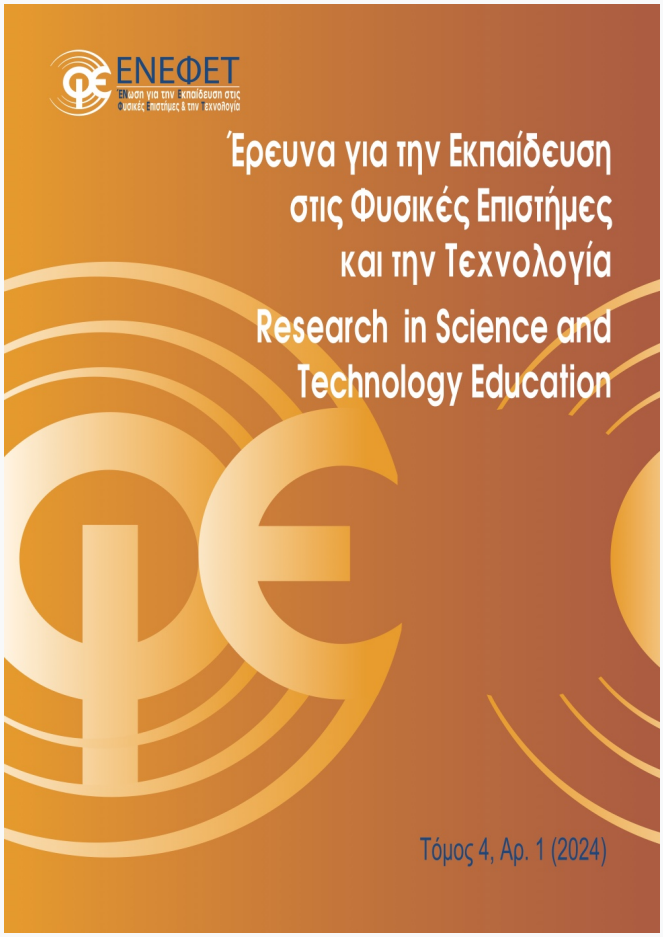
ePublishing
ΕΘΝΙΚΟ ΚΕΝΤΡΟ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗΣ
NATIONAL DOCUMENTATION CENTRE

Research in Science & Technology Education

Vol 4, No 1 (2024)

Τόμ. 4 Αρ. 1 (2024)



Μια Διδακτική Παρέμβαση για την Ενίσχυση της Συμμετοχής των Μαθητών στη Μάθηση της Έννοιας της Ενέργειας

Γεωργία Τόλη, Maria Kallery

doi: 10.12681/riste.37364

To cite this article:

Τόλη Γ., & Kallery, M. (2024). Μια Διδακτική Παρέμβαση για την Ενίσχυση της Συμμετοχής των Μαθητών στη Μάθηση της Έννοιας της Ενέργειας. *Research in Science & Technology Education*, *4*(1), 29–63. https://doi.org/10.12681/riste.37364

https://epublishing.ekt.gr | **e-Publisher:** EKT | **Downloaded at:** 24/01/2026 06:21:45

Έρευνα για την Εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες και την Τεχνολογία
(2024), Τόμος 4, Αρ. 1, σελ. 29-63

Μια Διδακτική Παρέμβαση για την Ενίσχυση της Συμμετοχής των Μαθητών στη Μάθηση της Έννοιας της Ενέργειας

Γεωργία Τόλη[1] και Μαρία Καλλέρη[2]
[1]Εκπαιδευτικός Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης
[2]αφ Επίκουρη Καθηγήτρια Τμήμα Φυσικής ΑΠΘ
[1]*toligeorgia@yahoo.gr,* [2]*kallery@astro.auth.gr*

Περίληψη

Η παρούσα εργασία παρουσιάζει μια παρέμβαση που είχε στόχο την ενίσχυση της συμμετοχής των μαθητών στη μάθηση της έννοιας της ενέργειας και την επίτευξη επιθυμητών μαθησιακών αποτελεσμάτων. Η παρέμβαση περιλάμβανε ειδικά σχεδιασμένες δραστηριότητες και στρατηγικές διδασκαλίας και εφαρμόστηκε σε 110 μαθητές γυμνασίου (πειραματική ομάδα) έναντι μιας ομάδας ελέγχου 96 μαθητών. Μετά την εφαρμογή, στους μαθητές και των δύο ομάδων δόθηκε ένα ερωτηματολόγιο αυτοαναφοράς για τη μέτρηση της συμμετοχής. Για την αξιολόγηση των μαθησιακών αποτελεσμάτων των μαθητών χορηγήθηκε και στις δύο ομάδες ένα γραπτό ερωτηματολόγιο αποτελούμενο από ερωτήσεις ανοιχτού τύπου. Οι αναλύσεις δεδομένων έδειξαν σημαντικά υψηλότερα επίπεδα συμμετοχής και καλύτερα μαθησιακά αποτελέσματα μεταξύ των μαθητών της πειραματικής ομάδας σε σύγκριση με αυτούς της ομάδας ελέγχου. Επιπλέον, βρέθηκε μια σημαντική θετική συσχέτιση μεταξύ της συμμετοχής και της ακαδημαϊκής επιτυχίας. Αυτή η μελέτη επιβεβαιώνει τις απόψεις άλλων ερευνητών πως τα υψηλά επίπεδα συμμετοχής συνδέονται με την απόκτηση γνώσεων και δεξιοτήτων, που με τη σειρά τους οδηγούν σε θετικά ακαδημαϊκά αποτελέσματα.

Λέξεις κλειδιά: διδασκαλία της ενέργειας, ενίσχυση της συμμετοχής στη μάθηση, συμμετοχή και μάθηση στη φυσική, φυσική γυμνασίου

Abstract

This paper presents an intervention aiming to enhance student engagement and achieve desired learning outcomes in the concept of energy. The intervention included specially designed activities and teaching strategies and was delivered to 110 junior high school students (experimental group) against a control group of 96 students. After implementation, the students of both groups were given a self-report questionnaire to measure engagement. To assess students' learning outcomes a written

questionnaire composed of open-ended questions was administered to both groups. Data analyses indicated significantly higher levels of engagement and better learning outcomes among students in the experimental group compared to those in the control group. Additionally, a significant positive correlation was found between engagement and academic achievement. This study confirms the views of other researchers that high levels of engagement are linked to knowledge and skills acquisition, which in turn lead to positive academic outcomes.

Key words: engagement and learning in physics, junior high school physics, promoting engagement in learning, teaching energy

Εισαγωγή

Η συμμετοχή (engagement) ενός ατόμου ή μιας ομάδας ατόμων (π.χ. μιας ολόκληρης σχολικής τάξης) σε μια δραστηριότητα θεωρείται κρίσιμος παράγοντας για τη μάθηση (Appleton et al., 2006· Renninger & Hidi, 2015). Τα υψηλά επίπεδα συμμετοχής συνδέονται με την απόκτηση γνώσεων και δεξιοτήτων που οδηγούν σε θετικά ακαδημαϊκά αποτελέσματα (π.χ. Furlong et al., 2003· Pavlin-Bernardić et al., 2017· Petričević et al., 2022). Επιπλέον, όσο περισσότερο συμμετέχει ένας μαθητής στη μαθησιακή διαδικασία τόσο περισσότερο μαθαίνει και αναπτύσσει τη συνολική του αυτοπεποίθηση για την αντιμετώπιση ενός ευρέος φάσματος απαιτητικών ή καινοτόμων καταστάσεων (Feldman & Kubota, 2015· Linnenbrink & Pintrich, 2003).

Από την έρευνα στη Διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών διαφαίνεται/καταγράφεται μια πτώση/κάμψη τόσο του ενδιαφέροντος όσο και της ενασχόλησης των μαθητών της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης με τη φυσική γεγονός που αργότερα οδηγεί σε χαμηλά ποσοστά επιλογής αντικειμένων που σχετίζονται με τη φυσική (Dorfman & Fortus, 2019· Martin, Way, Bobis, & Anderson, 2015· Petričević et al. 2022). Ακόμη περισσότερο, η ενασχόληση των μαθητών με τη φυσική και η συμμετοχή τους στη μαθησιακή διαδικασία ελαττώνεται όταν πρόκειται για αφηρημένες έννοιες (Petričević et al., 2022). Μια τέτοια έννοια στο σχολικό πρόγραμμα σπουδών είναι η έννοια της ενέργειας. Αρκετές μελέτες (π.χ. Jewett, 2008· Millar, 2014) έχουν δείξει ότι οι μαθητές αντιμετωπίζουν δυσκολίες στην κατανόηση της έννοιας της ενέργειας, γεγονός που μειώνει το ενδιαφέρον τους και καθιστά την ενέργεια ένα μη ελκυστικό αντικείμενο μελέτης. Ωστόσο, ο ενοποιητικός ρόλος της ενέργειας σε όλους τους τομείς της επιστήμης εξηγεί πολλά φαινόμενα και επιβεβαιώνει την πολυδιάστατη σημασία της στην εκπαίδευση. Ως εκ τούτου, η έννοια της ενέργειας αναγνωρίζεται ως ένας από τους βασικούς μαθησιακούς στόχους στη διδασκαλία της φυσικής καθώς θεωρείται ακρογωνιαίος λίθος για την κατανόηση άλλων εννοιών και φαινομένων της επιστήμης από τους μαθητές.

Παίρνοντας υπόψη τα παραπάνω, η παρούσα μελέτη επιχειρεί να ενισχύσει τη συμμετοχή των μαθητών στη μαθησιακή διαδικασία με στόχο την επίτευξη επιθυμητών μαθησιακών αποτελεσμάτων μέσω μιας παρέμβασης που περιλαμβάνει ειδικά σχεδιασμένες

δραστηριότητες και χρησιμοποιεί στρατηγικές και πρακτικές που έχουν δημιουργηθεί για το σκοπό αυτό.

Στην παρούσα εργασία παρουσιάζονται οι τύποι των δραστηριοτήτων, οι διδακτικές πρακτικές και οι στρατηγικές που διαμόρφωσαν την παρέμβασή μας και διερευνάται η επίδραση που είχε η παρέμβαση μας στον βαθμό συμμετοχής των μαθητών στη μαθησιακή διαδικασία και στην συνολική ακαδημαϊκή τους επίδοση. Εξετάζουμε επίσης εάν υπάρχει συσχέτιση μεταξύ της συμμετοχής των μαθητών στη μαθησιακή διαδικασία και των μαθησιακών τους αποτελεσμάτων.

Η συμμετοχή στη μάθηση και οι διαστάσεις της

Η συμμετοχή των μαθητών στις μαθησιακές δραστηριότητες έχει αναδειχθεί από πολλούς ερευνητές ως καθοριστικός παράγοντας για την ποιότητα της μάθησης και την επίτευξη υψηλών ακαδημαϊκών επιδόσεων (Appleton et al., 2008· Fredricks et al., 2004· Pavlin-Bernardić et al., 2017· Petričević et al., 2022· Salmela-Aro & Upadyaya, 2014). Ειδικότερα, η ενεργή εμπλοκή των μαθητών στα μαθήματα φυσικών επιστημών αποτελεί βασικό στοιχείο όχι μόνο για την ακαδημαϊκή επιτυχία και τη βελτίωση των μαθησιακών αποτελεσμάτων, αλλά και για την προαγωγή της συναισθηματικής τους ευεξίας και της θετικής συμπεριφοράς τους (Wang & Degol, 2014). Ως εκ τούτου οι εμπειρικές μελέτες σχετικά με τον τρόπο βελτίωσης της συμμετοχής των μαθητών στη μάθηση θεωρούνται απαραίτητες (Folorunsho, 2016).

Η συμμετοχή στη μάθηση είναι μια έννοια που περιγράφει πόση προσοχή, ενδιαφέρον, κίνητρο και πάθος δείχνουν οι μαθητές όταν μαθαίνουν ή διδάσκονται και είναι κρίσιμη για την επίτευξη βαθιάς και διαρκούς μάθησης. Αντικατοπτρίζει επίσης τον τρόπο με τον οποίο οι μαθητές αλληλεπιδρούν με τους εκπαιδευτικούς, τους συμμαθητές τους, το πρόγραμμα σπουδών και το σχολικό περιβάλλον. Πιο συγκεκριμένα η ενεργή συμμετοχή στη μάθηση χαρακτηρίζεται από συμμετοχή κατά τη διάρκεια του μαθήματος, συμβολή κατά τη διάρκεια δραστηριοτήτων, έκφραση θετικών συναισθημάτων που σχετίζονται με τη μάθηση – ενδιαφέρον, απόλαυση, φροντίδα, σύνδεση και συνεργασία με συνομηλίκους και δασκάλους, εντατική προσπάθεια και αναζήτηση ευκαιριών για περισσότερη μάθηση.

Οι ερευνητές έχουν αποφανθεί ότι η συμμετοχή στη μάθηση είναι μια πολυδιάστατη μεταβλητή που αποτελείται από συμπεριφορικά, συναισθηματικά και γνωστικά στοιχεία (Frederics et al., 2004) που είναι διακριτά αλλά και αλληλοσυσχετισμένα και αλληλοϋποστηριζόμενα (Linnenbrink & Pintrich, 2003· Reeve & Lee, 2014). Ο όρος «συμπεριφορική συμμετοχή» περιγράφει τη θετική ενασχόληση και την ενεργή συμμετοχή των μαθητών σε ακαδημαϊκές εργασίες και σχολικές δραστηριότητες, η οποία διακρίνεται από χαρακτηριστικά όπως η προσπάθεια, η συγκέντρωση και η επιμονή.

Η συναισθηματική συμμετοχή στη μάθηση περιλαμβάνει τους τρόπους με τους οποίους οι μαθητές αντιδρούν συναισθηματικά στις δραστηριότητες που λαμβάνουν χώρα στην τάξη

τους. Αναφέρεται είτε στην εμπειρία θετικών συναισθημάτων κατά τη μάθηση όπως η ευχαρίστηση και το ενδιαφέρον είτε σε αρνητικά συναισθήματα όπως το άγχος και η πλήξη (Skinner & Pitzer, 2012).

