

Το Πιεζοηλεκτρικό Φαινόμενο ως Εργαλείο Βιωματικής Μάθησης στη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση

Ευθυμία Αρβανίτου¹, Νικόλαος Βλαχοστέργιος² και Χαρίτων Πολάτογλου³

¹ΠΜΣ «Διδακτική της Φυσικής και Εκπαιδευτική Τεχνολογία»,

²Μεταπτυχιακός Φοιτητής ΠΜΣ «Διδακτική της Φυσικής και Εκπαιδευτική Τεχνολογία»,

^{1,2}Τμήμα Φυσικής, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

³Ομότιμος Καθηγητής, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

¹*efarvanit@physics.auth.gr*

Περίληψη

Η παρούσα εργασία παρουσιάζει μια διδακτική πρόταση για την εισαγωγή μαθητών δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης στη χρήση του πιεζοηλεκτρικού φαινομένου για τη συγκομιδή ενέργειας. Με συνδυασμό της μάθησης μέσω έργων (Project – Based Learning – PBL) και του μοντέλου Predict – Observe – Explain (POE), οι μαθητές διερευνούν πειραματικά το φαινόμενο, αναπτύσσουν κυκλώματα και συνδέουν τη θεωρία με εφαρμογές καθημερινής ζωής. Η πρόταση προάγει την ενεργή συμμετοχή, την κατανόηση θεμελιωδών επιστημονικών εννοιών και την ανάπτυξη δεξιοτήτων, όπως η κριτική σκέψη και η επίλυση προβλημάτων. Το πιεζοηλεκτρικό φαινόμενο αναδεικνύεται ως χρήσιμο αντικείμενο εκπαίδευσης για τη βιώσιμη ανάπτυξη και τη διαχείριση ενέργειας.

Λέξεις κλειδιά: βιωσιμότητα, μάθηση μέσω έργων, πιεζοηλεκτρικό φαινόμενο, συγκομιδή ενέργειας

The Piezoelectric Phenomenon as a Tool for Experiential Learning in Secondary Education

Efthymia Arvanitou¹, Nikolaos Vlachostergios² and Chariton Polatoglou³

¹PGS “Didactics of Physics and Educational Technology”,

²Post Graduate Student, PGS “Didactics of Physics and Educational Technology”,

^{1,2}School of Physics, Aristotle University of Thessaloniki

³Emeritus Professor, Aristotle University of Thessaloniki

¹*efarvanit@physics.auth.gr*

Abstract

This paper presents a teaching proposal for introducing secondary education students to the use of the piezoelectric phenomenon for energy harvesting. By combining Project – Based Learning (PBL) with the Predict – Observe – Explain (POE) model, students experimentally investigate the phenomenon, develop circuits, and connect theoretical concepts with real-life applications. The proposed approach fosters active engagement, enhances the understanding of fundamental scientific principles, and cultivates essential skills such as critical thinking and problem-solving. The piezoelectric phenomenon is highlighted as a valuable educational subject for promoting sustainable development and energy management.

Keywords: energy harvesting, piezoelectric effect, project-based learning, sustainability

Εισαγωγή

Η βιώσιμη ανάπτυξη και η διαχείριση της ενέργειας αποτελούν βασικά ζητήματα της σύγχρονης εποχής. Η συγκομιδή ενέργειας μέσω του πιεζοηλεκτρικού φαινομένου, το οποίο μετατρέπει τη μηχανική τάση σε ηλεκτρική ενέργεια, εντάσσεται στις τεχνολογίες αιχμής που προάγουν την αειφορία (Beeby et al., 2006). Παράλληλα, η εκπαίδευση καλείται να ενισχύσει την επιστημονική κατάρτιση και την περιβαλλοντική ευαισθητοποίηση των μαθητών μέσω καινοτόμων διδακτικών μεθόδων. Στην παρούσα εργασία παρουσιάζεται μια διδακτική πρόταση για μαθητές Β' Λυκείου, η οποία συνδυάζει το πιεζοηλεκτρικό φαινόμενο με τη μάθηση μέσω έργων (Project – Based Learning - PBL) και το μοντέλο Predict – Observe – Explain (POE), ώστε να αναδειχθούν οι πρακτικές και εκπαιδευτικές εφαρμογές αυτής της τεχνολογίας.

