

Πανελλήνιο Συνέδριο της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση

Τόμ. 14, Αρ. 2 (2026)

Πρακτικά 14ου Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση

ΠΡΑΚΤΙΚΑ

14^ο

**ΠΑΝΕΛΛΗΝΙΟ ΣΥΝΕΔΡΙΟ
ΔΙΔΑΚΤΙΚΗΣ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
και ΝΕΩΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ στην ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ**

Διδασκαλία και Μάθηση στις Φυσικές Επιστήμες
στην Εποχή της Τεχνητής Νοημοσύνης: Έρευνες, Καινοτομίες και Πρακτικές

Στην μνήμη της Άννας Σπύριου

12-14 Απριλίου 2025

**ΥΠΟ ΤΗΝ ΑΙΓΙΔΑ
ΤΟΥ ΤΜΗΜΑΤΟΣ ΦΥΣΙΚΗΣ, ΔΠΘ
ΤΗΣ ΣΧΟΛΗΣ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ, ΔΠΘ**

Εργαστήριο Διδακτικής της Φυσικής & Εκπαιδευτικής Τεχνολογίας,
Τμήμα Φυσικής, Σχολή Θετικών Επιστημών,
Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

synedrio2025.enepht.gr

Η Αρχή Διατήρησης της Ενέργειας (ΑΔΕ) ως Πλαίσιο για την Κατανόηση της Ενέργειας

*Γεώργιος Πολυζώης, Αλέξανδρος Κατέρης,
Αθανάσιος Βελέντζας, Παύλος Τζαμαλής, Αργύρης
Πάσχος, Βασίλειος Νούσης, Ευστράτιος Καπότης*

doi: [10.12681/codiste.9879](https://doi.org/10.12681/codiste.9879)

Η Αρχή Διατήρησης της Ενέργειας (ΑΔΕ) ως Πλαίσιο για την Κατανόηση της Ενέργειας

Γεώργιος Πολυζώης¹, Αλέξανδρος Κατέρης², Αθανάσιος Βελέντζας³, Πάυλος Τζαμαλής⁴, Αργύρης Πάσχος⁵, Βασίλειος Νούσης⁶ & Ευστράτιος Καπότης⁷

¹Διευθυντής 2ου Γενικού Λυκείου Χαϊδαρίου, Φυσικός

²Σύμβουλος Εκπαίδευσης Φυσικών Επιστημών, ΔΔΕ Ανατολικής Αττικής

⁵Διευθυντής 6ου Γενικού Λυκείου Νέας Ιωνίας, Φυσικός

⁷Μεταδιδακτορικός Ερευνητής, Τμήμα Φυσικής, Πανεπιστημίου Θεσσαλίας

^{3,4}Εργαστηριακό Διδακτικό Προσωπικό, ⁶Υπεύθυνος ΕΚΦΕ Θεσπρωτίας,

³Σχολή Εφαρμοσμένων Μαθηματικών και Φυσικών Επιστημών, Εθνικό Μετσόβιο

Πολυτεχνείο, ⁴Τμήμα Βιοτεχνολογίας, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών

¹geo@gdpol.com

Περίληψη

Η παρούσα εργασία εντάσσεται στο γενικότερο πλαίσιο της αναζήτησης μεθόδων, εργαλείων και πρακτικών για τη συγγραφή περιεχομένου σύμφωνα με τα νέα Προγράμματα Σπουδών (ΠΣ) στη Φυσική του Λυκείου. Ειδικότερα παρουσιάζονται οι επιστημονικές, διδακτικές και παιδαγωγικές επιλογές περιεχομένου για τη θεματική ενότητα τρία (3) με τίτλο: «Από τη δύναμη στην ενέργεια» της Α' Λυκείου. Η στόχευση των συγγραφέων έχει σημείο αφετηρίας την παραδοχή ότι η ενέργεια συγκαταλέγεται μεταξύ των ιδεών του «σκληρού πυρήνα» (core ideas) των Φυσικών Επιστημών (ΦΕ) και κατεύθυνση την αξιοποίηση της Αρχής Διατήρησης της Ενέργειας (ΑΔΕ) ως ένα πλαίσιο (συγκείμενο) για την κατανόηση της ενέργειας. Έτσι, η κατανόηση της ΑΔΕ προβάλλει παγκοσμίως ως ένας διδακτικός στόχος ο οποίος πρέπει να κατακτηθεί.

Λέξεις κλειδιά: Αρχής Διατήρησης της Ενέργειας, Ενέργεια, Προγράμματα Σπουδών

The Conservation of Energy Principle as a Framework for Understanding Energy

George Polyzois¹, Alexandros Kateris², Athanasios Velentzas³, Pavlos Tzamalīs⁴, Argiris Paschos⁵, Vasilios Noussis⁶ and Efstratios Kapotis⁷

¹Principal of the 2nd High School of Chaidari, Physicist,

²Education Advisor of Natural Sciences, Directorate of Secondary Education, East Attica

⁵Principal of the 2nd High School of Nea Ionia, Physicist, ⁶Director of Thesprotia EKFE,

⁷Postdoctoral Researcher Department of Physics, University of Thessaly

^{3,4}Laboratory Teaching Staff,

³School of Applied Mathematical and Physical Sciences, National Technical University of

Athens, ⁴Department of Biotechnology, Agricultural University of Athens,

¹geo@gdpol.com

Abstract

This paper falls within the broader framework of exploring methods, tools, and practices for writing content aligned with the new High School Physics Curriculum. Specifically, it presents the scientific, didactic, and pedagogical content choices for the third thematic unit, entitled "From Force to Energy", of the first grade of high school. The authors' focus starts from the premise that energy is one of the

"core ideas" of Natural Sciences and aims at utilizing the Principle of Conservation of Energy (PCE) as a framework (context) for understanding energy. Thus, understanding the PCE emerges globally as a teaching objective that must be achieved.