Η γνωστική συμμετοχή αναφέρεται στην ενεργή αξιοποίηση των γνωστικών πόρων κατά τη μαθησιακή διαδικασία, περιλαμβάνοντας τη χρήση στρατηγικών που ενισχύουν την εμβάθυνση στη γνώση αντί της απλής απομνημόνευσης. Διακρίνεται από τη συνειδητή προσπάθεια κατανόησης σύνθετων ιδεών και την ανάπτυξη απαιτητικών δεξιοτήτων (Appleton, et al., 2006· Fredricks et al., 2004, 2016· Pavlin-Bernardić, et al., 2017· Reeve & Lee, 2014· Walker et al., 2006). Ορισμένοι ερευνητές (Linnenbrink-Garcia et al., 2011· Pekrun & Linnenbrink-Garcia, 2012) έχουν επεκτείνει αυτήν την τριμερή εννοιολόγηση της συμμετοχής συμπεριλαμβάνοντας μια τέταρτη διάσταση/συνιστώσα, την κοινωνική-συμπεριφορική συμμετοχή, η οποία σχετίζεται με τα συναισθήματα και τη συμπεριφορά των μαθητών κατά τη διάρκεια συνεργατικής ομαδικής εργασίας (Fredricks et al., 2016). Σύμφωνα με τους Pekrun και Linnenbrink-Garcia (2012), η κοινωνική-συμπεριφορική συμμετοχή περιλαμβάνει υποστήριξη υψηλών ποιοτικά κοινωνικών αλληλεπιδράσεων όπως η συνεκτική εργασία και η δουλειά με σεβασμό στο πλαίσιο συνεργασίας συνομηλίκων καθώς και δημιουργία ενός θετικού κλίματος διευκολύνοντας έτσι τη συμμετοχή των μαθητών στη μάθηση. Οι διαστάσεις της συμμετοχής στη μάθηση μπορούν να επηρεαστούν από διάφορους παράγοντες, όπως οι μέθοδοι διδασκαλίας, η ανατροφοδότηση, οι προσδοκίες, η συνεργασία και η διαφορετικότητα. Η σχέση μεταξύ όλων των συνιστωσών της συμμετοχής αποδεικνύεται από την πραγματικότητα της τάξης.

Οι Linnenbrink και Pintrich (2003) επισημαίνουν ότι εάν οι μαθητές συμμετέχουν γνωστικά και έχουν κίνητρα είναι πολύ πιθανό να συμμετέχουν και συμπεριφορικά. Ωστόσο, μπορεί να συμβεί ο μαθητής που συμμετέχει συμπεριφορικά να μην συμμετέχει γνωστικά αν ο νους του είναι απασχολημένος με κάτι άλλο, άσχετο με το μάθημα. Ή, οι μαθητές μπορεί να συμμετέχουν τόσο γνωστικά όσο και συμπεριφορικά, ωστόσο να μην έχουν κίνητρα επειδή δεν βρίσκουν το θέμα ιδιαίτερα ενδιαφέρον ή χρήσιμο για αυτούς. Για το λόγο αυτό, είναι σημαντικό οι εκπαιδευτικοί να μην βασίζονται αποκλειστικά στους δείκτες μιας συνιστώσας της συμμετοχής, αλλά να στοχεύουν στην ανάπτυξη όλων.

Η έννοια της Ενέργειας στο Πρόγραμμα Σπουδών του Γυμνασίου

Η έννοια της ενέργειας εισάγεται επίσημα στο 2ο έτος του τυπικού γυμνασίου. Οι μαθητές είναι περίπου 14 ετών. Στο κεφάλαιο για την ενέργεια του σχολικού εγχειριδίου περιλαμβάνονται τέσσερα θέματα: «Έργο σταθερής δύναμης», «Κινητική ενέργεια», «Δυναμική ενέργεια» και «Μηχανική ενέργεια και η διατήρησή της» (Αντωνίου κ.ά., 2012). Το εγχειρίδιο παρουσιάζει κάθε θέμα σε ξεχωριστή ενότητα. Καθεμία από αυτές τις ενότητες περιλαμβάνει τη σχετική θεωρία, συμπεριλαμβανομένου του μαθηματικού φορμαλισμού της έννοιας, αναπαραστάσεις, αριθμητικά παραδείγματα και προβλήματα προς επίλυση από τους μαθητές.

Οι βασικοί μαθησιακοί στόχοι μπορούν να συνοψιστούν στα εξής:

— Οι μαθητές να αναγνωρίζουν πότε μια δύναμη παράγει θετικό, αρνητικό ή μηδενικό έργο.
— Οι μαθητές να συνδέουν την κινητική ενέργεια ενός αντικειμένου με την ταχύτητα.
— Οι μαθητές να κατανοούν ότι η βαρυτική δυναμική ενέργεια ενός αντικειμένου (κοντά στην επιφάνεια της Γης) είναι ανάλογη με τη μάζα και την κατακόρυφη απόστασή του (ύψος) από την επιφάνεια.
— Οι μαθητές να αντιλαμβάνονται ότι η βαρυτική δυναμική ενέργεια ενός αντικειμένου εξαρτάται από τη διαφορά των κατακόρυφων υψών μεταξύ της αρχικής και της τελικής του θέσης ανεξαρτήτως της διαδρομής που ακολουθεί.
— Οι μαθητές να αναγνωρίζουν ότι σε γενικές γραμμές, η μηχανική ενέργεια ενός σώματος ή ενός συστήματος παραμένει σταθερή εάν δρουν μόνο βαρυτικές, ηλεκτρικές και ελαστικές δυνάμεις.

Στην παρούσα παρέμβαση επιδιώκουμε την επίτευξη των παραπάνω μαθησιακών στόχων μέσα από την ενίσχυση της συμμετοχής των μαθητών στη μαθησιακή διαδικασία.

Σχεδιασμός και περιγραφή της παρέμβασης

Στη μελέτη μας χρησιμοποιούμε την τετραδιάστατη εννοιολόγηση της συμμετοχής. Η παρέμβασή μας συνδυάζει δραστηριότητες, στρατηγικές διδασκαλίας και πρακτικές που στοχεύουν στην προώθηση της συμμετοχής στη μάθηση των μαθητών, ενισχύοντας καθεμία από τις τέσσερεις συνιστώσες της. Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, η παρέμβασή μας απευθύνεται σε μαθητές της Β΄ γυμνασίου (ηλικίας 14 ετών). Έτσι, επιλέξαμε απλά διδακτικά εργαλεία και δραστηριότητες κατάλληλες για την ηλικία τους που στοχεύουν στην επίτευξη των μαθησιακών στόχων της παρέμβασης. Οι στρατηγικές και πρακτικές διδασκαλίας επιλέχθηκαν λαμβάνοντας υπόψη το παραπάνω θεωρητικό υπόβαθρο. Στη συνέχεια περιγράφουμε τις δραστηριότητες και παρουσιάζουμε τις διδακτικές πρακτικές και στρατηγικές που χρησιμοποιήσαμε στην παρέμβαση για την ανάπτυξη/ενίσχυση κάθε μιας από τις συνιστώσες της συμμετοχής στη μάθηση:

Αρχικά, για να εμπλακούν γνωστικά οι μαθητές, να ενισχυθεί η κατανόηση περίπλοκων ιδεών και να αποφευχθεί η απομνημόνευση, η σχετική θεωρία συνδέθηκε με αναπαραστάσεις και αριθμητικά παραδείγματα και παρουσιάστηκαν στους μαθητές προβλήματα προς επίλυση. Επιπλέον, ανατέθηκε στους μαθητές η κατασκευή εννοιολογικών χαρτών σε όλες τις ενότητες της ενέργειας ώστε να δημιουργήσουν συσχετίσεις μεταξύ αυτών των διαφορετικών ενοτήτων και του περιεχομένου τους, και να διευκολυνθεί στη συνέχεια η ενσωμάτωση νέου περιεχομένου. Επίσης, στην παρέμβασή μας, οι μαθητές χρησιμοποίησαν ένα διαδραστικό λογισμικό το οποίο περιλάμβανε μια δομημένη σειρά καθοδηγούμενων έργων διερεύνησης και τρισδιάστατα προσομοιωμένα πειράματα (Toli & Kallery, 2021). Στόχος του ήταν να αναπαραστήσει ένα πείραμα με τον καλύτερο δυνατό τρόπο και να βοηθήσει

τους μαθητές να κατανοήσουν την πειραματική διαδικασία και τη σχέση μεταξύ των εννοιών της ενέργειας και άλλων μεταβλητών όπως, για παράδειγμα, την εξάρτηση της κινητικής ενέργειας από τη μάζα. Το λογισμικό παρείχε στους μαθητές την ευκαιρία να επαναλάβουν εύκολα το ίδιο πείραμα περισσότερες από μία φορές. Περιλάμβανε επίσης ειδικά σχεδιασμένα φύλλα εργασίας για τη βελτίωση της διδασκαλίας (Smetana & Bell, 2012). Στη συνέχεια, στο σχολικό εργαστήριο, για να διευκολύνουμε την εννοιολογική κατανόηση των μαθητών, ενσωματώσαμε διερευνητικές εργασίες με πρακτικά πειράματα (hands-on experiments). Όλοι οι μαθητές πραγματοποίησαν πειράματα σε όλες τις ενότητες για να εξετάσουν ποσοτικά ή ποιοτικά διάφορες σχέσεις, όπως για παράδειγμα την εξάρτηση της δυναμικής ενέργειας από το ύψος. Επίσης, δόθηκε η ευκαιρία στους μαθητές να σχεδιάσουν οι ίδιοι και να εκτελέσουν απλά πειράματα για την επίλυση προβλημάτων και να βιώσουν την εμπειρία της προσωπικής επιτυχίας, εφαρμόζοντας τις δεξιότητές τους στη διαδικασία. Στην παρέμβαση συμπεριλήφθηκαν επίσης δραστηριότητες STEM που πραγματοποιήθηκαν από τους ίδιους τους μαθητές. Οι μαθητές έφτιαξαν κατασκευές χρησιμοποιώντας ηλιακά κιτ και ανεμόμυλο για να παρατηρήσουν τη μετατροπή της ενέργειας από τη μια μορφή στην άλλη και να συνδέσουν την έννοια της ενέργειας με την πραγματική ζωή. Για να συμπληρώσουν τις γνώσεις τους οι μαθητές επισκέφτηκαν ένα υδροηλεκτρικό φράγμα για να παρατηρήσουν και να συζητήσουν πώς μετασχηματίζονται διαφορετικές μορφές ενέργειας. Τέλος, για να ανιχνεύσουν και εντοπίσουν οι μαθητές τις δικές τους δυσκολίες και αδυναμίες και να προσπαθήσουν να τις επιλύσουν, συμπλήρωσαν φύλλα εργασίας που ήταν ενσωματωμένα στο λογισμικό.

Οι διαφορετικοί τύποι δραστηριοτήτων για καθένα από τα θέματα που σχετίζονται με την ενέργεια παρουσιάζονται στο Σχήμα 1. Παραδείγματα αντιπροσωπευτικών δραστηριοτήτων που χρησιμοποιήθηκαν στην παρέμβαση παρουσιάζονται στο Παράρτημα Α αυτής της εργασίας.

Σχήμα 1. Οι δραστηριότητες για κάθε ένα από τα θέματα που σχετίζονται με την ενέργεια

Θέματα	**Δραστηριότητες**
Έργο (W)	• Λογισμικό (Προσομοιώσεις) 1. Υπολογισμός του W σύμφωνα με διαφορετικές περιπτώσεις (δύναμη που ενεργεί προς την κατεύθυνση της μετατόπισης, δύναμη αντίθετη από τη μετατόπιση) 2. Εξάρτηση του W από μετατόπιση (για σταθερή δύναμη) 3. Εξάρτηση του W από τη δύναμη (για μια συγκεκριμένη μετατόπιση) • Καταστάσεις επίλυσης προβλημάτων: Οι μαθητές σχεδιάζουν και εκτελούν απλά πειράματα για την επίλυση προβλημάτων • Κατασκευή εννοιολογικών χαρτών

Κινητική ενέργεια (ΚΕ)	• Πειράματα 1. Εξάρτηση της ΚΕ από τη μάζα (ποιοτική μελέτη) 2. Εξάρτηση της ΚΕ από την ταχύτητα (ποσοτική μελέτη με χρήση αυτοκινήτου ρομπότ Lego) • Λογισμικό (Προσομοιώσεις): Εξάρτηση ΚΕ από μάζα (ποσοτικά) • Κατασκευή εννοιολογικών χαρτών
Δυναμική ενέργεια (U)	• Πειράματα 1. Εξάρτηση της U από τη μάζα (ποιοτική μελέτη όταν το ύψος είναι σταθερό) 2. Εξάρτηση της U από το ύψος (ποιοτική μελέτη σώματος με συγκεκριμένη μάζα) • Λογισμικό (Προσομοιώσεις) 1. Εξάρτηση του U από τη μάζα (ποσοτικά) 2. Εξάρτηση της U από το ύψος (ποσοτικά) • Κατασκευή εννοιολογικών χαρτών • Πρακτικές δραστηριότητες: δημιουργία και χρήση τόξων, σφεντόνων και origami
Μηχανική ενέργεια (ΜΕ): Πώς η ενέργεια μετατρέπεται από τη μια μορφή στην άλλη	• Πειράματα 1. Εκκρεμές (ποιοτική μελέτη) 2. Μετατροπή U σε ΚΕ με χρήση αμαξίδιου με βάρος (συσκευή διατήρησης ΜΕ) (ποιοτική μελέτη) • Λογισμικό (Προσομοιώσεις): μετατροπή U σε ΚΕ • PhET (μετατροπή U σε ΚΕ): https://phet.colorado.edu/el/simulation/energyskate-park-basics • Κατασκευή εννοιολογικών χαρτών • Καταστάσεις επίλυσης προβλημάτων: Οι μαθητές σχεδιάζουν και εκτελούν απλά πειράματα για την επίλυση προβλημάτων • Συνδέσεις με πραγματικές καταστάσεις: Επίσκεψη σε υδροηλεκτρικό φράγμα, δραστηριότητες STEM

