικών εγχειριδίων Φυσικής Γενικής Παιδείας στο Ενιαίο Λύκειο και στο ΤΕΕ: Η περίπτωση της έννοιας της ενέργειας, Στο Δ. Κολιόπουλος & Α. Βαβουράκη (Επιμ.), *Διδακτική Φυσικών Επιστημών: Οι προκλήσεις του 21<sup>ου</sup> αιώνα, Κείμενα για τη δευτεροβάθμια και τριτοβάθμια εκπαίδευση*, ΕΔΙΦΕ, 169-175,
- Συμιδαλά, Ε., Κουτσούμπα, Μ., Κολιόπουλος, Δ., & Χρηστίδου, Β. (2006). Προ-ενεργειακοί συλλογισμοί παιδιών προσχολικής ηλικίας. *Διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών. Έρευνα και πράξη*, 18, 18-25.
- Συμιδαλά, Ε. & Κολιόπουλος, Δ. (2010). Η διδασκαλία της έννοιας της ενέργειας στην προσχολική ηλικία: Μια προ-ενεργειακή προσέγγιση της λειτουργίας του φωτοβολταϊκού στοιχείου. Ανακοίνωση στο 6<sup>ο</sup> Πανελλήνιο Συνέδριο για τις Φυσικές Επιστήμες στην Προσχολική Εκπαίδευση, Αλεξανδρούπολη, 3-5 Δεκεμβρίου 2010.
- Skordoulis, C. (2009). Hellenic Studies in History, Philosophy of Science and Science Teaching: New Perspectives. *Science & Education* 18 (9), 1193-1197.
- Solomon, J. (1983). Learning About Energy: How Pupils Think in Two Domains. *European Journal of Science Education* 5, 49-59.
- Solomon, J. (1985). Teaching the Conservation of Energy. *Physics Education* 20, 165-170.
- Solomon, J. (1994). The rise and fall of constructivism. *Studies in Science Education*. 23(1), 1-19.
- Stead, B. (1980). Energy working paper no 17, *Learning in Science project*, University of Waikato, Hamilton, New Zealand.
- Stylianidou, F., Ormerod, F. & Ogborn, J. (2002). Analysis of science textbook pictures about 'energy' and pupils' readings of them. *International Journal of Science Education*, 24(3), 257-283.
- Τζαμαρία, Π. & Κολιόπουλος, Δ. (2010). Η διδασκαλία της έννοιας της ενέργειας στην προσχολική ηλικία: Μια προ-ενεργειακή προσέγγιση της λειτουργίας της ανεμογεννήτριας. Ανακοίνωση στο 6<sup>ο</sup> Πανελλ-

- λήνιο Συνέδριο για τις Φυσικές Επιστήμες στην Προσχολική Εκπαίδευση, Αλεξανδρούπολη, 3-5 Δεκεμβρίου 2010.
- Τσαγλιώτης, Ν. (2006). Μια διδακτική και μαθησιακή προσέγγιση της ηλιακής ενέργειας με παιδιά της σ' τάξης του δημοτικού σχολείου. *Διδακταλία των Φυσικών Επιστημών. Έρευνα και Πράξη*, 18, 26-34.
- Tiberghien, A. (1989). Transposition didactique: Cas de la Physique. In *La transposition didactique en Mathématique, en Physique, En Biologie*. IREM & LIRDIS de Lyon, Université Claude Bernard.
- 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. (1997). Learning and Teaching: Differentiation and Relation. *Research in Science Education*, 27(3), 359-382.
- The Northern Ireland Curriculum, Programme of study Science, (2002). Διαθέσιμο στην ιστοσελίδα: [http://www.nicurriculum.org.uk/docs/background/curriculum\\_review/currevp1.pdf](http://www.nicurriculum.org.uk/docs/background/curriculum_review/currevp1.pdf)
- Trumper, R. (1990). Being Constructive: An Alternative Approach to the Teaching of the Energy Concept, Part one. *International Journal of Science Education* 12, 343-354.
- ΥΠΕΠΘ. (2002). Διαθεματικό Ενιαίο Πλαίσιο Προγραμμάτων Σπουδών (ΔΕΠΠΣ) και Αναλυτικά Προγράμματα Σπουδών (ΑΠΣ). Αθήνα: ΟΕΔΒ.
- ΥΠΠΚ (2010). Αναλυτικά Προγράμματα για τα Δημόσια Σχολεία της Κυπριακής Δημοκρατίας. Διαθέσιμο στην ιστοσελίδα: [http://www.paideia.org.cy/upload/analytika\\_programmata\\_2010/0.siniptikaanalitikaprogrammata.pdf](http://www.paideia.org.cy/upload/analytika_programmata_2010/0.siniptikaanalitikaprogrammata.pdf)
- Viennot, L. (1993). Temps et causalité dans les raisonnements des étudiants en physique, *Didaskalia*, 1, 13-27.
- Watts, D.M. (1983). Some Alternative Views of Energy. *Physics Education*, 18, 213-217.
- Watts, M. & Gilbert, J. (1983). Enigmas in School Science: students' conceptions for scientifically associated words. *Research in Science & Technological Education*, 1(2), 161-171.
- Wenham, J. (1984). *New trends in physics teaching*. Vol. IV, Unesco.
- Χρηστίδου, Β. (2001). Ενέργεια. Στο Β. Κουλαϊδή κ.ά. (Επιμ.), *Διδακτική των Φυσικών Επιστημών, τόμος Β*, 51-103, Πάτρα : Ε.Α.Π.



# Παραρτήματα

## Παράρτημα 1

### ΔΙΑΘΕΜΑΤΙΚΟ ΕΝΙΑΙΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ (ΔΕΠΠΣ) (Υποχρεωτική εκπαίδευση)

#### ΑΝΑΛΥΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΣΠΟΥΔΩΝ ΤΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ (ΑΠΣ) (των μαθημάτων: Μελέτης Περιβάλλοντος και Ερευνώ το Φυσικό Κόσμο)

<b>Μαθησιακό Επίπεδο και Ηλικία μαθητών</b>	<b>Θεματικές ενότητες σχετικές με την έννοια 'ενέργεια' που αναπτύσσονται ανά τάξη – Γενικοί στόχοι</b>
Α' τάξη 6-7 ετών	<b>Θεματικές ενότητες</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Η ενέργεια στη ζωή μας (πρώτη γνωριμία με την ηλεκτρική ενέργεια).</li><li>• Πως εξοικονομώ ηλεκτρική ενέργεια στο σπίτι και στο σχολείο.</li></ul> <b>Γενικοί στόχοι:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Να αποκτήσουν μια αρχική αντίληψη για το πώς χρησιμοποιείται η ηλεκτρική κυρίως ενέργεια στην καθημερινή ζωή.</li><li>• Να αναφέρουν εφαρμογές της ηλεκτρικής κυρίως ενέργειας στην καθημερινή ζωή.</li><li>• Να γνωρίσουν απλούς τρόπους εξοικονόμησης της ηλεκτρικής ενέργειας.</li><li>• Να δείχνουν ενδιαφέρον για τους τρόπους εξοικονόμησης της ηλεκτρικής ενέργειας.</li><li>• Να κατανοήσουν ορισμένες μεταβολές που προκάλεσε η χρήση της ηλεκτρικής ενέργειας στην εξέλιξη του πολιτισμού.</li></ul>
Β' Τάξη 7-8 ετών	<b>Θεματικές ενότητες</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Η ενέργεια στη ζωή μας (Αιολική ενέργεια, η ενέργεια του νερού, η κίνηση του νερού και του αέρα)</li></ul> <b>Γενικοί στόχοι</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Να εξοικειωθούν με διάφορες μορφές ενέργειας.</li><li>• Να προσεγγίσουν την έννοια της αξιοποίησης της κίνησης του νερού και του αέρα για να γίνουν διάφορες εργασίες.</li><li>• Να περιγράψουν τρόπους με τους οποίους χρησιμοποιείται η κίνηση του νερού και του αέρα στην παραγωγή διαφόρων μορφών ενέργειας [ηλεκτρική, κινητική (υδρομόμυλοι, ανεμόμυλοι)]</li><li>• Να ευαισθητοποιηθούν στη λήψη μέτρων για την αποφυγή της ρύπανσης και μόλυνσης του αέρα και του νερού.</li></ul>

<p>Γ' + Δ' Τάξη 8-10 ετών</p>	<p><b>Θεματικές ενότητες</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Τροφή και άλλες αποθήκες ενέργειας, (μετατροπή ενέργειας, ήπιες μορφές ενέργειας).</li> <li>• Θερμοκρασία και θερμότητα</li> <li>• Θερμότητα και υλικά σώματα</li> <li>• Μεταβολές καταστάσεων της ύλης</li> <li>• Φως και θερμότητα</li> </ul> <p><b>Γενικοί στόχοι</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Να αναγνωρίσουν τη σημασία της τροφής για την επιβίωση του ανθρώπου.</li> <li>• Να γνωρίσουν βασικές αποθήκες ενέργειας.</li> <li>• Να κατανοήσουν ότι η αποθηκευμένη ενέργεια μετατρέπεται σε άλλη μορφή, όταν συμβούν μεταβολές στην ύλη μέσα στην οποία περικλείεται (τα καύσιμα καίγονται, η τροφή διασπάται κ.λ.π.).</li> <li>• Να προσεγγίσουν την έννοια της ήπιας μορφής ενέργειας μέσα από παραδείγματα και δραστηριότητες που σχετίζονται με την αποθήκευση ενέργειας (π.χ. ηλιακός θερμοσίφωνας).</li> <li>• Να κατανοήσουν ότι οι ενδείξεις του θερμομέτρου είναι τιμές θερμοκρασίας.</li> <li>• Να συσχετίσουν τη μεταφορά θερμότητας με ορισμένες μεταβολές των καταστάσεων της ύλης.</li> <li>• Να κατανοήσουν ότι τα περισσότερα αντικείμενα που εκπέμπουν φως εκπέμπουν και θερμότητα.</li> </ul>
<p>Ε' Τάξη 10-11 Ετών</p>	<p><b>Θεματικές ενότητες</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Θερμότητα και υλικά σώματα [η θερμότητα (απορρόφηση ή απώλεια) μεταβάλλει τον τρόπο κίνησης των μορίων του σώματος].</li> <li>• Ηλεκτρικό ρεύμα και ενέργεια.</li> <li>• Φως και ενέργεια.</li> <li>• Ενέργεια και ήχος.</li> <li>• Μετατροπές ενέργειας (αποθήκευση ενέργειας και μετατροπές της).</li> <li>• Τροφικές σχέσεις ανάμεσα στους οργανισμούς (απλές τροφικές αλυσίδες).</li> </ul> <p><b>Γενικοί στόχοι</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Να περιγράψουν τις μεταβολές των καταστάσεων της ύλης χρησιμοποιώντας τον όρο: μεταφέρεται ενέργεια (θερμότητα), και να τις συνδέουν με τη μεταβολή στο τρόπο κίνησης των μορίων και όχι στη σύστασή τους.</li> <li>• Να περιγράψουν με απλά λόγια τα χαρακτηριστικά των αλλαγών της κατάστασης (μεταφορά θερμότητας, σταθερότητα στη θερμοκρασία).</li> <li>• Να αναγνωρίζουν το ρόλο της μπαταρίας ως πηγής ενέργειας στο απλό κύκλωμα.</li> <li>• Να περιγράψουν τις μετατροπές ενέργειας που συμβαίνουν σε ένα απλό κύκλωμα με ένα λαμπτήρα.</li> <li>• Να ορίζουν το φως ως μορφή ενέργειας που προκαλεί το αίσθημα της όρασης.</li> <li>• Να ορίζουν τον ήχο ως μορφή ενέργειας που προκαλεί το αίσθημα της ακοής.</li> <li>• Να περιγράψουν τις μετατροπές της ενέργειας από την παραγωγή του ήχου μέχρι να τον αντιληφθεί ο άνθρωπος.</li> <li>• Να διερευνήσουν/ γνωρίσουν τρόπους με τους οποίους είναι δυνατόν να αποθηκευτεί ενέργεια για μετέπειτα χρήση ( η μηχανική ενέργεια αποθηκεύεται σε ένα συμπιεσμένο ελατήριο, η χημική ενέργεια στη μπαταρία).</li> <li>• Να περιγράψουν τη διαδικασία αποθήκευσης και μεταφοράς ενέργειας σε μια συγκεκριμένη συσκευή ή σύστημα (π.χ. η χημική ενέργεια του πετρελαίου) μετασχηματίζεται με την καύση σε κινητική και σε θερμική που εκλύεται στο περιβάλλον ως θερμότητα.</li> <li>• Να αναφέρουν συσκευές που μετασχηματίζουν μια μορφή ενέργειας σε κάποια</li> </ul>