Keywords: Curriculum, Energy, Energy Conservation Principle

Εισαγωγή

Το ΠΣ της Φυσικής του Λυκείου (ΦΕΚ Πρόγραμμα σπουδών Φυσικής) αναπτύσσεται σε έξι "θεματικά πεδία" της Φυσικής Επιστήμης: 1. Δυνάμεις – Κινήσεις 2. Ενέργεια και Ύλη 3. Θερμότητα – Θερμοκρασία - Θερμοδυναμική 4. Πεδία και Κύματα 5. Ηλεκτρομαγνητισμός 6. Συγχρονη Φυσική - Τεχνολογία. Για την Α' Λυκείου η θεματική ενότητα τρία (3) με τίτλο: «Από τη δύναμη στην ενέργεια» εντάσσεται στα θεματικά πεδία 2 και 3. Αντικείμενο της παρούσας εργασίας αποτελεί η πραγμάτευση των επιστημονικών, διδακτικών και παιδαγωγικών επιλογών περιεχομένου για αυτή τη θεματική ενότητα (Chen et al., 2014).

Θεωρητικό Υπόβαθρο

Η ενέργεια και η διατήρησή της στην επιστήμη και την εκπαίδευση.

Η ενέργεια συγκαταλέγεται μεταξύ των ιδεών του «σκληρού πυρήνα» (core ideas) των Φυσικών Επιστημών (ΦΕ) και είναι ίσως κατά τον Hewitt (2009) η πιο κεντρική έννοια σε όλες τις ΦΕ. Τέτοιες μεγάλες ιδέες (big ideas) των ΦΕ (όπως η ενέργεια, η εξέλιξη, η μάζα) θεωρούνται ενοποιητικές, θεμελιώδεις και περιεκτικές όσον αφορά στην οργάνωση των εν λόγω επιστημών (American Association for the Advancement of Science [AAAS], 1993' National Research Council [NRC], 1996).

Η αρχή διατήρησης της ενέργειας (ΑΔΕ) είναι δυνατόν να αξιοποιηθεί ως το πλαίσιο (συγκείμενο) για την κατανόηση της ενέργειας ως όρου που αξιοποιείται όχι μόνον από επιστήμονες και εκπαιδευτικούς, αλλά και από μηχανικούς, οικονομολόγους, γιατρούς, καθώς και στο δημόσιο λόγο γενικότερα (Kubsch et al., 2021).

Ιστορικά τέσσερις αρχές διατήρησης έχουν ολοκληρωθεί, συμπεριλαμβανομένης και της ΑΔΕ. Η αρχή διατήρησης της ορμής, τον 17ο αιώνα, η αρχή διατήρησης του ηλεκτρικού φορτίου, στα μέσα του 18ου αιώνα, η αρχή διατήρησης της μάζας, στα τέλη του 18ου αιώνα, και η ΑΔΕ, στα μέσα του 19ου αιώνα. Όμως αντίθετα με τις άλλες αρχές διατήρησης, η ΑΔΕ δεν συνδέεται με συγκεκριμένες επιστημονικές παρατηρήσεις ή με μια συγκεκριμένη και χρονικά εντοπισμένη ανακάλυψη (Lindsay, 1975). Ως προς την εννοιολόγηση του όρου «ενέργεια» χαρακτηριστικές παραμένουν οι απόψεις του Feynman (1998): «Υπολογίζουμε την τιμή διάφορων ειδών ενέργειας... αν αθροίσουμε αυτούς τους αριθμούς των διαφορετικών μορφών ενέργειας, δίνουν πάντα το ίδιο άθροισμα... έτσι υπάρχει ένας αριθμός που δεν αλλάζει με όποιον τρόπο και αν υπολογιστεί».

Η συνήθης προσέγγιση

Στα σχολικά εγχειρίδια, η ενέργεια ορίζεται ως η ικανότητα παραγωγής έργου και το έργο ορίζεται ως το γινόμενο της δύναμης επί την μετατόπιση του σημείου εφαρμογής της. Αυτός ο ορισμός εμφανίζεται στα σχολικά βιβλία του Λυκείου που πραγματεύονται την ενέργεια στο κεφάλαιο της Μηχανικής. Παρότι ο Warden (1983) ισχυρίζεται ότι η ενέργεια δεν μπορεί να διδαχθεί αν δεν έχουν προηγουμένως κατακτηθεί οι έννοιες της δύναμης και του έργου, η ενέργεια εισάγεται ήδη στα αναλυτικά προγράμματα των ΦΕ του Δημοτικού.

