

## Διερεύνηση της απόκτησης γνώσης για την Ενέργεια σε μαθητές διαφορετικού γνωστικού επιπέδου στη Φυσική

Χριστίνα Παντούλα<sup>1</sup>, Κωνσταντίνος Γεωργόπουλος<sup>2</sup>  
[xpantoula@hotmail.com](mailto:xpantoula@hotmail.com), [kgeorgop@gmail.com](mailto:kgeorgop@gmail.com)

<sup>1</sup>Εκπαιδευτικός Δ/βάθμιας Εκπαίδευσης, <sup>2</sup>Εκπαιδευτικός Δ/βάθμιας Εκπαίδευσης

**Περίληψη.** Κατά το διδακτικό μετασχηματισμό της έννοιας της ενέργειας οι μαθητές αντιμετωπίζουν δυσκολίες, οι οποίες συνδέονται μεταξύ άλλων με την εμφάνιση εναλλακτικών ιδεών και επηρεάζει το βαθμό επίτευξης των μαθησιακών αποτελεσμάτων. Σημαντική διδακτική παρέμβαση για την κατανόηση της έννοιας αποτελεί η ενσωμάτωση των μετασχηματισμών ενέργειας, που περιλαμβάνεται στο πρόγραμμα σπουδών φυσικής της Β΄ Γυμνασίου. Η εργασία διερευνά την επίδραση της ανωτέρω διδακτικής προσέγγισης σε μαθητές διαφορετικού γνωστικού επιπέδου στη Φυσική. Η μελέτη χρησιμοποιεί σαν εργαλείο πραγματικά προβλήματα και υποθετικά προβλήματα που προσεγγίζουν ιδανικές καταστάσεις με σκοπό την ανίχνευση εναλλακτικών ιδεών και την κατηγοριοποίηση των μαθησιακών αποτελεσμάτων με βάση την ταξινόμια SOLO. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα, σημαντικές παράμετροι για την κατανόηση της έννοιας της ενέργειας αποτελούν τόσο το πλαίσιο διατύπωσης των προβλημάτων, όσο και η προϋπάρχουσα γνώση των μαθητών.

**Λέξεις κλειδιά:** Εναλλακτικές ιδέες, μαθησιακά αποτελέσματα, πραγματικά προβλήματα, υποθετικά προβλήματα, μετασχηματισμοί ενέργειας, μεθοδολογία SOLO

### Εισαγωγή

Η ενέργεια είναι μια έννοια με πολλαπλές οντότητες σε ποικίλες διαδικασίες. Εμφανίζεται σε διαφορετικά πλαίσια, όπως επιστημονικό, κοινωνικό, πολιτικό, οικονομικό και πολιτισμικό. Εστιάζοντας στο διδακτικό μετασχηματισμό του επιστημονικού πλαισίου, παρατηρούνται δυσκολίες των μαθητών, διότι κυρίως η έννοια δεν γίνεται αντιληπτή σε όλο το εύρος της κατά την καθημερινή εμπειρία (Hewitt, 2005; Warren, 1982). Οι δυσκολίες που αντιμετωπίζουν οι μαθητές μικρότερης ηλικίας συνδέονται με την αδυναμία να δημιουργήσουν συνδέσεις με τον αισθητηριακό τους κόσμο, ενώ αντίστοιχα σε μεγαλύτερες ηλικίες απαιτούνται επιπλέον δεξιότητες όπως η εφαρμογή μαθηματικών εννοιών και η κατανόηση του συστήματος σωμάτων στο αντίστοιχο φυσικό, χημικό ή βιολογικό υπό μελέτη φαινόμενο. Η έννοια, η διατήρηση και οι μετασχηματισμοί της ενέργειας είναι σημαντικές στην ερμηνεία των φυσικών φαινομένων με συνέπεια να αποτελούν σημείο αναφοράς στα αναλυτικά προγράμματα σπουδών (Constantinou & Papadouris 2012; Lijnse, 1990; Duit, 1984) και παράλληλα θέμα συζήτησης και διαφωνιών.

Ο Lehrman (1973), τονίζει τη σημαντικότητα της αρχής διατήρησης της ενέργειας και προτείνει η έννοια να ορίζεται μέσα από τη διατήρησή της και όχι με άλλη προσέγγιση. Επίσης ο Feynman (1965) εστιάζει στο αφαιρετικό επίπεδο της έννοιας και τη δυσκολία κατανόησής της από τους μαθητές. Αναφέρει ότι:

απ' όλους τους νόμους διατήρησης αυτός που σχετίζεται με την ενέργεια είναι ο δυσκολότερος, ο περισσότερο αφαιρετικός αλλά και ο χρησιμότερος. ... Η διατήρηση

της ενέργειας είναι δυσκολότερη γιατί αν και έχουμε έναν αριθμό που δεν αλλάζει με το χρόνο δεν αναπαριστά μια καθορισμένη οντότητα.

Σύμφωνα με τη βιβλιογραφία η κατανόηση της διατήρησης της ενέργειας από τους μαθητές έχει ερευνηθεί και συνδέεται σε σημαντικό βαθμό με τις εναλλακτικές ιδέες των μαθητών στη θεματική περιοχή αλλά και στη διαφορετική χρήση της έννοιας στη διδασκαλία και στο κοινωνικό και πολιτισμικό πλαίσιο των μαθητών (Solomon, 1985).

Ο Watt (1983) ταξινόμησε τις εναλλακτικές ιδέες των μαθητών στην ενέργεια σε επτά εναλλακτικά πλαίσια: η ανθρωποκεντρική ενέργεια, η «αποθήκη» ενέργειας, η ενέργεια είναι συστατικό, η ενέργεια είναι «προφανής» δραστηριότητα, η ενέργεια είναι προϊόν, η ενέργεια είναι λειτουργική και η ενέργεια είναι ρευστό. Όμως η κριτική που ασκείται στην ανωτέρω ταξινόμηση αναφέρει ότι απουσιάζει η σύνδεση της ενέργειας με άλλες έννοιες της φυσικής, όπως για παράδειγμα τη δύναμη (Duit, 1984; Solomon, 1984). Επιπλέον, πολλοί ερευνητές μελέτησαν και κατέγραψαν τόσο τις εναλλακτικές ιδέες των μαθητών στην ενέργεια, όσο και τις δυσκολίες που αντιμετωπίζουν οι εκπαιδευτικοί στη διδασκαλία της (Constantinou & Kyratsi, 2008; Goldring & Osborne, 1994; Trumper, 1998; Kruger, 1990; Solomon, 1985; Driver & Warrington, 1985; Duit, 1984; Solomon, 1983; Watts, 1983; Warren, 1982; Driver, 1981; Sexl, 1981; Μπουλουξή, 2012; Σκουμιάς, 2012).

Οι εναλλακτικές ιδέες των μαθητών διατηρούνται σε σημαντικό βαθμό ακόμα και μετά τη διδασκαλία και έχουν καταγραφεί σε φοιτητές που προορίζονται να διδάξουν φυσική στην πρωτοβάθμια και δευτεροβάθμια εκπαίδευση. Διαπιστώθηκε ότι συνδέουν την ενέργεια με τη δύναμη και τα έμψυχα αντικείμενα, ενώ δεν κατανοούν την υποβάθμιση της ενέργειας. (Trumper, 1998; Kruger, Palacio, & Summers, 1992; Kruger, 1990) Μια συνοπτική κατηγοριοποίηση των εναλλακτικών ιδεών που έχουν καταγραφεί για την ενέργεια είναι: (AAAS, n.d.; Olenick χ.χ. όπ. αναφ. στο Αντωνίου χ.χ. ; Αντωνίου κ.α.. χ.χ.)

- Η ενέργεια καταναλώνεται ή φθίνει
- Η ενέργεια καταστρέφεται καθώς μετασχηματίζεται από μια μορφή σε άλλη
- Κάτι το οποίο δεν κινείται δεν μπορεί να έχει καθόλου ενέργεια
- Όταν ένα σώμα σταματά να κινείται, η ενέργεια που είχε χάνεται
- Μια δύναμη που δρα σε ένα σώμα έχει έργο έστω και αν το σώμα δεν κινείται
- Η ενέργεια είναι δύναμη
- Η ενέργεια μπορεί να ανακυκλωθεί
- Η βαρυτική δυναμική ενέργεια είναι ο μόνος τύπος δυναμικής ενέργειας
- Όταν ένα σώμα αφήνεται να πέσει, η βαρυτική δυναμική ενέργεια μετατρέπεται αμέσως όλη σε κινητική
- Η ενέργεια δεν σχετίζεται με τους νόμους του Νεύτωνα
- Η ενέργεια σχετίζεται αποκλειστικά με έμψυχα αντικείμενα
- Η ενέργεια είναι κάτι που συνδέεται με τη δύναμη και την κίνηση
- Η ενέργεια είναι καύσιμο
- Η ενέργεια είναι ένα ρευστό, ένα συστατικό ή ένα προϊόν
- Η ενέργεια είναι ένας αιτιατός παράγοντας που είναι αποθηκευμένος σε ορισμένα αντικείμενα
- Οι διάφορες βιολογικές διαδικασίες, όπως π.χ. η αναπνοή, δεν περιλαμβάνουν τη διατήρηση της ενέργειας.

Στη διδακτική προσέγγιση της έννοιας της ενέργειας εισάγονται τόσο οι μορφές, όσο και οι μετασχηματισμοί ενέργειας, παρόλο που η επιστήμη αποδέχεται μόνο την κινητική και τη

δυναμική ενέργεια (Kaper, 2002b; 2002a). Στην κατεύθυνση αυτή στο Ηνωμένο Βασίλειο (Αγγλία, Ουαλία) έγιναν δεκτές οι προτάσεις για την εξάλειψη των μορφών ενέργειας από τη δευτεροβάθμια εκπαίδευση και η λέξη «μετατροπή» αντικαταστάθηκε από τη λέξη «μεταφορά». Σε έρευνα που ακολούθησε (Stylianidou & Ogborn, 1999) διαπιστώθηκε ότι οι εκπαιδευτικοί ενώ έπαψαν να χρησιμοποιούν τον όρο «μετασχηματισμός ενέργειας» αναφέρονται στην ενέργεια που περνά από τη μια μορφή στην άλλη, που δείχνει το επίπεδο διατήρησης των εναλλακτικών ιδεών και το βαθμό δυσκολίας των αλλαγών στη διδασκαλία της έννοιας.

Με βάση τα Αναλυτικά Προγράμματα στην Ελλάδα που διδάσκονται στο Δημοτικό και το Γυμνάσιο αναμένουμε οι μαθητές (Αντωνίου κ.α., χ.χ.; Αποστολάκης κ.α., χ.χ. α; Αποστολάκης κ.α., χ.χ. β; Καλκάνης κ.α., χ.χ.)