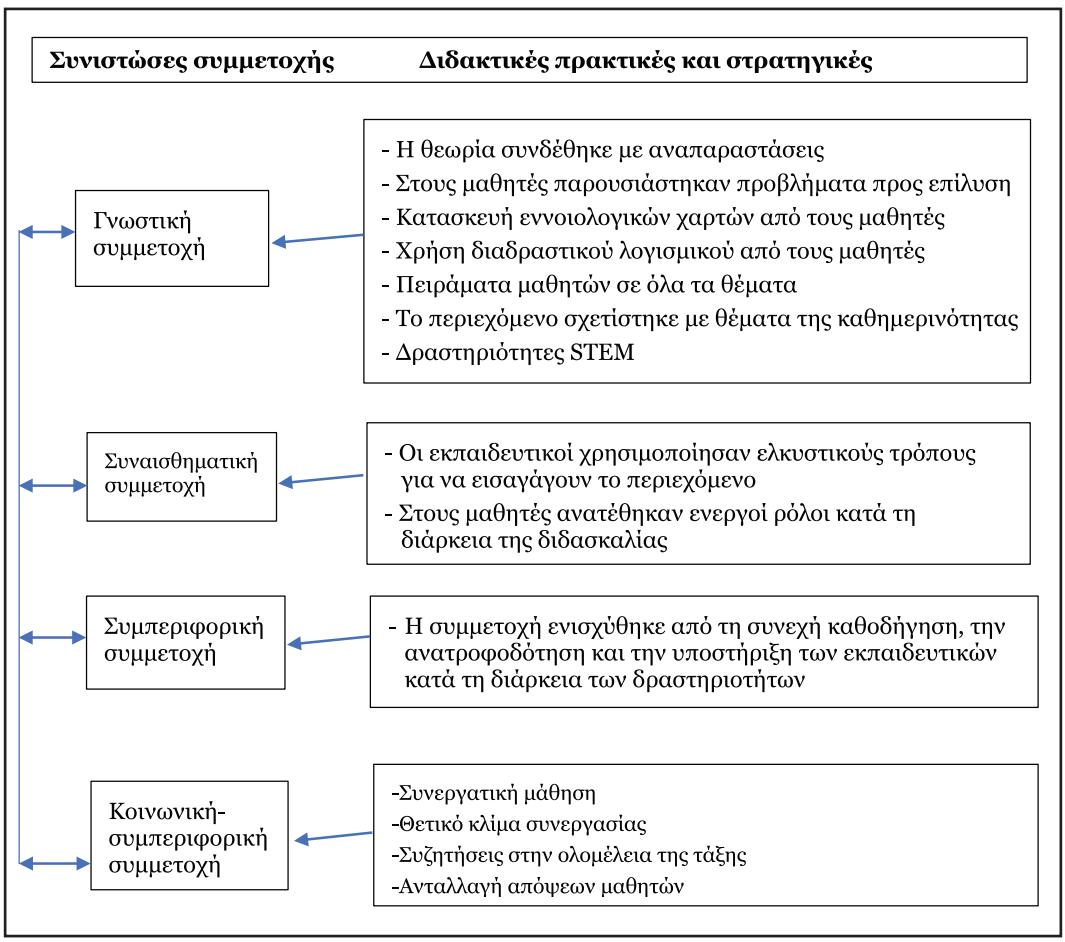
Για την ενίσχυση των υπολοίπων συνιστωσών της συμμετοχής στη μάθηση επελέγησαν οι παρακάτω πρακτικές και στρατηγικές:

Για να δημιουργηθούν θετικά συναισθήματα συμμετοχής στη μάθηση χρησιμοποιήθηκαν ευχάριστοι και ελκυστικοί τρόποι για να εισαχθεί το περιεχόμενο όπως βίντεο, πειράματα και νέες τεχνολογίες. Επίσης ανατέθηκαν στους μαθητές ενεργοί ρόλοι κατά τη διάρκεια της εκπαιδευτικής διαδικασίας δίνοντάς τους την ευκαιρία να συμμετάσχουν σε συζητήσεις, να πραγματοποιήσουν πειράματα, δραστηριότητες STEM και κατασκευές origami προάγοντας τη δημιουργικότητα και τη μάθησή τους. Η συμπεριφορική συμμετοχή η οποία όπως αναφέραμε ορίζεται ως η θετική επαφή και ανάμιξη των μαθητών σε ακαδημαϊκά έργα η

οποία διακρίνεται από προσπάθεια και επιμονή αλλά και συμμετοχή σε ποικίλες σχολικές δραστηριότητες, ενισχύθηκε με συνεχή καθοδήγηση από τον εκπαιδευτικό, υποστήριξη κατά την εκτέλεση των δραστηριοτήτων και ανατροφοδότηση. Τέλος, η κοινωνική-συμπεριφορική συμμετοχή προωθήθηκε μέσω της συνεργατικής μάθησης και ενός θετικού κλίματος υποστήριξης και συνεργασίας εκπαιδευτικού και συμμαθητών (Fencl & Scheel, 2005), συζητήσεων στην ολομέλεια της τάξης, και ανταλλαγής απόψεων των μαθητών.

Οι τύποι των κύριων διδακτικών πρακτικών και στρατηγικών που χρησιμοποιήθηκαν για την ενίσχυση/ανάπτυξη καθεμιάς από τις συνιστώσες της συμμετοχής, οι οποίες, όπως σημειώθηκε προηγουμένως, είναι διακριτές αλλά και αλληλοσυσχετισμένες και αλληλοϋποστηριζόμενες συνοψίζονται στο Σχήμα 2 και συζητούνται αναλυτικά με βάση τη διεθνή βιβλιογραφία στην παράγραφο 'Συζήτηση' της παρούσας εργασίας.

Σχήμα 2. Σύνοψη των διδακτικών πρακτικών και στρατηγικών που χρησιμοποιήθηκαν για την ενίσχυση καθεμιάς από τις συνιστώσες της συμμετοχής



Υλοποίηση

Στην έρευνα συμμετείχαν δύο ομάδες μαθητών: η πειραματική ομάδα (N = 110) και η ομάδα ελέγχου (N = 96). Και οι δύο ομάδες φοιτούσαν σε δημόσια σχολεία που βρίσκονταν στην ίδια πόλη και διδάσκονταν τα ίδια θέματα για 2 ώρες την εβδομάδα από τον καθηγητή φυσικής της τάξης. Η παρέμβαση υλοποιήθηκε από τον ίδιο εκπαιδευτικό στους μαθητές της πειραματικής ομάδας για δύο συνεχόμενα σχολικά έτη και διήρκεσε 22 ώρες κάθε έτος συμπεριλαμβανομένων και των 3 ωρών διδακτικών επισκέψεων. Η διδακτική προσέγγιση στην ομάδα ελέγχου ήταν δασκαλοκεντρική με διαλέξεις στην τάξη, ο εκπαιδευτικός να λύνει ασκήσεις στον πίνακα και ίσως να εκτελεί κάποιες επιδείξεις, συχνά με μικρή ή καθόλου αλληλεπίδραση με μαθητές που εργάζονταν μεμονωμένα. Ο εκπαιδευτικός της ομάδας ελέγχου, όπως και εκείνος της πειραματικής ομάδας, είχε την ειδικότητα του φυσικού και διέθετε δεκαετή εμπειρία στη διδασκαλία. Οι μαθητές της ομάδας ελέγχου πραγματοποίησαν κυρίως τις δραστηριότητες του σχολικού βιβλίου. Στην πειραματική ομάδα η διδασκαλία ήταν μαθητοκεντρική, υπήρχε έντονη και ενεργή συμμετοχή των μαθητών στο μάθημα, η οποία διατηρούσε σταθερά τη συμμετοχή σε υψηλά επίπεδα. Οι μαθητές της πειραματικής ομάδας είχαν την ευκαιρία να εργαστούν σε ομάδες και να ανταλλάξουν απόψεις για την ενέργεια αλλά και να εργαστούν ατομικά. Έτσι, δημιουργήθηκε ένα κλίμα στην τάξη που ευνόησε την αυξημένη και ενεργό ενασχόληση των μαθητών.

Συλλογή δεδομένων

Για την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων της συμμετοχής μετά την ολοκλήρωση της παρέμβασης, δόθηκε στους μαθητές και των δύο ομάδων ένα ερωτηματολόγιο αυτοαναφοράς που μέτρησε τη συμμετοχή τους. Το ερωτηματολόγιο συμμετοχής (engagement questionnaire) αποτελείτο από 14 ερωτήσεις και αναπτύχθηκε με βάση την έρευνα που διεξήχθη από τους Fredricks et al. (2016) και Wang et al. (2016). Προσπαθήσαμε να περιορίσουμε τον αριθμό των ερωτήσεων στις απολύτως απαραίτητες, καθώς τα μακροσκελή ερωτηματολόγια τείνουν να κουράζουν τους μαθητές, μειώνοντας το ενδιαφέρον και τη συγκέντρωσή τους. Για τον λόγο αυτό, επιλέξαμε τις πλέον αντιπροσωπευτικές ερωτήσεις από κάθε κατηγορία του αρχικού (original) ερωτηματολογίου. Το ερωτηματολόγιο προσαρμόστηκε κατάλληλα στο πλαίσιο της μελέτης μας και στην έννοια της ενέργειας. Η τελική μορφή του έχει υψηλό Cronbach's alpha (a=0,866) και χρησιμοποιεί κλίμακα τεσσάρων βαθμών τύπου Likert με επιλογές: 'Σίγουρα συμφωνώ', 'Συμφωνώ ελαφρώς', 'Διαφωνώ ελαφρώς', 'Σίγουρα διαφωνώ'. Το ερωτηματολόγιο παρουσιάζεται στο Παράρτημα Β. Στη συνέχεια, συλλέχθηκαν δεδομένα για τα μαθησιακά αποτελέσματα των μαθητών, σύμφωνα με τους επιδιωκόμενους μαθησιακούς στόχους, τόσο από την πειραματική ομάδα όσο και από την ομάδα ελέγχου, χρησιμοποιώντας ένα γραπτό ερωτηματολόγιο που αποτελείτο από 33 ερωτήσεις ανοιχτού τύπου. Το ερωτηματολόγιο μαθησιακών αποτελεσμάτων παρουσιάζεται στο Παράρτημα Γ. Το ερωτηματολόγιο αναπτύχθηκε σε συνεργασία με τρεις καθηγητές φυσικής που δίδαξαν

το μάθημα της ενέργειας σε μαθητές της ίδιας τάξης σε άλλα σχολεία. Οι ερωτήσεις του ερωτηματολογίου σχεδιάστηκαν και αναπτύχθηκαν με γνώμονα τόσο την ύλη που διδάχθηκε κατά την παρέμβαση όσο και τη διδακτική μεθοδολογία που ακολουθήθηκε. Στόχος ήταν να διατυπωθούν με σαφήνεια, ώστε να είναι κατανοητές από τους μαθητές, και να ευθυγραμμίζονται πλήρως με τους μαθησιακούς στόχους της παρέμβασης, καθώς και με εκείνους του Αναλυτικού Προγράμματος (Α.Π.). Είναι σημαντικό να αναφέρουμε ότι δεδομένου ότι οι μαθητές της παρούσας μελέτης δεν είχαν προηγούμενη γνώση ή εμπειρία στον τομέα αυτό και εισήχθησαν σε έννοιες που σχετίζονται με την ενέργεια για πρώτη φορά, δεν πραγματοποιήθηκε προκαταρκτική εξέταση. Ως εκ τούτου, η παρέμβασή μας σχεδιάστηκε ώστε να αποσκοπεί στην επίτευξη προκαθορισμένων μαθησιακών στόχων. Η αξιολόγηση της επίδοσης των μαθητών ανά θεματική περιοχή πραγματοποιήθηκε, αλλά δεν περιλαμβάνεται στην παρούσα εργασία. Για τους σκοπούς της μελέτης, μας ενδιέφερε η συνολική επίδοση των μαθητών κατά την παρέμβαση, προκειμένου να είναι εφικτός ο συσχετισμός της με τον συνολικό βαθμό συμμετοχής τους.

Ανάλυση δεδομένων και αποτελέσματα

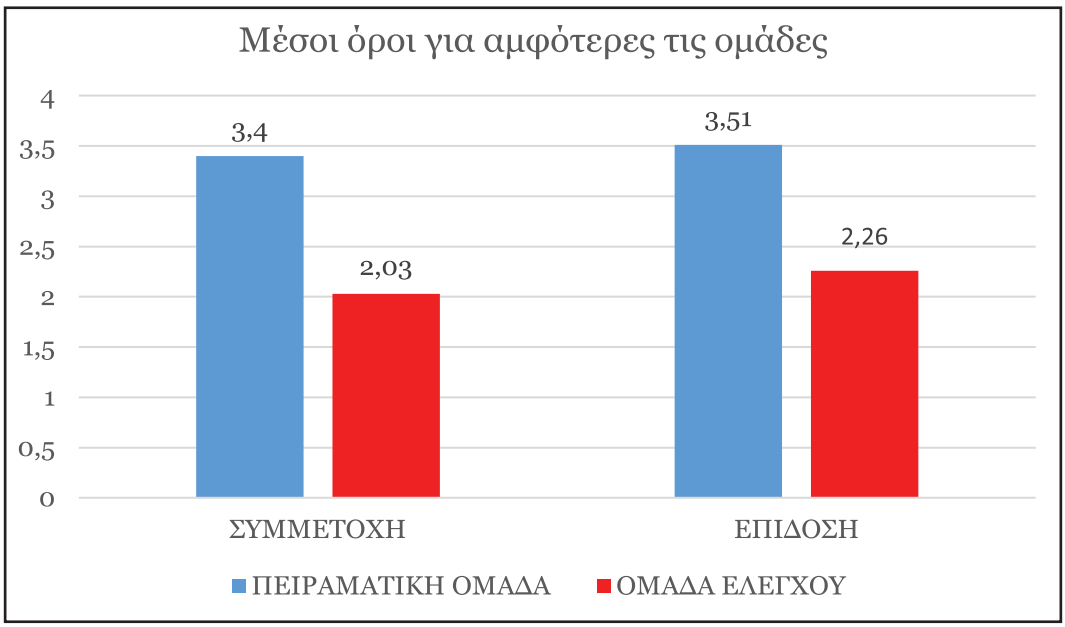
Αρχικά, κωδικοποιήθηκαν οι απαντήσεις των μαθητών. Στον ελάχιστο μέσο όρο συμμετοχής και ακαδημαϊκών επιδόσεων δόθηκε η τιμή 1. Αντίστοιχα, η τιμή 4 εκχωρήθηκε ως η μέγιστη μέση τιμή τους. Η στατιστική ανάλυση των απαντήσεων των μαθητών στο ερωτηματολόγιο συμμετοχής έδωσε μέσο όρο συμμετοχής 3,4 με τυπική απόκλιση 0,73 για την πειραματική ομάδα (3,4 ± 0,73 (SD)) και μέσο όρο συμμετοχής 2,03 με τυπική απόκλιση 0,94 για την ομάδα ελέγχου (2,03 ± 0,94 (SD)). Για τα μαθησιακά αποτελέσματα, ο μέσος όρος επίδοσης ήταν 3,51 με τυπική απόκλιση 0,85 για την πειραματική ομάδα (3,51 ± 0,85 (SD)) και 2,26 με τυπική απόκλιση 1,05 για την ομάδα ελέγχου (2,26 ± 1,05 (SD)). Για τη στατιστική ανάλυση των δεδομένων χρησιμοποιήθηκε το στατιστικό πακέτο SPSS 23. Τα αποτελέσματα των στατιστικών αναλύσεων τόσο για την πειραματική ομάδα όσο και για την ομάδα ελέγχου, παρουσιάζονται συλλογικά στον Πίνακα 1.