Αντιλήψεις των μαθητών/τριων για την ενέργεια

Η διδασκαλία και η μάθηση της ενέργειας στο Λύκειο είναι δύσκολο εγχείρημα και πολλαπλές έρευνες αναδεικνύουν ότι δεν υπάρχει κάποια προτιμητέα προσέγγιση. Ο αφαιρετικός και χωρίς δυνατότητα απευθείας μέτρησης ή μέτρησης με έμμεσο, αλλά εύκολα

προσπελάσιμο από τους μαθητές τρόπο, χαρακτήρας της έννοιας της ενέργειας, περιπλέκει τη διδασκαλία της, καθώς, τελικά, απαιτούνται για τον υπολογισμό της άλλες μετρήσιμες ποσότητες, όπως η θέση, η ταχύτητα ή η θερμοκρασία (Tobin et. al., 2011). Οι Lee & Liu (2009) αναφέρουν ότι η κατανόηση της έννοιας της ενέργειας εμπλέκει την κατανόηση των πηγών της (αποθήκες ενέργειας), τη δυνατότητα μεταφοράς και μετασχηματισμού της, τη διατήρησή της και τέλος την υποβάθμισή της.

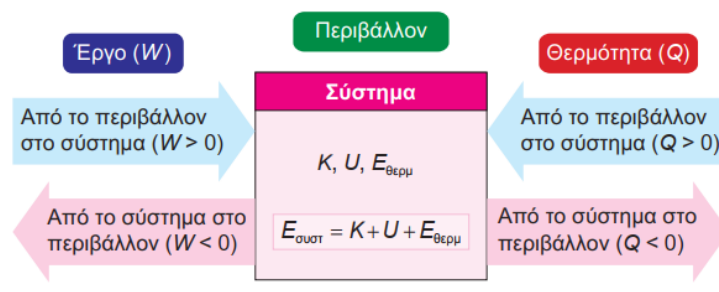
Το παραπάνω πλαίσιο όπου η ενέργεια αποθηκεύεται, μεταφέρεται, διατηρείται και υποβαθμίζεται εμφανίζει τη δυσκολία της παθητικής φωνής μιας και είναι αποδυναμωμένη η εργητικότητα στην πρόταση. Ενώ η παθητική φωνή είναι χρήσιμη στην παρουσίαση της ενέργειας η υπερβολική χρήση της μπορεί να κάνει το κείμενο ασαφές και άτονο μιας και δεν αναφέρεται στον δράστη της ενέργειας (Inzunza, 2020).

Παρουσίαση περιεχομένου

Το ενεργειακό μοντέλο του Π.Σ ξεκινά με μια αναλογία (δανεισμένη από τον Feynman (1998)). Ο Ντένις ο τρομερός κρύβει τους κύβους του σε διάφορα σημεία μέσα στο δωμάτιο (μέσα σε ένα κουτί, μέσα στη λεκάνη με το βρώμικο νερό κ.ο.κ.). Ένα ακόμα σημαντικό σημείο είναι ότι, οι κύβοι μπορούν να «μπουν» ή να «βγουν» από το δωμάτιο με διάφορους τρόπους π.χ. πετώντας τους έξω από το ανοικτό παράθυρο του δωματίου ή ερχόμενοι ως δώρο από κάποιον θείο (!). Η μητέρα του Ντένις βρίσκει κάθε φορά την εξίσωσή που δίνει το σύνολό τους (!). Αυτό που διαπιστώνουμε κάθε φορά είναι ότι μπορούμε να επινοήσουμε έναν καινούργιο όρο/τρόπο, οποίος θα αποκαθιστά τη *διατήρηση* του αριθμού των κύβων. Η αναλογία αυτή αντιστοιχίζει τους βώλους με την ενέργεια και δημιουργεί εξ αρχής το σχήμα της διατήρησης της ενέργειας που αναπτύσσουμε στην επόμενη παράγραφο (Glynn, 2012).

Η ολική ενέργεια ενός συστήματος αποτελείται από το άθροισμα όλων των ενεργειών του συστήματος (κινητική K , δυναμική U , χημική, θερμική, ...). Οι διαδικασίες που μπορούν να συμβαίνουν με την ενέργεια σε ένα σύστημα είναι δύο, οι εξής: α) Μεταφορά ενέργειας μεταξύ του συστήματος και του περιβάλλοντος. Θα μελετήσουμε μόνο τη μεταφορά ενέργειας μέσω των μηχανισμών του έργου W και της θερμότητας Q (Pantidos & Givry, 2021). β) Μεταφορά ενέργειας εντός του συστήματος από μια μορφή σε μια άλλη. Θα μελετήσουμε μόνο τη μεταφορά μεταξύ των μορφών κινητικής, δυναμικής και θερμικής ενέργειας. Προκειμένου να λάβουμε υπόψη και αυτές τις μεταφορές της ενέργειας, θα χρησιμοποιούμε τον πίνακα 1 που απεικονίζει το τελικό ενεργειακό μοντέλο το οποίο θα λειτουργεί ως πρότυπο για το τι συμβαίνει σε ένα σύστημα.