Θεωρητικό πλαίσιο

Το πιεζοηλεκτρικό φαινόμενο ανακαλύφθηκε το 1880 από τους αδελφούς Curie και βασίζεται στη δημιουργία διαφοράς δυναμικού στην επιφάνεια ενός υλικού υπό την επίδραση μηχανικής τάσης (Manbachi & Cobbold, 2011). Η υψηλή αποδοτικότητα υλικών όπως ο χαλαζίας και το κεραμικό PZT στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, τα καθιστούν ιδανικά για εφαρμογές που απαιτούν αυτονομία ενέργειας (Mason, 1981; Mishra et al., 2019). Οι εφαρμογές του πιεζοηλεκτρισμού είναι ποικίλες, από αισθητήρες σε ιατρικές και βιομηχανικές συσκευές, έως την ενσωμάτωσή του σε φορητές τεχνολογίες και συστήματα συλλογής ενέργειας από δονήσεις ή ανθρώπινες κινήσεις (Beeby et al., 2006). Η δυνατότητα ενσωμάτωσής του σε μικροηλεκτρομηχανικά συστήματα (MEMS), το καθιστά κρίσιμο στοιχείο της βιώσιμης τεχνολογίας. Οι προσπάθειες αξιοποίησης του πιεζοηλεκτρικού φαινομένου, ιδιαίτερα για την τροφοδότηση δικτύων αισθητήρων, συμβάλλουν στη μείωση της εξάρτησης από μπαταρίες, προωθώντας παράλληλα την περιβαλλοντική βιωσιμότητα (Kazmierski & Beeby, 2011).

Η μέθοδος Project -Based Learning (PBL), σύμφωνα με τους Bransford et al. (2000), ενθαρρύνει την ενεργή συμμετοχή των μαθητών μέσω αυθεντικών προβλημάτων, που συνδέονται με καθημερινά ζητήματα, προάγοντας παράλληλα τη συνεργασία και την κριτική σκέψη. Αντίστοιχα, το εκπαιδευτικό μοντέλο Predict – Observe – Explain (POE), περιλαμβάνει τρεις φάσεις: πρόβλεψη, παρατήρηση και εξήγηση, διευκολύνοντας την κατανόηση επιστημονικών εννοιών μέσω πειραματικών δραστηριοτήτων (Nurrahmah & Widyaningrum, 2023). Η αξιοποίηση από κοινού των δύο μεθόδων συνδυάζει τη διερεύνηση, τη συνεργασία και την επίλυση προβλημάτων, δημιουργώντας ένα μαθησιακό περιβάλλον που προάγει τον επιστημονικό εγγραμματισμό. Το πλαίσιο αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό για την εκπαίδευση στις φυσικές επιστήμες, καθώς οι μαθητές καλούνται να συνδέσουν τη θεωρία με την πράξη, να κατανοήσουν πολυδιάστατα φαινόμενα, όπως το πιεζοηλεκτρικό, και να αναπτύξουν δεξιότητες απαραίτητες για τον 21^ο αιώνα (Geisinger, 2016).

Με βάση τα παραπάνω προκύπτει το ερευνητικό ερώτημα: Πώς μπορούν να αξιοποιηθούν η διδακτική μέθοδος PBL και το μοντέλο POE για τον σχεδιασμό μιας σειράς δραστηριοτήτων που εισάγουν τους μαθητές της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης στο πιεζοηλεκτρικό φαινόμενο και τις εφαρμογές του στη βιώσιμη ανάπτυξη;

Μεθοδολογία

Η δόμηση των δραστηριοτήτων βασίστηκε στο PBL και το μοντέλο POE. Οι δραστηριότητες σχεδιάστηκαν ώστε να εμπλέκουν τους μαθητές στη διερεύνηση του πιεζοηλεκτρικού φαινομένου μέσω κατασκευών και πειραματισμών. Τα υλικά που χρησιμοποιούνται είναι raster, λαμπτήρες LED, πιεζοηλεκτρικά στοιχεία, βολτόμετρο, πυκνωτής, δίοδος, καθώς και υποστηρικτικά εργαλεία όπως φύλλο εργασίας, παρουσίαση PowerPoint, και η προσομοίωση PhET Circuit Construction Kit. Βασικός διδακτικός σκοπός είναι η σύνδεση της θεωρίας με