Πίνακας 1. Περιγραφική στατιστική για τη συμμετοχή και τα μαθησιακά αποτελέσματα της πειραματικής ομάδας και της ομάδας ελέγχου

Μεταβλητές	Ομάδα	Αριθμός συμμετεχόντων N	Μέσος όρος	Τυπική απόκλιση (SD)	Σφάλμα τυπικής απόκλισης (SE)
Συμμετοχή	Πειραματική	110	3.40	0.73	0.69
	Ελέγχου	96	2.03	0.94	0.96
Επίδοση	Πειραματική	110	3.51	0.85	0.08
	Ελέγχου	96	2.26	1.05	0.19

Οι μέσοι όροι συμμετοχής και επίδοσης και για τις δύο ομάδες (πειραματική και ελέγχου) παρουσιάζονται στο ιστόγραμμα του Σχήματος 3.

Σχήμα 3. Συγκριτική παρουσίαση των μέσων όρων συμμετοχής και επιδόσεων για αμφότερες τις ομάδες



Εξετάσαμε επίσης τη συσχέτιση μεταξύ συμμετοχής και μαθησιακών αποτελεσμάτων με τον συντελεστή Pearson r ($r(204) = 0{,}84$, $p < 0{,}001$) (βλέπε πίνακα 2). Η τιμή του υποδεικνύει μια στατιστικά σημαντική θετική συσχέτιση μεταξύ της συμμετοχής των μαθητών και των μαθησιακών τους αποτελεσμάτων στο εν λόγω αντικείμενο (οι υψηλότερες τιμές του r βρίσκονται μεταξύ 0,80 και 0,99).

Πίνακας 2. Πίνακας συσχέτισης μεταξύ συμμετοχής και μαθησιακών αποτελεσμάτων

Μεταβλητές	Μέση Τιμή (Mean)	Τυπική Απόκλιση (SD)	Pearson r	p-value	Βαθμός ελευθερίας (N-2)
Συμμετοχή	3.4	0.73	0.84	< 0.001	204
Μαθησιακά Αποτελέσματα	3.51	0.85			

Συζήτηση

Οι υψηλοί μέσοι όροι που καταγράφηκαν από την πειραματική ομάδα υποδηλώνουν ότι η παρέμβασή μας επηρέασε θετικά το βαθμό συμμετοχής και τα μαθησιακά αποτελέσματα των μαθητών της. Συνολικά, η ακαδημαϊκή επίδοση των μαθητών της πειραματικής ομάδας ήταν σημαντικά υψηλότερη από αυτή της ομάδας ελέγχου. Τα παραπάνω ευρήματα υποδεικνύουν ότι η παρούσα παρέμβαση ήταν σημαντικά πιο αποτελεσματική στην επίτευξη των προκαθορισμένων μαθησιακών στόχων σε σύγκριση με τις παραδοσιακές στρατηγικές που χρησιμοποιήθηκαν στην ομάδα ελέγχου.

Ένα ακόμη σημαντικό εύρημα της παρούσας μελέτης, όπως αποτυπώνεται από την τιμή του συντελεστή Pearson r, είναι η στατιστικά σημαντική θετική συσχέτιση μεταξύ της συμμετοχής των μαθητών και των ακαδημαϊκών τους επιδόσεων στην επιλεγμένη θεματική περιοχή της παρέμβασης, γεγονός που μπορεί να υποδηλώνει ότι ενισχύοντας τη συμμετοχή των μαθητών στη μαθησιακή διαδικασία μπορούμε να επιτύχουμε καλύτερα μαθησιακά αποτελέσματα. Η ερμηνεία αυτή συνάδει με τις απόψεις και τα ευρήματα άλλων ερευνητών που συνέδεσαν τα υψηλά επίπεδα συμμετοχής με την απόκτηση γνώσεων και δεξιοτήτων, οδηγώντας σε θετικά ακαδημαϊκά αποτελέσματα (π.χ. Furlong et al., 2003· Wang & Degol, 2014).

Τα ενθαρρυντικά αποτελέσματα της παρούσας μελέτης επιβεβαιώνουν την άποψη ότι η ενίσχυση του ενδιαφέροντος των μαθητών και η βελτιστοποίηση της ενεργού συμμετοχής τους στη μαθησιακή διαδικασία είναι μια αποτελεσματική προσέγγιση για να προωθήσουμε τις ακαδημαϊκές επιτυχίες των μαθητών σε δύσκολα και μη ελκυστικά θέματα (Toli & Kallery, 2021). Επιβεβαιώνουν επίσης τη σημασία της διαμόρφωσης του εκπαιδευτικού πλαισίου με παράγοντες όπως η επιλογή κατάλληλων δραστηριοτήτων, πρακτικών και στρατηγικών (Fredricks, et al., 2004· Lam et al., 2012· Petričević et al., 2022) όπως αυτές που χρησιμοποιήσαμε για τη διδασκαλία της έννοιας της ενέργειας. Οι παράγοντες αυτοί και οι λόγοι που μας οδήγησαν στην επιλογή τους συζητούνται στη συνέχεια με βάση τη διεθνή βιβλιογραφία:

Η συμμετοχή των μαθητών σε εργασίες διερεύνησης και πρακτικά πειράματα (hands-on experiments) τους παρέχει εμπειρίες που κεντρίζουν το ενδιαφέρον τους και ενισχύουν τα κίνητρά τους για μάθηση (Bergin, 1999· Holstermann, 2010). Οι Angel et al. (2004) έδειξαν ότι ενώ τα πειράματα βοήθησαν τους μαθητές γυμνασίου να κατανοήσουν πολύπλοκα θέματα, η προσέγγιση της διδασκαλίας με «κιμωλία και μαυροπίνακα» ήταν γι' αυτούς βαρετή. Σε προηγούμενες μελέτες (Tural, 2013) παρατηρήθηκε ότι όταν η ενέργεια διδασκόταν με πρακτικά πειράματα οι μαθητές είχαν περισσότερα κίνητρα, σε αντίθεση με τις παραδοσιακές προσεγγίσεις, και το ενδιαφέρον τους μετά το μάθημα κορυφώθηκε. Οι Wang et al. (2016) αναφέρουν επίσης ότι η συμμετοχή των μαθητών είναι μεγαλύτερη σε τάξεις όπου οι εργασίες που τους ανατίθενται είναι πρακτικές. Επιπλέον, εμπλέκοντας τους μαθητές σε καταστάσεις επίλυσης προβλημάτων δίνοντάς τους την ευκαιρία να σχεδιάσουν και να εκτελέσουν απλά πειράματα μόνοι τους, ενθαρρύνει την αυτονομία τους και τους

βοηθά να συμμετέχουν παραγωγικά στη μάθησή τους (Toli & Kallery, 2021). Σύμφωνα με τους Deci & Ryan (2002), οι ευκαιρίες για αυτονομία μπορούν να αυξήσουν τα επίπεδα συμμετοχής και μάθησης. Οι Petričević et al. (2022) επίσης επισημαίνουν ότι οι διδακτικές πρακτικές που υποστηρίζουν την αυτονομία είναι ιδιαίτερα σημαντικές για την ενίσχυση των κινήτρων των μαθητών (Guay, 2022), και οι Wallace et al. (2014) έδειξαν ότι οι εκπαιδευτικές πρακτικές όπου οι εκπαιδευτικοί ενισχύουν τις ικανότητες αυτονομίας των μαθητών μπορούν να διατηρήσουν τη συμμετοχή τους στην τάξη υψηλή. Η σημασία του σχεδιασμού των πειραμάτων από τους ίδιους τους μαθητές έχει τονιστεί εξίσου και από άλλους ερευνητές οι οποίοι επισημαίνουν ότι η ικανότητα εκτέλεσης της συγκεκριμένης δραστηριότητας θεωρείται μία από τις πιο σημαντικές δεξιότητες που αναπτύσσονται κατά τις διερευνητικές διαδικασίες στο εργαστήριο (π.χ. Hatzikraniotis et al., 2011· Johnstone & Al-Shuaili, 2001).

Η χρήση λογισμικού παίζει κρίσιμο ρόλο βοηθώντας τους μαθητές να εξοικειωθούν με δύσκολες ιδέες και να βελτιώσουν την εννοιολογική τους κατανόηση. Το συγκεκριμένο διαδραστικό λογισμικό με τρισδιάστατες προσομοιώσεις που χρησιμοποιείται στην παρούσα παρέμβαση «επιτρέπει στους μαθητές να πειραματιστούν και να πραγματοποιήσουν καθοδηγούμενες διερευνητικές εργασίες και να αλληλεπιδράσουν με αναπαραστάσεις των υπό μελέτη φαινομένων» (Toli & Kallery, 2021, σελ. 11). Αυτή η παρατήρηση υποστηρίζεται και από άλλες μελέτες, οι οποίες αναφέρουν ότι οι προσομοιώσεις υπολογιστή αυξάνουν τη συμμετοχή των μαθητών και διατηρούν τα κίνητρά τους για μάθηση στις φυσικές επιστήμες (Lavonen, 2008· National Research Council, 2011).

Μια άλλη δραστηριότητα που εμπλέκει τους μαθητές στη μαθησιακή διαδικασία με ουσιαστικό τρόπο και συμβάλλει σημαντικά στην εννοιολογική κατανόησή τους είναι η κατασκευή εννοιολογικών χαρτών από τους ίδιους. Οι εννοιολογικοί χάρτες θεωρούνται ένας από τους καλύτερους τρόπους μάθησης συνδέοντας κάθε νέο όρο, έννοια ή γεγονός με κάτι που οι μαθητές είναι ήδη εξοικειωμένοι (Agra et al., 2019).

Εξίσου σημαντική είναι και η συμμετοχή των μαθητών σε δραστηριότητες STEM. Οι Wahyuningsih, et al. (2020) αναφέρουν ότι το STEM προάγει τη δημιουργικότητα και βελτιώνει την κριτική σκέψη των μαθητών. Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, οι δραστηριότητες STEM έδωσαν την ευκαιρία στους μαθητές να παρατηρήσουν τη μετατροπή της ενέργειας από τη μια μορφή στην άλλη για να συνδέσουν την έννοια της ενέργειας με πραγματικές καταστάσεις. Στο πλαίσιο της επίτευξης των στόχων της παρέμβασης, θεωρήθηκε ζωτικής σημασίας για τους μαθητές να κάνουν συνδέσεις μεταξύ της έννοιας της ενέργειας και της καθημερινότητας και να δουν τη σημασία της για την κοινωνία και την ανθρώπινη ζωή. Αυτό επιχειρήθηκε με την επίσκεψή τους στο υδροηλεκτρικό φράγμα. Όπως σημειώνει ο Djudin (2018, σελ. 20), «οι μαθητές ασχολούνται περισσότερο όταν αισθάνονται ότι αυτό που μαθαίνουν συνδέεται με τη ζωή έξω από την τάξη». Άλλες έρευνες έδειξαν επίσης ότι οι μαθητές προτιμούν μεθόδους διδασκαλίας που συνδέουν τη φυσική με την καθημερινή ζωή (Angell et al., 2004· Bennett & Hogarth, 2009· Hazari et al., 2015· Oon & Subramaniam,

2010) καθώς και έργα και δραστηριότητες που σχετίζονται με πραγματικές εμπειρίες και τους δίνουν τη δυνατότητα να έχουν αυτονομία και τους δημιουργούν ενθουσιασμό (Petričević et al., 2022).