- Να εστιάζουν στις ενεργειακές μετατροπές χωρίς να εμπλέκουν την έννοια της δύναμης.
- Να κατανοούν ότι η ενέργεια δεν εξαντλείται, δεν συνδέεται μόνο με τα έμψυχα όντα και δεν αντιστοιχίζεται πλήρως η θερμική ενέργεια με τη λέξη «ζεστά».
- Να αναγνωρίζουν τη δυναμική ενέργεια που έχει ένα σώμα και να κατανοούν τη μετατροπή της αρχικής δυναμικής σε κινητική ή σε κινητική και θερμική.
- Να εστιάζουν στη μεταφορά, μετατροπή και διατήρηση της ενέργειας και να γνωρίζουν ότι οι μορφές ενέργειας μπορούν να αξιοποιηθούν σε διαφορετικό βαθμό.

Με βάση τη σύντομη βιβλιογραφική ανασκόπηση που προηγήθηκε, ο σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η μελέτη της διδασκαλίας της έννοιας της ενέργειας και περιλαμβάνει την καταγραφή των εναλλακτικών ιδεών και τη διερεύνηση των μαθησιακών αποτελεσμάτων με πραγματικά και υποθετικά προβλήματα που προσεγγίζουν ιδανικές καταστάσεις σε μαθητές διαφορετικού γνωστικού επιπέδου στη Φυσική.

## **Μεθοδολογία**

### ***Ερευνητικοί άξονες***

Η παρούσα μελέτη επιδιώκει αφενός μεν να ανιχνεύσει τις εναλλακτικές ιδέες των μαθητών για την ενέργεια και αφετέρου να διερευνήσει το βαθμό επίτευξης των μαθησιακών αποτελεσμάτων.

### ***Δείγμα και διαδικασία***

Το δείγμα απαρτίζεται από 76 μαθητές και μαθήτριες της Β' Γυμνασίου από σχολείο αστικής περιοχής. Σε αρχικό στάδιο (προηγούμενη σχολική χρονιά) υπό μορφή πιλοτικής έρευνας δόθηκαν 11 ερωτήσεις και στη συνέχεια για την παρούσα έρευνα χρησιμοποιήθηκαν 5 ερωτήσεις που κρίθηκε ότι διερευνούν την αντίστοιχη θεματική γνώση και δεν δημιουργούν ασάφειες στους μαθητές. Οι ερωτήσεις (Παράρτημα), αξιοποιούν πραγματικά και υποθετικά προβλήματα που προσεγγίζουν ιδανικές καταστάσεις, μεθοδολογία που χρησιμοποιήθηκε στη διδασκαλία που ακολουθήθηκε σύμφωνα με τις προτάσεις που περιέχονται στο βιβλίο του εκπαιδευτικού για την αντίστοιχη ενότητα. Οι ερωτήσεις συμπληρώθηκαν σε χρόνο μιας διδακτικής ώρας (45 min), πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση, όπου οι μαθητές έπρεπε να επιλέξουν τη σωστή πρόταση και να την αιτιολογήσουν.

Κατά την επεξεργασία των αποτελεσμάτων οι μαθητές/τριες χωρίστηκαν σε δύο ομάδες με κριτήριο την επίδοσή τους στη Φυσική Α΄ Γυμνασίου και τη σύμφωνη γνώμη του εκπαιδευτικού που διδάσκει τους μαθητές. Η ομάδα Α, αποτελείται από 26 μαθητές/τριες με χαρακτηρισμό βαθμολογίας: «Σχεδόν Καλώς» (9,5-13) και «Καλώς» (13,1-16), ενώ η ομάδα Β, από 50 μαθητές/τριες με χαρακτηρισμό βαθμολογίας: «Λίαν Καλώς» (16,1-18) και «Άριστα» (18,1-20).

Αν και οι ερωτήσεις ήταν πολλαπλής επιλογής, λόγω του μικρού δείγματος η βαρύτητα δόθηκε στις αιτιολογήσεις των επιλογών και η ταξινομήση/αξιολόγηση των απαντήσεων έγινε με βάση την ταξινομία SOLO (Structure of the Observed Learning Outcomes). Η ταξινομία κατηγοριοποιεί τις απαντήσεις σε πέντε ιεραρχικά επίπεδα, τα οποία εκφράζουν την εξελικτική πορεία της διαδικασίας οικοδόμησης της γνώσης, παρέχοντας ένα συστηματικό τρόπο περιγραφής της γνωστικής ιεραρχίας που εμφανίζουν οι μαθητές κατά την πραγματοποίηση μιας δραστηριότητας. Περιληπτικά τα πέντε επίπεδα είναι (Γεωργόπουλος & Μπέλλου, 2014; 2009):

1. Πρώτο επίπεδο, προδρομικό: Ο/Η μαθητής/τρια ή αποφεύγει την ερώτηση ή μεταφέρει την ερώτηση καταφατικά ή κάνει άσχετο συνειρμό βασισμένο σε προσωπικά δεδομένα. Δεν εξετάζει τις παραμέτρους του θέματος και δεν κάνει κανένα συσχετισμό. Χρησιμοποιεί λίγες από τις διαθέσιμες πληροφορίες και σπάνια καταλήγει σε συμπέρασμα.

Μεταβατικό στάδιο μεταξύ του πρώτου και δεύτερου επιπέδου: Ο/Η μαθητής/τρια χρησιμοποιεί ανεπαρκώς κάποιο σχετικό στοιχείο κάνοντας με ανακρίβεια μία υπόθεση.

2. Δεύτερο επίπεδο, μονοδομικό: Ο/Η μαθητής/τρια επιλέγει και συγκεντρώνεται σε ένα από τα στοιχεία του θέματος, δεν δίνει εξηγήσεις, δεν καταλήγει σε συμπέρασμα ή το συμπέρασμα προκύπτει χωρίς επαρκή στοιχεία.

Μεταβατικό στάδιο μεταξύ του δεύτερου και τρίτου επιπέδου: Ο/Η μαθητής/τρια επιλέγει δύο σχετικά στοιχεία που δε συμφωνούν, είναι ασυνεπή και αποτρέπουν την εξαγωγή συμπεράσματος.

3. Τρίτο επίπεδο, πολυδομικό: Ο/Η μαθητής/τρια επιλέγει δύο ή περισσότερα στοιχεία του θέματος τα οποία αναφέρει αγνοώντας τις σχέσεις τους. Δεν χρησιμοποιεί όλες τις πληροφορίες, δεν κάνει συσχετισμούς, συνήθως δεν καταλήγει σε συμπέρασμα ή αν φτάσει σε κάποιο συμπέρασμα αυτό δεν προκύπτει από τη λογική που έχει χρησιμοποιήσει. Ο λόγος παρουσιάζεται περιγραφικός και δηλωτικός.

Μεταβατικό στάδιο μεταξύ του τρίτου και τέταρτου επιπέδου: Ο/Η μαθητής/τρια αναγνωρίζει κάποια ανακολουθία, αλλά δε μπορεί να την αντιμετωπίσει ή κάνει επί μέρους συσχετισμό των δεδομένων.

4. Τέταρτο επίπεδο, συσχετιστικό. Ο/Η μαθητής/τρια συνδέει με συνεπή τρόπο τις περισσότερες ή όλες τις διαθέσιμες πληροφορίες και μέσα από το εννοιολογικό σχήμα που δημιουργεί αντιμετωπίζει όλες τις αντικρουόμενες καταστάσεις. Εξηγεί και οδηγείται σε ένα επιστημονικά αποδεκτό συμπέρασμα. Δεν αναφέρει καμιά εναλλακτική λύση και ο λόγος είναι επεξηγηματικός.

Μεταβατικό στάδιο μεταξύ του τέταρτου και πέμπτου επιπέδου: Ο/Η μαθητής/τρια αναγνωρίζει τη σχετικότητα της επεξήγησης αλλά γενικεύει ανεπαρκώς.

5. Πέμπτο επίπεδο, εκτεταμένης θεώρησης. Ο/Η μαθητής/τρια χρησιμοποιεί γενικευμένες επιστημονικές αρχές μελετώντας το συγκεκριμένο θέμα ως μια πιθανή περίπτωση ενός φαινομένου μεγάλης εμβέλειας. Κάνει αιτιολογημένες νέες υποθέσεις, δοκιμάζει, υποθέτει και κρίνει άλλες πιθανές απαντήσεις που ταίριαζαν στο ερώτημα. Ο λόγος είναι συμπερασματικός.

Οι πέντε ερωτήσεις που χρησιμοποιήθηκαν (Παράρτημα) διερευνούν με ποιον τρόπο οι μαθητές στην απάντησή τους συσχετίζουν τα φυσικά μεγέθη και καταλήγουν σε τεκμηριωμένη απάντηση, ενώ παράλληλα καταγράφονται οι εναλλακτικές αντιλήψεις.

1. Φυσικά μεγέθη: προσφερόμενη ενέργεια, κινητική ενέργεια, τριβή και θερμική ενέργεια – Εναλλακτική αντίληψη: η ενέργεια είναι δύναμη (1<sup>η</sup> ερώτηση).
2. Φυσικά μεγέθη: αρχική δυναμική ενέργεια λόγω θέσης, κινητική ενέργεια, τριβή και θερμική ενέργεια – Εναλλακτικές αντιλήψεις: η ενέργεια καταναλώνεται ή φθίνει και η ενέργεια καταστρέφεται καθώς μετασχηματίζεται από μια μορφή σε άλλη (2<sup>η</sup> ερώτηση).
3. Φυσικά μεγέθη: αρχική δυναμική ενέργεια λόγω θέσης, κινητική ενέργεια, μάζας/βάρους ως προσδιοριστικός παράγοντας της κίνησης του σώματος – Εναλλακτική αντίληψη: η ενέργεια είναι κάτι που συνδέεται με τη δύναμη και την κίνηση (3<sup>η</sup> ερώτηση).
4. Φυσικά μεγέθη: προσφερόμενη ενέργεια, δυναμική ενέργεια λόγω θέσης, κινητική ενέργεια, τριβή – Εναλλακτικές αντιλήψεις: η ενέργεια είναι κάτι που συνδέεται με τη δύναμη και την κίνηση και η ενέργεια σχετίζεται αποκλειστικά με έμψυχα αντικείμενα (4<sup>η</sup> ερώτηση).
5. Φυσικά μεγέθη: προσφερόμενη ενέργεια, μεταφορά, μετατροπή, διατήρηση και υποβάθμιση ενέργειας – Εναλλακτικές αντιλήψεις: η ενέργεια καταναλώνεται ή φθίνει και η ενέργεια καταστρέφεται καθώς μετασχηματίζεται από μια μορφή σε άλλη. Ταυτόχρονα ανιχνεύονται οι δυσκολίες των μαθητών στην υποβάθμιση της ενέργειας (5<sup>η</sup> ερώτηση).