την πράξη μέσω δραστηριοτήτων που ενσωματώνουν στοιχεία φυσικής, ηλεκτρονικής και μηχανικής. Αυτό επιτυγχάνεται μέσω πειραμάτων που περιλαμβάνουν την κατασκευή κυκλωμάτων και την αποθήκευση ενέργειας, αξιοποιώντας συσκευές όπως η δίοδος και ο πυκνωτής.

Διδακτικοί στόχοι

Οι διδακτικοί στόχοι της πρότασης διαρθρώνονται σε διακριτά στάδια. Αρχικά, οι μαθητές εξοικειώνονται με βασικά στοιχεία ηλεκτρονικής, όπως το raster, το LED, η δίοδος και ο πυκνωτής. Στη συνέχεια, διερευνούν το πιεζοηλεκτρικό φαινόμενο, εμβαθύνοντας στην κατανόηση των φυσικών αρχών που το διέπουν. Ακολουθεί η ανάλυση της διαδικασίας συγκομιδής ενέργειας μέσω του φαινομένου, προκειμένου να κατανοήσουν τον τρόπο μετατροπής της μηχανικής ενέργειας σε ηλεκτρική. Τέλος, οι μαθητές εφαρμόζουν τις γνώσεις τους στην πράξη, κατασκευάζοντας κύκλωμα που αξιοποιεί την κινητική ενέργεια του βαδίσματος για συγκομιδή ενέργειας.

Αποτελέσματα

Σε αντιστοιχία με τους διδακτικούς στόχους, σχεδιάστηκαν τέσσερις διαδοχικές δραστηριότητες που βασίζονται στην πειραματική διερεύνηση.

Εξοικείωση με τον εξοπλισμό

Οι μαθητές καλούνται να κατασκευάσουν ένα απλό κύκλωμα για την τροφοδότηση ενός LED, με στόχο την εισαγωγή στις βασικές αρχές της ηλεκτρονικής. Μέσω αυτής της δραστηριότητας, ενθαρρύνονται να αποκτήσουν βασικές δεξιότητες στη συναρμολόγηση κυκλωμάτων και στη χρήση εργαλείων.

Διερεύνηση του πιεζοηλεκτρικού φαινομένου

Οι μαθητές καλούνται να συνδέσουν ένα βολτόμετρο με πιεζοηλεκτρικό στοιχείο, ώστε να παρατηρήσουν τη διαφορά δυναμικού που δημιουργείται από την εφαρμογή μηχανικής τάσης. Με βάση τις παρατηρήσεις τους, συμμετέχουν σε συζήτηση για την ερμηνεία των αποτελεσμάτων, ενσωματώνοντας σχετικές θεωρητικές έννοιες.

Αποθήκευση ενέργειας

Οι μαθητές καλούνται να κατασκευάσουν κύκλωμα που περιλαμβάνει πυκνωτή και δίοδο, διερευνώντας πειραματικά την αναγκαιότητα της αποθήκευσης ενέργειας από το πιεζοηλεκτρικό στοιχείο. Επιπλέον, χρησιμοποιούν την προσομοίωση για την κατανόηση της λειτουργίας της δίοδου και της σημασίας της μετατροπής εναλλασσόμενου ρεύματος σε συνεχές.

Τελικό έργο: Κατασκευή κυκλώματος και τροφοδότηση του λαμπτήρα LED από το βάδισμα

Τέλος, οι μαθητές καλούνται να δημιουργήσουν ένα κύκλωμα με πιεζοηλεκτρικό στοιχείο, πυκνωτή και δίοδο, το οποίο μπορεί να τροφοδοτήσει λαμπτήρες LED. Παράλληλα, συμμετέχουν σε συζήτηση με καταιγισμό ιδεών για πιθανές εφαρμογές, όπως η συγκομιδή ενέργειας από δονήσεις ή ανθρώπινη κίνηση.