Από τις διδακτικές στρατηγικές που χρησιμοποιήθηκαν αξίζει να αναφερθούμε στην ενεργή συμμετοχή των μαθητών στις δραστηριότητες η οποία παρέχει χρήσιμες εμπειρίες που ενισχύουν τα κίνητρα και τα ενδιαφέροντά τους. Και, όπως σημειώθηκε στην εισαγωγή, όσο περισσότερο συμμετέχει ενεργά ένας μαθητής τόσο περισσότερα μαθαίνει και όσο καλύτερα αποδίδει τόσο περισσότερο αυξάνεται η συνολική του αυτοπεποίθηση που με τη σειρά της οδηγεί σε γόνιμα αποτελέσματα (Feldman & Kubota, 2015· Linnenbrink & Pintrich, 2003). Επίσης η συνεργατική μάθηση και οι συζητήσεις παίζουν έναν ιδιαίτερα σημαντικό ρόλο στη συμμετοχή των μαθητών. Διαφορετικές μελέτες (π.χ. Adodo & Gbore, 2012· Fasli & Michalakopoulos, 2005) απέδειξαν ότι η συνεργασία και η ανταλλαγή ιδεών κατά τη διάρκεια των μαθημάτων φυσικών επιστημών είναι μια προσέγγιση που διεγείρει και αναπτύσσει το ενδιαφέρον και τη συμμετοχή των μαθητών και, ως εκ τούτου, ενισχύει την απόδοσή τους. Τα ευρήματα μιας άλλης μελέτης έδειξαν επίσης ότι η συνεργατική μάθηση, μαζί με συζητήσεις στην τάξη, επηρέασαν σημαντικά την ενεργό συμμετοχή των μαθητών ενισχύοντας τη μάθησή τους (Toli & Kallery, 2021). Οι συζητήσεις, από μόνες τους, μπορεί επίσης να είναι ιδιαίτερα ελκυστικές. Όπως οι Petričević et al. (2022) επισημαίνουν, εάν ένας μαθητής είναι ελεύθερος να εκφράσει μια γνώμη και η σκέψη του αποδεικνύεται επιστημονικά σωστή, επηρεάζει άλλους μαθητές επειδή διευκολύνει τη γνωστική τους συμμετοχή καθώς και τα θετικά τους συναισθήματα. Μια μελέτη από τους Angel et al. (2004) έδειξε επίσης ότι οι συζητήσεις όπως και τα πειράματα έδωσαν τη δυνατότητα στους μαθητές να διευκρινίσουν και να κατανοήσουν πολύπλοκα θέματα.

Επίσης, ένα θετικό κλίμα στην τάξη (Fencl & Scheel, 2005) αναδύεται μέσω της εκτέλεσης ελκυστικών δραστηριοτήτων που προκαλούν ενδιαφέρον, όπως η πρακτική και δημιουργική εργασία που σχετίζεται με το STEM βασισμένη στη συνεργασία και την υποστήριξη τόσο από τους συμμαθητές όσο και από τον εκπαιδευτικό. Ένα θετικό και ευχάριστο περιβάλλον στην τάξη ελαχιστοποιεί το άγχος των μαθητών, το οποίο εμφανίζεται συχνά κατά την εκτέλεση δύσκολων εργασιών, ενισχύοντας τα κίνητρά τους, τα οποία επηρεάζουν περαιτέρω τις τρεις συνιστώσες της συμμετοχής (συναισθηματική, συμπεριφορική και γνωστική), και στη συνέχεια τα μαθησιακά αποτελέσματα των μαθητών (Petričević et al., 2022· Reeve & Lee,2014)

Τέλος, η διαθεσιμότητα και η ανταπόκριση του εκπαιδευτικού στην παροχή εποικοδομητικής ανατροφοδότησης και καθοδήγησης στους μαθητές καλλιεργεί την πεποίθηση στις ικανότητες τους (Britner & Pajares, 2006), αυξάνοντας επομένως τη συμπεριφορική και γνωστική συμμετοχή τους (Jang et al., 2010). Όπως σημειώνουν οι Chen και Usher (2013), ο εκπαιδευτικός αποτελεί μια έγκυρη πηγή ανατροφοδότησης για τον μαθητή. Η έρευνα δείχνει ότι η διαθεσιμότητα των εκπαιδευτικών και η μείωση της κοινωνικής απόστασης μεταξύ εκπαιδευτικών και μαθητών, η φροντίδα για την πρόοδο όλων των μαθητών στην

τάξη και η δημιουργία χαλαρής ατμόσφαιρας σχετίζονται με τη συναισθηματική και γνωστική συμμετοχή τους (Hazari et al., 2015). Οι Wang και Eccles (2013) επισημαίνουν επίσης ότι όταν οι μαθητές έχουν υποστηρικτικές σχέσεις μεταξύ τους αλλά και με τους ενήλικες τότε είναι πολύ πιο πιθανό η συμμετοχή τους στη μαθησιακή διαδικασία να έχει μεγαλύτερη διάρκεια.

Συμπεράσματα

Η παρούσα μελέτη παρέχει μια εικόνα για το πώς οι μαθητές γυμνασίου μπορούν να εισαχθούν στην έννοια της ενέργειας προωθώντας τη συμμετοχή τους στη μαθησιακή διαδικασία επιτυγχάνοντας ικανοποιητικά μαθησιακά αποτελέσματα και δεξιότητες. Η διδακτική προσέγγιση που χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα μελέτη διέφερε από τις συμβατικές μεθόδους και οι διδακτικές στρατηγικές που υιοθετήθηκαν στην παρέμβαση θεωρήθηκαν εναλλακτικές στα παραδοσιακά μέσα που χρησιμοποιούνται συχνότερα για τη διδασκαλία της έννοιας της ενέργειας στο γυμνάσιο. Όπως παρατηρήθηκε, η μάθηση των μαθητών ενισχύθηκε μέσω των προσωπικών και κοινωνικών εμπειριών που απέκτησαν με την ενεργό συμμετοχή τους (διανοητική και φυσική) στην ατομική και ομαδική εργασία πέραν των μαθησιακών δραστηριοτήτων και των στρατηγικών διδασκαλίας που επιλέχθηκαν ειδικά για την έννοια της ενέργειας. Αυτές οι στρατηγικές έδιναν την ευκαιρία στους μαθητές να αλληλοεπιδρούν κοινωνικά και να συμμετέχουν δημιουργικά και άνετα στη μαθησιακή διαδικασία (Fencl & Scheel, 2005). Η διευρυμένη τετραδιάστατη εννοιολόγηση της συμμετοχής (Fredricks et al., 2016) που χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα παρέμβαση παρείχε ένα ολοκληρωμένο πλαίσιο που μας επέτρεψε να εφαρμόσουμε την παιδαγωγική πρακτική της παρέμβασης για να διδάξουμε την έννοια της ενέργειας, δημιουργώντας παράλληλα ένα ισορροπημένο περιβάλλον μάθησης για όλους τους μαθητές ώστε να προωθήσουν την κατανόηση μιας σημαντικής έννοιας της φυσικής (Richardson, 2019).

Περιορισμοί, επιπτώσεις και περαιτέρω έρευνα

Τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης θα πρέπει να ερμηνευτούν στο πλαίσιο ορισμένων περιορισμών. Η παρέμβαση πραγματοποιήθηκε σε μία μόνο χώρα και σε ένα μέσου μεγέθους δείγμα μαθητών. Παρά τους περιορισμούς αυτούς, πιστεύουμε ότι η τεκμηριωμένη μεθοδολογία της παρούσας παρέμβασης μπορεί να εφαρμοστεί εξίσου κατά την εισαγωγή των μαθητών σε άλλες δύσκολες έννοιες της φυσικής και ότι αυτά τα ευρήματα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να καθοδηγήσουν την έρευνα και την ερμηνεία των επιπτώσεων της διδασκαλίας της έννοιας της ενέργειας χρησιμοποιώντας την προσέγγιση που χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα μελέτη και σε άλλα μαθησιακά πλαίσια.

Η παρούσα μελέτη εγείρει θέματα για περαιτέρω έρευνα. Θα ήταν ενδιαφέρον να διερευνηθούν παράγοντες που μπορεί να έπαιξαν ρόλο στον βαθμό συμμετοχής των μαθητών. Δύο τέτοιοι παράγοντες γνωστοί από τη βιβλιογραφία είναι το φύλο και το γνωστικό στυλ

(Συστημοποίηση ή Ενσυναίσθηση) των μαθητών. Προηγούμενες μελέτες (Alexander et al., 2012) που εξέτασαν τον ρόλο του φύλου στην ενασχόληση με τις φυσικές επιστήμες και τη μάθηση έδωσαν αντιφατικά αποτελέσματα ενώ άλλες μελέτες (Zeyer et al., 2013) αποκάλυψαν ότι το φύλο δεν έχει άμεσο αντίκτυπο στα κίνητρα των μαθητών να ασχοληθούν με τις φυσικές επιστήμες. Ομοίως, «οι ερευνητές (π.χ. Zeyer et al., 2012· Zeyer et al., 2013) ισχυρίζονται ότι οι μαθητές με συστημοποιητικό (systemizing) γνωστικό στυλ είναι πιθανότερο να ασχολούνται περισσότερο με τις φυσικές επιστήμες και να έχουν περισσότερα κίνητρα να ασχοληθούν με αυτές από εκείνους με γνωστικό στυλ με ενσυναίσθηση (empathizing)» (Kallery et al., 2022, σελ. 907). Επομένως, θα άξιζε να διερευνηθούν αυτοί οι δύο παράγοντες σε μια επόμενη μελέτη.

Βιβλιογραφία

Αντωνίου, Ν., Δημητριάδης, Π., Καμπούρης, Κ., Παπαμιχαήλ, Κ., & Παπατσίμπα, Λ. (2012). Φυσική Β' Γυμνασίου. Διόφαντος.

Adodo, S.O. & Gbore, L.O. (2012). Prediction of attitude and interest of science students of different ability on their academic performance in basic science. *International Journal of Psychology and Counselling, 4,* 68-72. https://doi.org/10.5897/IJPC10.049

Agra, G., Formiga, N.S., Oliveira, P.S., Costa, M.M.L., Fernandes, M.G.M., Nóbrega, M.M.L. (2019). Analysis of the concept of Meaningful Learning in light of the Ausubel's Theory. *Revista brasileira de enfermagem*, *72*, 248-255. https://doi.org/10.1590/0034-7167-2017-0691

Alexander, J. M., Johnson, K. E., & Kelley, K. (2012). Longitudinal Analysis of the Relations Between Opportunities to Learn About Science and the Development of Interests Related to Science. *Science Education*, *96* (5), 763-786. https://doi.org/10.1002/sce.21018

Angell, C., Guttersrud, Ø, Henriksen, E. K., & Isnes, A. (2004). Physics: Frightful, but fun. Pupils'and teachers' views of physics and physics teaching. *Science Education*, *88*(5), 683-706. https://doi.org/10.1002/sce.10141

Appleton, J. J., Christenson, S.,L., Kim, D.,& Reschly A.,L. (2006). Measuring Cognitive and Psychological Engagement: Validation of the Student Engagement Instrument. *Journal of School Psychology, 44* (5), 427-445. https://doi.org/10.1016/j.jsp.2006.04.002

Appleton, J.J., Christenson, S., & Furlong, M., J., (2008). Student engagement with school: Critical conceptual and methodological issues of the construct. *Psychology in the Schools 45*(5), 369-386. https://doi.org/10.1002/pits.20303

Bennett, J., & Hogarth, S. (2009). Would you want to talk to a scientist at a party? High school students' attitudes to school science and to science. *International Journal of Science Education, 31*(14), 1975–1998. https://doi.org/10.1080/09500690802425581

Bergin, D.A. (1999). Influences on classroom interest. *Educational Psychologist, 34*, 87-98. https://psycnet.apa.org/doi/10.1207/s15326985ep3402_2

Britner S. L. & Pajares, F. (2006). Sources of science self-efficacy beliefs of middle school students. *Journal of Research in Science Teaching, 43*(5), 485-499. http://dx.doi.org/10.1002/tea.20131

Chen, J. A., & Usher, E. L. (2013). Profiles of the sources of science self-efficacy. *Learning and Individual Differences*, *24*, 11-21. https://doi.org/10.1016/j.lindif.2012.11.002

Deci, E. L., & Ryan, R. M. (2002). The Paradox of Achievement. Στο J. Aronson (Επίμ.), *Improving Academic Achievement*, σ. 61-87. Academic Press. https://doi.org/10.1016/B978-012064455-1/50007-5

Djudin, T. (2018). How to Cultivate Students' Interests in Physics: A Challenge for Senior High School Teachers. *Jurnal Pendidikan Sains 6* (1), 16-22.

Dorfman, B. S., & Fortus, D. (2019). Students' self-efficacy for science in different school systems. *Journal of Research in Science Teaching*, *56*(8), 1037-1059. https://doi.org/10.1002/tea.21542

Fasli, M. & Michalakopoulos, M. (2005). Supporting active learning through game-like exercises. Στο P. Goodyear, D.G. Sampson, D.J-T. Yang, Kinshuk, T. Okamoto, R. Hartley, & N-S. Chen, *Proceedings of the Fifth IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT'05)*, σ. 730-734. IEEE. https://doi.org/10.1109/ICALT.2005.247

Feldman, D. B., & Kubota, M. (2015). Hope, self-efficacy, optimism, and academic achievement: Distinguishing constructs and levels of specificity in predicting college grade-point average. *Learning and Individual Differences*, *37,* 210-216. https://doi.org/10.1016/j.lindif.2014.11.022

Fencl, H., & Scheel, K. (2005). Engaging Students: An Examination of the Effects of Teaching Strategies on Self-Efficacy and Course Climate in a Nonmajors Physics Course. *Journal of College Science Teaching*, *35*(1), 20.

Folorunsho, A. I. (2016). *Young Children's Engagement and Interactions with Digital and Non-Digital Activities:* A Case Study. https://repository.canterbury.ac.uk/item/88319/young-children-s-engagement-and-interactions-with-digital-and-non-digital-activities-a-case-study.

Fredricks, J. A., Blumenfeld, P. C., & Paris, A. H. (2004). School engagement: Potential of the concept, state of the evidence. *Review of Educational Research, 74*(1), 59-109. https://doi.org/10.3102/00346543074001059.