<p><b>ΣΤ΄ Τάξη</b></p> <p><b>10-12 Ετών</b></p>	<p>άλλη ( το ηλεκτρικό κουδούνι από ηλεκτρική σε ηχητική).</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Να αναγνωρίζουν τη μορφή της εισερχόμενης ενέργειας και της εξερχόμενης σε συσκευές της καθημερινής τους εμπειρίας. (Πιστολάκι για τα μαλλιά: ηλεκτρική, θερμική, αυτοκίνητο: καύσιμα, κινητική).</li> <li>• Να αναγνωρίζουν την τροφή ως πηγή ενέργειας για τους οργανισμούς.</li> </ul> <p><b>Θεματικές ενότητες</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Έργο, ενέργεια, ισχύς, (μετασχηματισμοί της ενέργειας και διατήρησή της).</li> <li>• Πηγές ενέργειας</li> <li>• Μελλοντικές ενεργειακές πηγές.</li> <li>• Εξοικονόμηση ενέργειας.</li> <li>• Ενέργεια στα φυτά.</li> <li>• Η ενέργεια στα οικοσυστήματα.</li> <li>• Από τον μαγνητισμό στον ηλεκτρισμό.</li> </ul> <p><b>Γενικοί στόχοι</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Να συνδέουν το έργο με δυνάμεις που προκαλούν κίνηση σε αντικείμενα.</li> <li>• Να συνδέουν ποιοτικά το έργο με τη δύναμη και τη μετατόπιση.</li> <li>• Να χρησιμοποιούν την κατάλληλη ορολογία (έργο, ισχύς) για να περιγράφουν φαινόμενα από την καθημερινή τους εμπειρία.</li> <li>• Να διακρίνουν την κινητική από τη δυναμική ενέργεια.</li> <li>• Να αναφέρουν παραδείγματα μετατροπής ενέργειας.</li> <li>• Να αναγνωρίζουν ότι η ενέργεια δε δημιουργείται ούτε καταστρέφεται, αλλά μετασχηματίζεται από μια μορφή σε άλλη.</li> <li>• Να αναγνωρίζουν ότι το πετρέλαιο αποτελεί την κυριότερη πηγή ενέργειας και πρώτη ύλη για την παραγωγή ποικίλων προϊόντων.</li> <li>• Να αναφέρουν τρόπους παραγωγής ενέργειας από ορυκτούς άνθρακες.</li> <li>• Να διακρίνουν τις ανανεώσιμες από τις μη ανανεώσιμες ενεργειακές πηγές.</li> <li>• Να αναγνωρίζουν την ανάγκη για χρήση εναλλακτικών μορφών ενέργειας για το μέλλον.</li> <li>• Να διακρίνουν τις διαφορετικές πηγές εναλλακτικών μορφών ενέργειας (ηλιακή, γεωθερμική, αιολική, βιομάζας).</li> <li>• Να αναγνωρίζουν την αναγκαιότητα εξοικονόμησης ενέργειας.</li> <li>• Να διαπιστώνουν την χρησιμότητα των ανακυκλώσιμων υλικών.</li> <li>• Να εξοικειωθούν μέσα από σχεδιασμό και δραστηριότητες με διαδικασίες εξοικονόμησης ενεργειακών πόρων στο σχολείο και στο σπίτι.</li> <li>• Να συσχετίζουν τη διαδικασία της φωτοσύνθεσης με τις ενεργειακές ανάγκες των φυτών και να αναγνωρίζουν το ρόλο του ήλιου στη διαδικασία αυτή. Να αναγνωρίζουν το ρόλο της χλωροφύλλης στη διαδικασία της φωτοσύνθεσης.</li> <li>• Να διακρίνουν τους παράγοντες που συνιστούν ένα οικοσύστημα.</li> <li>• Να αναγνωρίζουν ότι τα οικοσυστήματα χαρακτηρίζονται από την είσοδο και ροή ενέργειας.</li> <li>• Να περιγράφουν τις ενεργειακές μετατροπές σε μια γεννήτρια.</li> <li>• Να ερμηνεύουν την παραγωγή ηλεκτρικής από την ηλεκτρική γεννήτρια.</li> </ul>
---	--

## Παράρτημα 2

### Ερευνητικά πρωτόκολλα

#### ΕΝΟΤΗΤΑ Α: ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΙΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΑΛΥΣΙΔΕΣ

#### ΜΑΘΗΜΑ ΠΡΩΤΟ: Φτιάχνω απλές ηλεκτρικές συσκευές

ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑ (ΠΡΑΞΗ)		ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ ΦΕ (ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ)		
Δραστηριότητες δασκάλου	Αναμενόμενες δραστηριότητες μαθητών	Φαινομενολογικό πεδίο	Σχολική γνώση: εννοιολογικό πλαίσιο προς οικοδόμηση	Προσδοκώμενη εξέλιξη νοητικών παραστάσεων μαθητών
<p>1. Προσφέρει τα υλικά και ζητά από τους μαθητές να κατασκευάσουν και να λειτουργήσουν τα συστήματα:</p> <p>(Σ1) μπαταρία – διακόπτης λαμπτήρας (Σ2) μπαταρία – διακόπτης – μοτεράκι – φτερωτή</p> <p>2. Ζητά από τους μαθητές να συμπληρώσουν φύλλο εργασίας που περιέχουν τα εξής ερωτήματα:</p> <p>(Ε1) τι παρατηρείτε σε κάθε φυσική κατάσταση (Ε2) πώς εξηγείτε τις παρατηρήσεις σας; (Ε3) υπάρχει κοινή εξήγηση για τις δύο φυσικές καταστάσεις; (Ε4) να αναπαραστήσετε γραφικά τις φυσικές καταστάσεις με μορφή προσανατολισμένης αλυσίδας αντικειμένων.</p> <p>3. Προκαλεί συζήτηση σχετική με τις απαντήσεις των μαθητών</p>	<p>1. Να συναρμολογήσουν επιτυχώς τα συστήματα Σ1 και Σ2 και να τα λειτουργήσουν.</p> <p>2. Να συμπληρώσουν το Φύλλο Εργασίας 1 (ΦΕ1) απαντώντας στις ερωτήσεις Ε1, Ε2 και Ε3.</p> <p>3. Να λάβουν μέρος στην προκαλούμενη από τον εκπαιδευτικό συζήτηση.</p>	<p>(Φ1) άναμμα λαμπτήρα με τη βοήθεια μπαταρίας (Φ2) κίνηση σώματος με τη βοήθεια μπαταρίας</p>		<p>- Ανάδειξη προ-ενεργειακών συλλογισμών των παιδιών - Ενεργοποίηση των νοητικών παραστάσεων 'λειτουργίας' και 'διανομής' - Ενεργοποίηση αιτιακού συλλογισμού</p>

## ΕΝΟΤΗΤΑ Α: ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΙΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΑΛΥΣΙΔΕΣ

### ΜΑΘΗΜΑ ΔΕΥΤΕΡΟ: Εξηγώ χρησιμοποιώντας σύμβολα

ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑ (ΠΡΑΞΗ)		ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ ΦΕ (ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ)		
Δραστηριότητες δασκάλου	Αναμενόμενες δραστηριότητες μαθητών	Φαινομενολογικό πεδίο	Σχολική γνώση: εννοιολογικό πλαίσιο προς οικοδόμηση	Προσδοκώμενη εξέλιξη νοητικών παραστάσεων μαθητών
<p>1. Με βάση τη προηγηθείσα συζήτηση με τους μαθητές αναδεικνύει την πληρέστερη γραφική αναπαράσταση αλυσίδας αντικειμένων την οποία σημειώνουν στο φύλλο εργασίας.</p> <p>2. Εισάγει το μοντέλο ενεργειακής αλυσίδας <b>M1</b> προκαλώντας σχετική συζήτηση</p> <p>3. Ζητά από τους μαθητές να σημειώσουν στο φύλλο εργασίας τους τις γραφικές αναπαραστάσεις του μοντέλου <b>M1</b> για τα φαινόμενα <b>Φ1</b> και <b>Φ2</b> και να απαντήσουν στην ερώτηση: (<b>E4</b>) να κατασκευάσετε τη γραφική αναπαράσταση του μοντέλου <b>M1</b> για μια παραλλαγή του φαινομένου <b>Φ2 (Φ2α)</b> [που παράγεται από το σύστημα: <b>Σ2β</b> μπαταρία – διακόπτης – μοτεράκι – βαρίδιο].</p>	<p>1. Να λάβουν μέρος στην προκαλούμενη από τον εκπαιδευτικό συζήτηση.</p> <p>2. Να συμπληρώσουν το Φύλλο Εργασίας 2 (<b>ΦΕ2</b>) σημειώνοντας τις διάφορες γραφικές αναπαραστάσεις και απαντώντας στην ερώτηση <b>E4</b>.</p>	<p>(<b>Φ1</b>) άναμμα λαμπτήρα με τη βοήθεια μπαταρίας</p> <p>(<b>Φ2</b>) κίνηση σώματος με τη βοήθεια μπαταρίας</p> <p>(<b>Φ2α</b>) ανέβασμα βαριδίου με τη βοήθεια μπαταρίας</p>	<p>Εισαγωγή του ενεργειακού 'μοντέλου – σπέρματος' (μοντέλο ενεργειακής αλυσίδας) <b>M1</b>.</p>	<p>- Ενεργοποίηση των νοητικών παραστάσεων 'λειτουργίας' και 'διανομής'</p> <p>- Σύνδεση της νοητικής παράστασης 'διανομής' με το μοντέλο <b>M1</b>.</p> <p>- Ανάδειξη μιας εμπλουτισμένης νοητικής παράστασης 'διανομής'</p>

**ΕΝΟΤΗΤΑ Α: ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΙΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΑΛΥΣΙΔΕΣ**

**ΜΑΘΗΜΑ ΤΡΙΤΟ: Σχεδιάζω ενεργειακές αλυσίδες**

ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑ (ΠΡΑΞΗ)		ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ ΦΕ (ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ)		
Δραστηριότητες δασκάλου	Αναμενόμενες δραστηριότητες μαθητών	Φαινομενολογικό πεδίο	Σχολική γνώση: εννοιολογικό πλαίσιο προς οικοδόμηση	Προσδοκώμενη εξέλιξη νοητικών παραστάσεων μαθητών
<p>1. Συζητά τις απαντήσεις των μαθητών στην ερώτηση <b>E4</b> του φύλλου εργασίας <b>ΦΕ2</b>.</p> <p>2. Προσφέρει τα υλικά και ζητά από τους μαθητές να κατασκευάσουν και να λειτουργήσουν τα συστήματα: <b>(Σ3)</b> δυναμό -λαμπτήρας <b>(Σ4)</b> μπαταρία – διακόπτης - αντιστάτης</p> <p>3. Ζητά από τους μαθητές να κάνουν εφαρμογή του μοντέλου <b>M1</b> στα φαινόμενα <b>Φ3</b> και <b>Φ4</b>.</p> <p>4. Προκαλεί συζήτηση σχετική με τις απαντήσεις των μαθητών</p>	<p>1. Να λάβουν μέρος στην προκαλούμενη από τον εκπαιδευτικό συζήτηση (σημεία 1 και 4 στις δραστηριότητες δασκάλου).</p> <p>2. Να συναρμολογήσουν επιτυχώς τα συστήματα <b>Σ3</b> και <b>Σ4</b> και να τα λειτουργήσουν.</p> <p>3. Να συμπληρώσουν το Φύλλο Εργασίας 3 (<b>ΦΕ3</b>) σημειώνοντας τις γραφικές αναπαραστάσεις του μοντέλου της ενεργειακής αλυσίδας <b>M1</b> για τα φαινόμενα <b>Φ3</b> και <b>Φ4</b>.</p>	<p><b>(Φ3)</b> άναμμα λαμπτήρα με τη βοήθεια δυναμό <b>(Φ4)</b> θέρμανση αντιστάτη με τη βοήθεια μπαταρίας</p>	<p>Εφαρμογή του μοντέλου <b>M1</b> σε ένα διευρυμένο φαινομενολογικό πεδίο (<b>Φ3/Φ4</b>). Εμπλουτισμός με νέα στοιχεία του μοντέλου <b>M1</b>.</p>	<p>- Ενεργοποίηση της νοητικής παράστασης ‘διανομής’ - Σύνδεση της αναπαράστασης ‘διανομής’ με το μοντέλο <b>M1</b>. - Ανάδειξη μιας εμπλουτισμένης νοητικής παράστασης ‘διανομής’ - Διαφοροποίηση των εννοιών ‘έχω ενέργεια’ και ‘δίνω ενέργεια’</p>