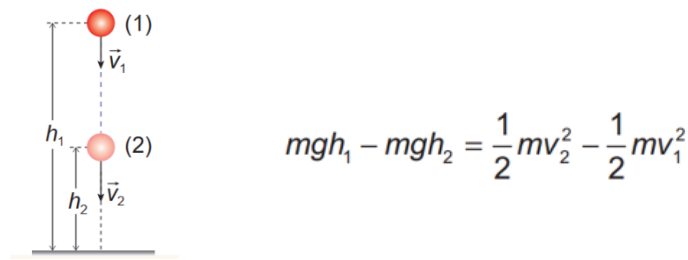
Πίνακας 1. Το τελικό βασικό ενεργειακό μοντέλο για ένα σύστημα



Η ενέργεια αποθηκεύεται στο σύστημα

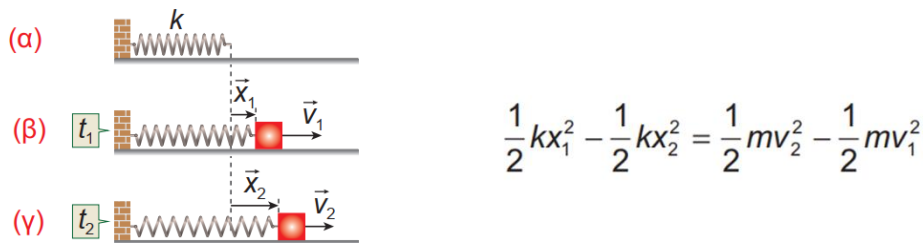
Η κατακόρυφη βολή μας οδηγεί στις δυο πρώτες αποθήκες ενέργειας (την κινητική ενέργεια $1/2 m v^2$ και την δυναμική ενέργεια βαρύτητας mgh) και η σχέση του σχήματος 1 μας υποδεικνύει την αρχή διατήρησης της ενέργειας (ΑΔΕ) για το μονωμένο σύστημα Γη-σώμα. (Urone & Hinrichs, 2012).

Σχήμα 1 . Η κατακόρυφη βολή και η διατήρηση της ενέργειας



Το απλό σύστημα ελατήριο - μάζα μας εισάγει μια τρίτη αποθήκη ενέργειας, που είναι επίσης μια δυναμική ενέργεια και καθώς σχετίζεται με την ελαστικότητα του ελατηρίου, και ονομάζεται ελαστική δυναμική ενέργεια ($1/2 k x^2$). Η σχέση του σχήματος 2 μας υποδεικνύει την αρχή διατήρησης της ενέργειας (ΑΔΕ) για το μονωμένο σύστημα ελατήριο - μάζα (Lindsey et al., 2012). Γενικότερα θα οριστεί, στη συνέχεια του ΠΣ, η δυναμική ενέργεια του απλού αρμονικού ταλαντωτή, η οποία έχει την ίδια μορφή ($1/2 D x^2$) με την ελαστική ενέργεια του ελατηρίου *μόνον* όταν αυτό είναι οριζόντιο (Chong, 2024).

Σχήμα 2. Το σύστημα σώμα-ελατήριο



Έχοντας ορίσει μέχρι στιγμής την κινητική ενέργεια, καθώς και δύο είδη δυναμικών ενεργειών, (βαρυτική και ελαστική), μπορούμε να ορίσουμε τώρα τη μηχανική ενέργεια $E_{μηχ}$ ενός συστήματος σωμάτων. Μηχανική ενέργεια $E_{μηχ}$ ενός συστήματος σωμάτων ορίζεται ως το άθροισμα των κινητικών ενεργειών των επιμέρους σωμάτων του συστήματος, καθώς και των δυναμικών ενεργειών που εμφανίζονται στο σύστημα. Ισχύει δηλαδή ότι: $E_{μηχ} = K + U_{βαρ} + U_{ελ}$

Υπάρχει πληθώρα φαινομένων στα οποία φαίνεται ότι η ενέργεια εξαντλείται σταδιακά και τελικά εξαφανίζεται τελείως όπως για παράδειγμα το γεγονός ότι αν εκτοξεύσουμε ένα σώμα πάνω σε ένα οριζόντιο δάπεδο προσφέροντάς του κινητική ενέργεια, αυτό κάποια στιγμή θα σταματήσει να κινείται, άρα δεν θα έχει κινητική ενέργεια, αλλά δεν θα φαίνεται να διαθέτει και καμία ενέργεια άλλου είδους. Τα φαινόμενα αυτά συνδέονται με την ύπαρξη τριβών και αντιστάσεων. Δυνάμεις όπως η τριβή και η αντίσταση του αέρα προκαλούν τη μακροσκοπική «εξαφάνιση» της κινητικής ενέργειας ενός συστήματος. Ως εκ τούτου, αυτές ονομάζονται διασκορπιστικές δυνάμεις (ή δυνάμεις διασκορπισμού). Η ενεργειακή ανάλυση αυτών των φαινομένων σχετίζεται με τη θερμοκρασία του συστήματος. Για παράδειγμα, καθώς ένα σώμα κινείται σε οριζόντιο δάπεδο, η τριβή προκαλεί θέρμανση και στα δύο αντικείμενα (σώμα - δάπεδο). Αυτή η αύξηση της θερμοκρασίας συνδέεται με μια άλλη μορφή αποθήκευσης της ενέργειας που ονομάζεται θερμική ενέργεια ($E_{θερ}$) (Daane et al., 2015).