Οι ερωτήσεις 1,2, 3, και 4 περιέχονται στο AAAS Science Assessment BETA και συγκεκριμένα οι ερωτήσεις 1,2,4 στα στοιχεία NGM005, NG003003 και NG065004 αντίστοιχα, ενώ η ερώτηση 3 στα στοιχεία NG071002 και NG070002.

Η 5<sup>η</sup> ερώτηση βασίζεται σε αντίστοιχη ερώτηση της Διδακτορικής Διατριβής: «Οι γνώσεις και οι αντιλήψεις που αποκτούν οι μαθητές για την έννοια «ενέργεια» κατά τη διδασκαλία των μαθητών Χημείας, Φυσικής και Βιολογίας» (Μπουλουξή, 2012) και απευθύνεται σε μαθητές Α΄ Λυκείου ως μαθητές που έχουν ολοκληρώσει την υποχρεωτική εκπαίδευση και σε μαθητές Γ΄ Λυκείου. Η ερώτηση προσαρμόστηκε για μαθητές Β΄ Γυμνασίου, λαμβάνοντας υπόψη τις προτάσεις του εκπαιδευτικού που διδάσκει τους αντίστοιχους μαθητές.

Όλες οι ερωτήσεις είναι πραγματικά προβλήματα, εκτός της 3<sup>ης</sup> ερώτησης που είναι υποθετικό πρόβλημα.

## **Αποτελέσματα**

### **Εναλλακτικές ιδέες**

Ως πρώτη εναλλακτική ιδέα καταγράφεται ότι «η ενέργεια είναι δύναμη».

Στην 1<sup>η</sup> ερώτηση υπάρχουν δύο επιλογές που δείχνουν ότι η ενέργεια μπορεί να μετατραπεί σε δύναμη: η (α) Αυτή (η κινητική ενέργεια) μετατράπηκε σε δύναμη αλλά όχι σε θερμική ενέργεια και η (γ) Αυτή (η κινητική ενέργεια) μετατράπηκε και σε θερμική ενέργεια και σε δύναμη. Οι μαθητές επιλέγουν κυρίως την(γ) και ελάχιστοι την (α).

Από τις απαντήσεις που κάνουν χρήση την ανωτέρω εναλλακτική ιδέα:

#### ΟΜΑΔΑ Α

ΠΡΙΝ: Σχεδόν τα δύο τρίτα των απαντήσεων (10/16) αναφέρει ότι η μετατροπή της ενέργειας σε δύναμη οφείλεται στην ύπαρξη της τριβής που είναι δύναμη, το ένα τέταρτο των απαντήσεων (4/16) δεν αιτιολογούν και οι υπόλοιπες απαντήσεις εστιάζουν στο ότι σπρώχνουμε το σώμα.

ΜΕΤΑ: Σχεδόν οι μισές απαντήσεις (5/11) αναφέρουν ότι η μετατροπή της ενέργειας σε δύναμη οφείλεται στην ύπαρξη της τριβής που είναι δύναμη ενώ λίγες απαντήσεις (2/11) εστιάζουν στο ότι η ενέργεια μετατρέπεται σε δύναμη από τη στιγμή που σπρώχνουμε το σώμα. Τέλος οι υπόλοιπες απαντήσεις είτε δεν αιτιολογούν (1/11) είτε δεν υπάρχει δομημένη σκέψη γι' αυτό το θέμα (3/11).

#### ΟΜΑΔΑ Β

ΠΡΙΝ: Λίγο πάνω από τις μισές απαντήσεις (16/27) αναφέρουν ότι η μετατροπή της ενέργειας σε δύναμη οφείλεται στην ύπαρξη της τριβής που είναι δύναμη, ενώ οι υπόλοιπες απαντήσεις σχεδόν μοιράζονται σε αυτές που εστιάζουν ότι η ενέργεια μετατρέπεται σε δύναμη από τη στιγμή που σπρώχνουμε το σώμα, σε αυτές που δεν αιτιολογούν και σε αυτές που δεν υπάρχει δομημένη σκέψη (άσχετα).

ΜΕΤΑ: Λίγο κάτω από τις μισές απαντήσεις (8/17) αναφέρουν ότι η μετατροπή της ενέργειας σε δύναμη οφείλεται στην ύπαρξη της τριβής που είναι δύναμη ενώ επίσης λίγο κάτω από τις μισές απαντήσεις (7/17) δεν αιτιολογούν ή εστιάζουν σε άσχετα θέματα. Οι υπόλοιπες εστιάζουν στο ότι η ενέργεια μετατρέπεται σε δύναμη από τη στιγμή που σπρώχνουμε το σώμα.

Ως μια δεύτερη εναλλακτική ιδέα καταγράφεται ότι «η δυναμική ενέργεια λόγω θέσης δεν μπορεί να μετατραπεί σε θερμική ενέργεια».

Στην 2<sup>η</sup> ερώτηση υπάρχει η (γ) επιλογή που δείχνει ότι οι μαθητές θεωρούν ότι η ενέργεια δεν μπορεί να μετατραπεί σε θερμική ενέργεια.

Από τις απαντήσεις που επιλέγουν την ανωτέρω εναλλακτική ιδέα:

#### ΟΜΑΔΑ Α

ΠΡΙΝ: Στην μοναδική επιλογή που έχουμε στην ομάδα Α για το (γ) παρατηρούμε ότι εκείνο που οδηγεί τον μαθητή στην επιλογή αυτή είναι στην ουσία η σύγχυση δύναμης/ενέργειας (εναλλακτική 1). Επίσης αρκετοί μαθητές (10/26) δεν αναφέρουν τις σωστές ενεργειακές μετατροπές καθώς δεν αναγνωρίζουν την αρχική δυναμική ενέργεια λόγω θέσης.

ΜΕΤΑ: Ο ίδιος μαθητής που αρχικά είχε επιλέξει το (γ) φαίνεται να έχει ξεπεράσει σε ικανοποιητικό βαθμό τις παρανοήσεις που είχε στην πρώτη φάση.

#### ΟΜΑΔΑ Β

Παρατηρείται ότι και σε αυτή την ομάδα ο αριθμός των μαθητών που επιλέγει το (γ) είναι πολύ μικρός πριν και μετά.

ΠΡΙΝ: Η μία από τις τρεις απαντήσεις δεν αιτιολογεί την επιλογή της, μία απάντηση προσπαθεί να εξηγήσει μόνο την κινητική ενέργεια χωρίς κανένα σχόλιο για τη θερμική ενέργεια ενώ επίσης μία αναφέρει την τριβή ως αιτία για το ότι τα λάστιχα γίνονται πιο ζεστά και όχι τη θερμική ενέργεια

ΜΕΤΑ: Από τις δύο απαντήσεις που επιλέγουν το (γ) η μία εστιάζει στο ότι η τριβή είναι υπεύθυνη για την θερμική ενέργεια ενώ η δεύτερη αναφέρει την αρχή διατήρησης της μηχανικής ενέργειας για να αιτιολογήσει τις ενεργειακές μετατροπές χωρίς αναφορά στη θερμική ενέργεια.

Μια τρίτη εναλλακτική ιδέα είναι ότι «η ενέργεια είναι κάτι που συνδέεται με τη δύναμη και την κίνηση».

Στην 3<sup>η</sup> ερώτηση υπάρχει η επιλογή (α) για την ανίχνευση της παρανόησης «ένα σώμα έχει μέσα του ενέργεια η οποία χρησιμοποιείται καθώς το αντικείμενο κινείται» και οι επιλογές (γ) και (δ) για την ανίχνευση της παρανόησης «ένα αντικείμενο πάντα κερδίζει ενέργεια καθώς κινείται».

Από τις απαντήσεις που επιλέγουν την ανωτέρω εναλλακτική ιδέα:

#### ΟΜΑΔΑ Α

ΠΡΙΝ: Από τις τρεις επιλογές του (α) οι δύο αιτιολογήσεις αναφέρουν ότι το σώμα χωρίς ώθηση δεν έχει αρκετή ενέργεια για να κινηθεί ενώ στην τρίτη απάντηση φαίνεται ότι δεν έχει κατανοηθεί η ερώτηση. Από τις τέσσερις απαντήσεις που έχουν επιλέξει το (δ) οι μισές αναφέρουν ότι η μπάλα θα ξεπεράσει το ύψος της αρχικής θέσης επειδή δεν υπάρχουν τριβές ενώ στις υπόλοιπες δεν υπάρχει αιτιολόγηση, ή δομημένη σκέψη.

ΜΕΤΑ: Η μία απάντηση που επιλέγει το (α) αναφέρει ότι δεν υπάρχουν τριβές χωρίς επιπλέον διευκρίνιση, ενώ οι τρεις από τις τέσσερις απαντήσεις της επιλογής (δ) αναφέρουν ότι η μπάλα θα ξεπεράσει το ύψος της αρχικής θέσης χωρίς να σταματήσει ούτε σε κάποια άλλη υψηλότερη θέση επειδή δεν υπάρχουν τριβές και μία απάντηση εστιάζει στο ότι δεν υπάρχει ανταλλαγή ενέργειας χωρίς όμως να δίνει επιπλέον διευκρινήσεις.

#### ΟΜΑΔΑ Β

ΠΡΙΝ: Η μια απάντηση που επιλέγει το (α) δεν αιτιολογεί. Στην επιλογή (γ), η μία από τις δύο απαντήσεις προσπαθεί να ερμηνεύσει την κίνηση με τη βοήθεια της ενέργειας αναφέροντας κινητική και δυναμική, ενώ τη δεύτερη αναφέρει τη βαρύτητα ως το αίτιο που έλκει το σώμα και σταματά τη μπάλα λίγο πάνω από την αρχική θέση. Τέλος και οι τρεις απαντήσεις που επιλέγουν το (δ) εστιάζουν στην απουσία τριβής και την μη ανταλλαγή ενέργειας.

ΜΕΤΑ: Η μια απάντηση που επιλέγει το (γ) αιτιολογεί με παραδείγματα της καθημερινότητας χωρίς επιστημονική βάση. Οι δύο απαντήσεις που επιλέγουν τη (δ), αναφέρουν ότι η μπάλα θα ξεπεράσει το ύψος της αρχικής θέσης χωρίς να σταματήσει ούτε σε κάποια άλλη υψηλότερη θέση γιατί δεν υπάρχει τριβή και μάλιστα η μία τονίζει ότι έτσι δεν υπάρχει η αιτία που θα υποβαθμίσει και θα μετατρέψει σε κάποια άλλη μορφή την ενέργεια.

Δύο επιπλέον εναλλακτικές ιδέες καταγράφονται ως «Η ενέργεια είναι κάτι που συνδέεται με τη δύναμη και την κίνηση» και «η ενέργεια σχετίζεται αποκλειστικά με έμψυχα αντικείμενα».