## ΕΝΟΤΗΤΑ Β: Η ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΩΣ ΠΟΣΟΤΗΤΑ

### ΜΑΘΗΜΑ ΠΡΩΤΟ: Προκαλούμε πιο έντονα φαινόμενα

ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑ (ΠΡΑΞΗ)		ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ ΦΕ (ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ)		
Δραστηριότητες δασκάλου	Αναμενόμενες δραστηριότητες μαθητών	Φαινομενολογικό πεδίο	Σχολική γνώση: εννοιολογικό πλαίσιο προς οικοδόμηση	Προσδοκώμενη εξέλιξη νοητικών παραστάσεων μαθητών
<p>1. Προσφέρει τα υλικά και ζητά από τους μαθητές να κατασκευάσουν και να λειτουργήσουν τα συστήματα: (Σ1) μπαταρία – διακόπτης - λαμπτήρας, (Σ11) δύο μπαταρίες – διακόπτης - λαμπτήρας, (Σ2) μπαταρία – διακόπτης- κινητήρας – φτερωτή (Σ21) 2 μπαταρίες – διακόπτης- κινητήρας – φτερωτή</p> <p>2. Ζητά από τους μαθητές να συμπληρώσουν φύλλο εργασίας που περιέχουν τα ερωτήματα: (Ε5) τι θα συμβεί στη λάμψη του λαμπτήρα στο φαινόμενο Φ11; ποιες διαφορές παρατηρείτε στη λάμψη του λαμπτήρα στα φαινόμενα Φ1 και Φ11; πώς εξηγείτε τη διαφορά στη λάμψη; (Ε6) τι θα συμβεί στη κίνηση της φτερωτής στο φαινόμενο Φ2; Ποιες διαφορές παρατηρείτε στη κίνηση της φτερωτής στα φαινόμενα Φ2 και Φ21. Σε τι νομίζετε ότι διαφέρουν; (Ε7) να κατασκευάσετε τη γραφική αναπαράσταση του μοντέλου Μ1 για τα φαινόμενα Φ1 και Φ2. Θα προτείνετε κάποια διαφοροποίηση των αναπαραστάσεων για τα φαινόμενα Φ11 και Φ21 σε σχέση με την αναπαράσταση των φαινομένων Φ1 και Φ2;</p> <p>3. Προκαλεί συζήτηση σχετική με τις απαντήσεις των μαθητών.</p>	<p>1. Να συναρμολογήσουν επιτυχώς τα συστήματα Σ1, Σ11, Σ2, Σ21 και να τα λειτουργήσουν.</p> <p>2. Να συμπληρώσουν το Φύλλο Εργασίας 4 (ΦΕ4) απαντώντας στις ερωτήσεις Ε5-Ε7</p> <p>3. Να λάβουν μέρος στην προκαλούμενη από τον εκπαιδευτικό συζήτηση.</p>	<p>(Φ1) άναμμα λαμπτήρα με τη βοήθεια μπαταρίας (Φ11) άναμμα λαμπτήρα με τη βοήθεια δύο μπαταριών (Φ2) κίνηση σώματος με τη βοήθεια μπαταρίας (Φ21) κίνηση σώματος με τη βοήθεια δύο μπαταριών</p>		<p>- Ανάδειξη 'ποσοτικών' προ-ενεργειακών συλλογισμών των μαθητών</p>

## ΕΝΟΤΗΤΑ Β: Η ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΩΣ ΠΟΣΟΤΗΤΑ

### ΜΑΘΗΜΑ ΔΕΥΤΕΡΟ: Κάνω αλλαγές στις ενεργειακές αλυσίδες

ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑ (ΠΡΑΞΗ)		ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ ΦΕ (ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ)		
Δραστηριότητες δασκάλου	Αναμενόμενες δραστηριότητες μαθητών	Φαινομενολογικό πεδίο	Σχολική γνώση: εννοιολογικό πλαίσιο προς οικοδόμηση	Προσδοκώμενη εξέλιξη νοητικών παραστάσεων μαθητών
<p>1. Με βάση τη προηγηθείσα συζήτηση με τους μαθητές αναδεικνύει μια αναπαράσταση ενεργειακής αλυσίδας με ποσοτικά χαρακτηριστικά και τους ζητά να τη σημειώσουν στο φύλλο εργασίας τους.</p> <p>2. Εισάγει το μοντέλο ενεργειακής αλυσίδας <b>M2</b> και γραφικές αναπαραστάσεις με βέλη διαβαθμιζόμενου πλάτους</p> <p>2. Ζητά από τους μαθητές να συμπληρώσουν φύλλο εργασίας και να απαντήσουν στα ερωτήματα:</p> <p><b>(E8)</b> να κατασκευάσετε τη γραφική αναπαράσταση του μοντέλου <b>M2</b> για το φαινόμενο <b>Φ4</b>.</p> <p><b>(E9)</b> να κατασκευάσετε τη γραφική αναπαράσταση του μοντέλου <b>M2</b> για τα φαινόμενα που παράγονται σε σύνθετα συστήματα</p> <p>3. Προκαλεί συζήτηση σχετική με τις απαντήσεις των μαθητών.</p>	<p>1. Να λάβουν μέρος στην προκαλούμενη από τον εκπαιδευτικό συζήτηση.</p> <p>2. Να συμπληρώσουν το φύλλο εργασίας 5 <b>(ΦΕ5)</b> σχεδιάζοντας τις διάφορες γραφικές αναπαραστάσεις του μοντέλου της ενεργειακής αλυσίδας <b>M2</b>.</p>	<p><b>(Φ1)</b> άναμμα λαμπτήρα με τη βοήθεια μπαταρίας</p> <p><b>(Φ11)</b> άναμμα λαμπτήρα με τη βοήθεια δύο μπαταριών</p> <p><b>(Φ2)</b> κίνηση σώματος με τη βοήθεια μπαταρίας</p> <p><b>(Φ21)</b> κίνηση σώματος με τη βοήθεια δύο μπαταριών</p>	<p>Εισαγωγή του ημιποσοτικού μοντέλου ενεργειακής αλυσίδας <b>M2</b>.</p>	<p>- Ενεργοποίηση της νοητικής παράστασης 'διανομής'</p> <p>- Σύνδεση της νοητικής παράστασης 'διανομής' με το μοντέλο <b>M2</b>.</p> <p>- Ανάδειξη μιας νοητικής παράστασης 'διανομής' με το χαρακτηριστικό της ποσότητας (ποσοτική παράσταση 'διανομής')</p>



## ΕΝΟΤΗΤΑ Β: Η ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΩΣ ΠΟΣΟΤΗΤΑ

### ΜΑΘΗΜΑ ΤΡΙΤΟ: Υπάρχουν μπαταρίες και μπαταρίες....

ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑ (ΠΡΑΞΗ)		ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ ΦΕ (ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ)		
Δραστηριότητες δασκάλου	Αναμενόμενες δραστηριότητες μαθητών	Φαινομενολογικό πεδίο	Σχολική γνώση: εννοιολογικό πλαίσιο προς οικοδόμηση	Προσδοκώμενη εξέλιξη νοητικών παραστάσεων μαθητών
<p>1. Προσφέρει τα υλικά και ζητά από τους μαθητές να κατασκευάσουν και να λειτουργήσουν τα συστήματα <b>(Σ1)</b> μπαταρία – διακόπτης – λαμπτήρας και <b>(Σ12)</b> μπαταρία μεγάλης χωρητικότητας – διακόπτης –λαμπτήρας</p> <p>2. Ζητά από τους μαθητές να συμπληρώσουν φύλλο εργασίας και να απαντήσουν στα ερωτήματα: <b>(Ε10)</b> τι θα συμβεί στη λάμψη των δύο λαμπτήρων; Σε τι διαφέρουν τα δύο φαινόμενα <b>Φ1</b> και <b>Φ12</b>; να κατασκευάσετε τη γραφική αναπαράσταση του μοντέλου <b>M2</b> για τα φαινόμενα <b>Φ1</b> και <b>Φ12</b>. <b>(Ε11)</b> τι να κάνουμε ώστε ένας λαμπτήρας να ανάβει με τον ίδιο τρόπο για περισσότερο χρόνο;</p> <p>3. Προκαλεί συζήτηση σχετική με τις απαντήσεις των μαθητών και εισάγει την αναγκαιότητα της έννοιας του χρόνου στο μοντέλο <b>M2</b>.</p>	<p>1. Να λάβουν μέρος στην προκαλούμενη από τον εκπαιδευτικό συζήτηση (σημεία 1 και 3 στις δραστηριότητες δασκάλου).</p> <p>2. Να συναρμολογήσουν επιτυχώς τα συστήματα <b>Σ1</b> και <b>Σ12</b> και να τα λειτουργήσουν.</p> <p>3. Να συμπληρώσουν το Φύλλο Εργασίας 6 (<b>ΦΕ6</b>) απαντώντας στα ερωτήματα <b>Ε10-11</b>.</p>	<p><b>(Φ1)</b> άναμμα λαμπτήρα με τη βοήθεια μπαταρίας <b>(Φ12)</b> άναμμα λαμπτήρα με τη βοήθεια μπαταρίας μεγάλης χωρητικότητας</p> <p><i>(* Στα Φ1 και Φ12 οι μπαταρίες είναι ίδιας τάσης</i></p>	<p>- Εφαρμογή του μοντέλου <b>M2</b> σε γνωστό φαινομενολογικό πεδίο (<b>Φ1</b>) - Εμπλουτισμός με νέα στοιχεία του μοντέλου <b>M2</b></p>	<p>- Σύνδεση της αναπαράστασης ‘διανομής’ με το μοντέλο <b>M2</b>. - Ανάδειξη μιας νοητικής παράστασης ‘διανομής’ με τα χαρακτηριστικά της ποσότητας και διάρκειας (εμπλουτισμένη ποσοτική παράσταση ‘διανομής’)</p>

## ΕΝΟΤΗΤΑ Γ: Η ΜΕΤΡΗΣΗ ΤΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

### ΜΑΘΗΜΑ ΠΡΩΤΟ: Μετρώ την ενέργεια με το Τζαουλόμετρο

ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑ (ΠΡΑΞΗ)		ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ ΦΕ (ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ)		
Δραστηριότητες δασκάλου	Αναμενόμενες δραστηριότητες μαθητών	Φαινομενολογικό πεδίο	Σχολική γνώση: εννοιολογικό πλαίσιο προς οικοδόμηση	Προσδοκώμενη εξέλιξη νοητικών παραστάσεων μαθητών
<p>1. Προσφέρει τα υλικά και ζητά από τους μαθητές να κατασκευάσουν τα συστήματα <b>Σ1</b>, <b>Σ12</b>, <b>Σ2</b> και <b>Σ4</b> συνδεδεμένα με ένα Joulemetre.</p> <p>2. Ζητά από τους μαθητές να συμπληρώσουν το φύλλο εργασίας <b>ΦΕ7</b>, να πάρουν μετρήσεις και να απαντήσουν στις ερωτήσεις:</p> <p><b>(Ε12)</b> Γράψτε τις συσκευές που χρησιμοποιήσατε κατά σειρά αρχίζοντας από εκείνη στην οποία μεταφέρεται λιγότερη ενέργεια.</p> <p><b>(Ε13)</b> Τι νομίζετε ότι θα συνέβαινε αν κάνατε τις ίδιες μετρήσεις στην περίπτωση που οι συσκευές λειτουργούσαν για 2 λεπτά;</p> <p><b>(Ε14)</b> Τι νομίζετε ότι θα συνέβαινε αν συνδέατε όλες μαζί τις συσκευές (λαμπτήρα, μοτεράκι και θερμικό αντιστάτη) και μετρούσατε την ποσότητα ενέργειας που μεταφέρεται σε αυτές για ένα λεπτό;</p> <p><b>(Ε15)</b> Αν υποθέσουμε ότι χρησιμοποιούμε πάντοτε μπαταρία σταθερής τάσης, από ποιούς παράγοντες νομίζετε ότι εξαρτάται το πόση ενέργεια μεταφέρεται</p> <p>3. Προκαλεί συζήτηση σχετική με τις απαντήσεις των μαθητών με έμφαση στην ερώτηση <b>Ε15</b>. Συνδέει τις ενδείξεις του Joulemetre με τη μονάδα μέτρησης Joule.</p>	<p>1. Να συναρμολογήσουν επιτυχώς τα συστήματα <b>Σ1</b>, <b>Σ12</b>, <b>Σ2</b>, <b>Σ4</b> και να διαβάσουν με αξιόπιστο τρόπο τις ενδείξεις του Joulemetre.</p> <p>2. Να συμπληρώσουν το Φύλλο Εργασίας <b>(ΦΕ7)</b> απαντώντας στα ερωτήματα <b>Ε12-Ε15</b></p> <p>3. Να λάβουν μέρος στην προκαλούμενη από τον εκπαιδευτικό συζήτηση.</p>	<p><b>(Φ1J)</b> ενδείξεις Joulemetre στο σύστημα Σ1.</p> <p><b>(Φ12J)</b> ενδείξεις Joulemetre στο σύστημα Σ12.</p> <p><b>(Φ2J)</b> ενδείξεις Joulemetre στο σύστημα Σ2.</p> <p><b>(Φ4J)</b> ενδείξεις Joulemetre στο σύστημα Σ4.</p>		<p>- Ανάδειξη 'ποσοτικών' προ-ενεργειακών συλλογισμών των μαθητών</p> <p>- Σύνδεση της εμπλουτισμένης ποσοτικής νοητικής παράστασης 'διανομής' με τα αποτελέσματα των μετρήσεων που διεξάγονται στα πλαίσια του συγκεκριμένου φαινομενολογικού πεδίου.</p>

## ΕΝΟΤΗΤΑ Γ: Η ΜΕΤΡΗΣΗ ΤΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

### ΜΑΘΗΜΑ ΔΕΥΤΕΡΟ: Άλλο ποσόττητα και άλλο παροχή ενέργειας

ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑ (ΠΡΑΞΗ)		ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ ΦΕ (ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ)		
Δραστηριότητες δασκάλου	Αναμενόμενες δραστηριότητες μαθητών	Φαινομενολογικό πεδίο	Σχολική γνώση: εννοιολογικό πλαίσιο προς οικοδόμηση	Προσδοκώμενη εξέλιξη νοητικών παραστάσεων μαθητών
<p>1.(<b>E16</b>) Ζητά από τους μαθητές να σημειώσουν τις μετρήσεις που έλαβαν στο προηγούμενο μάθημα πάνω στις σχηματικές αναπαραστάσεις του μοντέλου <b>M2</b> που έχουν ήδη κατασκευαστεί για τα φαινόμενα <b>Φ1, Φ12, Φ2, Φ4</b>.</p> <p>2. Προκαλεί συζήτηση σχετική με τις απαντήσεις των μαθητών και εισάγει το μοντέλο ενεργειακής αλυσίδας <b>M3</b>.</p> <p>3. Επαναλαμβάνει τις μετρήσεις του φύλλου εργασίας <b>ΦΕ7</b> (δραστηριότητες επίδειξης) και καλεί τους μαθητές να συσχετίσουν το ρυθμό των ενδείξεων του Joulemetre με το είδος και τον αριθμό των συσκευών.</p> <p>4. Εισάγει την έννοια της ισχύος ως παροχής ενέργειας και τη συνδέει με τη μονάδα μέτρησης watt που αναγράφεται πάνω σε κάθε συσκευή (γραφικές αναπαραστάσεις εμπλουτισμένες με ενδείξεις του Joulemetre).</p>	<p>1. Να λάβουν μέρος στην προκαλούμενη από τον εκπαιδευτικό συζήτηση.</p> <p>2. Να συμπληρώσουν το φύλλο εργασίας <b>ΦΕ8!</b> σχεδιάζοντας τις διάφορες γραφικές αναπαραστάσεις του μοντέλου της ενεργειακής αλυσίδας <b>M2</b> (ερώτηση <b>E16</b>).</p>	<b>Φ1J, Φ12J, Φ2J, Φ4J</b>	Εισαγωγή του ποσοτικού μοντέλου ενεργειακής αλυσίδας <b>M3</b> .	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Σύνδεση της αναπαράστασης ‘διανομής’ με το μοντέλο <b>M3</b>.</li> <li>- Ανάδειξη μιας νοητικής παράστασης τυπικής ποσοτικής νοητικής παράστασης ‘διανομής’</li> </ul>