Η ενέργεια μεταφέρεται

Κάθε φορά που μια δύναμη εφαρμόζεται σε ένα σώμα (από κάποιον που ασκεί τη δύναμη ή από το *περιβάλλον*), θα λέμε ότι η δύναμη παράγει ή εκτελεί έργο (W) πάνω στο σώμα στο οποίο ασκείται. Συνεπώς, το έργο είναι το φυσικό μέγεθος που χρησιμοποιούμε, για να περιγράψουμε έναν από τους τρόπους μεταφοράς ενέργειας στον οποίο εμπλέκεται κάποια δύναμη (σχήμα 3°).

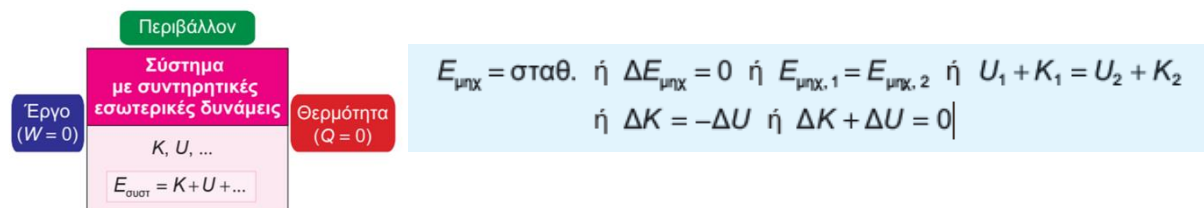
Σχήμα 3. Το έργο και η θερμότητα μεταφέρουν ενέργεια



Μπορεί όμως να υπάρχει μεταφορά ενέργειας χωρίς την ύπαρξη δύναμης. Πρόκειται για τον δεύτερο τρόπο μεταφοράς ενέργειας που είναι η θερμότητα (Q), η οποία εμφανίζεται κάθε φορά που δύο σώματα διαφορετικής θερμοκρασίας βρίσκονται σε επαφή. Η αυθόρμητη μεταφορά ενέργειας παρατηρείται πάντα από το σώμα υψηλότερης προς το σώμα χαμηλότερης θερμοκρασίας (σχήμα 3ο) (Nordine et al., 2018).

Μια δύναμη μπορεί να μεταφέρει ενέργεια και *εντός του συστήματος*, όπως η δύναμη του βάρους στο σχήμα 1^ο, όπου το έργο του βάρους ($W_{\beta\alpha\rho}$) κατά την φάση της ανόδου μεταφέρει ενέργεια, μειώνοντας την κινητική ενέργεια (K) του συστήματος και αυξάνοντας τη βαρυτική δυναμική ενέργεια ($U_{\beta\alpha\rho}$) του συστήματος ενώ κατά τη φάση της καθόδου συμβαίνει το αντίστροφο. Με το παράδειγμα αυτό ορίζονται οι συντηρητικές δυνάμεις. Μια δύναμη ονομάζεται συντηρητική, αν το έργο της κατά μήκος οποιασδήποτε κλειστής διαδρομής είναι ίσο με το μηδέν. Το βάρος και η δύναμη του ελατηρίου είναι συντηρητικές δυνάμεις και στα μονωμένα συστήματα ισχύει η *αρχή της διατήρησης της μηχανικής ενέργειας* (ΑΔΜΕ). Τα παραπάνω ενεργειακό μοντέλο παρουσιάζεται διαγραμματικά στον πίνακα 2^ο.

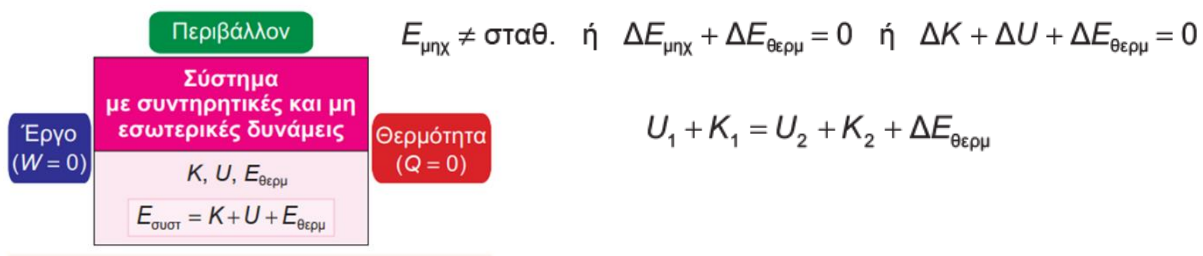
Πίνακας 2. Το ενεργειακό μοντέλο για ένα μονωμένο σύστημα με εσωτερικές συντηρητικές δυνάμεις και οι σχέσεις της ΑΔΜΕ



Διερευνητικά και με την βοήθεια απλών συστημάτων μπορούμε να εμπλουτίσουμε το ενεργειακό μοντέλο του πίνακα 2. Έτσι εισάγουμε την αρχή διατήρησης της ενέργειας (ΑΔΕ) στις περιπτώσεις (Seeley et al., 2019).:

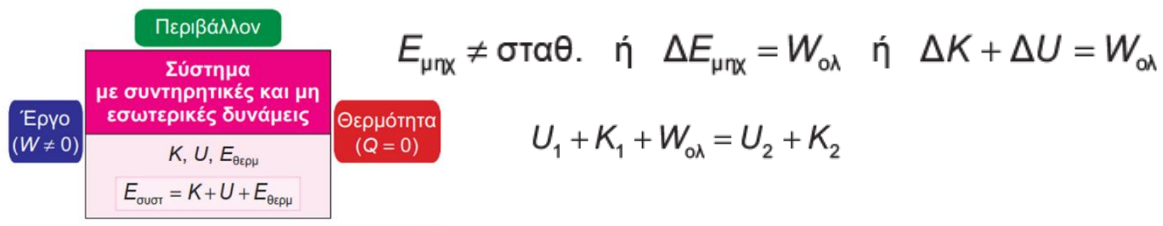
α) Διατήρηση της ενέργειας σε μονωμένα συστήματα όταν υπάρχουν και διασκορπιστικές δυνάμεις (πίνακας 3)

Πίνακας 3. Εφαρμογή της ΑΔΕ



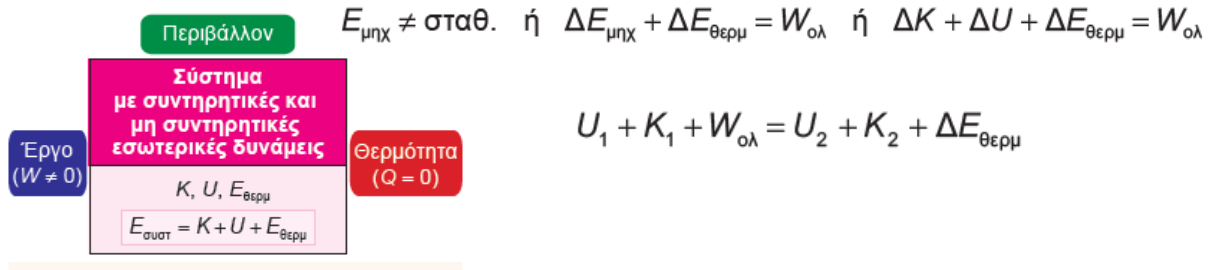
β) Διατήρηση της ενέργειας όταν ασκούνται εξωτερικές δυνάμεις και όλες οι εσωτερικές δυνάμεις είναι συντηρητικές (πίνακας 4)

Πίνακας 4. Εφαρμογή της ΑΔΕ



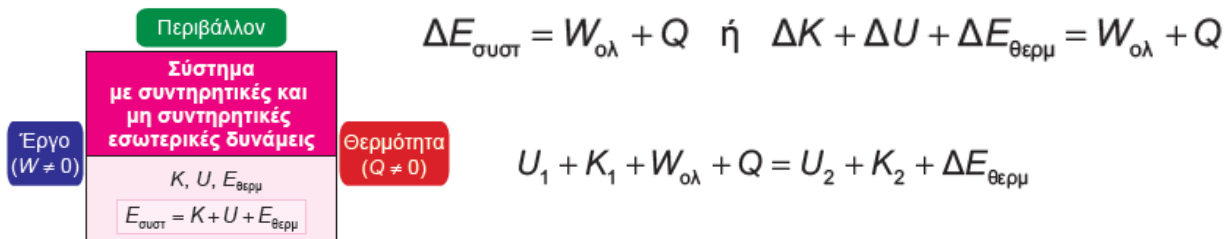
γ) Διατήρηση της ενέργειας όταν ασκούνται εξωτερικές δυνάμεις και υπάρχουν και μη συντηρητικές εσωτερικές δυνάμεις (πίνακας 5)

Πίνακας 5. Εφαρμογή της ΑΔΕ



δ) Διατήρηση της ενέργειας όταν ασκούνται εξωτερικές δυνάμεις και συμβαίνει ανταλλαγή θερμότητας. Η σχέση αυτή αποτελεί και το πρώτο θερμοδυναμικό αξίωμα (πίνακας 6).

Πίνακας 6. Εφαρμογή της ΑΔΕ. Πρώτο θερμοδυναμικό αξίωμα



Η ενέργεια υποβαθμίζεται

Ένα εύλογο ερώτημα που προκύπτει είναι το εξής: Εφόσον η ενέργεια διατηρείται και δεν χάνεται, γιατί δεν μπορούμε να την ξαναχρησιμοποιήσουμε και να έχουμε πρακτικά όση ενέργεια θέλουμε; Στην πραγματικότητα δεν είναι όλες οι μορφές ενέργειας ισοδύναμες. Η έκλυση θερμότητας αποτελεί υποβάθμιση της ενέργειας, δηλαδή μετατροπή της ενέργειας σε μη αξιοποιήσιμες μορφές. Η αιτία για την υποβάθμιση είναι η *διασπορά* της ενέργειας. Η θερμότητα είναι στην ουσία μια έννοια που συνδέεται με την κινητική ενέργεια των σωματιδίων που συγκροτούν την ύλη (άτομα, μόρια, ιόντα). Όταν μηχανική ενέργεια, ή ενέργεια άλλης μορφής, μετατρέπεται σε θερμότητα, ουσιαστικά διασπείρεται σε πάρα πολλά μικροσκοπικά σώματα και είναι πάρα πολύ δύσκολο να την ξανασυγκεντρώσουμε και να την αξιοποιήσουμε (Pintó et al., 2005). Η υποβάθμιση της ενέργειας έχει σπουδαιές εφαρμογές. Παρακάτω θα εξετάσουμε μια τέτοια εφαρμογή.