Fredricks, J. A., Wang, M. T., Linn, J. S., Hofkens, T. L., Sung, H., Parr, A., & Allerton, J. (2016). Using qualitative methods to develop a survey measure of math and science engagement. *Learning and Instruction, 43*, 5-15. https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2016.01.009

Furlong, M. J., Whipple, A. D., Jean, G. St., Simental, J., Soliz, A., and Punthuna, S. (2003). Multiple Contexts of School Engagement: Moving Toward a Unifying Framework for Educational Research and Practice. *The California School Psychologist, 8* (1), 99–113. https://doi.org/10.1007/bf03340899

Guay, F. (2022). Applying self-determination theory to education: Regulations types, psychological needs, and autonomy supporting behaviors. *Canadian Journal of School Psychology,* 37(1), 75-92. https://doi.org/10.1177/08295735211055355

Hatzikraniotis, E., Kallery, M., Molohidis, T. Psillos, D. (2011). Students' design of experiments: an inquiry module on the conduction of heat. *Physics Education*, *45,* (4), 336-344. http://doi.org/10.1088/0031-9120/45/4/002

Hazari, Z., Cass, C., & Beattie, C. (2015). Obscuring power structures in the physics classroom: Linking teacher positioning, student engagement, and physics identity development. *Journal of Research in Science Teaching, 52*(6), 735-762. https://doi.org/10.1002/tea.21214

Holstermann, N., Grube, D., Bögeholz, S. (2010). Hands-on activities and their influence on students' interest. *Research in science education*, *40*(5), 743-757. https://doi.org/10.1007/s11165-009-9142-0

Jang, H., Reeve, J., & Deci, E. L. (2010). Engaging students in learning activities: It is not autonomy support or structure but autonomy support and structure. *Journal of Educational Psychology, 102*, 588-600. https://doi.org/10.1037/a0019682

Jewett, J.W., Jr. (2008). Energy and the confused student I: Work. *The Physics Teacher*, *46*(1), 38-43. https://doi.org/10.1119/1.2823999

Johnstone, A. H. & Al-Shuaili, A. (2001). Learning in the laboratory; some thoughts from the literature. *University chemistry education*, *5*(2), 42-51.

Kallery, M., Sofianidis, A., Pationioti, P., Tsialma, K., & Katsiana, X. (2022): Cognitive style, motivation and learning in inquiry-based early-years science activities. *International Journal of Early Years Education,* 30(4), 907-924. https://doi.org/10.1080/09669760.2022.2052819.

Lam, S.-F., Wong, B. P. H., Yang, H., & Liu, Y. (2012). Understanding student engagement with a contextual model. Στο S. L. Christenson, A. L. Reschly, & C. Wylie (Επιμ.), *Handbook of research on student engagement,* σ. 403-419. Springer Science+Business Media. https://doi.org/10.1007/978-1-4614-2018-7_19.

Lavonen, J. (2008). Learning and the Use of ICT in Science Education. Στο P. Demkanin, B. Kibble, J. Lavonen, J. Guitart Mas, & J. Turlo (Επιμ.), *Effective Use of ICT in Science Education,* σ. 6-28. University of Edinburgh. ISBN: 978-0-9559665-0-7

Linnenbrink, E. A., & Pintrich, P. R. (2003). The role of self-efficacy beliefs in student engagement and learning in the classroom. *Reading & Writing Quarterly*, *19*(2), 119-137. http://dx.doi.org/10.1080/10573560308223

Linnenbrink-Garcia, L., Rogat, T., & Koskey, K. (2011). Affect and engagement during small group instruction. *Contemporary Educational Psychology*, *36*(1), 13-24. http://dx.doi.org/10.1016/j.cedpsych.2010.09.001.

Martin, A. J., Way, J., Bobis, J., & Anderson, J. (2015). Exploring the ups and downs of math engagement in the middle school years. *Journal of Early Adolescence*, *35*, 199e244. https://doi.org/10.1177/0272431614529365

Millar, R. (2014). Teaching about Energy: From Every day to Scientific Understandings. *School Science Review*, *96*(354), 45-50.

National Research Council (2011). *Learning science through computer games and simulations*. National Academies Press. ISBN 978-0-309-18523-3

Oon, P., & Subramaniam, R. (2010). On the declining interest in physics among students—From the perspective of teachers. *International Journal of Science Education, 33*(5), 727-746. https://doi.org/10.1080/09500693.2010.500338

Pavlin-Bernardić, N., Putarek, V., Rovan, D., Petričević, E. & Vlahović-Štetić, V. (2017). Students' engagement in learning physics: A subject-specific approach. Στο I. Burić (Επιμ.), *20th Psychology days in Zadar: Book of selected proceedings*, σ. 193-203. University of Zadar. ISBN: 978-953-331-175-3

Pekrun, R., & Linnenbrink-Garcia, L. (2012). Academic Emotions and Student Engagement. Στο S. L. Christenson, A. L. Reschly, & C. Wylie (Επιμ.), *Handbook of research on student engagement, σ.* 259-282). Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4614-2018-7_12

Petričević, E., Rovan D., & Pavlin-Bernardić N. (2022). Contextual and individual determinants of engagement in physics from the perspective of elementary school physics teachers, *International Journal of Science Education*, 44(9). https://doi.org/10.1080/09500693.2022.2078518

Reeve, J., & Lee W. (2014). Students' Classroom Engagement Produces Longitudinal Changes in Classroom Motivation. *Journal of educational psychology*, *106*(2), 527. https://doi.org/10.1037/a0034934

Renninger, K.A. & Hidi, S. (2015). *The Power of Interest for Motivation and Engagement*. Routledge. ISBN: 9781138779792

Richardson, A. (2019, June). Developing self-efficacy in the physics classroom through hands-on projects. Στο G. Cohran, C. Singh, & N. Wilkin, *AIP Conference Proceedings*, σ. 120004-1-120004-3. AIP Publishing LLC. https://doi.org/10.1063/1.5110148

Salmela-Aro, K., & Upadyaya, K. (2014). School burnout and engagement in the context of demands–resources model. British Journal of Educational Psychology, 84(1), 137-151. https://doi.org/10.1111/bjep.12018

Skinner, E. A., & Pitzer, J. R. (2012). Developmental dynamics of student engagement, coping, and everyday resilience. Στο S. L. Christenson, A. L. Reschly, & C. Wylie (Επιμ.), *Handbook of research on student engagement, σ*. 21-44). Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4614-2018-7_2

Smetana, L.K.; Bell, R.L. (2012). Computer simulations to support science instruction and learning: A critical review of the literature. *International Journal of Science Education*, *34*(9), 1337-1370.

Toli, G. & Kallery, M. (2021). Enhancing Student Interest to Promote Learning in Science: The Case of the Concept of Energy. Education Sciences, 11, 220. https://doi.org/10.3390/educsci11050220.

Tural, G. (2011). Amazing physics: Learning about work, energy, and projectile motion in a historical context. *Physics Education*, *48*(3), 336. https://doi.org/10.1088/0031-9120/46/3/012

Wahyuningsih, S., Nurjanah, N.E., Rasmani, U.E.E., Hafidah, R., Pudyaningtyas, A.R., Syamsuddin, M.M. (2020). STEAM learning in early childhood education: A literature review. *International Journal of Pedagogy and Teacher Education*, *4*(1), 33-44. http://dx.doi.org/10.20961/ijpte.v4i1.39855

Wallace, T. L., Sung, H. C., & Williams, J. D. (2014). The defining features of teacher talk within autonomy-supportive classroom management. *Teaching and Teacher Education*, *42*(1), 34–46. https://doi.org/10.1016/j.tate.2014.04.005

Walker, C. O., Greene, B. A., & Mansell, R. A. (2006). Identification with academics, intrinsic/extrinsic motivation, and self-efficacy as predictors of cognitive engagement. *Learning and individual differences*, *16*(1), 1-12. https://doi.org/10.1016/j.lindif.2005.06.004.

Wang, M., & Degol. J. (2014). Staying Engaged: Knowledge and Research Needs in Student Engagement. *Child development perspectives*, *8*(3), 137-143. https://psycnet.apa.org/doi/10.1111/cdep.12073

Wang, M.-T., & Eccles, J. S. (2013). School context, achievement motivation, and academic engagement: A longitudinal study of school engagement using a multidimensional perspective. *Learning and Instruction, 28*, 12-23. https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2013.04.002

Wang, M. T., Fredricks, J. A., Ye, F., Hofkens, T. L., & Linn, J. S. (2016). The math and science engagement scales: Scale development, validation, and psychometric properties. *Learning and Instruction, 43*, 16-26. http://dx.doi.org/10.1016/j.learninstruc.2016.01.008

Zeyer, A., Bölsterli, K., Brovelli, D., & Odermatt, F. (2012). Brain Type or Sex Differences? A Structural Equation Model of the Relation Between Brain Type, Sex, and Motivation to Learn Science. *International Journal of Science Education, 34* (5), 779-802. http://dx.doi.org/10.1080/09500693.2011.635165

Zeyer, A., Çetin-Dindar, A., Md Zain, A. N., Juriševič, M., Devetak, I., & Odermatt, F. (2013). Systemizing: A Cross-Cultural Constant for Motivation to Learn Science. *Journal of Research in Science Teaching, 50* (9), 1047-1067. https://doi.org/10.1002/tea.21101

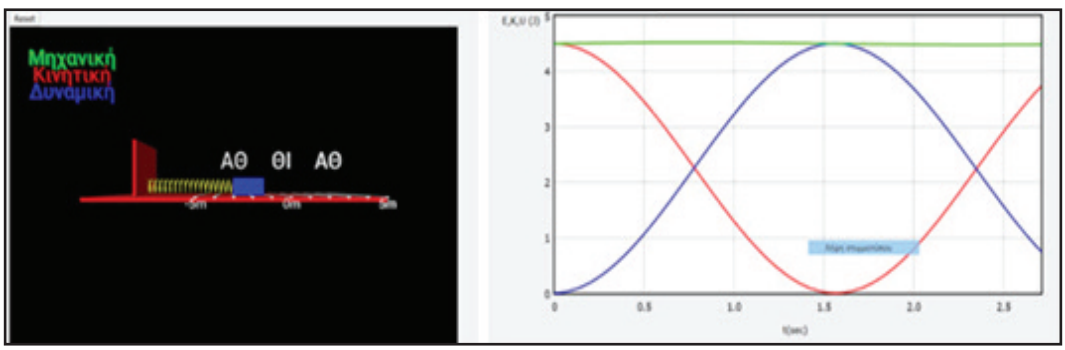
Παράρτημα Α

Παραδείγματα δραστηριοτήτων μαθητών

Χρήση λογισμικού: Μετατροπή δυναμικής ενέργειας σε κινητική και διατήρηση της μηχανικής ενέργειας (Ποσοτική μελέτη) (βλ. Εικόνα Α1).

Το σώμα που είναι προσαρτημένο στο άκρο ενός οριζόντιου ιδανικού ελατηρίου εκτελεί ταλάντωση χωρίς τριβή μεταξύ 2 ακραίων θέσεων. Η κίνηση του σώματος προσομοιώθηκε με το λογισμικό. Στο δεξί στιγμιότυπο οθόνης οι μαθητές παρατηρούν πώς αλλάζει η κινητική και η δυναμική ενέργεια της ταλάντωσης ενώ το άθροισμά τους παραμένει σταθερό. Στις ακραίες θέσεις, η δυναμική ενέργεια ταλάντωσης μεγιστοποιείται και η κινητική ενέργεια μηδενίζεται. Στη θέση ισορροπίας η κινητική ενέργεια μεγιστοποιείται και η δυναμική μηδενίζεται. Οι μαθητές επαλήθευσαν το σχήμα του γραφήματος διατήρησης της μηχανικής ενέργειας (ευθεία γραμμή) υπολογίζοντας τις τιμές του από τις τιμές κινητικής και δυναμικής ενέργειας σε διαφορετικά σημεία στα γραφήματα του δεξιού στιγμιότυπου οθόνης. Στη συνέχεια, το φαινόμενο συζητήθηκε στην ολομέλεια της τάξης.

Εικόνα Α1. Μετατροπή δυναμικής ενέργειας σε κινητική και διατήρηση της μηχανικής ενέργειας: Προσομοιωμένη κίνηση του σώματος όπου η κινητική και δυναμική ενέργεια της ταλάντωσης αλλάζει ενώ το άθροισμά τους παραμένει σταθερό (δεξιό στιγμιότυπο οθόνης).



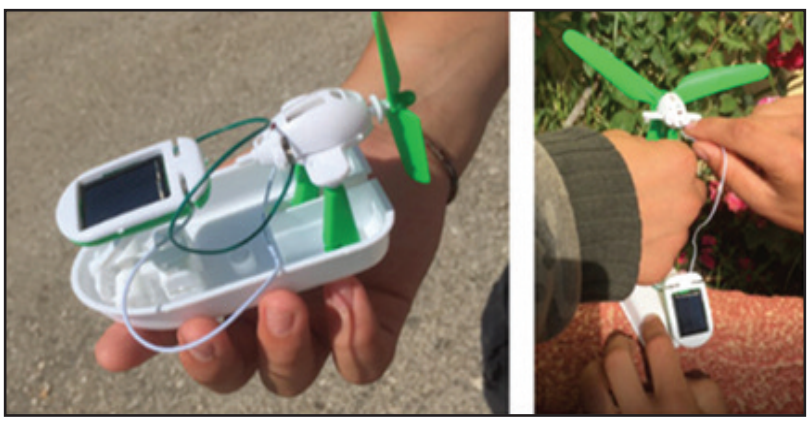
Πειραματισμός στο σχολικό εργαστήριο: Μετατροπή της Δυναμικής Ενέργειας (ΡΕ) σε Κινητική Ενέργεια (ΚΕ) (Ποιοτική μελέτη).

Η διάταξη με το αμαξίδιο και το βάρος, γνωστή ως «συσκευή διατήρησης της μηχανικής ενέργειας», όπως φαίνεται στην εικόνα Α2, χρησιμοποιήθηκε από τους μαθητές για την παρατήρηση της μετατροπής της δυναμικής ενέργειας (ΡΕ) σε κινητική ενέργεια (ΚΕ). Με το αμαξίδιο σε ακινησία, οι μαθητές άφησαν το βαρίδι από ένα συγκεκριμένο ύψος, προκαλώντας την κίνηση του αμαξιδίου. Στη συνέχεια, τους ζητήθηκε να ερμηνεύσουν το φαινόμενο που παρατήρησαν.

Εικόνα Α2. Συσκευή «διατήρησης της μηχανικής ενέργειας», που χρησιμοποιείται για την παρατήρηση της μετατροπής της Δυναμικής Ενέργειας (ΡΕ) σε Κινητική Ενέργεια (ΚΕ).