## ΕΝΟΤΗΤΑ Γ: Η ΜΕΤΡΗΣΗ ΤΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

**ΜΑΘΗΜΑ ΤΡΙΤΟ:** *Απαραίτητη η εξοικονόμηση ενέργειας αλλά πώς γίνεται;*

ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑ (ΠΡΑΞΗ)		ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ ΦΕ (ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ)		
Δραστηριότητες δασκάλου	Αναμενόμενες δραστηριότητες μαθητών	Φαινομενολογικό πεδίο	Σχολική γνώση: εννοιολογικό πλαίσιο προς οικοδόμηση	Προσδοκώμενη εξέλιξη νοητικών παραστάσεων μαθητών
<p>1. Ζητά από τους μαθητές να συμπληρώσουν το φύλλο εργασίας 8 (<b>ΦΕ8</b>) όπου καλούνται να κατασκευάσουν ζεύγη γραφικών αναπαραστάσεων του μοντέλου <b>M3</b> σε μέρος του συγκεκριμένου φαινομενολογικού πεδίου (<b>E18</b>).</p> <p>2. Προκαλεί συζήτηση σχετική με τις εργασίες των μαθητών.</p> <p>3. Θέτει το ζήτημα της εξοικονόμησης ενέργειας και ζητά από τους μαθητές να δώσουν λύσεις εξοικονόμησης ενέργειας σε συγκεκριμένες καταστάσεις των <b>Φ1J, Φ2J, Φ4J (E19)</b>.</p> <p>4. Προκαλεί συζήτηση σχετική με τις εργασίες των μαθητών.</p>	<p>1. Να συμπληρώσουν το Φύλλο Εργασίας (<b>ΦΕ9</b>) απαντώντας στις ερωτήσεις <b>E18</b> και <b>E19</b>.</p> <p>2. Να λάβουν μέρος στην προκαλούμενη από τον εκπαιδευτικό συζήτηση σχετικά με τους παράγοντες που συμβάλλουν στην εξοικονόμηση ενέργειας .</p>	<b>Φ1J, Φ2J, Φ4J</b>	-Εφαρμογή του ποσοτικού μοντέλου <b>M3</b>	<p>- Ανάδειξη μιας νοητικής παράστασης τυπικής ποσοτικής νοητικής παράστασης ‘διανομής’</p> <p>- Σύνδεση της τυπικής ποσοτικής νοητικής παράστασης ‘διανομής’ με την έννοια ‘εξοικονόμηση ενέργειας’.</p>

## ΕΝΟΤΗΤΑ Δ: Η ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΣΤΗΝ ΚΑΘΗΜΕΡΙΝΗ ΖΩΗ

### ΜΑΘΗΜΑ ΠΡΩΤΟ: Έχει και η ενέργεια την τιμή της

ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑ (ΠΡΑΞΗ)		ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ ΦΕ (ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ)		
Δραστηριότητες δασκάλου	Αναμενόμενες δραστηριότητες μαθητών	Φαινομενολογικό πεδίο	Σχολική γνώση: εννοιολογικό πλαίσιο προς οικοδόμηση	Προσδοκώμενη εξέλιξη νοητικών παραστάσεων μαθητών
<p>1. Παρουσιάζει στους μαθητές ένα μοντέλο οικίας και τους ζητείται να μετρήσουν με τη βοήθεια του joulemetre την ποσότητα ενέργειας που μεταφέρεται στις διάφορες συσκευές που περιέχονται σ' αυτό (λαμπτήρα, μοτεράκι, θερμικό αντιστάτη). Αντιστοιχεί μια τιμή σε ευρώ στη μονάδα ενέργειας και υπολογίζει το συνολικό οικονομικό κόστος.</p> <p>2. Ζητείται από τους μαθητές να συμπληρώσουν το φύλλο εργασίας 9 (ΦΕ9) κατασκευάζοντας την γραφική αναπαράσταση του μοντέλου <b>M3 (E20)</b> και απαντώντας στην ερώτηση: <b>(E21)</b> Τι θα προτείνατε ώστε να πετυχαίνατε εξοικονόμηση ενέργειας στο μοντέλο του σπιτιού κατά 50% (δηλαδή, να μειώνατε την ποσότητα ενέργειας που μεταφέρεται στις ηλεκτρικές συσκευές στο μισό). Να αιτιολογήσετε την απάντησή σας.</p> <p>4. Προκαλεί συζήτηση σχετική με τις εργασίες των μαθητών.</p>	<p>1. Να διαβάζουν με αξιόπιστο τρόπο τις ενδείξεις του Joulemetre.</p> <p>2. Να συμπληρώσουν το Φύλλο Εργασίας 109 (ΦΕ10).</p> <p>3. Να λάβουν μέρος στην προκαλούμενη από τον εκπαιδευτικό συζήτηση σχετικά με τη μεταφορά ενέργειας σε σύνθετο σύστημα ηλεκτρικών συσκευών και τους παράγοντες που συμβάλλουν στην εξοικονόμηση ενέργειας.</p>	<p>Μοντέλο οικίας με ταυτόχρονη λειτουργία των <b>Σ1, Σ3, Σ4</b> (σύνθετο φαινομενολογικό πεδίο <b>Φ5</b>).</p>	<p>- Εφαρμογή του μοντέλου <b>M3</b> σε σύνθετο φαινομενολογικό πεδίο.</p>	<p>- Ανάδειξη μιας σύνθετης νοητικής παράστασης τυπικής ποσοτικής νοητικής παράστασης 'διανομής' και σύνδεσή της με την έννοια 'εξοικονόμηση ενέργειας'</p>

**ΕΝΟΤΗΤΑ Δ: Η ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΣΤΗΝ ΚΑΘΗΜΕΡΙΝΗ ΖΩΗ**

**ΜΑΘΗΜΑ ΔΕΥΤΕΡΟ: Ο μετρητής της ΔΕΗ**

ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑ (ΠΡΑΞΗ)		ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ ΦΕ (ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ)		
Δραστηριότητες δασκάλου	Αναμενόμενες δραστηριότητες μαθητών	Φαινομενολογικό πεδίο	Σχολική γνώση: εννοιολογικό πλαίσιο προς οικοδόμηση	Προσδοκώμενη εξέλιξη νοητικών παραστάσεων μαθητών
<p>1. Παρουσιάζει στους μαθητές το μετρητή της ΔΕΗ του σχολείου τους, κάνει αντιστοιχίες με τον εργαστηριακό μετρητή ενέργειας (Joulemetre), τους εξηγεί τη λειτουργία - χρησιμότητα και τους εξοικειώνει με τις ενδείξεις και τη λήψη / καταγραφή μετρήσεων (δραστηριότητα επίδειξης).</p> <p>2. Ζητά από τους μαθητές να συμπληρώσουν το φύλλο εργασίας 11 (ΦΕ11) κατ' αντιστοιχία με τα ερωτήματα του φύλλου εργασίας 10 (ΦΕ10). Αφού καταμετρηθεί ο αριθμός των στροφών του δίσκου για ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα, οι μαθητές καλούνται να κατασκευάσουν την αντίστοιχη γραφική αναπαράσταση του μοντέλου <b>M3 (E22)</b> και να προτείνουν τρόπους μείωσης εξοικονόμησης ενέργειας κατά 50% εντοπίζοντας τις ενεργοβόρες συσκευές (<b>E23</b>).</p> <p><i>(*)Συναρτά την ποσότητα της ενέργειας που μεταφέρεται με τον αριθμό των στροφών του δίσκου του ρολογιού/λεπτό (εκφράζει την 1 kWh ως N στροφές / λεπτό)</i></p>	<p>1. Να λάβουν μέρος στην προκαλούμενη από τον εκπαιδευτικό συζήτηση</p> <p>2. Να συμπληρώσουν το Φύλλο Εργασίας 11 (ΦΕ11)</p>	<p>Ηλεκτρική εγκατάσταση σχολείου (σύνθετο φαινομενολογικό πεδίο μεγάλης κλίμακας) (Φ6)</p>	<p>- Εφαρμογή του μοντέλου <b>M3</b> σε σύνθετο φαινομενολογικό πεδίο μεγάλης κλίμακας.</p>	<p>- Σύνδεση της σύνθετης ποσοτικής νοητικής παράστασης 'διανομής' με τα αποτελέσματα των μετρήσεων που διεξάγονται στα πλαίσια του συγκεκριμένου φαινομενολογικού πεδίου και την έννοια 'εξοικονόμηση ενέργειας'.</p>

**ΕΝΟΤΗΤΑ Δ: Η ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΣΤΗΝ ΚΑΘΗΜΕΡΙΝΗ ΖΩΗ**

**ΜΑΘΗΜΑ ΤΡΙΤΟ: Η εξοικονόμηση ενέργειας είναι υπόθεση όλων μας**

ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑ (ΠΡΑΞΗ)		ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ ΦΕ (ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ)		
Δραστηριότητες δασκάλου	Αναμενόμενες δραστηριότητες μαθητών	Φαινομενολογικό πεδίο	Σχολική γνώση: εννοιολογικό πλαίσιο προς οικοδόμηση	Προσδοκώμενη εξέλιξη νοητικών παραστάσεων μαθητών
<p>1. Ζητά από τους μαθητές να συμπληρώσουν το φύλλο εργασίας 12 (ΦΕ12) όπου τους ζητείται να νοηματοδοτήσουν ποσοτικά δεδομένα (κείμενα Greenpeace, λογαριασμός ΔΕΗ, μπροσούρες ΔΕΗ κλπ) σχετικά με την εξοικονόμηση ενέργειας</p> <p>2. Προκαλεί συζήτηση σχετική με την ορθή ανάγνωση ποσοτικών δεδομένων σχετικών με την εξοικονόμηση ενέργειας.</p>	<p>1. Να συμπληρώσουν το φύλλο εργασίας 11 (ΦΕ 12)</p> <p>2. Να λάβουν μέρος στην προκαλούμενη από τον εκπαιδευτικό συζήτηση.</p>	<p>Ποσοτικά δεδομένα σχετικά με την εξοικονόμηση ενέργειας (Φ7)</p>	<p>- Εφαρμογή του μοντέλου Μ3 σε ποσοτικά δεδομένα</p>	<p>- Ανάδειξη της σύνθετης τυπικής ποσοτικής νοητικής παράστασης ‘διανομής’ και σύνδεσή της με την έννοια ‘εξοικονόμηση ενέργειας’</p>

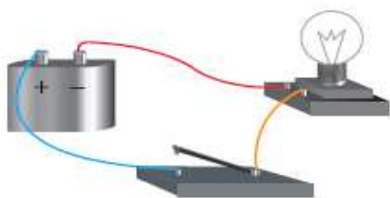
### Παράρτημα 3

#### Τα Φύλλα Εργασίας της διδακτικής ακολουθίας

#### 1<sup>ο</sup> Φύλλο Εργασίας

Όνομ/νομο .....  
Σχολείο.....  
Ημερομηνία.....

## Φτιάχνω απλές ηλεκτρικές συσκευές



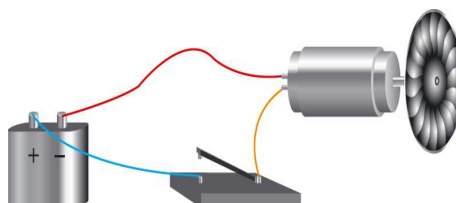
Σχήμα 1α

#### Ερώτηση 1

Όταν κλείσετε το διακόπτη στο κύκλωμα 1α που έχετε φτιάξει, τότε η λάμπα ανάβει.

Γιατί ανάβει η λάμπα;

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....



Σχήμα 1β

Όταν κλείσετε το διακόπτη στο κύκλωμα 1β που έχετε φτιάξει, τότε ο μικρός έλικας γυρίζει.

Γιατί γυρίζει ο έλικας;

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

#### Ερώτηση 2

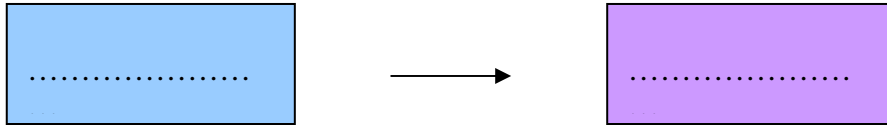
Μπορείτε να δώσετε μια εξήγηση που να είναι **ίδια** και για τα δύο προηγούμενα φαινόμενα (άναμμα της λάμπας και κίνηση του μικρού έλικα);

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....