Στην 4<sup>η</sup> ερώτηση υπάρχουν οι επιλογές (β) και (γ) οι οποίες ανιχνεύουν την παρανόηση «ένα σώμα έχει μέσα του ενέργεια η οποία χρησιμοποιείται καθώς το αντικείμενο κινείται» και η επιλογή (δ) η οποία ανιχνεύει την παρανόηση «τα ζωντανά πράγματα δίνουν ενέργεια στα άψυχα αντικείμενα μεταφέροντας ή πιέζοντάς τα».

Από τις απαντήσεις που επιλέγουν την ανωτέρω εναλλακτική ιδέα:

#### ΟΜΑΔΑ Α

ΠΡΙΝ: Από τις απαντήσεις που επιλέγουν το (β) και το (γ) αρκετές (7/17) δεν αιτιολογούν ενώ κάποιες (4/17) αναφέρουν ότι καθώς κινείται το σώμα χάνει ενέργεια χωρίς άλλη διευκρίνιση. Οι υπόλοιπες απαντήσεις μοιράζονται σε αυτές που αναφέρουν απλά ότι η κινητική ενέργεια δεν μεταφέρεται κάπου αλλού και στις απαντήσεις που αναφέρουν ότι η ενέργεια εξαντλείται γιατί δεν υπάρχει ώθηση. Στις έξι επιλογές του (δ), σχεδόν σε όλες τις απαντήσεις, εκτός από μια που δεν αιτιολογεί, αναφέρεται ότι το σώμα δεν έχει από μόνο του ενέργεια και από τη στιγμή που δεν υπάρχει ώθηση θα σταματήσει.

ΜΕΤΑ: Από τις τέσσερις απαντήσεις που επιλέγουν το (β) και το (γ) οι τρεις δεν αιτιολογούν ενώ η τέταρτη δυσκολεύεται να χειριστεί την υποβάθμιση της ενέργειας. Και στις δύο επιλογές του (δ) τονίζεται η ανάγκη να ασκηθεί δύναμη για να υπάρχει κινητική ενέργεια.

#### ΟΜΑΔΑ Β

ΠΡΙΝ: Από τις απαντήσεις που επιλέγουν το (β) και το (γ) αρκετές (7/18) αναφέρουν ότι η ενέργεια εξαντλείται εξαιτίας της κίνησης του εκκρεμούς, λίγες απαντήσεις (3/18) εστιάζουν ότι η ενέργεια εξαντλείται επειδή δεν υπάρχει ώθηση και επίσης λίγες(4/18) δεν αιτιολογούν. Οι υπόλοιπες απαντήσεις μοιράζονται σε αυτές που εστιάζουν στις τριβές που σταματούν το εκκρεμές και σε αυτές που δεν έχουν δομημένη σκέψη. Τέλος από τις απαντήσεις που επιλέγουν το (δ) οι περισσότερες (8/10) εστιάζουν στην ανάγκη ώθησης για να υπάρχει κινητική ενέργεια και οι υπόλοιπες φαίνεται να μη έχουν κατανοήσει την ερώτηση.

ΜΕΤΑ: Ο αριθμός των απαντήσεων που επιλέγουν τα (β), (γ) και (δ) είναι λίγες. Ειδικότερα από τις πέντε απαντήσεις που επιλέγουν (β) και (γ) οι δύο δεν αιτιολογούν ενώ οι άλλες τρεις, τονίζουν την εξάντληση της ενέργειας καθώς κινείται το εκκρεμές. Τέλος στις τρεις απαντήσεις της επιλογής (δ), μόνο μία αναφέρεται στην ανάγκη ώθησης του σώματος ενώ οι άλλες δύο αναφέρονται στα χαρακτηριστικά της ενέργειας και τις ενεργειακές μετατροπές.

Άλλες δύο εναλλακτικές ιδέες είναι οι «η ενέργεια καταναλώνεται ή φθίνει» και «η ενέργεια καταστρέφεται καθώς μετασχηματίζεται από μια μορφή σε άλλη».

Στην 5<sup>η</sup> ερώτηση υπάρχουν οι επιλογές (α) και (β) οι οποίες ανιχνεύουν τις παραπάνω παρανοήσεις. Επίσης στόχος της ερώτησης είναι να διερευνηθεί κατά πόσο οι μαθητές εφαρμόζουν σωστά την αρχή διατήρησης της ενέργειας σε φαινόμενα υποβάθμισής της.

Από τις απαντήσεις που επιλέγουν την ανωτέρω εναλλακτική ιδέα:

#### ΟΜΑΔΑ Α



ΠΡΙΝ: Από τις απαντήσεις που επιλέγουν το (α), λίγες (2/8) θεωρούν ότι η ενέργεια καταστρέφεται εφόσον ο φακός έμεινε ανοικτός για πολλές ώρες ενώ οι υπόλοιπες μοιράζονται σε αυτές που αναφέρουν ότι η ενέργεια καταστρέφεται από τη στιγμή που οι μπαταρίες δεν μπορούν να ξαναχρησιμοποιηθούν και στις απαντήσεις που δεν αιτιολογούν. Η απάντηση που επιλέγει το (β) δεν αιτιολογεί.

ΜΕΤΑ: Η μόνη απάντηση που επέλεξε το (α) θεωρεί ότι η ενέργεια δεν υπάρχει από τη στιγμή που οι μπαταρίες καταστράφηκαν. Από τις τρεις απαντήσεις που επέλεξαν το (β) η μία δεν αιτιολογεί, η δεύτερη εστιάζει στο ότι η ενέργεια διατηρείται και η τρίτη αναφέρει ότι η ενέργεια μπορεί να ξαναπάρει την αρχική της μορφή αν «ξαναγεμίσουμε» τις μπαταρίες.

ΟΜΑΔΑ Β:

ΠΡΙΝ: Από τις πέντε απαντήσεις που επέλεξαν το (α) οι δύο δεν αιτιολογούν ενώ οι υπόλοιπες τρεις εστιάζουν στο ότι οι μπαταρίες εξαντλήθηκαν, ο φακός έμεινε πολύ ώρα ανοικτός άρα η ενέργεια καταναλώθηκε και καταστράφηκε. Από τις επτά απαντήσεις που επέλεξαν το (β) η μία δεν αιτιολογεί, οι τρεις αναφέρουν ότι η ενέργεια δεν χάνεται και υπόλοιπες τρεις θεωρούν ότι η ενέργεια μπορεί να πάρει την αρχική της μορφή αν «ξαναγεμίσουμε» τις μπαταρίες.

ΜΕΤΑ: Στην μοναδική απάντηση που επιλέγει το (α) η λέξη καταναλώθηκε οδηγεί στην υποβάθμιση χωρίς καμία αναφορά στην λέξη «καταστράφηκε» που αναφέρει η επιλογή.

### **Μαθησιακά αποτελέσματα**

Για την καταγραφή των μαθησιακών αποτελεσμάτων, αξιοποιήθηκε η κατηγοριοποίηση των απαντήσεων βάσει της ταξινομίας SOLO και σύμφωνα με τα αποτελέσματα διαπιστώθηκε:

- Συσχέτιση προσφερόμενης ενέργειας, κινητικής ενέργειας, τριβής και θερμικής Ενέργειας (1<sup>η</sup> ερώτηση).

ΟΜΑΔΑ Α

Πριν τη διδακτική παρέμβαση οι απαντήσεις βρίσκονται κυρίως στο 1<sup>ο</sup> (14/26) και 2<sup>ο</sup> επίπεδο(10/26).

Μετά τη διδασκαλία έχουμε μετακίνηση των μαθητών σε ανώτερα επίπεδα. Αρκετές απαντήσεις μένουν στο 1<sup>ο</sup> επίπεδο (6/26), ενώ ο μεγαλύτερος αριθμός βρίσκεται στο 2<sup>ο</sup> επίπεδο (9/26). Επιπλέον σημαντικός αριθμός απαντήσεων καταγράφεται στο 3<sup>ο</sup> επίπεδο (5/26) ενώ εμφανίζονται και μικρός αριθμός απαντήσεων στο μεταβατικό 3<sup>ο</sup>-4<sup>ο</sup> (3/26) και στο 4<sup>ο</sup> επίπεδο (1/26), στο οποίο δεν υπήρχαν πριν την παρέμβαση.

ΟΜΑΔΑ Β

Αρχικά οι απαντήσεις κατανέμονται κυρίως στο 1<sup>ο</sup> (26/50) και στο 2<sup>ο</sup> επίπεδο (19/50).

Μετά τη διδακτική παρέμβαση πολύ λίγες απαντήσεις παραμένουν στο 1<sup>ο</sup> επίπεδο (2/50) και παρατηρείται μετακίνηση σε υψηλότερα επίπεδα, κυρίως στο 2<sup>ο</sup> (16/50) και στο μεταβατικό μεταξύ 2<sup>ου</sup> και 3<sup>ου</sup> (12/50). Επίσης αρκετές απαντήσεις βρίσκονται στο 3<sup>ο</sup> και στο 4<sup>ο</sup> επίπεδο (8/50 και 7/50 αντίστοιχα) που πριν δεν υπήρχαν.

Αναλυτικά η κατηγοριοποίηση των μαθησιακών αποτελεσμάτων στην 1<sup>η</sup> ερώτηση για τις δύο διαφορετικές ομάδες μαθητών, πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση καταγράφεται στον πίνακα 1.

**Πίνακας 1: Τα επίπεδα της ταξινομίας SOLO στις απαντήσεις των μαθητών/τριών των ομάδων Α και Β αντίστοιχα για την 1<sup>η</sup> ερώτηση.**

ΕΠΙΠΕΔΟ SOLO	Α ΟΜΑΔΑ		Β ΟΜΑΔΑ	
	ΠΡΙΝ	ΜΕΤΑ	ΠΡΙΝ	ΜΕΤΑ
1 <sup>ο</sup> Επ.	14	6	26	2
Μετ. Επ. 1 <sup>ου</sup> -2 <sup>ου</sup>	0	1	1	1
2 <sup>ο</sup> Επ.	10	9	19	16
Μετ. Επ. 2 <sup>ου</sup> -3 <sup>ου</sup>	0	1	3	12
3 <sup>ο</sup> Επ.	2	5	1	8
Μετ. Επ. 3 <sup>ου</sup> -4 <sup>ου</sup>	0	3	0	4
4 <sup>ο</sup> Επ.	0	1	0	7
Μετ. Επ. 4 <sup>ου</sup> -5 <sup>ου</sup>	0	0	0	0
5 <sup>ο</sup> Επ.	0	0	0	0
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>	26	26	50	50

- Συσχέτιση αρχικής δυναμικής ενέργειας λόγω θέσης, κινητικής ενέργειας, τριβής και θερμικής Ενέργειας (2<sup>η</sup> ερώτηση).