Δραστηριότητες STEM: Στο αριστερό μέρος της εικόνας Α3 φαίνεται ένα μικρό σκάφος με ηλιακό συλλέκτη και κινητήρα. Μια ηλιόλουστη μέρα οι μαθητές τοποθέτησαν το σκάφος σε μια λεκάνη με νερό. Μέσω της κίνησής του, παρατήρησαν την ηλιακή ενέργεια να μετατρέπεται σε κινητική. Ομοίως, στο δεξί μέρος της εικόνας Α3, η ηλιακή ενέργεια έκανε τον μικρό ανεμόμυλο να περιστρέφεται.

Εικόνα Α3. Το μικρό σκάφος με ηλιακό συλλέκτη και κινητήρα αριστερά και ο ανεμόμυλος με ηλιακό συλλέκτη δεξιά.



Παράρτημα Β

Ερωτηματολόγιο αυτοαναφοράς για την αξιολόγηση αποτελεσμάτων συμμετοχής

Παρακαλώ συμπληρώστε επιλέγοντας το κατάλληλο πλαίσιο για κάθε δήλωση

Δηλώσεις	**Σίγουρα συμφωνώ**	**Συμφωνώ Ελαφρώς**	**Διαφωνώ ελαφρώς**	**Σίγουρα διαφωνώ**
Συμπεριφορική συμμετοχή				
Συνέχιζα να προσπαθώ ακόμα κι αν κάτι ήταν δύσκολο.				
Προσπαθούσα να μάθω όσα περισσότερα μπορούσα για τα θέματα της ενέργειας που καλύφτηκαν στην τάξη.				
Συμμετείχα στο μάθημα.				
Παρέμενα συγκεντρωμένος κατά τη διάρκεια του μαθήματος.				
Συναισθηματική συμμετοχή				
Μου άρεσε να μαθαίνω καινούργια πράγματα για την ενέργεια.				
Αισθανόμουν ευχάριστα όταν ήμουν στο μάθημα της Φυσικής.				
Δε βαριόμουν καθόλου όταν συμμετείχα ενεργά στο μάθημα.				
Κοινωνική συμμετοχή				
Μου άρεσε να συνεργάζομαι με τους συμμαθητές μου.				
Κατά τη διάρκεια της συλλογικής εργασίας, μου άρεσε να μοιράζομαι τις ιδέες μου με τους συμμαθητές μου.				
Προσπαθούσα να καταλάβω τις ιδέες άλλων συμμαθητών μου.				
Γνωστική συμμετοχή				
Προσπαθούσα να κάνω συνδέσεις μεταξύ της νέας γνώσης και οποιασδήποτε προηγούμενης γνώσης που είχα για την ενέργεια.				
Όταν αποτύγχανα σε μια εργασία, προσπαθούσα να καταλάβω τον λόγο μόνος μου.				
Σκεφτόμουν διαφορετικούς τρόπους για να λύσω ένα πρόβλημα.				
Προσπαθούσα να καταλάβω ποια ήταν τα λάθη μου όταν δεν έκανα σωστά μια εργασία.				

Παράρτημα Γ

Ερωτηματολόγιο αξιολόγησης μαθησιακών αποτελεσμάτων στην έννοια της ενέργειας

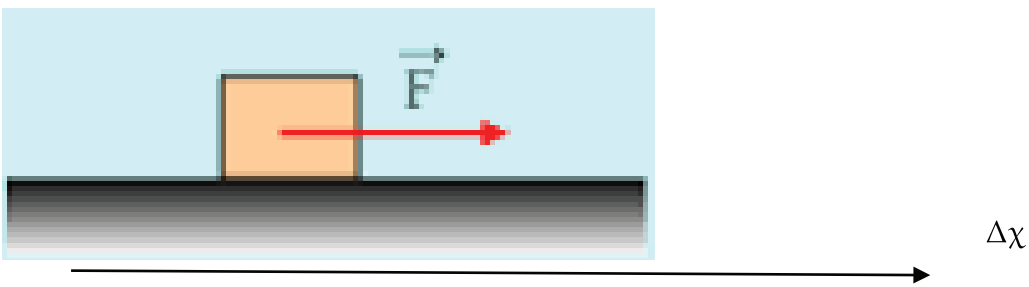
Έργο

Ερωτήσεις

1) Μια οριζόντια σταθερή δύναμη F παράγει έργο w όταν μετατοπίζει ένα σώμα οριζόντια κατά Δχ. Αν η ίδια δύναμη μετατοπίσει το σώμα κατά 2Δχ, τότε το έργο είναι:
   a) w
   b) 2w
   c) w/2
   d) δεν είναι δυνατό να υπολογίσω

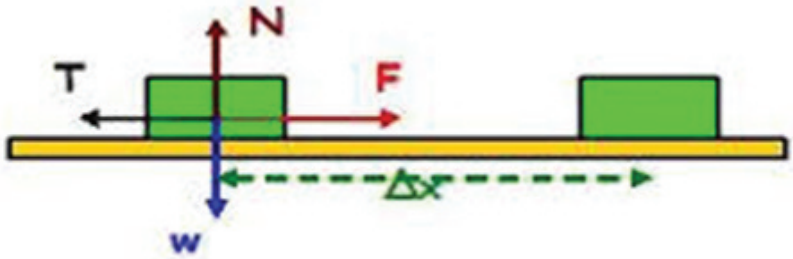
2) Δύο σταθερές οριζόντιες δυνάμεις για τις οποίες ισχύει $F_1=2F_2$ μετατοπίζουν κατά την ίδια οριζόντια μετατόπιση Δχ ένα κιβώτιο. Τι ισχύει για τα έργα που παράγουν οι δυνάμεις;
   a) $w_1 = w_2$
   b) $w_1 = 2\, w_2$
   c) $w_1 = w_2/2$
   d) δεν μπορούμε να υπολογίσουμε

3) Να υπολογίσεις το έργο της σταθερής δύναμης F η οποία έχει μέτρο 15N και μετατοπίζει το σώμα κατά Δχ=5 m ασκείται όπως στο σχήμα



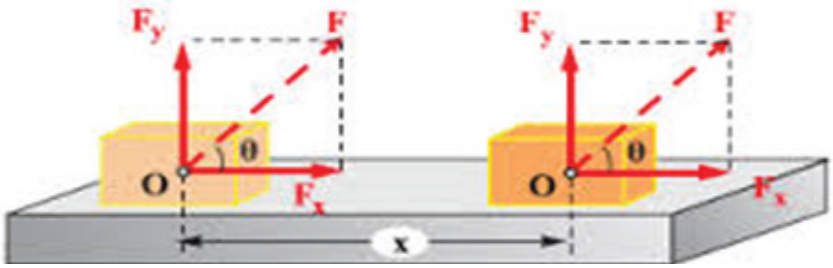
. . . . . .

4) Να εξηγήσεις ποιες από τις δυνάμεις που βλέπεις στο παρακάτω σχήμα παράγουν έργο, καταναλώνουν έργο και ποιες δεν παράγουν έργο. Να αιτιολογήσεις την απάντηση σου



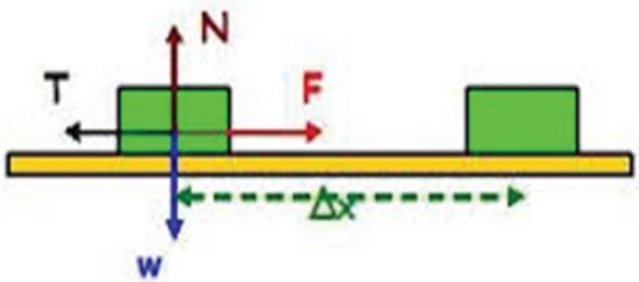
. . . . . .

5) Στο παρακάτω σχήμα βλέπεις μια δύναμη η οποία σχηματίζει γωνία θ με την μετατόπιση του σώματος. Πως υπολογίζεις το έργο σε αυτή την περίπτωση; Εξήγησε αναλυτικά



. . . . . .

6) Στο παρακάτω σχήμα βλέπεις ένα σώμα το οποίο κινείται σε οριζόντιο επίπεδο με την επίδραση των δυνάμεων που έχουν σχεδιαστεί. Αν για τις δυνάμεις και τη μετατόπιση του σώματος ισχύουν τα εξής: F=20N, T=10N, W=12N, Δχ=5m, να υπολογίσεις τα έργα όλων των δυνάμεων που ασκούνται στο σώμα καθώς και της συνισταμένης δύναμης που ασκείται στο σώμα.



. . . . . .

7) Ένας αθλητής της άρσης βαρών ανυψώνει μια μπάρα η οποία έχει βάρος 1500N σε ύψος 2m από το έδαφος. Πόσο είναι το έργο της δύναμής που ασκεί ο αθλητής στην μπάρα όταν:

a) Ανυψώνει την μπάρα με σταθερή ταχύτητα

b) Κρατάει την μπάρα πάνω από το κεφάλι του

c) Κατεβάζει αργά την μπάρα με σταθερή ταχύτητα στο έδαφος

d) Να αιτιολογήσεις την απάντηση σου

. . . . . .

8) Με το χέρι σου πετάς κατακόρυφα προς τα πάνω από το έδαφος μια πέτρα η οποία έχει βάρος w=10N. Η πέτρα φτάνει σε μέγιστο ύψος h=4m από το έδαφος και στη συνέχεια επιστρέφει στο έδαφος. Να υπολογίσεις:

Το έργο του βάρους κατά την άνοδο και κατά την κάθοδο του σώματος. Τι παρατηρείς;

. . . . . .

9) Να βάλεις το γράμμα Σ αν θεωρείς τις προτάσεις που ακολουθούν σωστές και το γράμμα Λ αν τις θεωρείς λανθασμένες

a) το έργο είναι ενέργεια

b) ένα σώμα μπορεί να έχει έργο

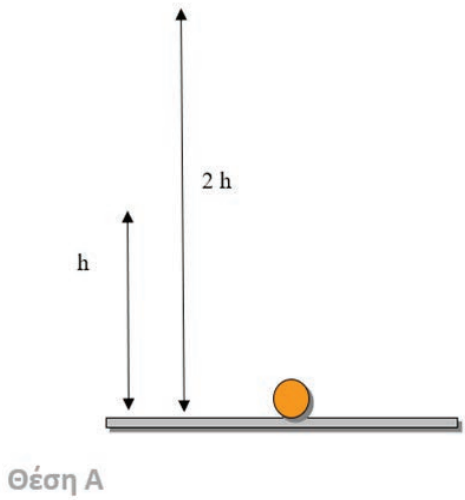
c) όταν κρατάμε ακίνητο ένα αντικείμενο, παράγουμε έργο γιατί κουραζόμαστε

d) το έργο είναι μονόμετρο μέγεθος

Δυναμική ενέργεια

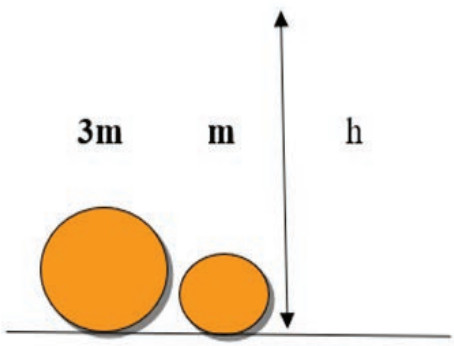
Ερωτήσεις

1) Ανυψώνουμε τη μάζα m από τη θέση Α κατά ύψος h. Στη συνέχεια ανυψώνουμε άλλη μία ίση μάζα κατά 2h. Σε ποια περίπτωση το σώμα έχει μεγαλύτερη δυναμική ενέργεια, σε σχέση με τη θέση Α ; Να αιτιολογήσεις την απάντηση σου.



. . . . . .

2) Φέρνουμε τις δύο μάζες του σχήματος στο ίδιο ύψος από το έδαφος (η μία μάζα είναι τριπλάσια της άλλης). Ποια από τις μάζες έχει τη μεγαλύτερη δυναμική ενέργεια; Να αιτιολογήσεις την απάντηση σου



. . . . . .

3) Αφήνουμε ένα σώμα μάζας m=2Kg να πέσει από ύψος h=10m από το έδαφος. Να υπολογίσεις τη δυναμική ενέργεια του σώματος αφού διανύσει απόσταση 4m από την αρχική του θέση. (Δίνεται $g=10\ m/s^2$)

. . . . . .

4) Η μάζα m του σχήματος βρίσκεται πάνω σε ένα τραπέζι ύψους h. Ποια είναι η δυναμική της ενέργεια α) ως προς το έδαφος β) ως προς το τραπέζι

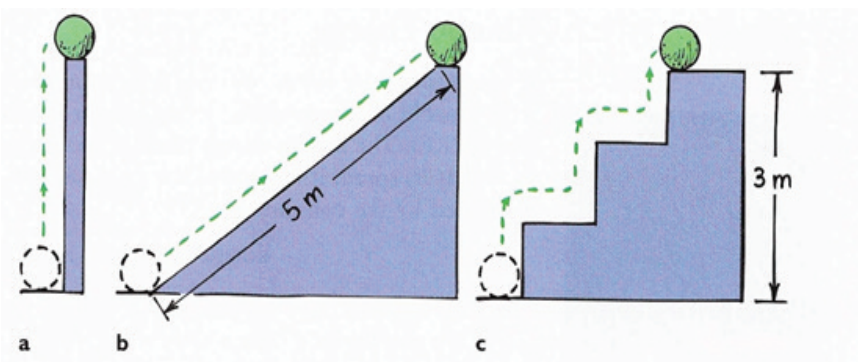
. . . . . .

5) Μάζα m βρίσκεται σε ύψος h από το έδαφος και έχει δυναμική ενέργεια U. Υποθέτουμε ότι η ίδια μάζα βρίσκεται στη σελήνη και στο ίδιο ύψος από το έδαφος με αυτό στο οποίο βρίσκεται στη Γη. Η δυναμική της ενέργεια όταν βρίσκεται στη σελήνη είναι:

a) Ίδια με αυτή που έχει στη γη
b) Μεγαλύτερη από αυτή που έχει στη γη
c) Μικρότερη από αυτή που έχει στη γη
d) Δεν μπορούμε να υπολογίσουμε

Να αιτιολογήσεις την απάντηση σου . . . . . .