### Ερώτηση 3

**A)** Αν σας δώσουμε δυο καρτέλες (η μια γράφει ΛΑΜΠΙΑ και η άλλη ΜΠΑΤΑΡΙΑ) και σας λέγαμε να τις βάλετε στη σειρά, με ποια σειρά θα τις βάζατε;



Να αιτιολογήσετε την απάντησή σας.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

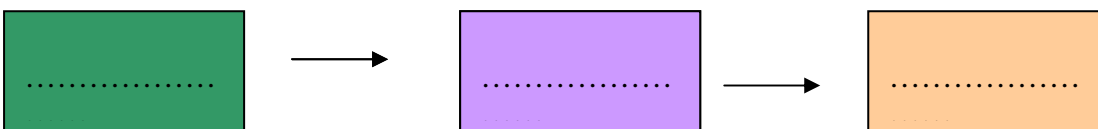
.....

.....

.....

.....

**B)** Αν σας δώσουμε τρεις καρτέλες (η μια γράφει ΜΟΤΕΡΑΚΙ, η άλλη ΜΠΑΤΑΡΙΑ και η άλλη ΕΛΙΚΑΣ) και σας λέγαμε να τις βάλετε στη σειρά, με ποια σειρά θα τις βάζατε;



Να αιτιολογήσετε την απάντησή σας

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

# Εξηγώ χρησιμοποιώντας σύμβολα

## Δραστηριότητα 1

Μεταφέρετε από τον πίνακα στο Φύλλο Εργασίας σας, την πλήρη σειρά αντικειμένων για κάθε μια από τις διατάξεις που μόλις συζητήσαμε και ολοκληρώσαμε.

Τα αντικείμενα της **Πρώτης διάταξης**

Τα αντικείμενα της **Δεύτερης διάταξης**

## Δραστηριότητα 2

Θεωρούμε ότι η μπαταρία περιέχει ενέργεια και λειτουργεί ως **αποθήκη ενέργειας**. Η ενέργεια μεταφέρεται από την μπαταρία στο λαμπάκι, το οποίο λειτουργεί ως **μετατροπέας ενέργειας**, παίρνει δηλαδή την ενέργεια που μεταφέρεται σ' αυτό και την κάνει φως. Η ενέργεια μεταφέρεται από το λαμπάκι στο περιβάλλον.

Τώρα θα σχεδιάσουμε τις ίδιες πειραματικές διατάξεις βάζοντας για ευκολία στη θέση των αντικειμένων σύμβολα (τετραγωνάκια, τριγωνάκια, βελάκια). Μέσα σε κάθε συμβολάκι θα γράφουμε το όνομα του αντικειμένου και από κάτω τη λειτουργία του.

**Ας συμβολίσουμε:**

□ την αποθήκη ενέργειας

△ το μετατροπέα ενέργειας

→ τη μεταφερόμενη ενέργεια

Για την πρώτη διάταξη έχουμε:

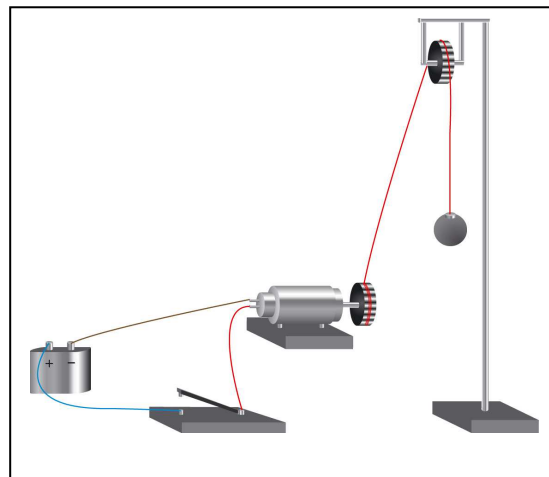


Για τη δεύτερη διάταξη έχουμε:



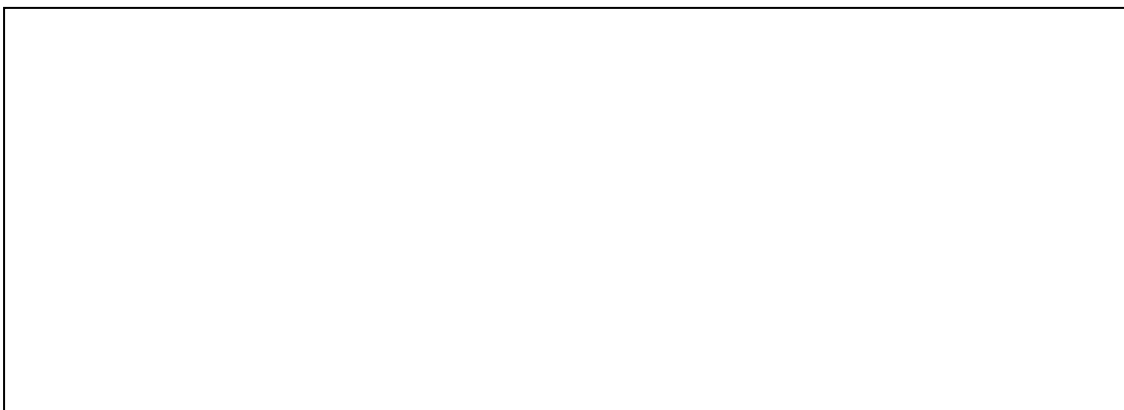
### Δραστηριότητα 3

Προσπαθήστε να φτιάξετε την ενεργειακή αλυσίδα της διάταξης που βλέπετε στο διπλανό σχήμα 2 (μικρό ανεβατώριο).



Σχήμα 2

Η ενεργειακή αλυσίδα για τη διάταξη του σχήματος 2.



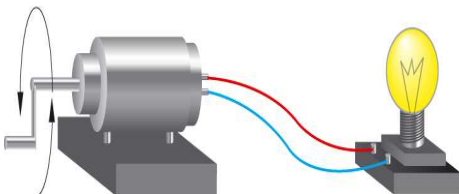
# Σχεδιάζω κι άλλες ενεργειακές αλυσίδες

## Δραστηριότητα 1

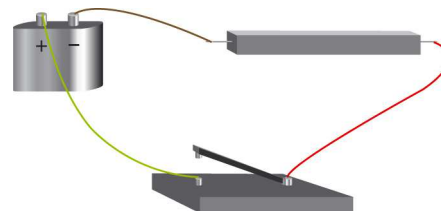
Μεταφέρετε από τον πίνακα στο Φύλλο Εργασίας σας, την ενεργειακή αλυσίδα του μικρού ανεβωτήριου που μόλις συζητήσαμε και ολοκληρώσαμε.

Η ενεργειακή αλυσίδα του μικρού ανεβωτήριου

## Δραστηριότητα 2



Σχήμα 3α



Σχήμα 3β

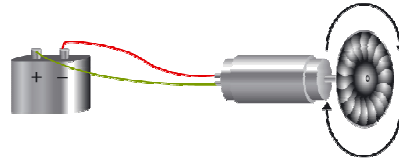
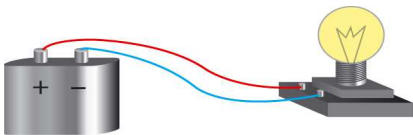
Α) Προσπαθήστε να φτιάξετε την ενεργειακή αλυσίδα του σχήματος 3α.

Β) Προσπαθήστε να φτιάξετε την ενεργειακή αλυσίδα του σχήματος 3β αφού πρώτα κλείσετε το διακόπτη.



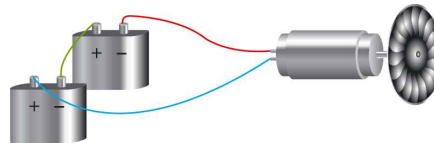
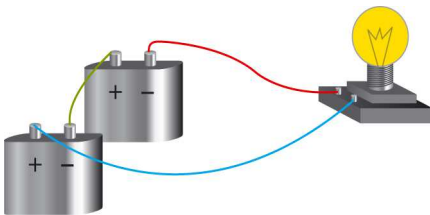
# Προκαλούμε πιο έντονα φαινόμενα

## Δραστηριότητα 1



Σχήμα 4α

Σχήμα 4β



Σχήμα 4α'

Σχήμα 4β'

### Ερώτηση 1

Τι θα συμβεί στη λάμψη του λαμπτήρα στη διάταξη με τις δυο μπαταρίες (Σχήμα 4α');

.....  
.....  
.....

### Ερώτηση 2

Ποιες διαφορές παρατηρείτε στη λάμψη του λαμπτήρα στα δυο φαινόμενα (Σχήμα 4α και Σχήμα 4α');

.....  
.....  
.....  
.....

### Ερώτηση 3

Πώς εξηγείτε η διαφορά στη λάμψη;

.....  
.....  
.....  
.....

#### Ερώτηση 4

Τι θα συμβεί στη κίνηση του μικρού έλικα όταν συνδέσουμε στο κύκλωμα και δεύτερη μπαταρία (Σχήμα 4β');  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

#### Ερώτηση 5

Ποιες διαφορές παρατηρείτε στην κίνηση του μικρού έλικα στα δυο κυκλώματα (Σχήμα 4β και σχήμα 4β'); Σε τι νομίζετε ότι διαφέρουν;  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

#### Δραστηριότητα 2

A) Να φτιάξετε την ενεργειακή αλυσίδα των σχημάτων 4α και 4β.

Για το σχήμα 4α έχουμε:

Για το σχήμα 4β έχουμε:

#### Ερώτηση 6

Θα προτείνετε κάποια αλλαγή ή κάποιες αλλαγές που πρέπει να γίνουν στις δυο παραπάνω ενεργειακές αλυσίδες, ώστε η εξήγηση να γίνει ακόμα καλύτερη για τα φαινόμενα 4α' και 4β' αντίστοιχα;  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

## Κάνω αλλαγές στις ενεργειακές αλυσίδες

### Δραστηριότητα 1

Μεταφέρετε από τον πίνακα στο Φύλλο Εργασίας σας, τις ενεργειακές αλυσίδες που μόλις συζητήσαμε και ολοκληρώσαμε.

Η ενεργειακή αλυσίδα του κυκλώματος με τις δυο μπαταρίες και τη λάμπα.

Η ενεργειακή αλυσίδα του κυκλώματος με τις δυο μπαταρίες – μοτεράκι- έλικας.

Σε κάθε αποθήκη ενέργειας είναι αποθηκευμένη μια **ποσότητα ενέργειας**. Ένα μέρος αυτής της ποσότητας **μεταφέρεται** από μια αποθήκη ενέργειας (πχ μπαταρία) σε κάποιους μετατροπείς ενέργειας (πχ, λάμπα, μικρός έλικας) ή άλλες αποθήκες ενέργειας (πχ, περιβάλλον) για το χρονικό διάστημα μέσα στο οποίο λειτουργούν οι διάφορες συσκευές.

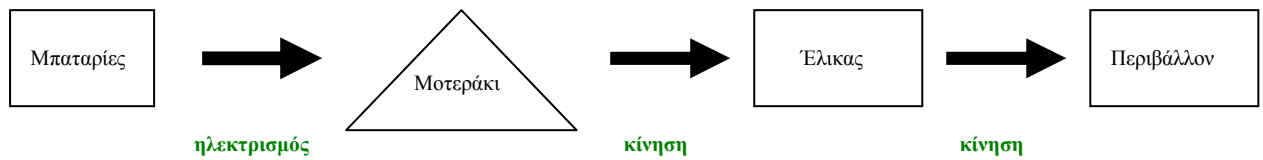
Για να συμβολίζουμε την ποσότητα ενέργειας που μεταφέρεται σε ένα χρονικό διάστημα χρησιμοποιούμε βελάκια που έχουν **πάχος**.

Έτσι, για να αναπαραστήσουμε το φαινόμενο του ανάμματος της λάμπας με τη βοήθεια δυο μπαταριών θα χρησιμοποιούμε την παρακάτω ενεργειακή αλυσίδα:

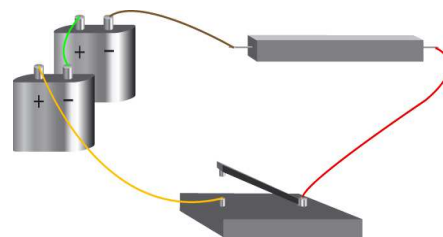




Για να αναπαραστήσουμε το φαινόμενο της κίνησης του έλικα με τη βοήθεια δυο μπαταριών θα χρησιμοποιούμε την παρακάτω ενεργειακή αλυσίδα:



## Δραστηριότητα 2



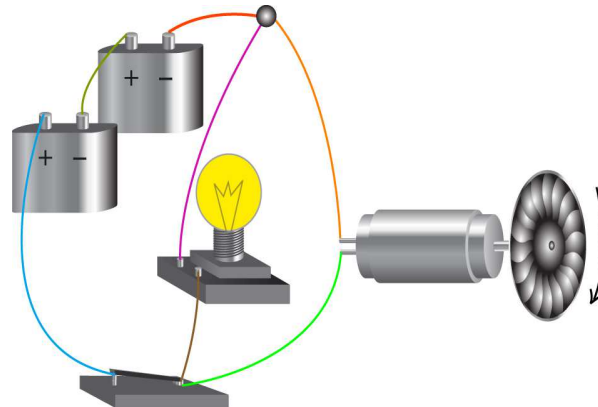
Σχήμα 5 α

Για να αναπαραστήσουμε το φαινόμενο της θέρμανσης του θερμικού αντιστάτη με τη βοήθεια δυο μπαταριών (βλέπε σχήμα 5α), θα χρησιμοποιήσουμε την παρακάτω ενεργειακή αλυσίδα.