**ΟΜΑΔΑ Α**

Πριν τη διδακτική παρέμβαση οι περισσότερες απαντήσεις (17/26) βρίσκονται κυρίως στο 1<sup>ο</sup> επίπεδο, λίγες (5/26) στο μεταβατικό μεταξύ 1<sup>ου</sup> και 2<sup>ου</sup> και υπόλοιπες μοιράζονται στο 2<sup>ο</sup> και στο μεταβατικό μεταξύ 2<sup>ου</sup> και 3<sup>ου</sup>.

Μετά την παρέμβαση ένας σχετικά σημαντικός αριθμός απαντήσεων (9/26) παραμένουν στο 1<sup>ο</sup> επίπεδο και οι υπόλοιπες απαντήσεις μετατοπίζονται σε υψηλότερα επίπεδα με ομοιόμορφα κατανομημένο αριθμό απαντήσεων (4/26) από το 2<sup>ο</sup> επίπεδο μέχρι το 3<sup>ο</sup>, λίγες (3/26) στο μεταβατικό μεταξύ 3<sup>ου</sup> και 4<sup>ου</sup>, ενώ εμφανίζεται απάντηση και στο 4<sup>ο</sup> επίπεδο.

**ΟΜΑΔΑ Β**

Πριν τη διδασκαλία οι περισσότερες απαντήσεις (21/50) βρίσκονται στο 1<sup>ο</sup> επίπεδο ενώ οι υπόλοιπες κατανέμονται σχεδόν ομοιόμορφα στα υπόλοιπα επίπεδα. Συγκεκριμένα λίγες απαντήσεις (7/50) στο μεταβατικό μεταξύ του 1<sup>ου</sup>-2<sup>ου</sup> και στο 2<sup>ο</sup>, επίσης λίγες (6/50) στο μεταβατικό μεταξύ 2<sup>ου</sup>-3<sup>ου</sup> και 3<sup>ο</sup> και τέλος ένας πολύ μικρός αριθμός απαντήσεων (3/50) στο μεταβατικό μεταξύ 3<sup>ου</sup> και 4<sup>ου</sup>.

Μετά την παρέμβαση μικρός αριθμός απαντήσεων (4/50) παραμένει στο 1<sup>ο</sup> επίπεδο, ένας αξιόλογος αριθμός απαντήσεων (13/50) μετατοπίζονται στο 4<sup>ο</sup> επίπεδο ενώ οι υπόλοιπες κατανέμονται σχεδόν ομοιόμορφα στα ενδιάμεσα επίπεδα

Αναλυτικά η κατηγοριοποίηση των μαθησιακών αποτελεσμάτων στην 2<sup>η</sup> ερώτηση για τις δύο διαφορετικές ομάδες μαθητών, πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση καταγράφεται στον πίνακα 2.

**Πίνακας 2: Τα επίπεδα της ταξινομίας SOLO στις απαντήσεις των μαθητών/τριών των ομάδων Α και Β αντίστοιχα για την 2<sup>η</sup> ερώτηση.**

ΕΠΙΠΕΔΟ SOLO	Α ΟΜΑΔΑ	Β ΟΜΑΔΑ
--------------	---------	---------

	ΠΡΙΝ	ΜΕΤΑ	ΠΡΙΝ	ΜΕΤΑ
1 <sup>ο</sup> Επ.	17	9	21	4
Μετ. Επ. 1 <sup>ου</sup> -2 <sup>ου</sup>	5	1	7	0
2 <sup>ο</sup> Επ.	2	4	7	8
Μετ. Επ. 2 <sup>ου</sup> -3 <sup>ου</sup>	2	4	6	9
3 <sup>ο</sup> Επ.	0	4	6	9
Μετ. Επ. 3 <sup>ου</sup> -4 <sup>ου</sup>	0	3	3	7
4 <sup>ο</sup> Επ.	0	1	0	13
Μετ. Επ. 4 <sup>ου</sup> -5 <sup>ου</sup>	0	0	0	0
5 <sup>ο</sup> Επ.	0	0	0	0
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>	<b>26</b>	<b>26</b>	<b>50</b>	<b>50</b>

- Συσχέτιση αρχικής δυναμικής ενέργειας λόγω θέσης, κινητικής ενέργειας, μάζας/βάρους ως προσδιοριστικός παράγοντας της κίνησης του σώματος (3<sup>η</sup> ερώτηση).

#### ΟΜΑΔΑ Α

Πριν τη διδασκαλία οι περισσότερες απαντήσεις (24/26) κατηγοριοποιούνται στο 1<sup>ο</sup> επίπεδο με ελάχιστες (2/26) στο 2<sup>ο</sup> και καμία σε υψηλότερο επίπεδο.

Μετά την παρέμβαση έχουμε σημαντική μετατόπιση των απαντήσεων στο 2<sup>ο</sup> επίπεδο (17/26) με αρκετές όμως να μένουν στο 1<sup>ο</sup> (9/26). Και σε αυτή τη φάση δεν υπάρχουν απαντήσεις σε ανώτερα επίπεδα.

#### ΟΜΑΔΑ Β

Πριν τη διδασκαλία, οι περισσότερες απαντήσεις (37/50) βρίσκονται στο 1<sup>ο</sup> επίπεδο, αρκετές (10/50) στο 2<sup>ο</sup>, ενώ εμφανίζεται απάντηση και στο μεταβατικό επίπεδο μεταξύ 3<sup>ου</sup> και 4<sup>ου</sup>.

Μετά την παρέμβαση εμφανίζεται μετατόπιση των απαντήσεων σε υψηλότερα επίπεδα, με παράλληλη διατήρηση μέρους των απαντήσεων στο 1<sup>ο</sup> (16/50) και 2<sup>ο</sup> (12/50) επίπεδο. Επιπλέον παρατηρείται ότι σημαντικός αριθμός απαντήσεων βρίσκεται στο μεταβατικό επίπεδο μεταξύ 2<sup>ου</sup> και 3<sup>ου</sup> (8/50) και στο 4<sup>ο</sup> επίπεδο (8/50).

Αναλυτικά η κατηγοριοποίηση των μαθησιακών αποτελεσμάτων στην 3<sup>η</sup> ερώτηση για τις δύο διαφορετικές ομάδες μαθητών, πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση καταγράφεται στον πίνακα 3.

**Πίνακας 3: Τα επίπεδα της ταξινόμιας SOLO στις απαντήσεις των μαθητών/τριών των ομάδων Α και Β αντίστοιχα για την 3<sup>η</sup> ερώτηση.**

ΕΠΙΠΕΔΟ SOLO	Α ΟΜΑΔΑ		Β ΟΜΑΔΑ	
	ΠΡΙΝ	ΜΕΤΑ	ΠΡΙΝ	ΜΕΤΑ
1 <sup>ο</sup> Επ.	24	9	37	16
Μετ. Επ. 1 <sup>ου</sup> -2 <sup>ου</sup>	0	0	1	0
2 <sup>ο</sup> Επ.	2	17	10	12
Μετ. Επ. 2 <sup>ου</sup> -3 <sup>ου</sup>	0	0	1	8

3 <sup>ο</sup> Επ.	0	0	0	2
Μετ. Επ. 3 <sup>ου</sup> -4 <sup>ου</sup>	0	0	1	4
4 <sup>ο</sup> Επ.	0	0	0	8
Μετ. Επ. 4 <sup>ου</sup> -5 <sup>ου</sup>	0	0	0	0
5 <sup>ο</sup> Επ.	0	0	0	0
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>	26	26	50	50

- Συσχέτιση προσφερόμενης ενέργειας, δυναμικής ενέργειας λόγω θέσης, κινητικής ενέργειας, τριβής (4<sup>η</sup> ερώτηση).

#### ΟΜΑΔΑ Α

Αρχικά παρατηρούμε ότι η συντριπτική πλειοψηφία των απαντήσεων (25/26) βρίσκεται στο 1<sup>ο</sup> επίπεδο και μόνο μία στο 2<sup>ο</sup>.

Μετά την παρέμβαση, έχουμε μετακίνηση των μαθητών σε υψηλότερα επίπεδα με αρκετές απαντήσεις (8/26) όμως να μένουν στο 1<sup>ο</sup> επίπεδο, τον μεγαλύτερο αριθμό των απαντήσεων (12/26) να βρίσκεται στο 2<sup>ο</sup> επίπεδο και ένας μικρός αριθμός (5/26) να βρίσκεται στο 3<sup>ο</sup> επίπεδο χωρίς να μπορεί να το ξεπεράσει.

#### ΟΜΑΔΑ Β

Αρχικά η πλειοψηφία των απαντήσεων (30/50) βρίσκεται στο 1<sup>ο</sup> επίπεδο, αρκετές (10/50) στο 2<sup>ο</sup>, λίγες (6/50) στο 3<sup>ο</sup> ενώ εμφανίζεται και μία απάντηση στο μεταβατικό μεταξύ 3<sup>ου</sup> και 4<sup>ου</sup>.

Μετά τη διδακτική παρέμβαση παρατηρείται μετακίνηση σε υψηλότερα επίπεδα αφήνοντας αρκετές απαντήσεις (11/50) στο 1<sup>ο</sup> αλλά με τις περισσότερες να βρίσκονται στο 3<sup>ο</sup> επίπεδο (14/50). Επίσης αρκετές (9/50) παραμένουν στο 2<sup>ο</sup> αλλά επίσης υπάρχει ίδιος αριθμός απαντήσεων (7/50) στο μεταβατικό μεταξύ 3<sup>ου</sup> και 4<sup>ου</sup> και στο 4<sup>ο</sup> επίπεδο.

Αναλυτικά η κατηγοριοποίηση των μαθησιακών αποτελεσμάτων στην 4<sup>η</sup> ερώτηση για τις δύο διαφορετικές ομάδες μαθητών, πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση καταγράφεται στον πίνακα 4.

**Πίνακας 4: Τα επίπεδα της ταξινομίας SOLO στις απαντήσεις των μαθητών/τριών των ομάδων Α και Β αντίστοιχα για την 4<sup>η</sup> ερώτηση.**

ΕΠΙΠΕΔΟ SOLO	Α ΟΜΑΔΑ		Β ΟΜΑΔΑ	
	ΠΡΙΝ	ΜΕΤΑ	ΠΡΙΝ	ΜΕΤΑ
1 <sup>ο</sup> Επ.	25	8	30	11
Μετ. Επ. 1 <sup>ου</sup> -2 <sup>ου</sup>	0	1	1	0
2 <sup>ο</sup> Επ.	1	12	10	9
Μετ. Επ. 2 <sup>ου</sup> -3 <sup>ου</sup>	0	0	2	2
3 <sup>ο</sup> Επ.	0	5	6	14
Μετ. Επ. 3 <sup>ου</sup> -4 <sup>ου</sup>	0	0	1	7
4 <sup>ο</sup> Επ.	0	0	0	7
Μετ. Επ. 4 <sup>ου</sup> -5 <sup>ου</sup>	0	0	0	0

5 <sup>ο</sup> Επ.	0	0	0	0
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>	26	26	50	50

- Συσχέτιση προσφερόμενης ενέργειας, μεταφοράς, μετατροπής, διατήρησης και υποβάθμισης. (5<sup>η</sup> ερώτηση).