6) Στο διπλανό σχήμα μια μπάλα τοποθετείται στο ίδιο ύψος από το έδαφος ακολουθώντας 3 διαφορετικές διαδρομές. Σε ποια από τις 3 έχει τη μεγαλύτερη δυναμική ενέργεια σε σχέση με το έδαφος. Να αιτιολογήσεις την απάντηση σου



7) Να βάλεις το γράμμα Σ αν θεωρείς τις προτάσεις που ακολουθούν σωστές και το γράμμα Λ αν τις θεωρείς λανθασμένες

a) Η μονάδα μέτρησης της δυναμικής ενέργειας είναι το 1 J.

b) Ένα σώμα μπορεί να έχει δυναμική ενέργεια μόνο λόγω της θέσης του

c) Η βαρυτική δυναμική ενέργεια ενός σώματος εξαρτάται από τον τόπο στον οποίο βρίσκεται το σώμα.

d) Η βαρυτική δυναμική ενέργεια ενός σώματος είναι ανάλογη της μάζας και ανεξάρτητη του ύψους, στο οποίο βρίσκεται το σώμα από το επίπεδο αναφοράς.

e) Για τον υπολογισμό της βαρυτικής δυναμικής ενέργειας ενός σώματος δεν μας ενδιαφέρει το επίπεδο αναφοράς.

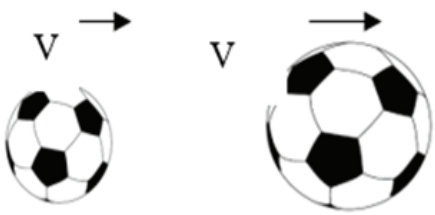
Κινητική ενέργεια

Ερωτήσεις

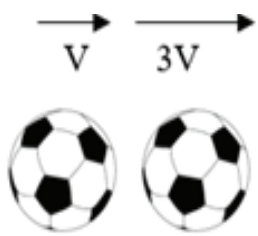
1) Να υπολογίσεις την κινητική ενέργεια ενός σώματος μάζας m=2Kg το οποίο κινείται με ταχύτητα v=4m/s

. . . . . .

2) Οι μπάλες του σχήματος έχουν διαφορετικές μάζες ($m_2=2m_1$) αλλά το ίδιο μέτρο ταχύτητας. Ποια έχει τη μεγαλύτερη κινητική ενέργεια, και γιατί; Ποιος είναι ο λόγος των κινητικών ενεργειών;



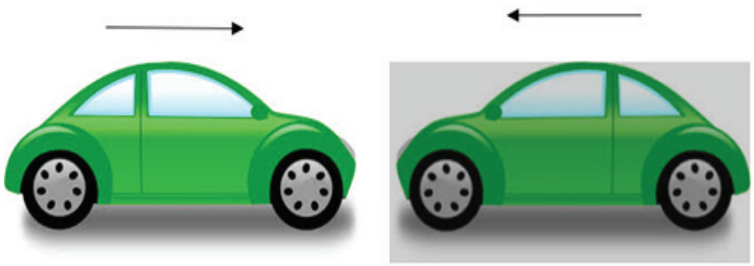
3)



Στο παραπάνω σχήμα οι μπάλες έχουν ίσες μάζες αλλά διαφορετικές ταχύτητες. Ποιο από τα δύο έχει μεγαλύτερη κινητική ενέργεια και γιατί; Μπορείς να υπολογίσεις τη σχέση κινητικών ενεργειών αν η ταχύτητα της μιας μπάλας είναι τριπλάσια της άλλης;

. . . . . .

4) Τα αυτοκίνητα του σχήματος έχουν ίσες μάζες και ταχύτητες ίδιου μέτρου αλλά κινούνται με αντίθετες φορές. Τι ισχύει για τις κινητικές τους ενέργειες και γιατί;



. . . . . .

5) Σώμα μάζας m έχει κινητική ενέργεια 50 J. Η κινητική ενέργεια ενός σώματος τριπλάσιας μάζας και ίδιας ταχύτητας είναι:

a) Μεγαλύτερη κατά 150 J
b) Μεγαλύτερη κατά 100 J
c) Δεν είναι μεγαλύτερη αλλά ίση με 100 J
d) Δεν μπορούμε να υπολογίσουμε

Να αιτιολογήσεις την απάντηση σου

. . . . . .

6) Σώμα μάζας m έχει κινητική ενέργεια 200 J. Η κινητική ενέργεια ενός σώματος το οποίο έχει την διπλάσια ταχύτητα και ίδια μάζα m είναι:

a) 400 J
b) 200 J
c) 800 J
d) Δεν μπορώ να υπολογίσω

Να αιτιολογήσεις την απάντηση σου

. . . . . .

7) Σώμα μάζας m και ταχύτητας v έχει κινητική ενέργεια 100 J. Ένα δεύτερο σώμα μισής μάζας και διπλάσιας ταχύτητας έχει κινητική ενέργεια:

a) 100 J

b) Μεγαλύτερη από 100 J

c) Μικρότερη από 100 J

d) Δεν μπορούμε να υπολογίσουμε

Να αιτιολογήσεις την απάντηση σου

. . . . . .

8) Να βάλεις το γράμμα Σ αν θεωρείς τις προτάσεις που ακολουθούν σωστές και το γράμμα Λ αν τις θεωρείς λανθασμένες

Στα σώματα που κινούνται υπάρχει ενέργεια ενώ στα ακίνητα όχι

a) Η ενέργεια είναι δύναμη που κάνει τα σώματα να κινούνται

b) Η ενέργεια είναι κίνηση

c) Η κινητική ενέργεια δεν εξαρτάται από την κατεύθυνση της κίνησης

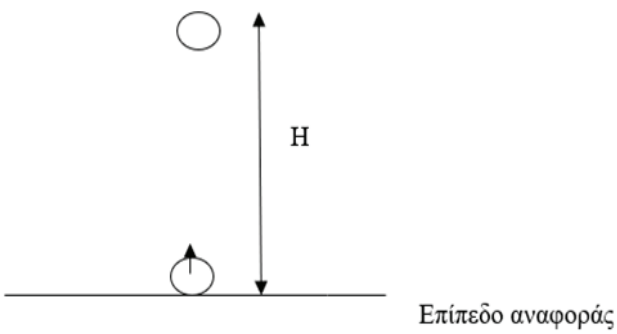
d) Η κινητική ενέργεια είναι ανάλογη με το τετράγωνο της ταχύτητας για ένα σώμα μάζας m

e) Η κινητική ενέργεια είναι ανάλογη με τη μάζα του σώματος, όταν η ταχύτητά του παραμένει σταθερή.

Μηχανική ενέργεια και διατήρηση της μηχανικής ενέργειας

Ερωτήσεις

1) Εκτοξεύουμε ένα σώμα από το έδαφος και αυτό φτάνει σε μέγιστο ύψος Η από το έδαφος. Να συμπληρώσεις τα στοιχεία που λείπουν από τον παρακάτω πίνακα χρησιμοποιώντας τις λέξεις *μηδέν* και *μέγιστη*

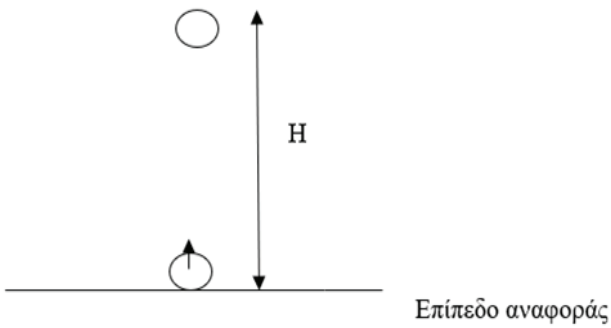


	Κινητική Ενέργεια	Δυναμική Ενέργεια
Έδαφος		
Μέγιστο ύψος		

2) Μικρό σώμα μάζας m=2Kg εκτοξεύεται από το έδαφος κατακόρυφα προς τα πάνω.. Να υπολογίσεις την μηχανική ενέργεια του σώματος τη στιγμή που βρίσκεται σε ύψος h=2m από το έδαφος και έχει ταχύτητα v=20m/s. (δίνεται g=10 m/s^2)

. . . . . .

3)



Στο παραπάνω σχήμα δίνονται τρεις θέσεις από τις οποίες διέρχεται ένα σώμα το οποίο κινείται κατακόρυφα (τριβές και αντιστάσεις δεν υπάρχουν). Το σώμα αφήνεται από τη θέση (I). Αν έχετε ως δεδομένα τα παρακάτω Εμηχ$_{(I)}$=100 J, K_{II}= 60 J, να συμπληρώσεις τον παρακάτω πίνακα

Θέση	Εμηχ (Μηχανική ενέργεια)	K (Κινητική ενέργεια)	U (Δυναμική ενέργεια)
(I)			
(II)			
(III)			

4) Αφήνουμε ένα σώμα μάζας m να πέσει ελεύθερα από ύψος h=20m από το έδαφος (τριβές και αντιστάσεις δεν υπάρχουν).

Να υπολογίσεις:

a) Την ταχύτητα την οποία έχει το σώμα τη στιγμή που φτάνει στο έδαφος στο έδαφος

b) Σε ποιο ύψος από το έδαφος η κινητική ενέργεια του σώματος είναι ίση με τη δυναμική ενέργεια του. (δίνεται $g=10m/s^2$)

. . . . . .

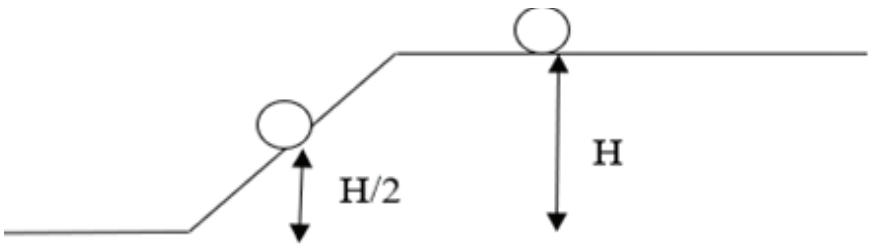
5) Εκτοξεύουμε ένα σώμα από το έδαφος με ταχύτητα $v_0=40m/s$ (τριβές και αντιστάσεις δεν υπάρχουν). Να υπολογίσετε

a) Το μέγιστο ύψος στο οποίο φτάνει το σώμα.

b) Σε ποιο ύψος η δυναμική ενέργεια είναι το ¼ της μηχανικής ενέργειας του σώματος. Τι κλάσμα της μηχανικής ενέργειας είναι την ίδια στιγμή η κινητική ενέργεια; (δίνεται $g=10m/s^2$).

. . . . . .

6)



a) Το σώμα του σχήματος έχει μάζα m=4Kg έχει μια ταχύτητα u τη στιγμή που φτάνει στο κατώτατο σημείο. Αν στην ανώτατη θέση έχει δυναμική ενέργεια U=200 J και η ταχύτητα του είναι μηδενική, να υπολογίσετε:

b) Τη δυναμική ενέργεια του σώματος στο μισό ύψος από το έδαφος.

c) Τη μηχανική του σώματος ενέργεια στο μισό ύψος από το έδαφος.

d) Την κινητική ενέργεια του σώματος στο κατώτατο σημείο της διαδρομής καθώς και την ταχύτητα του

e) Το ύψος H

(δίνεται $g=10m/s^2$, τριβές και αντιστάσεις δεν υπάρχουν).

. . . . . .

7) Ένας μαθητής τοποθετεί ένα βέλος στη χορδή ενός τόξου και της προκαλεί παραμόρφωση τεντώνοντάς την. Να περιγράψεις τις ενεργειακές μετατροπές που συμβαίνουν όταν αφήσει ελεύθερη την τεντωμένη χορδή του τόξου.

. . . . . .

8) Αφήνουμε ένα σώμα να πέσει ελεύθερα από ύψος Η. Οι αντιστάσεις που δέχεται το σώμα από τον αέρα είναι μηδενικές. Να βάλεις το γράμμα Σ αν θεωρείς τις προτάσεις που ακολουθούν σωστές και το γράμμα Λ αν τις θεωρείς λανθασμένες

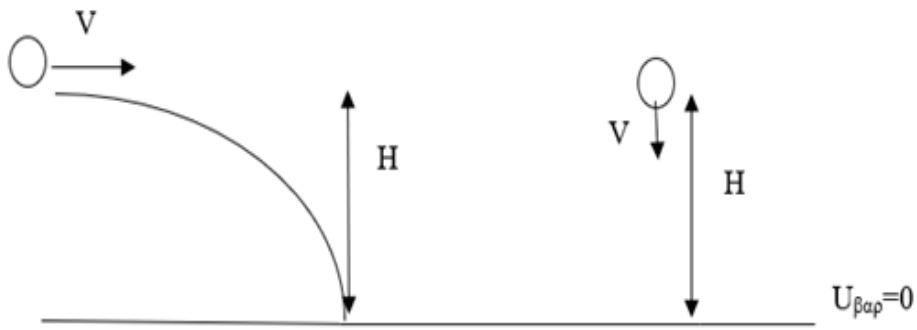
a) Η μηχανική ενέργεια του σώματος διατηρείται σταθερή ενώ η κινητική ενέργεια αυξάνεται

b) Η κινητική ενέργεια μειώνεται, ενώ η δυναμική αυξάνεται

c) Όσο μειώνεται η δυναμική ενέργεια τόσο αυξάνεται η κινητική

d) Το άθροισμα της δυναμικής και της κινητικής ενέργειας αυξάνεται

e) Τη στιγμή που το σώμα φτάνει στο έδαφος η μηχανική του ενέργεια μηδενίζεται



9) Τα σώματα του παραπάνω σχήματος έχουν ίσες μάζες και εκτοξεύονται το ένα οριζόντια και το άλλο κατακόρυφα με το ίδιο μέτρο ταχύτητας και από το ίδιο ύψος από το έδαφος. (Τριβές και αντιστάσεις δεν υπάρχουν).

a) Να συγκρίνεις τις μηχανικές ενέργειες των σωμάτων τη στιγμή της εκτόξευσης.

b) Να υπολογίσεις την ταχύτητα του κάθε σώματος αν H=20m (δίνεται $g=10m/s^2$)

Να αιτιολογήσεις την απάντηση σου.