Ενεργειακή αλυσίδα του θερμικού αντιστάτη

### Πείραμα επίδειξης

Ο δάσκαλος ή η δασκάλα συναρμολογεί και λειτουργεί την πειραματική διάταξη που φαίνεται στο σχήμα 5β.



Σχήμα 5β

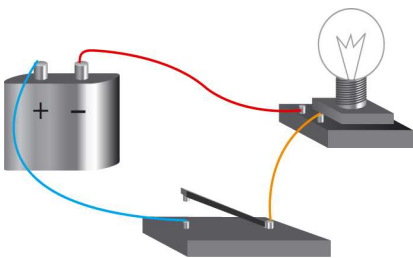
### Δραστηριότητα 3

Προσπαθήστε να σχεδιάσετε την ενεργειακή αλυσίδα του φαινομένου που μόλις παρατηρήσατε.

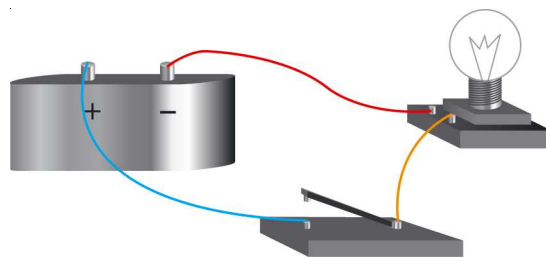
**Ενεργειακή αλυσίδα του κυκλώματος 5β.**

# Υπάρχουν μπαταρίες και μπαταρίες

## Δραστηριότητα 1



Σχήμα 6α



Σχήμα 6β

## Δραστηριότητα 2

### Ερώτηση 1

Τι θα συμβεί στη λάμψη των λαμπτήρων στα δυο παραπάνω κυκλώματα (Σχήμα 6α και Σχήμα 6β);

.....  
.....  
.....  
.....

### Ερώτηση 2

Σε τι διαφέρουν τα δυο παραπάνω φαινόμενα ;

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

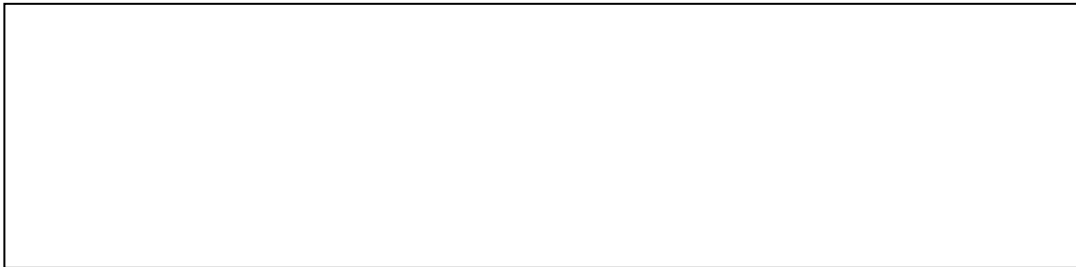
### Δραστηριότητα 3

A) Να φτιάξετε την ενεργειακή αλυσίδα των σχημάτων δα και δβ.

Για το σχήμα δα έχουμε:



Για το σχήμα δβ έχουμε:



### Ερώτηση 3

Τι να κάνουμε ώστε ένας λαμπτήρας να ανάβει με τον ίδιο τρόπο για περισσότερο χρόνο;

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

# Μετρώ την ενέργεια με το Τζαουλόμετρο

## Δραστηριότητα 1

Μετρήστε με το Τζαουλόμετρο την ενέργεια που μεταφέρεται σε κάθε συσκευή σε ένα λεπτό της ώρας και γράψτε τις μετρήσεις στον Πίνακα 1 που ακολουθεί.

Συσκευές σε λειτουργία	Μεταφερόμενη ενέργεια σε ένα λεπτό μετρημένη σε (Joule)
<b>Λαμπτήρας</b>	
<b>Μοτεράκι</b>	
<b>Θερμικός αντιστάτης</b>	
<b>Λαμπτήρας</b> (σε κύκλωμα με μπαταρία διπλάσιας χωρητικότητας)	

Πίνακας 1

## Δραστηριότητα 2

Γράψτε τις συσκευές που χρησιμοποιήσατε κατά σειρά, αρχίζοντας από εκείνη στην οποία μεταφέρεται λιγότερη ενέργεια.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

## Ερώτηση 1

Τι νομίζετε ότι θα συνέβαινε αν κάνατε τις ίδιες μετρήσεις στην περίπτωση που οι συσκευές λειτουργούσαν για 2 λεπτά;

.....

.....

.....

.....

.....

## Ερώτηση 2

Τι νομίζετε ότι θα συνέβαινε αν συνδέατε όλες μαζί τις συσκευές (λαμπτήρα, μοτεράκι και θερμικό αντιστάτη) και μετρούσατε την ποσότητα ενέργειας που μεταφέρεται σε αυτές για ένα λεπτό;

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

## Ερώτηση 3

Αν υποθέσουμε ότι χρησιμοποιούμε πάντοτε μπαταρία σταθερής τάσης, από ποιους παράγοντες νομίζετε ότι εξαρτάται το πόση ενέργεια μεταφέρεται;

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

# Άλλο ποσότητα κι άλλο παροχή ενέργειας

## Δραστηριότητα 1

Σημειώστε τις μετρήσεις που λάβαμε στο προηγούμενο μάθημα με το Τζαουλόμετρο, πάνω στις ενεργειακές αλυσίδες που έχουμε ήδη φτιάξει για τα αντίστοιχα φαινόμενα στα Φ. Ε. 5 και Φ. Ε. 6.

Με τη βοήθεια του Τζαουλόμετρου μπορούμε να μετρήσουμε **την ποσότητα της ενέργειας** που μεταφέρεται, από αποθήκες σε μετατροπείς ενέργειας, κατά τη διάρκεια ενός φυσικού φαινομένου. Μπορούμε ακόμα παρατηρώντας το πόσο γρήγορα ή αργά αλλάζουν οι ενδείξεις στο Τζαουλόμετρο (πέφτουν τα νούμερα), να καταλάβουμε αν η ενέργεια μεταφέρεται γρήγορα ή αργά από τις αποθήκες στους μετατροπείς. Διαπιστώνουμε λοιπόν με το Τζαουλόμετρο, πως η ενέργεια μεταφέρεται με διαφορετική ταχύτητα (**ρυθμό**) στην κάθε συσκευή.

## Πείραμα επίδειξης

Παρατηρήστε το ρυθμό με τον οποίο αλλάζουν οι ενδείξεις του Τζαουλόμετρου όταν μετράμε τη μεταφερόμενη ενέργεια στις διάφορες συσκευές ( λαμπτήρας, μοτεράκι, θερμικός αντιστάτης, λαμπτήρας και μοτεράκι μαζί, ή μοτεράκι και θερμικός αντιστάτης μαζί). Διαπιστώστε αν ο ρυθμός αλλαγής των ενδείξεων του Τζαουλόμετρου έχει σχέση με το είδος και τον αριθμό των συσκευών.

Η ποσότητα ενέργειας που **μεταφέρεται** κάθε χρονική στιγμή από αποθήκες ενέργειας σε μετατροπείς ενέργειας ονομάζεται **παροχή ενέργειας**. Έτσι αν μια χρονική στιγμή μεταφέρεται μεγάλη ποσότητα ενέργειας λέμε ότι έχουμε μεγάλη παροχή ενέργειας.

Στην καθημερινή ζωή συχνά μας ενδιαφέρει αν κάποιο φυσικό φαινόμενο είναι έντονο ή όχι (π.χ., μια λάμπα να έχει ισχυρή λάμψη). Μας ενδιαφέρει δηλαδή η παροχή ενέργειας. Πολλές φορές αντί να λέμε παροχή ενέργειας μιλάμε για **ισχύ** και τη μετράμε σε βαττ (Watt). Όλες οι ηλεκτρικές συσκευές γράφουν σε κάποιο σημείο την ισχύ τους. Για παράδειγμα παρατηρώντας μια λάμπα φωτισμού διαβάζουμε στο γυαλί να γράφει 75W, αυτό σημαίνει ότι σε κάθε χρονική στιγμή ( δευτερόλεπτο) μεταφέρεται στη λάμπα, όταν λειτουργεί, ενέργεια ίση με 75 Joule.

# Απαραίτητη η εξοικονόμηση ενέργειας αλλά πώς γίνεται;

## Ερώτηση 1

Τι νομίζετε ότι θα συνέβαινε αν συνδέατε όλες μαζί τις συσκευές (λαμπτήρα, μοτεράκι και θερμικό αντιστάτη) και μετρούσατε την ποσότητα ενέργειας που μεταφέρεται σε αυτές για ένα λεπτό;

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

## Ερώτηση 2

Αν υποθέσουμε ότι χρησιμοποιούμε πάντοτε μπαταρία σταθερής τάσης, από ποιους παράγοντες νομίζετε ότι εξαρτάται το πόση ενέργεια μεταφέρεται κάθε φορά;

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

## Ερώτηση 3

Τι προτείνετε να κάνουμε ώστε το Τζαουλόμετρο να μετρά λιγότερη μεταφερόμενη ενέργεια (να κάνουμε δηλαδή εξοικονόμηση ενέργειας):

(α) στην περίπτωση του ανάμματος της λάμπας;

.....  
.....  
.....  
.....  
.....



Γιατί;

.....  
.....  
.....  
.....  
.....

(β) στην περίπτωση της λειτουργίας του μοτέρ με το μικρό έλικα;

.....  
.....  
.....  
.....  
.....

Γιατί;

.....  
.....  
.....  
.....  
.....

(γ) στην περίπτωση της θέρμανσης του μικρού θερμικού αντιστάτη;

.....  
.....  
.....  
.....  
.....

Γιατί;

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

# Έχει και η ενέργεια την τιμή της

## Δραστηριότητα 1

Μετρήστε με τη βοήθεια του Τζαουλόμετρου την ποσότητα ενέργειας που μεταφέρεται στις διάφορες συσκευές (λαμπτήρα, μοτεράκι, θερμικό αντιστάτη) του μοντέλο οικίας που σας παρουσιάστηκε. Γράψτε τις τιμές στον παρακάτω Πίνακα 1.

Συσκευές σε λειτουργία	Μεταφερόμενη ενέργεια σε ένα λεπτό (Joule)
Ένα λαμπάκι	
Ένα μοτεράκι	
Ένας Θ. αντιστάτης	

Πίνακας 1

## Δραστηριότητα 2

Αν το κάθε Τζάουλ ενέργειας που καταναλώνεται τιμάται με 2 λεπτά του €, τότε χρησιμοποιώντας τις μετρήσεις του Πίνακα 1, υπολογίζουμε το συνολικό οικονομικό κόστος λειτουργίας του μοντέλου σπιτιού, για ένα λεπτό της ώρας. Έτσι έχουμε:

.....joule X 0,02 € = .....€.

## Δραστηριότητα 3

Σχεδιάστε την ενεργειακή αλυσίδα του μοντέλου οικίας όταν λειτουργούν σ' αυτή ταυτόχρονα και οι τρεις συσκευές (λαμπτήρας, μοτεράκι, θερμικός αντιστάτης).

## Ενεργειακή αλυσίδα μοντέλου οικίας



### Ερώτηση - Πρόβλημα

Τι θα προτείνατε ώστε να πετύχουμε εξοικονόμηση ενέργειας στο μοντέλο σπιτιού κατά 50%, δηλαδή να μειώσουμε την ποσότητα της ενέργειας που μεταφέρεται στις ηλεκτρικές συσκευές στο μισό; Δικαιολογήστε την απάντησή σας.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

*Η συνεχής χρήση όλο και περισσότερων μηχανημάτων και συσκευών δημιουργεί ολοένα και μεγαλύτερη ζήτηση σε ενέργεια. Οι αποθήκες ενέργειας που μπορούν σήμερα να αξιοποιηθούν είναι περιορισμένες. Η χρήση και πολύ περισσότερο η σπατάλη της ενέργειας, επιβαρύνει το περιβάλλον. Υποχρέωση όλων μας είναι η οικονομία στη χρήση της ενέργειας. Με απλές καθημερινές συνήθειες μπορούμε να συμβάλλουμε όλοι μας στον περιορισμό της σπατάλης στη χρήση της ενέργειας.*

*Στην εξοικονόμηση ενέργειας ωστόσο συμβάλλει και η τεχνολογία με την κατασκευή συσκευών που λειτουργούν με λιγότερη ενέργεια.*

# Ο μετρητής της ΔΕΗ

## Δραστηριότητα εκτός τάξης

Βρισκόμαστε μπροστά στο μετρητή της ΔΕΗ του σχολείου μας. Παρατηρήστε τον, βεβαιωθείτε ότι λειτουργεί, και στη συνέχεια μετρήστε και γράψτε πόσες στροφές κάνει σε ένα λεπτό ο δίσκος του μετρητή της ΔΕΗ.

Σε ένα λεπτό κάνει .....