#### ΟΜΑΔΑ Α

Αρχικά σχεδόν όλες οι απαντήσεις (23/26) βρίσκονται στο 1<sup>ο</sup> επίπεδο και μόνο δύο στο 2<sup>ο</sup> και μία στο 3<sup>ο</sup> επίπεδο.

Μετά τη διδακτική παρέμβαση παρατηρείται μετακίνηση σε υψηλότερα επίπεδα με τις περισσότερες απαντήσεις να βρίσκονται στο 2<sup>ο</sup> επίπεδο (10/26) και με αρκετές απαντήσεις να βρίσκονται στο 1<sup>ο</sup> (6/26) και 3<sup>ο</sup> (5/26) επίπεδο. Επιπλέον μικρός αριθμός βρίσκεται στο μεταβατικό μεταξύ 3<sup>ου</sup> και 4<sup>ου</sup> (3/26) και στο 4<sup>ο</sup> (2/26).

#### ΟΜΑΔΑ Β

Αρχικά οι απαντήσεις κατανέμονται κυρίως στο 1<sup>ο</sup> (23/50) και στο 2<sup>ο</sup> επίπεδο (16/50) με λίγες στο 3<sup>ο</sup> (8/50) και με μία απάντηση να μπορεί να φτάσει στο μεταβατικό μεταξύ 3<sup>ου</sup> και 4<sup>ου</sup>.

Μετά τη διδακτική παρέμβαση παρατηρείται μετακίνηση σε υψηλότερα επίπεδα με λίγες απαντήσεις να βρίσκονται στο 1<sup>ο</sup> (6/50) και 2<sup>ο</sup> επίπεδο (7/50) και οι περισσότερες να καταγράφονται στο 3<sup>ο</sup> (10/50) και 4<sup>ο</sup> (19/50) επίπεδο. Επίσης υπάρχει μικρός αριθμός απαντήσεων στα μεταβατικά μεταξύ 2<sup>ου</sup>-3<sup>ου</sup> (4/50) και 3<sup>ου</sup>-4<sup>ου</sup> επιπέδου (4/50).

Αναλυτικά η κατηγοριοποίηση των μαθησιακών αποτελεσμάτων στην 5<sup>η</sup> ερώτηση για τις δύο διαφορετικές ομάδες μαθητών, πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση καταγράφεται στον πίνακα 5.

**Πίνακας 5: Τα επίπεδα της ταξινόμιας SOLO στις απαντήσεις των μαθητών/τριών των ομάδων Α και Β αντίστοιχα για την 5<sup>η</sup> ερώτηση.**

ΕΠΙΠΕΔΟ SOLO	Α ΟΜΑΔΑ		Β ΟΜΑΔΑ	
	ΠΡΙΝ	ΜΕΤΑ	ΠΡΙΝ	ΜΕΤΑ
1 <sup>ο</sup> Επ.	23	6	23	6
Μετ. Επ. 1 <sup>ου</sup> -2 <sup>ου</sup>	0	0	1	0
2 <sup>ο</sup> Επ.	2	10	16	7
Μετ. Επ. 2 <sup>ου</sup> -3 <sup>ου</sup>	0	0	1	4
3 <sup>ο</sup> Επ.	1	5	8	10
Μετ. Επ. 3 <sup>ου</sup> -4 <sup>ου</sup>	0	3	1	4
4 <sup>ο</sup> Επ.	0	2	0	19
Μετ. Επ. 4 <sup>ου</sup> -5 <sup>ου</sup>	0	0	0	0
5 <sup>ο</sup> Επ.	0	0	0	0
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>	26	26	50	50

## Συζήτηση και συμπεράσματα

Η παρούσα εργασία διερευνά την επίδραση διδακτικής παρέμβασης για την ενέργεια σε δύο διαφορετικά επίπεδα μαθητών, καταγράφοντας τις εναλλακτικές ιδέες και τα μαθησιακά αποτελέσματα κατά την επίλυση πραγματικών προβλημάτων και προβλημάτων που προσεγγίζουν ιδανικές καταστάσεις.

### **Εναλλακτικές ιδέες:**

« η ενέργεια είναι δύναμη»

Ανιχνεύεται σε μεγάλο ποσοστό, τόσο πριν όσο και μετά τη διδακτική παρέμβαση, με την ομάδα Β να βελτιώνεται σημαντικότερα σε σχέση με την ομάδα Α στην οποία, η συγκεκριμένη προϋπάρχουσα ιδέα παραμένει σε περισσότερες από τις μισές απαντήσεις. Παρατηρείται ότι πρόκειται για μια εναλλακτική ιδέα που διατηρείται και πιθανά οφείλεται στον διαφορετικό τρόπο χρήσης της έννοιας ενέργεια από περιοδικά, εφημερίδες, τηλεόραση, διαδίκτυο που δεν συνδέεται με την επιστημονική σημασία του όρου (Driver, Guesne & Timberghien, 1993; Lijnse, 1990; Solomon, 1984).

«η ενέργεια καταναλώνεται ή φθίνει και ότι η ενέργεια καταστρέφεται κατά τις ενεργειακές μετατροπές»

Όταν ελέγχεται μέσα από πραγματικό πρόβλημα (λειτουργία μπαταρίας/φακού) αρχικά εμφανίζεται στην ομάδα Α σε αρκετές επιλογές που φτάνουν το ένα τρίτο των απαντήσεων ενώ στην ομάδα Β σε μικρό ποσοστό. Μετά τη διδακτική παρέμβαση στην ομάδα Α το ποσοστό είναι πολύ μικρό ενώ στην Β δεν ανιχνεύεται η συγκεκριμένη παρανόηση. Έχει ενδιαφέρον ότι στην ομάδα Α, ενώ μετά τη διδακτική παρέμβαση μειώνεται κατά πολύ το ποσοστό των μαθητών/τριών που επιλέγουν την καταστροφή της ενέργειας αυξάνεται σε μικρό βαθμό το ποσοστό των απαντήσεων που επιλέγουν την εφαρμογή της ΑΔΕ χωρίς όμως να μπορούν να εφαρμόσουν την υποβάθμιση της ενέργειας. Στην ομάδα Β μετά τη διδακτική παρέμβαση δεν ανιχνεύεται η παραπάνω δυσκολία καθώς μόνο ένας μαθητής αναφέρεται στη ΑΔΕ χωρίς υποβάθμιση.

Όταν ελέγχεται με τη διατύπωση ότι η δυναμική ενέργεια λόγω θέσης δεν μπορεί να μετατραπεί σε θερμική ενέργεια, η συγκεκριμένη παρανόηση δεν εμφανίζεται σε σημαντικό βαθμό, πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση. Η ερμηνεία που δίνεται είναι ότι η διδασκαλία στο Δημοτικό εστιάζει στη μεταφορά, μετατροπή, διατήρηση και υποβάθμιση της ενέργειας και ταυτόχρονα συνδέει την τριβή με τη θερμότητα και τη θέρμανση των σωμάτων (Αποστολάκης κ.α.. χ.χ. α). Η προσέγγιση αυτή έχει σαν αποτέλεσμα οι μαθητές ενώ έχουν τη δυνατότητα να διαχειρίζονται τις ενεργειακές μετατροπές ακόμα και όταν η ενέργεια υποβαθμίζεται, όταν υπάρχει τριβή ταυτίζουν την παραγωγή θερμότητας μόνο με την τριβή και δεν τη συνδέουν με τις υπόλοιπες ενεργειακές μετατροπές.

Ταυτόχρονα παρατηρείται οι μαθητές/τριες να συσχετίζουν τη θερμική ενέργεια με τη λέξη «ζεστά» και να χρησιμοποιούν χωρίς διαφοροποίηση τους όρους «θερμική ενέργεια» και «θερμότητα». Οι παραπάνω δυσκολίες όσον αφορά τη θερμική ενέργεια και τη θερμότητα καταγράφονται και στη διεθνή βιβλιογραφία (Sozibilir, 2003; Wisser & Amin, 2001; Driver, Squires, Rushworth & Wood-Robinson, 2000; Kesidou & Duit, 1993)

« η ενέργεια είναι κάτι που συνδέεται με τη δύναμη και την κίνηση»

Όταν η ερώτηση ελέγχεται με τη διατύπωση, κίνηση σώματος χωρίς τριβές, δεν εμφανίζεται η παραπάνω παρανόηση σε σημαντικό βαθμό, ενώ στην ομάδα Β μετά τη διδακτική παρέμβαση δεν ανιχνεύεται καθόλου. Ερμηνεύεται ότι οι μαθητές/τριες είναι εξοικειωμένοι με τη δύναμη της τριβής από το Δημοτικό αλλά και στο Γυμνάσιο στην ενότητα «Δυνάμεις» όπου γίνεται εκτενής αναφορά.

Όταν η ερώτηση ελέγχεται με τη διατύπωση για την κίνηση του σώματος μέσα από χαρακτηριστικά της ενέργειας (μεταφορά, μετατροπή κ.τ.λ.), χωρίς όμως να τονίζεται η ύπαρξη τριβών, αυξάνει ο βαθμός δυσκολίας για τους μαθητές, ειδικά πριν τη διδακτική παρέμβαση, όπου το ποσοστό εμφάνισης για την αντίστοιχη παρανόηση ανέρχεται σε 65% στην ομάδα Α και σε μικρότερο αλλά όχι αμελητέο στην ομάδα Β. Μετά τη διδακτική παρέμβαση παρατηρείται μεγάλη μείωση και στις δύο ομάδες.

« η ενέργεια σχετίζεται αποκλειστικά με έμψυχα αντικείμενα»

Η ανωτέρω προ υπάρχουσα εμφανίζεται σύμφωνα με τη διεθνή βιβλιογραφία σε μαθητές όλων των ηλικιών (Driver, Squires, Rushworth & Wood-Robinson, 2000; Bliss & Ogborn, 1985; Watss, 1983) αν και στη μελέτη μας εμφανίζεται σε μικρότερο βαθμό. Ερμηνεύεται ότι η διδακτική προσέγγιση στο Δημοτικό αξιοποιεί πολλά παραδείγματα που δεν συνδέονται με έμψυχα αντικείμενα. Μετά τη διδασκαλία, παραπάνω παρανόηση μειώνεται σημαντικά και στις δύο ομάδες.