Αναμενόμενα αποτελέσματα

Μετά την ολοκλήρωση των δραστηριοτήτων, οι μαθητές αναμένεται να έχουν κατανοήσει τη λειτουργία και τη χρησιμότητα κάθε στοιχείου του κυκλώματος, συμπεριλαμβανομένου του πιεζοηλεκτρικού στοιχείου, της δίοδου, του πυκνωτή και του LED. Παράλληλα, θα πρέπει να είναι σε θέση να εξηγήσουν την έννοια της συγκομιδής ενέργειας, εστιάζοντας στις βασικές αρχές που τη διέπουν. Επιπλέον, αναμένεται να κατανοήσουν τον μηχανισμό λειτουργίας του πιεζοηλεκτρικού φαινομένου και τον τρόπο με τον οποίο η μηχανική ενέργεια μετατρέπεται σε ηλεκτρική. Τέλος, οι μαθητές θα πρέπει να μπορούν να προτείνουν εφαρμογές του φαινομένου στην καθημερινή ζωή, αναδεικνύοντας τη σημασία του για τη βιώσιμη διαχείριση της ενέργειας.

Συμπεράσματα

Η παρούσα εργασία παρουσιάζει το σχεδιασμό μιας καινοτόμου διδακτικής προσέγγισης για τη δευτεροβάθμια εκπαίδευση, που συνδυάζει το πιεζοηλεκτρικό φαινόμενο με τις μεθόδους PBL και POE. Στόχος είναι η ενεργή εμπλοκή των μαθητών, καλλιεργώντας δεξιότητες όπως η κριτική σκέψη, η συνεργασία και η επίλυση προβλημάτων, παράλληλα με την κατανόηση θεμελιωδών επιστημονικών εννοιών.

Η σύνδεση της τεχνολογίας με την καθημερινή ζωή και η έμφαση στη βιωσιμότητα καθιστούν το πιεζοηλεκτρικό φαινόμενο δόκιμο διδακτικό αντικείμενο για τις φυσικές επιστήμες. Ο στόχος της εργασίας είναι οι μαθητές, μέσα από την ανάπτυξη πρακτικών δεξιοτήτων και την κατανόηση της σημασίας της τεχνολογίας στη διαχείριση ενεργειακών πόρων, να διαμορφωθούν ως επιστημονικά ενημερωμένοι πολίτες του αύριο (Geisinger, 2016· Mishra et al., 2019).

Βιβλιογραφία

- Beeby, S. P., Tudor, M. J., & White, N. M. (2006). Energy harvesting vibration sources for microsystems applications. *Measurement Science and Technology*, 17(12), R175. <https://doi.org/10.1088/0957-0233/17/12/R01>
- Bransford, J. D., Brown, A. L., & Cocking, R. R. (Eds.). (2000). *How people learn* (Vol. 11). Washington, DC: National Academy Press. ISBN 978-0-309-07036-2.
- Geisinger, K. F. (2016). 21st century skills: What are they and how do we assess them?. *Applied measurement in education*, 29(4), 245-249. <https://doi.org/10.1080/08957347.2016.1209207>
- Kazmierski, T. J., & Beeby, S. (2011). *Energy harvesting systems: Principles, modeling and applications*. Springer. ISBN 978-1-4419-7565-2.
- Manbachi, A., & Cobbold, R. S. (2011). Development and application of piezoelectric materials for ultrasound generation and detection. *Ultrasound*, 19(4), 187-196. <https://doi.org/10.1258/ult.2011.011027>
- Mason, W. P. (1981). Piezoelectricity, its history and applications. *The journal of the Acoustical Society of America*, 70(6), 1561-1566. <https://doi.org/10.1121/1.387221>
- Mishra, S., Unnikrishnan, L., Nayak, S. K., & Mohanty, S. (2019). Advances in piezoelectric polymer composites for energy harvesting applications: a systematic review. *Macromolecular Materials and Engineering*, 304(1), 1800463. <https://doi.org/10.1002/mame.201800463>