## Δραστηριότητα 2

Ανάβουμε δέκα λάμπες στο σχολικό κτίριο και στη συνέχεια μετρούμε τις στροφές του μετρητή για χρονικό διάστημα ενός λεπτού.

Μετρούμε:

Σε ένα λεπτό έκανε .....στροφές.

Γράφουμε την μέτρησή μας στον επόμενο συγκεντρωτικό Πίνακα 1.

## Δραστηριότητα 3

Σβήνουμε όλα τα φώτα, ανάβουμε μόνο την ηλεκτρική κουζίνα, και στη συνέχεια μετρούμε τις στροφές του μετρητή για χρονικό διάστημα ενός λεπτού.

Μετρούμε:

Σε ένα λεπτό έκανε .....στροφές.

Γράφουμε κι αυτή τη μέτρησή μας στον επόμενο συγκεντρωτικό Πίνακα 1.

## Δραστηριότητα 4

Ανάβουμε μόνο τον ανεμιστήρα, και στη συνέχεια μετρούμε τις στροφές του μετρητή για χρονικό διάστημα ενός λεπτού.

Μετρούμε:

Σε ένα λεπτό έκανε .....στροφές.

Γράφουμε κι αυτή τη μέτρησή μας στον επόμενο συγκεντρωτικό Πίνακα 1.

Συσκευές σε λειτουργία	στροφές / λεπτό
Δέκα λάμπες	
Ηλεκτρική κουζίνα	
Ανεμιστήρας	

**Πίνακας 1**

**\*Παρατηρήστε στο κάτω μέρος του μετρητή της ΔΕΗ γράφει:**  
**1 KWh = 75 στροφές**

### **Δραστηριότητα 5**

Σχεδιάστε την ενεργειακή αλυσίδα του σχολικού κτιρίου όταν λειτουργούν σ' αυτό ταυτόχρονα όλες οι παραπάνω συσκευές ( 10 λάμπες, ηλεκτρική κουζίνα, ανεμιστήρας).

**Ενεργειακή αλυσίδα σχολικού κτιρίου**

### **Ερώτηση - Πρόβλημα**

Εντοπίστε τις ενεργοβόρες συσκευές και προτείνετε τρόπους ώστε να πετύχουμε εξοικονόμηση ενέργειας στο σχολείο μας κατά 50 %, δηλαδή να μειώσουμε την ποσότητα της ενέργεια που μεταφέρεται στις ηλεκτρικές συσκευές στο μισό; Δικαιολογήστε την απάντησή σας.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

# Η εξοικονόμηση ενέργειας είναι υπόθεση όλων μας !

## Δραστηριότητα 1



Ε Ν Δ Ε Ι Ξ Ε Ι Σ Μ Ε Τ Ρ Η Τ Η					
ΚΤ	ΤΕΛΕΥΤΑΙΑ	ΠΡΟΗΓΟΥΜΕΝΗ	ΔΙΑΦΟΡΑ	ΠΡΟΣ. ΚΩΗ	ΣΥΝΟΛΟ
Κ11	12839	11353	1486	0	1486
Μ12	8825	8373	452	0	452
ΚΩΔ. ΤΜ.	Σ.Ι.	ΚΩΔ.	ΣΥΝΤ. ΚΩΗ	ΧΡ. ΖΗΤ.	ΚΩ
Γ1Ν			1		
ΕΠΟΜΕΝΗ ΜΕΤΡΗΣΗ:			03/10/2007		

ΛΟΓΑΡΙΑΣΜΟΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ	
ΕΚΚΑΘΑΡΙΣΤΙΚΟΣ	
ΑΝΑΛΥΣΗ ΧΡΕΩΣΕΩΝ	
ΠΑΓΙΑ ΧΡΕΩΣΗ	16,13
ΩΧΒ 807Χ0,07449€/ΩΧΒ=	60,11
ΩΧΒ 679Χ0,09492€/ΩΧΒ=	64,45
ΠΑΓΙΑ ΧΡΕΩΣΗ ΝΥΚΤΑΣ	3,75
ΩΧΒ 452Χ0,04555€/ΩΧΒ=	20,59
ΜΕΙΟΝ ΛΕΙΨΑ ΡΕΥΜ.ΕΝΑΝΤΙ	-55,54
ΠΟΣΟ ΣΤΡΟΓΓ.ΠΡΟΗΓ/ΝΟΥ ΔΟΓ.	0,32
ΣΤΡΟΓΓ/ΣΗ ΠΛΗΡΩΤΕΟΥ ΠΟΣΟΥ	0,35

\*Στο λογαριασμό του ηλεκτρικού ρεύματος η ποσότητα ενέργειας που μεταφέρεται στον καταναλωτή αναγράφεται ως **ΩΧΒ** και διαβάζεται **κιλοβατώρα**. Η κιλοβατώρα είναι ποσότητα ενέργειας πολύ μεγαλύτερη από το Joule που χρησιμοποιήσαμε εμείς στις μετρήσεις μας με το Τζαουλόμετρο.

Ο καταναλωτής του σκίτσου έλαβε το λογαριασμό που βλέπετε. Σχολιάστε την αντίδρασή του.

Μέσα από το λογαριασμό, τι του προτείνει η ΔΕΗ να κάνει ώστε να μειώσει το κόστος λειτουργίας του σπιτιού του;

.....

.....

.....

.....

.....

.....

## Δραστηριότητα 2

Διαβάζοντας το παρακάτω κείμενο της Greenpeace, ποια σημεία κρίνετε ότι έχουν μεγαλύτερη σημασία για την εξοικονόμηση ενέργειας;

### Συσκευές σε αναμονή

Προστατέψτε το κλίμα και την τσέπη σας με μια απλή και ανέξοδη κίνηση.

Πολλές ηλεκτρικές συσκευές (π.χ. τηλεοράσεις, βίντεο και όσες συσκευές έχουν τηλεχειριστήριο ή ρολόι) καταναλώνουν ενέργεια, όχι μόνο όταν λειτουργούν, αλλά ακόμη και όταν νομίζουμε ότι έχουμε κλείσει τη συσκευή. Η «διαρροή» της ηλεκτρικής ενέργειας εκτιμάται σε περίπου το 2-5% της συνολικής ηλεκτρικής ενέργειας που καταναλώνει ένα νοικοκυριό. Εντοπίστε τέτοιου είδους «διαρροές» αγγίζοντας, για παράδειγμα, το κάλυμμα του μετασχηματιστή που είναι στην πρίζα, τη συσκευή του ασύρματου τηλεφώνου ή μιας επαναφορτιζόμενης συσκευής, και θα αισθανθείτε ότι είναι θερμές λόγω του ηλεκτρικού ρεύματος που τα διαπερνά. Επίσης παρατηρείστε το κόκκινο λαμπάκι που συνήθως υπάρχει στις τηλεοράσεις και άλλες ηλεκτρικές συσκευές. Όταν εμφανίζεται φωτεινή ένδειξη, η συ-

σκευή παρουσιάζει «διαρροή» που βέβαια είναι πολύ μικρότερη κατανάλωση σε σχέση με την κανονική λειτουργία της συσκευής.

Η τηλεόραση, το βίντεο, ο υπολογιστής και άλλες ηλεκτρικές συσκευές απορροφούν ενέργεια, ακόμα κι όταν βρίσκονται σε κατάσταση αναμονής. Κλείνοντας την τηλεόραση από τον κεντρικό διακόπτη, κερδίζετε έως και €16 στο λογαριασμό του ηλεκτρικού το χρόνο, ταυτόχρονα με την αποφυγή έκλυσης στην ατμόσφαιρα μέχρι και 212 κιλών διοξειδίου του άνθρακα ετησίως.

Περίπου το 1,5% της ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα καταναλώνεται από ηλεκτρικές συσκευές σε κατάσταση αναμονής (stand by). Η ενέργεια αυτή ευθύνεται για την εκπομπή 600.000 τόνων διοξειδίου του άνθρακα ετησίως.

Κλείστε, όπου είναι δυνατό, τις συσκευές από τον κεντρικό διακόπτη ή βγάλτε τις από την πρίζα και μην τις αφήνετε σε αναμονή. Μία τέτοια απλή κίνηση προστατεύει το περιβάλλον και μειώνει το λογαριασμό του ηλεκτρικού. Παρακάτω, μεταξύ άλλων, αναφέρεται το ετήσιο κόστος της κατανάλωσης ενέργειας διαφόρων συσκευών σε αναμονή.

ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΣΥΣΚΕΥΗ ΣΕ ΑΝΑΜΟΝΗ (stand by)	ΜΕΓΙΣΤΕΣ ΤΙΜΕΣ ΕΤΗΣΙΩΣ		
	Κατανάλωση σε κιλοβατώρες	Κόστος ρεύματος σε ευρώ	Εκπομπές CO2 σε κιλά
Τηλεόραση	193	16,6	212
Βίντεο	263	22,6	289
Αποκωδικοποιητής	149	12,8	164
DVD	131	11,3	144
Στερεοφωνικό	210	18	231
CD player	61	5,2	67
Κασετόφωνο	53	4,6	58
Ραδιόφωνο	44	3,8	48
Ηχείο	79	6,8	87
Οθόνη υπολογιστή	88	7,6	97
Εκτυπωτής	70	6	77
Ηχείο υπολογιστή	44	3,8	48
Σαρωτής (scanner)	53	4,6	58
Φωτοτυπικό	88	7,6	97
Φούρνος μικροκυμάτων	105	9	115
Φούρνος κουζίνας	158	13,6	174
Πλυντήριο	61	5,2	67

\* Μέσο κόστος ηλεκτρικής ενέργειας στον οικιακό τομέα (2005): 0,086 €/kWh

Πηγή: Greenpeace

.....  
 .....  
 .....  
 .....

### Δραστηριότητα 3

Στο παρακάτω κείμενο της ΔΕΗ διατυπώνονται κάποιες προτάσεις. Κρίνετε αναγκαία την εφαρμογή τους; Γιατί;

#### Λαμπτήρες χαμηλής κατανάλωσης

Μόνο 10% της ενέργειας που καταναλώνουν οι κοινές λάμπες πυρακτώσεως χρησιμοποιείται για φωτισμό. Το υπόλοιπο 90% γίνεται θερμότητα και χάνεται. Στην αγορά κυκλοφορούν σύγχρονοι οικονομικοί συμπαγείς λαμπτήρες φθορισμού χαμηλής κατανάλωσης, νέας τεχνολογίας, που μπορούν να αντικαταστήσουν τους κοινούς λαμπτήρες πυρακτώσεως. Με μικρές διαστάσεις και κάλυκτες κοινού λαμπτήρα: βιδωτούς και μπαγιονέ, προσφέρουν την ίδια φωτεινότητα και ποιότητα φωτισμού με τους κοινούς, ενώ καταναλώνουν 4 - 5 φορές λιγότερη ενέργεια διαρκώντας 8-15 φορές περισσότερο. Χρησιμοποιείστε τους σε χώρους όπου τα φώτα μένουν αναμμένα πολλές ώρες, όπως καθιστικό και κουζίνα.

Η εξοικονόμηση ενέργειας είναι τόσο μεγάλη ώστε μέσα σε λίγους μήνες γίνεται απόσβεση της αγοράς του οικονομικού λαμπτήρα, μεταφράζοντας τους μειωμένους λογαριασμούς ρεύματος στη συνέχεια, σε καθαρό κέρδος, χρηματικό και περιβαλλοντικό.

ΛΑΜΠΤΗΡΑΣ ΦΘΟΡΙΣΜΟΥ	ΛΑΜΠΤΗΡΑΣ ΚΟΙΝΟΣ
5 W	25 W
7 W	40 W
11 W	60 W
15 W	75 W
20 W	100 W
23 W	120 W

Αντιστοιχία ισχύος (Watt) λαμπτήρων χαμηλής κατανάλωσης (φθορισμού) και κοινών (πυρακτώσεως)

ΠΟΣΟ ΡΕΥΜΑ ΚΑΙ ΧΡΗΜΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΝΟΥΝ ΟΙ ΣΥΓΧΡΟΝΟΙ ΛΑΜΠΤΗΡΕΣ				
ΛΑΜΠΤΗΡΕΣ	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ	ΙΣΧΥΣ W	ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ KWh	ΚΟΣΤΟΣ (ευρώ)
Κοινός 100W	1 ώρα	100	0,10	0,01
Κοινός 60W	1 ώρα	60	0,06	0,006
Χαμηλής κατανάλωσης 20W	1 ώρα (ίδιας φωτεινότητας με κοινό 100W)	20	0,02	0,002

Πηγή : ΔΕΗ



## Παράρτημα 4

### Το ερωτηματολόγιο

ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΑΤΡΩΝ**  
**ΣΧΟΛΗ ΑΝΘΡΩΠΙΣΤΙΚΩΝ**  
**& ΚΟΙΝΩΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ**  
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΤΗΣ ΕΚΠ/ΣΗΣ ΚΑΙ ΤΗΣ ΑΓΩΓΗΣ  
ΣΤΗΝ ΠΡΟΣΧΟΛΙΚΗ ΗΛΙΚΙΑ (Τ.Ε.Ε.Α.Π.Η.)  
Διδακτική Φυσικών Επιστημών  
Αν. Καθηγητής Δ. Κολιόπουλος

**ΑΡΙΘΜΟΣ**

Φίλε μαθητή/ μαθήτρια

Σε παρακαλώ συμπλήρωσε τα στοιχεία που σου ζητούνται, χωρίς να ανησυχείς ότι θα δοθούν σε άλλα πρόσωπα ή θα επηρεάσουν το βαθμό σου. Δεν χρειάζεται να γράψεις το όνομά σου πουθενά.