### **Μαθησιακά αποτελέσματα**

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα καταγράφεται ότι:

- Μετά την παρέμβαση και οι δύο ομάδες εμφανίζουν σημαντική βελτίωση σε σχέση με την αρχική τους επίδοση, με την παρατήρηση ότι το υψηλότερο γνωστικό υπόβαθρο της ομάδας Β της δίνει τη δυνατότητα στις απαντήσεις της, αφενός μεν να χρησιμοποιείται σε σημαντικό βαθμό η αντίστοιχη επιστημονική τεκμηρίωση και αφετέρου η ταξινόμησή τους να κινείται πάνω από το 3ο επίπεδο.
- Υπάρχει συσχέτιση μεταξύ της μείωσης των εναλλακτικών ιδεών και της βελτίωσης της ικανότητας-δεξιότητας διαχείρισης των πραγματικών προβλημάτων.

Στις απαντήσεις τους οι μαθητές/τριες:

- τείνουν να εστιάζουν σε ορατά χαρακτηριστικά των φαινομένων και να συνδέουν το πρόβλημα με τις εναλλακτικές ιδέες της μορφής όπως «το βαρύ σώμα πέφτει πιο γρήγορα», «το ελαφρύ σώμα πάει πιο ψηλά», σύμφωνα με τη βιβλιογραφία (Driver, Squires, Rushworth & Wood-Robinson, 2000), ενώ μετά τη διδασκαλία παρατηρείται σημαντική βελτίωση, με την επιφύλαξη εάν η γνώση αυτή θα διατηρηθεί σε βάθος χρόνου.
- ενώ επιλέγουν τη σωστή απάντηση (πολλαπλής επιλογής), η τεκμηρίωσή τους χρησιμοποιεί λεξιλόγιο που συνδέεται με την κατανάλωση και την καταστροφή της ενέργειας, όπως αναφέρεται και στην έρευνα της Μπουλουξή (2012).

Τα παρακάτω σημεία συνοψίζουν τα ευρήματα της εργασίας.

- Η μόνη εναλλακτική ιδέα που εμφανίζεται σε σημαντικό βαθμό και στις δύο ομάδες, τόσο πριν όσο και μετά τη διδακτική παρέμβαση είναι «η ενέργεια είναι δύναμη». Τονίζεται ότι σε πολλές απαντήσεις, ιδιαίτερα πριν τη διδασκαλία

παρατηρείται η ταύτιση της «δύναμης» με τη «δυναμική ενέργεια», περίπλοκο πρόβλημα που συσχετίζεται με την επίδραση της γλώσσας. (Driver, Guesne & Tiberghien, 1993; Lijnse, 1990; Solomon, 1984). Η ερμηνεία που δίνεται είναι ότι οφείλεται στην επίδραση του κοινωνικού και πολιτισμικού πλαισίου, όπου εκπαιδευτικοί, μαθητές και μέσα ενημέρωσης χρησιμοποιούν τις λέξεις με διαφορετικό νόημα.

- Η εναλλακτική ιδέα ότι ένα σώμα έχει μέσα του ενέργεια η οποία χρησιμοποιείται καθώς το αντικείμενο κινείται, επηρεάζεται σε σημαντικό βαθμό από τη διατύπωση του προβλήματος. Η διατύπωση που συνδέεται με την προσέγγιση της διδασκαλίας που έχουν διδαχθεί οι μαθητές τους δίνει τη δυνατότητα να εφαρμόσουν τις γνώσεις τους, ενώ παράλληλα όταν απαιτηθεί εφαρμογή γνώσης εκτός πλαισίου καταγράφονται δυσκολίες, οι οποίες όμως μειώνονται σημαντικά μετά τη διδακτική παρέμβαση. Τα αποτελέσματά μας επιβεβαιώνουν ότι οι αντιλήψεις και οι ερμηνείες των μαθητών είναι συχνά αντιφατικές και προσαρμόζονται ανάλογα με το πλαίσιο που τίθεται (Driver, Guesne & Tiberghien, 1993).
- Οι εναλλακτικές ιδέες ότι, η ενέργεια καταναλώνεται ή φθίνει και η ενέργεια καταστρέφεται καθώς μετασχηματίζεται από μια μορφή σε άλλη ανιχνεύονται σε δύο προβλήματα με διαφορετικό τρόπο και βαθμό και ερμηνεύεται με την επίδραση των χρησιμοποιούμενων καθημερινών όρων και την «προσαρμοστικότητα» των εναλλακτικών ιδεών των μαθητών (Driver, Guesne & Tiberghien, 1993).
- Η υποβάθμιση της ενέργειας, θέμα που οι μαθητές συναντούν αρκετές δυσκολίες (Constantinou & Papadouris, 2012; Duit 1984; Solomon, 1983), αρχικά αναφέρεται από μικρό αριθμό μαθητών, ενώ μετά τη διδακτική παρέμβαση από μεγαλύτερο, ειδικά στην ομάδα Β. Οι μαθητές αυτοί προχωρούν και στην εφαρμογή της ΑΔΕ και παράλληλα σχολιάζουν την υποβάθμιση και την ποιότητα της ενέργειας.
- Καταγράφοντας τις επιλογές και τις αιτιολογήσεις των μαθητών θεωρείται ότι εμφανίζεται μείωση των εναλλακτικών ιδεών και μεγαλύτερη εστίαση των απαντήσεων στις παραμέτρους του προβλήματος με παράλληλη βελτίωση της επιστημονικής τεκμηρίωσης, ειδικότερα για τους μαθητές με αυξημένη προ υπάρχουσα γνώση.

Με βάση τα ευρήματα της εργασίας, ως μελλοντική έρευνα προτείνεται, λόγω του αφαιρετικού χαρακτήρα της έννοιας η εκ νέου συμπλήρωση του ερωτηματολογίου ένα χρόνο μετά, με σκοπό να διαπιστωθεί ο βαθμός διατήρησης της γνώσης που προκύπτει από τη συγκεκριμένη διδακτική παρέμβαση.

## Αναφορές

AAAS (n.d.). *Project 2061 Science Assessment*. Ανακτήθηκε στις 7 Δεκεμβρίου 2019, από

<http://assessment.aaas.org/pages/home>

Bliss, J., & Ogborn, J. (1985). Children's choices of uses of energy. *International Journal of Science Education*, 7(2), 195-203.

Constantinou, C.P. & Papadouris, N. (2012). Teaching and learning about energy in middle school: an argument for an epistemic approach. *Studies in Science Education*, 48(2), 161–186.



- Driver, R. (1981) Pupils' Alternative Frameworks in Science. *International Journal of Science Education*, 3(1), 93-101.
- Driver, R & Warrington, L. (1985). Students' use of the principle of energy conservation in problem situations. *Physics Education*, 20, 171-176.
- Driver, R., Guesne, E., & Timberghien, A. (1985). *Οι ιδέες των παιδιών στη Φυσική*. (Επιμ.) Π. Φιλντίσης, (Μτφρ. Θ. Κρητικός, Β. Σπηλιωτοπούλου-Παπαντωνίου, Α. Σταυρόπουλος). Αθήνα: Τροχαλία.
- Driver, R., Squires, A., Rushworth, P., & Wood-Robinson, V. (1998). *Οικοδομώντας τις έννοιες των Φυσικών Επιστημών: Μια παγκόσμια σύνοψη των ιδεών των μαθητών*. (Επιμ.) Π. Κόκκοτας, (Μτφρ. Μ. Χατζή). Αθήνα: Τυπωθήτω.
- Duit, R. (1984). Learning the energy concept in school –empirical results from The Philippines and West Germany. *Physics Education*, 19, 59-66.
- Feynman, R. P. (1965). *Ο χαρακτήρας του φυσικού νόμου*. (Επιμ.) Α. Βαλαβάνης, Π. Μπουκουβάλας, Π. Δήτσας, (Μτφρ. Ε. Πιτίνη). Ηράκλειο: Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης.
- Goldring, H. & Osborne, J. (1994). Students' Difficulties with Energy and Related Concepts, *Physics Education*, 29(1), 26-32.
- Hewitt, P. G. (2004). *Οι έννοιες της φυσικής*. (Επιμ.) Γ. Παπαδόγγονος, (Μτφρ. Ε. Σηφάκη, Γ. Παπαδόγγονος). Ηράκλειο: Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης.
- Kaper, W.H., & Goedhart, M.J. (2002a). "Forms of energy" an intermediary language on the road to thermodynamics? Part I. *International Journal of Science Education*, 24(1), 81–95.
- Kaper, W.H., & Goedhart, M.J. (2002b). "Forms of energy" an intermediary language on the road to thermodynamics? Part II. *International Journal of Science Education*, 24(2), 119-137.
- Kesidou, S., & Duit, R. (1993). Students' conceptions of the second law of thermodynamics – An interpretative study. *Journal of Research in Science Teaching*, 30, 85-106.
- Kruger, C. (1990). Some primary teachers' ideas about energy. *Physics Education*, 25, 86-91.
- Kruger, C., Palacio, D., & Summers, M. (1992). Surveys of English primary school teachers' conceptions of force, energy, and materials. *Science Education*, 76, 339-351.
- Lehrman, R. (1973). Energy is not the ability to do work. *The Physics Teacher*, 11(1), 15-18.
- Lijnse, P. (1990). Energy between the life-Word of pupils and the World Physics. *Science Education* 74, (5), 571-583.
- Papadouris, N., Constantinou, C., & Kyratsi, T.(2008). Students' Use of the Energy Model to Account for Changes in Physical Systems. *Journal of Research in Science Teaching*, 45(4), 444-469.
- Sexl, R. (1981). Some Observations Concerning the Teaching of the Energy Concept. *International Journal of Science Education*, 3(3), 285-289.
- Solomon, J. (1983). Learning about energy: how pupils think in two domains. *International Journal of Science Education*, 5(1), 49-59.
- Solomon, J. (1984). Alternative views of energy. *Physics Education*, 19, 56.
- Solomon, J. (1985). Teaching the conservation of energy. *Physics Education*, 20, 171-176.
- Sozibilir, M. (2003). A review of selected literature on students' misconceptions of heat and temperature, Boğaziçi University. *Journal of Education*, 20(1), 25-41.
- Stylianidou, F., & J. Ogborn, J.(1999). Teachers' transformations of innovations: the case of teaching 'Energy' in English secondary schools, *STTIS (Science Teacher Training in an Information Society), UK National Report on Work Package 3, European Commission DG XII - TSER: CT97 2020,(co-ord:R. Pintó, Universitat Autònoma de Barcelona)*. University of Sussex, Institute of Education, UK.
- Trumper, R. (1998). A Longitudinal Study of Physics Students' Conceptions on Energy in Pre-Service Training for High School Teachers. *Journal of Science Education and Technology*, 7(4), 311-318.
- Warren, J. W. (1982). The nature of energy. *International Journal of Science Education*, 4(3), 295-297.
- Watts, M. (1983). Some alternative views of energy. *Physics Education*, 18, 213-217.
- Wiser, M., & Amin, G. (2001). "Is heat hot?" Inducing conceptual change by integrating everyday and scientific perspectives on thermal phenomena. *Learning and Instruction*, 11 (4-5), 331-355.
- Αντωνίου, Α. (χ.χ.). *Εναλλακτικές ιδέες των μαθητών*. Ανακτήθηκε στις 7 Δεκεμβρίου 2019, από <http://edugate.minedu.gov.gr/Portallibrary/Alternative%20students%20conceptions.pdf>