Η θερμική μηχανή

Μηχανή είναι μια διάταξη η οποία μετατρέπει ενέργεια μιας μορφής σε ενέργεια άλλης (χρήσιμης) μορφής. Στη μηχανή υπάρχει πολλές φορές μια ουσία που υπόκειται σε

μεταβολές. Η ουσία αυτή, όταν υπάρχει, ονομάζεται εργαζόμενο μέσο και παράγει κάποιο έργο W . Κάθε μηχανή χαρακτηρίζεται από την (ενεργειακή) απόδοσή της.

Σχήμα 3. Θερμική μηχανή



Ο συντελεστής απόδοσης e μιας μηχανής ορίζεται ως λόγος: $e = E_A / E_B$. Επειδή χάνεται πάντα ενέργεια από το σύστημα υπό μορφή θερμότητας, αυτό έχει ως αποτέλεσμα να μην υπάρχει μηχανή με $e = 1$. Αυτή η διατύπωση αποτελεί το θερμοδυναμικό αξίωμα.

Διδακτικά εργαλεία

Το περιεχόμενο της θεματικής ενότητας υποστηρίζεται από πειράματα και επεξεργασία μετρήσεων που λαμβάνονται με το λογισμικό Tracker (Fahrnunnisa et al., 2021).

Τέλος, εισάγονται τα ενεργειακά διαγράμματα για την ενίσχυση της γραφικής αναπαράστασης της μεταφοράς ενέργειας από τη μία μορφή στην άλλη (Hertting, 2016).

Συζήτηση

Το παραπάνω ενεργειακό μοντέλο δίνει τη δυνατότητα να αναδειχθεί ο ρόλος των συντηρητικών δυνάμεων που οδηγεί στην Αρχή Διατήρησης της Μηχανικής Ενέργειας (ΑΔΜΕ) αλλά και ο ρόλος των δυνάμεων διασκορπισμού (όπως η τριβή). Η παρουσία διασκορπιστικών δυνάμεων καταλύει την ΑΔΜΕ, αλλά ταυτόχρονα, οδηγεί: (α) στην γενικότερη έκφραση της Αρχής Διατήρησης της Ενέργειας (ΑΔΕ) (Seeley et al., 2019) και (β) στην υποβάθμιση της ενέργειας, δηλαδή τη μετατροπή της ενέργειας σε μη αξιοποιήσιμες μορφές (Daane et al., 2015).

Το περιεχόμενο της θεματικής ενότητας, όπως αναπτύχθηκε στην παραπάνω ενότητα, παρουσιάζει τις παρακάτω διαφορές σε σχέση με τη συνήθη προσέγγιση των σχολικών εγχειριδίων: (α) Εισάγει το έργο ανεξάρτητα από την ενέργεια, και μάλιστα προτάσσει την ενέργεια και στη συνέχεια πραγματεύεται το έργο. (β) Ελαχιστοποιεί τη χρήση του όρου 'μετατροπή ενέργειας' εστιάζοντας κυρίως στη μεταφορά ενέργειας μεταξύ των πηγών της. (γ) Υποβιβάζει το θεώρημα έργου-κινητικής ενέργειας ή θεώρημα μεταβολής της κινητικής ενέργειας, θεωρώντας το μια απλή δυναμική σχέση, ή οποία μάλιστα εφαρμόζεται πολύ δύσκολα στις περιπτώσεις που υπάρχουν τριβές ή αντιστάσεις (Tang et al., 2011) (δ) Αναδεικνύει την ΑΔΕ ως το πλαίσιο για την κατανόηση της ενέργειας, και μάλιστα ολοκληρώνει το πεδίο εφαρμογής της φθάνοντας στη γενικότερη μορφή της, τον 1^ο και 2^ο θερμοδυναμικό νόμο και τις τεχνολογικές εφαρμογές τους, μέσα από τη μελέτη της κίνησης μακροσκοπικών σωμάτων, χωρίς να απαιτηθεί η αναφορά σε αέρια, κάτι που είναι η συνήθης πρακτική των σχολικών εγχειριδίων όσον αφορά την παρουσίαση του 1^{ου} και 2^{ου} θερμοδυναμικού νόμου. Με τον τρόπο αυτό αναμένουμε οι μαθητές/τριες να έχουν μία πλήρη εικόνα της ενέργειας και των τεχνολογικών εφαρμογών της ήδη από το μάθημα της Φυσικής της Α' Λυκείου.