Αφού συμπληρώσεις τον παρακάτω πίνακα, στη συνέχεια προσπάθησε να απαντήσεις στις διάφορες ερωτήσεις με σαφήνεια και με καθαρά γράμματα. Θα έχεις άνεση χρόνου για να απαντήσεις σε όλες τις ερωτήσεις, αλλά μη σπαταλάς άσκοπα το χρόνο σου. Οι απαντήσεις που θα δώσεις πρέπει να είναι δικές σου, γι' αυτό μη συνομιλείς με τους συμμαθητές σου. Μάθε ακόμα ότι με αυτή σου την προσπάθεια, να απαντήσεις στις ερωτήσεις που σου δίνονται, βοηθάς κι εσύ να γίνει η διδασκαλία του μαθήματος των Φυσικών καλύτερη.

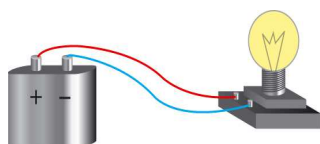
Σχολείο:	Τμήμα:
Αγόρι ..... Κορίτσι .....	Ημερομηνία:

Σας ευχαριστώ!

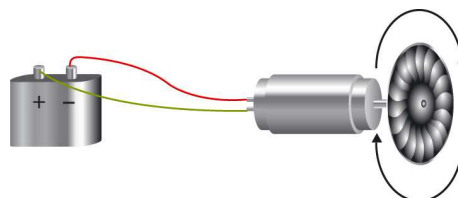
## ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ

### ΕΡΩΤΗΣΗ 1

- Αν συνδέσουμε μια μπαταρία με μια λάμπα, τότε η λάμπα θα ανάψει (δείτε το σχήμα 1α).
- Αν συνδέσουμε μια μπαταρία με ένα μικρό ανεμιστήρα (που αποτελείται από ένα μοτεράκι που στην άκρη του έχει μια μικρή φτερωτή), τότε ο μικρός ανεμιστήρας θ' αρχίσει να γυρίζει (δείτε το σχήμα 1β).



Σχήμα 1α



Σχήμα 1β

Μπορείτε να δώσετε μια εξήγηση που να είναι **ίδια** και για τα δύο προηγούμενα φαινόμενα (άναμμα της λάμπας και κίνηση του μικρού ανεμιστήρα);

Ναι

Όχι

Δεν ξέρω

Αν ναι, δώστε αυτή την εξήγηση. Αν όχι, πείτε γιατί.

.....

.....

.....

.....

.....

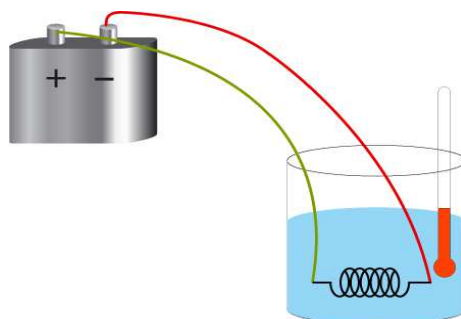
.....

.....

.....

### ΕΡΩΤΗΣΗ 2

Στο σχήμα 2 βλέπετε ένα μικρό θερμαντήρα (ένα σύρμα που θερμαίνεται) συνδεδεμένο με μια μπαταρία ο οποίος έχει τοποθετηθεί μέσα σε ένα δοχείο με νερό όσο περνάει η ώρα το νερό ζεσταίνεται.



Σχήμα 2

Αν σας δώσουμε τρεις καρτέλες (η μια γράφει ΘΕΡΜΑΝΤΗΡΑΣ, η άλλη ΜΠΑΤΑΡΙΑ και η τρίτη ΝΕΡΟ) και σας λέγαμε να τις βάλετε στη σειρά, με ποια σειρά θα τις βάζατε;

(α) ΝΕΡΟ → ΜΠΑΤΑΡΙΑ → ΘΕΡΜΑΝΤΗΡΑΣ

(β) ΜΠΑΤΑΡΙΑ → ΘΕΡΜΑΝΤΗΡΑΣ → ΝΕΡΟ

(γ) ΘΕΡΜΑΝΤΗΡΑΣ → ΝΕΡΟ → ΜΠΑΤΑΡΙΑ

(δ) Δεν ξέρω

Να αιτιολογήσετε την απάντησή σας.

.....

.....

.....

.....

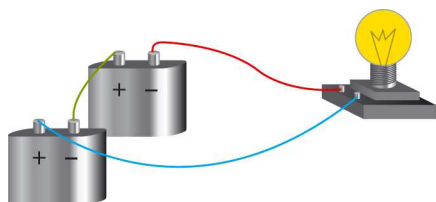
.....

.....

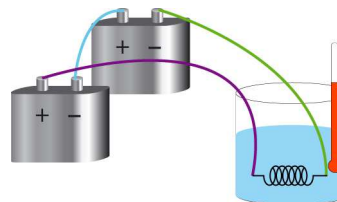
### ΕΡΩΤΗΣΗ 3

- Αν συνδέσουμε **δύο μπαταρίες** με την λάμπα της ερώτησης 1 για **δύο λεπτά της ώρας**, τότε η λάμπα θα λάμπει δυνατώτερα (δείτε το σχήμα 3α).

- Αν συνδέσουμε **δύο μπαταρίες** με το μικρό θερμαντήρα της ερώτησης 2 για **δύο λεπτά της ώρας**, τότε το νερό θα ζεσταθεί περισσότερο (δείτε το σχήμα 3β).



Σχήμα 3α



Σχήμα 3β

Μπορείτε να δώσετε μια **ίδια** εξήγηση στο γιατί η λάμπα θα λάμπει δυνατώτερα και το νερό θα ζεσταθεί περισσότερο στο χρονικό διάστημα των δύο λεπτών;

Ναι

Όχι

Δεν ξέρω

Αν ναι, δώστε αυτή την εξήγηση. Αν όχι, πείτε γιατί.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

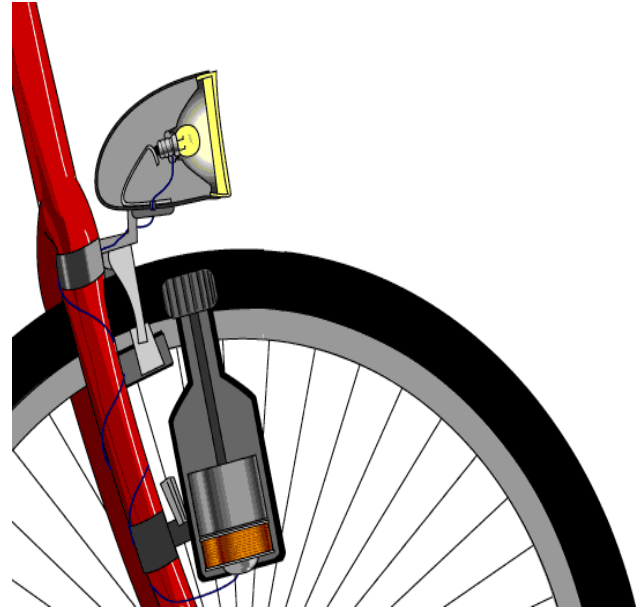
.....

.....

#### ΕΡΩΤΗΣΗ 4

ΑΝ ΞΕΡΕΤΕ ΤΙ ΕΙΝΑΙ ΤΟ ΔΥΝΑΜΟ, ΜΗ ΔΙΑΒΑΣΕΤΕ ΤΟ ΠΑΡΑΚΑΤΩ ΚΕΙΜΕΝΟ. ΠΗΓΑΙΝΕΤΕ ΚΑΤ' ΕΥΘΕΙΑΝ ΣΤΗΝ ΕΡΩΤΗΣΗ.

Σε πολλά ποδήλατα το φανάρι του ποδήλατου δεν ανάβει με τη βοήθεια μπαταρίας αλλά με τη βοήθεια μιας συσκευής που λέγεται **δυναμό**. Όταν η συσκευή αυτή συνδέεται μέσω καλωδίων με το φανάρι. Όταν το δυναμό περιστρέφεται επειδή ακουμπά πάνω στη ρόδα του ποδήλατου που γυρίζει, τότε ανάβει το φανάρι.



Σχήμα 4

Μια συμμαθήτριά σας κάνει ποδήλατο και διαπιστώνει ότι όταν στη ρόδα της ακουμπά το δυναμό (με τη βοήθεια του οποίου ανάβει το φανάρι του ποδήλατου) (δείτε το σχήμα 4), αναγκάζεται να κάνει πετάλι πιο δυνατά. Να εξηγήσετε γιατί συμβαίνει αυτό.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

#### ΕΡΩΤΗΣΗ 5

Αν συνδέσουμε μια μπαταρία με μια λάμπα, τότε η λάμπα θα ανάψει (δείτε το σχήμα 1α). Αν παρατηρήσουμε καλά τη λάμπα θα δούμε ότι πάνω στο γυαλί γράφει **10 W (Βατ)**. Τι σημαίνει η φράση «Η λάμπα είναι μια λάμπα των **10 W (Βατ)**»;

.....

.....

.....

.....

.....  
.....  
.....

### ΕΡΩΤΗΣΗ 6

Αν συνδέσουμε για δυο λεπτά μια μπαταρία με μια λάμπα τότε η λάμπα θ' ανάψει (δες το σχήμα 1α). Αν συνδέσουμε για δυο λεπτά μια μπαταρία με ένα θερμαντήρα που είναι τοποθετημένος μέσα σ' ένα δοχείο με νερό, τότε το νερό θα ζεσταθεί (δείτε το σχήμα 2).

Τι σημαίνει η φράση «Μέσα σε δύο λεπτά ξόδεψα για τη λειτουργία της λάμπας **150 J** (Τζάουλ) και για το ζέσταμα του νερού **700 J** (Τζάουλ)»;

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

### ΕΡΩΤΗΣΗ 7

Η ΔΕΗ έξω από κάθε σπίτι έχει τοποθετήσει ένα μετρητή που ονομάζεται **ρολόι της ΔΕΗ** (ή **μετρητής της ΔΕΗ**) (δείτε το σχήμα 7). Όταν οι ηλεκτρικές συσκευές που χρησιμοποιούμε σπίτι μας (πχ, οι λάμπες, ο ανεμιστήρας, τα μάτια της κουζίνας κλπ) λειτουργούν, τότε γυρνάει ο **δίσκος** του μετρητή. Επίσης, τα **νούμερα** στο πάνω μέρος του μετρητή όλο και μεγαλώνουν (όπως στο κοντέρ του αυτοκινήτου όταν αυτό κινείται).

Ας υποθέσουμε ότι στο σπίτι μας λειτουργούν δέκα λάμπες για δύο ώρες. Κατόπιν, για τις επόμενες δύο ώρες, σβήνουμε τις μισές λάμπες. Τι από τα παρακάτω θα συμβεί;

(α) Στις πρώτες δύο ώρες, θα 'πέσουν' περισσότερα νούμερα του μετρητή της ΔΕΗ απ' ότι στις επόμενες δύο ώρες

(β) Στις πρώτες δύο ώρες, θα 'πέσουν' τα ίδια νούμερα του μετρητή της ΔΕΗ με τα νούμερα που θα 'πέσουν' στις επόμενες δύο ώρες

(γ) Στις πρώτες δύο ώρες, θα 'πέσουν' λιγότερα νούμερα από τα νούμερα που θα 'πέσουν' στις δύο επόμενες ώρες

(δ) Δεν ξέρω τι θα γίνει

Να αιτιολογήσετε την απάντησή σας.

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....



Σχήμα 7

### ΕΡΩΤΗΣΗ 8

Ας υποθέσουμε ότι στο σπίτι μας λειτουργούν δέκα λάμπες για δύο ώρες. Κατόπιν, για τις επόμενες δύο ώρες, σβήνουμε τις μισές λάμπες. Τι από τα παρακάτω θα συμβεί;

- (α) Ο δίσκος του μετρητή της ΔΕΗ θα γυρνάει πιο γρήγορα στις δύο πρώτες ώρες απ' ότι στις δύο επόμενες ώρες
- (β) Ο δίσκος του μετρητή της ΔΕΗ θα γυρνάει με την ίδια ταχύτητα τόσο στις δύο πρώτες ώρες όσο και στις δύο επόμενες ώρες
- (γ) Ο δίσκος του μετρητή της ΔΕΗ θα γυρνάει πιο αργά στις δύο πρώτες ώρες απ' ότι στις δύο επόμενες ώρες
- (δ) Δεν ξέρω τι θα γίνει

Να αιτιολογήσετε την απάντησή σας.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

### ΕΡΩΤΗΣΗ 9

Ας υποθέσουμε, ότι στο σπίτι μας λειτουργούν ταυτόχρονα μια λάμπα, μια ηλεκτρική κουζίνα και ένας ανεμιστήρας για δυο ώρες. Ο μετρητής της ΔΕΗ καταγράφει την ποσότητα της ενέργειας που μεταφέρεται στο σπίτι σ' αυτές τις δυο ώρες. Φτιάξτε όποιο σχέδιο θέλετε, ώστε να δείξετε τη μεταφορά της ενέργειας όταν λειτουργούν ταυτόχρονα και οι τρεις ηλεκτρικές συσκευές ( η λάμπα, η ηλεκτρική κουζίνα και ο ανεμιστήρας).