- Αντωνίου, Ν., Δημητριάδης, Π., Καμπούρης, Κ., Παπαμιχάλης, Κ., Παπασιμίπα, Λ. (χ.χ.). *Φυσική Β΄ Γυμνασίου, βιβλίο του Εκπαιδευτικού*, ανακτήθηκε στις 7 Δεκεμβρίου 2019, από <http://ebooks.edu.gr/new/classcoursespdf.php?classcode=DSGYM-B>
- Αποστολάκης, Ε., Παναγοπούλου, Ε., Σάββας, Σ., Τσαγγλιώτης, Ν., Μακρή, Β., Πανταζής, Γ., Πετρέα, Κ., Σωτηρίου, Σ., Τόλιας, Β., Τσαγκογέωργα, Α., Καλκάνης, Γ. (χ.χ. α). «Φυσικά» Ε΄ Δημοτικού Ερευνώ και Ανακαλύπτω, Βιβλίο Δασκάλου. Ανακτήθηκε στις 7 Δεκεμβρίου 2019, από <http://ebooks.edu.gr/new/classcoursespdf.php?classcode=DSDIM-E>
- Αποστολάκης, Ε., Παναγοπούλου, Ε., Σάββας, Σ., Τσαγγλιώτης, Ν., Πανταζής, Γ., Σωτηρίου, Σ., Τόλιας, Β., Τσαγκογέωργα, Α., Καλκάνης, Γ. (χ.χ. β). «Φυσικά» ΣΤ΄ Δημοτικού Ερευνώ και Ανακαλύπτω, Βιβλίο Δασκάλου. Ανακτήθηκε στις 7 Δεκεμβρίου 2019, από <http://ebooks.edu.gr/new/books-pdf.php?course=DSGL101>
- Γεωργόπουλος, Κ., & Μπέλλου, Ι. (2014). Η εφαρμογή των μαθηματικών εννοιών στη διδασκαλία των κινήσεων: διδακτικές προσεγγίσεις με αξιοποίηση του MBL. *Έρκυνα, Επιθεώρηση Εκπαιδευτικών-Επιστημονικών Θεμάτων*, Τεύχος 1, 52-64. Ανακτήθηκε από <http://www.erkyna.gr>
- Γεωργόπουλος, Κ. Μπέλλου, Ι., & Μικρόπουλος, Τ.Α. (2009). Μελέτη της μετάβασης σε διαφορετικές αναπαραστάσεις μεταβαλλόμενης κίνησης με την εφαρμογή μαθηματικών εννοιών. *Πρακτικά του Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση*, (σ. 267-275). Φλώρινα.
- Καλκάνης, Γ., Γκικοπούλου, Ο., Καπότης, Ε., Γουσόπουλος, Δ., Πατρινόπουλος, Μ., Τσάκωνας, Π., Δημητριάδης, Π., Παπασιμίπα, Λ., Μιτζήθρας, Κ., Καπογιάννης, Α., Σωτηρόπουλος, Δ., Δρόλαπας, Α., και τα μέλη των συγγραφικών ομάδων των βιβλίων "Φυσικά - Ερευνώ και Ανακαλύπτω" της Ε΄ και Στ΄ τάξης του δημοτικού σχολείου (χ.χ.). *Φυσική με Πειράματα Α΄ Γυμνασίου, βιβλίο Εκπαιδευτικού*. Ανακτήθηκε στις 7 Δεκεμβρίου 2019, από <http://ebooks.edu.gr/new/books-pdf.php?course=DSGYM-A120>
- Μπουλουξή, Α. (2012). *Οι γνώσεις και οι αντιλήψεις που αποκτούν οι μαθητές για την έννοια «ενέργεια» κατά τη διδασκαλία των μαθημάτων Χημείας, Φυσικής και Βιολογίας* (Διδακτορική διατριβή). Ανακτήθηκε στις 7 Δεκεμβρίου 2019, από <http://thesis.ekt.gr/thesisBookReader/id/29256#page/1/mode/2up>
- Σκουμιός, Μ. (2012). *Διδακτική των Φυσικών Επιστημών στην Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση*, Ρόδος: Πανεπιστήμιο Αιγαίου Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης. Ανακτήθηκε στις 7 Δεκεμβρίου 2019, από [http://www.pre.aegean.gr/labfe/downloads/dfe/DFE\\_Athmia\\_EKPAIDEYSH\\_SHMEIWSEIS\\_2012\\_2013.pdf](http://www.pre.aegean.gr/labfe/downloads/dfe/DFE_Athmia_EKPAIDEYSH_SHMEIWSEIS_2012_2013.pdf)

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

### ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Ένα κορίτσι σπρώχνει ένα βιβλίο και αυτό γλιστρά κατά μήκος ενός τραπέζιου. Το βιβλίο επιβραδύνεται και μετά σταματά. Καθώς το βιβλίο κινείται, το βιβλίο και το τραπέζι γίνονται λίγο πιο ζεστά. Τι συνέβη στην κινητική ενέργεια του βιβλίου;

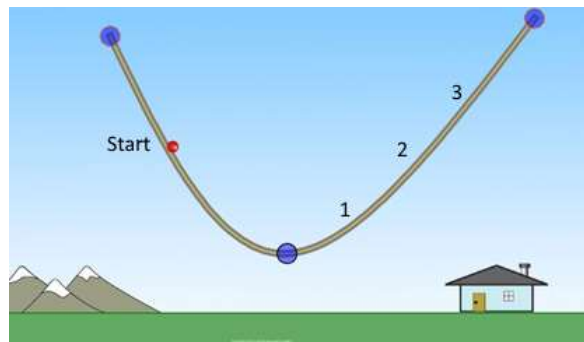
- α. Αυτή μετατράπηκε σε δύναμη αλλά όχι σε θερμική ενέργεια
  - β. Αυτή μετατράπηκε σε θερμική ενέργεια αλλά όχι σε δύναμη
  - γ. Αυτή μετατράπηκε και σε θερμική ενέργεια και σε δύναμη
  - δ. Αυτή χρησιμοποιήθηκε και δεν μετατράπηκε σε δύναμη ή σε θερμική ενέργεια
- Να επιλέξεις τη σωστή απάντηση και να την αιτιολογήσεις

2. Ένα κορίτσι με ποδήλατο κατεβαίνει ένα λόφο χωρίς πετάλι. Επιταχύνεται καθώς κατεβαίνει το λόφο, και τα λάστιχα γίνονται λίγο πιο ζεστά. Ποιες μετατροπές ενέργειας συμβαίνουν ενώ κατεβαίνει το λόφο;

- α. Η κινητική ενέργεια μετασχηματίζεται σε δυναμική ενέργεια και θερμική ενέργεια.
- β. Η δυναμική ενέργεια μετατρέπεται σε κινητική ενέργεια και θερμική ενέργεια.
- γ. Η δυναμική ενέργεια μετατρέπεται μόνο σε κινητική ενέργεια.
- δ. Κανένας ενεργειακός μετασχηματισμός δεν γίνεται καθώς το κορίτσι κατεβαίνει το λόφο.

Να επιλέξεις τη σωστή απάντηση και να την αιτιολογήσεις

3. Φανταστείτε μια μπάλα σε μια πίστα όπου η μπάλα μπορεί να κινείται χωρίς τριβές. Καμία ανταλλαγή ενέργειας δε γίνεται μεταξύ της μπάλας και της πίστας και μεταξύ της μπάλας και του αέρα. Η μπάλα ξεκινά στη θέση που επισημαίνεται με τη λέξη Start και κινείται κατά μήκος της διαδρομής προς τις θέσεις 1, 2 και 3.



Ποια είναι η υψηλότερη θέση που θα φτάσει η μπάλα πριν σταματήσει στιγμιαία και κινηθεί προς τα πίσω στην πίστα

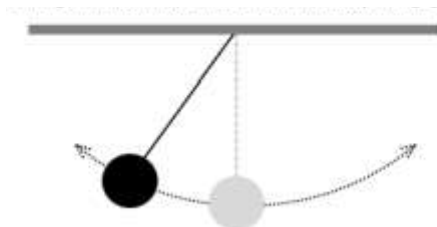
- α. Θέση 1
- β. Θέση 2
- γ. Θέση 3

δ. Η μπάλα θα ξεπεράσει τη θέση 3.

ε. Εξαρτάται από το πόσο ζυγίζει η μπάλα.

Να επιλέξεις τη σωστή απάντηση και να την αιτιολογήσεις

4. Ένας μαθητής παίζει με ένα εκκρεμές. Δίνει στην μπάλα μια ώθηση και παρακολουθεί τη μπάλα καθώς ταλαντώνεται από τη μια πλευρά στην άλλη. Μετά από λίγο, η μπάλα σταματά να ταλαντώνεται. Γιατί η μπάλα σταματά;



α. Η κινητική ενέργεια της μπάλας μεταφέρεται κάπου αλλού, όπως στον αέρα, καθώς η μπάλα ταλαντώνεται από τη μια πλευρά στην άλλη.

β. Ένα μικρό μέρος της κινητικής ενέργειας της μπάλας εξαντλείται κάθε φορά που ταλαντώνεται από τη μια πλευρά στην άλλη, αλλά δε μεταφέρεται κάπου αλλού.

γ. Ένα μέρος της κινητικής ενέργειας μεταφέρεται κάπου αλλού, όπως ο αέρας, και ένα μέρος της κινητικής ενέργειας εξαντλείται.

δ. Ένα αντικείμενο έχει κινητική ενέργεια μόνο όταν ένα άτομο το σπρώχνει συνεχώς και ο μαθητής δεν σπρώχνει συνεχώς τη μπάλα.

Να επιλέξεις τη σωστή απάντηση και να την αιτιολογήσεις

5. Βάζουμε σε ένα φακό καινούργιες μπαταρίες. Τον ανάβουμε και τον αφήνουμε αναμμένο μέχρι να εξαντληθούν οι μπαταρίες και να σβήσει. Σε αυτό το φαινόμενο η αρχική χημική ενέργεια των μπαταριών:

α. Καταναλώθηκε από το φακό και καταστράφηκε.

β. Άλλαξε μορφή αλλά η συνολική ποσότητα παρέμεινε σταθερή. Αυτό σημαίνει ότι η ενέργεια θα μπορούσε πάλι να πάρει την αρχική της μορφή στις μπαταρίες.

γ. Άλλαξε μορφή αλλά η συνολική ενέργεια παραμένει σταθερή. Όμως η ενέργεια δεν μπορεί να πάρει πάλι την αρχική της μορφή στις μπαταρίες.

Να επιλέξεις τη σωστή απάντηση και να την αιτιολογήσεις