Βιβλιογραφία

ΦΕΚ Πρόγραμμα σπουδών Φυσικής, Ανακτήθηκε στις 23-12-2022 από:

<https://dide.lef.sch.gr/2021/12/02/fek-nea-programmata-spoudon-gymnasia-lykeia/>

American Association for the Advancement of Science (AAAS). (1993). *Benchmarks for science literacy*. New York: Oxford University Press. Ανακτήθηκε στις 28/5/2025, από:

<https://www.project2061.org/publications/bsl/online/index.php>

- Chen, R. F., Eisenkraft, A., Fortus, D., Krajcik, J., Neumann, K., Nordine, J., & Scheff, A. (Eds.). (2014). *Teaching and learning of energy in K-12 education*. Cham: Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-05017-1>
- Chong, Z. (2024). A Qualitative Analysis of Simple Harmonic Motion. *The Physics Teacher*, 62(3), 199-201. <https://doi.org/10.1119/5.0127378>
- Daane, A. R., McKagan, S. B., Vokos, S., & Scherr, R. E. (2015). Energy conservation in dissipative processes: Teacher expectations and strategies associated with imperceptible thermal energy. *Physical Review Special Topics-Physics Education Research*, 11(1), 010109. <https://doi.org/10.1103/PhysRevSTPER.11.010109>
- Fahrnunisa, S. A., Rismawati, Y., Sinaga, P., & Rusdiana, D. (2021). Experiments of the law of conservation of mechanical energy using video tracker in high school learning. Στο *Journal of Physics: Conference Series* (τ. 1806, 1, 012035). IOP Publishing. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1806/1/012035>
- Feynman, P. R. (1998). *Six easy pieces*. California: Institute of Technology.
- Glynn, S. M. (2012). Explaining science concepts: A teaching-with-analogies model. Στο *The psychology of learning science*, σσ. 219-240. Routledge. ISBN9780203052396
- Hertting, S. (2016). Energy Blocks—A Physical Model for Teaching Energy Concepts. *The Physics Teacher*, 54(1), 31-33.
- Hewitt P. G. (2009). *Conceptual physics*. 10^η έκδ. Pearson, San Francisco. ISBN 978-0321100528
- Inzunza, E. R. (2020). Reconsidering the use of the passive voice in scientific writing. *The American Biology Teacher*, 82(8), 563-565. <https://doi.org/10.1525/abt.2020.82.8.563>
- Kubsch, M., Opitz, S., Nordine, J., Neumann, K., Fortus, D., & Krajcik, J. (2021). Exploring a pathway towards energy conservation through emphasizing the connections between energy, systems, and fields. *Disciplinary and Interdisciplinary Science Education Research*, 3, 1-18. <https://doi.org/10.1186/s43031-020-00030-7>
- Lee, H. S., Liu, O.L. (2009). Assessing Learning Progression of Energy Concepts Across Middle School Grades: The Knowledge Integration Perspective. *Science Education*, 94(4), 665-686. <https://doi.org/10.1002/sce.20382>
- Lindsay, R. B. (Επιμ.). (1975). *Energy: historical development of the concept*. New York: Dowden, Hutchinson, & Ross. ISBN 978-0470538814
- Lindsey, B. A., Heron, P. R., & Shaffer, P. S. (2012). Student understanding of energy: Difficulties related to systems. *American Journal of Physics*, 80(2), 154-163. <https://doi.org/10.1119/1.3660661>
- National Research Council (NRC). (1996). *National Science Education Standards*. Washington, DC: National Academy Press. ISBN 978-0-309-05326-6
- Nordine, J., Fortus, D., Lehavi, Y., Neumann, K., & Krajcik, J. (2018). Modelling energy transfers between systems to support energy knowledge in use. *Studies in Science Education*, 54(2), 177-206. <https://doi.org/10.1080/03057267.2018.1598048>
- Pantidos, P., & Givry, D. (2021). A semiotic approach for the teaching of energy: linking mechanical work and heat with the world of objects and events. *Review of Science, Mathematics and ICT Education*, 15(2), 5-30. <https://doi.org/10.26220/rev.3563>
- Pintó, R., Couso, D., & Gutierrez, R. (2005). Using research on teachers' transformations of innovations to inform teacher education. The case of energy degradation. *Science education*, 89(1), 38-55. <https://doi.org/10.1002/sce.20042>
- Seeley, L., Vokos, S., & Etkina, E. (2019). Examining physics teacher understanding of systems and the role it plays in supporting student energy reasoning. *American Journal of Physics*, 87(7), 510-519. <https://doi.org/10.1119/1.5110663>
- Tang, K. S., Tan, S. C., & Yeo, J. (2011). Students' multimodal construction of the work-energy concept. *International Journal of Science Education*, 33(13), 1775-1804. <https://doi.org/10.1080/09500693.2010.508899>
- Tobin, R. G., Crissman, S., Doubler, S., Gallagher, H., Goldstein, G., Lacy, S., (2011). Teaching Teachers About Energy: Lessons from an Inquiry-Based Workshop for K-8 Teachers. *Journal of Science Education and Technology* 21(5), 631-639. <https://doi.org/10.1007/s10956-011-9352-x>
- Urone, P. P., & Hinrichs, R. (2012). Gravitational Potential Energy. *ISP209: The Mystery of the Physical World*. Ανακτήθηκε στις 28/5/2025, από: <https://openbooks.lib.msu.edu/collegephysics/chapter/gravitational-potential-energy>
- Warren, J. W. (1983). Energy and Its Carriers: A Critical Analysis. *Physics Education*, 18(5), 209-12. <https://doi.org/10.1088/0031-9120/18/5/306>