

«Εύρηκα!»: Πώς μία Εκδοχή της Ανακάλυψης του Αρχιμήδη Μπορεί να Βοηθήσει τους Μαθητές Α΄ Γυμνασίου στην Κατανόηση της Πυκνότητας Υλικών

Βικτώρια Ε. Χριστοδούλου¹ και Κωνσταντίνος Θ. Κώτσης²

¹Εκπαιδευτικός, Υποψήφια Διδάκτορας, ²Καθηγητής,
Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων
¹*vi.christodoulou@uoi.gr*, ²*kkotsis@uoi.gr*

Περίληψη

Το περιστατικό όπου ο Αρχιμήδης φώναξε ενθουσιασμένος "Εύρηκα!" επειδή βρήκε τη λύση στο πρόβλημα της γνησιότητας του χρυσού στέμματος του βασιλιά, είναι ένα από τα πιο διάσημα στην Ιστορία της Επιστήμης. Οι ιστορικές καταγραφές επιτρέπουν να διατυπωθούν διαφορετικές εκδοχές για την ακριβή μέθοδο που ακολούθησε ο Αρχιμήδης για να λύσει το πρόβλημα. Στα ελληνικά σχολικά βιβλία γυμνασίου, το περιστατικό παρουσιάζεται μόνο στη Φυσική Β΄ τάξης, στην ενότητα της άνωσης. Στην παρούσα εργασία προτείνεται η αξιοποίηση του ιστορικού γεγονότος στη διδασκαλία του μαθήματος Φυσικής Α΄ γυμνασίου, συγκεκριμένα στην εργαστηριακή διαδικασία μέτρησης όγκου στερεών σωμάτων και στην έννοια της πυκνότητας υλικών, που αποτελούν εφαρμογές μίας εκδοχής της μεθόδου που επινόησε ο Αρχιμήδης.

Λέξεις Κλειδιά: φυσική γυμνασίου, πυκνότητα υλικών, μέτρηση όγκου, νόμος άνωσης

How a Historical Interpretation of Archimedes' Discovery Can Help First-Year Gymnasium Students Understand Density of Materials

Victoria E. Christodoulou¹ and Konstantinos T. Kotsis²

¹Secondary School Teacher, PhD Candidate, ²Professor,
Department of Primary School Education, University of Ioannina
¹*vi.christodoulou@uoi.gr*, ²*kkotsis@uoi.gr*

Abstract

The incident in which Archimedes enthusiastically exclaimed 'Eureka' upon discovering the solution to the problem of the authenticity of the king's gold crown is one of the most famous in the history of science. Historical records allow for different interpretations regarding the exact method Archimedes used to solve the problem. In Greek Gymnasium textbooks, this historical event is mentioned only in the physics curriculum of the second grade of Gymnasium, within the unit on buoyancy. The present study proposes the integration of this historical event into the teaching of First-Year Gymnasium Physics, specifically in the laboratory process of measuring the volume of solid objects and in introducing the concept of material density—both of which constitute applications of one version of the method Archimedes devised.

Keywords: school physics, density of materials, measurement of volume, law of buoyancy

Εισαγωγή

Προσεγγίζουμε εκπαιδευτικά ένα από τα πιο διάσημα γεγονότα στην Ιστορία των Φυσικών Επιστημών, την επινόηση μίας νέας πειραματικής μεθόδου από τον Αρχιμήδη, που τον οδήγησε να διαπιστώσει ότι το χρυσό στέμμα του βασιλιά ήταν νοθευμένο και να αναφωνήσει «Εύρηκα!». Στα ελληνικά σχολικά βιβλία γυμνασίου (Αντωνίου κ.ά., 2008α) και σύμφωνα με τις ισχύουσες οδηγίες διδασκαλίας (Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής [ΙΕΠ], 2023), γίνεται αναφορά στο περιστατικό μόνο στα βιβλία Φυσικής Β' τάξης γυμνασίου, στην ενότητα της άνωσης. Στην παρούσα εργασία παρατίθενται οι λόγοι για τους οποίους η αξιοποίηση του ιστορικού γεγονότος κρίνεται ωφέλιμη κατά τη διδασκαλία της Φυσικής στην Α' τάξη γυμνασίου και συγκεκριμένα στην εργαστηριακή (πειραματική) μέτρηση όγκου στερεών σωμάτων και στη διδασκαλία της έννοιας της πυκνότητας.

Θεωρητικό Πλαίσιο

Σύμφωνα με τον Vitruvius Pollio (1ος αιώνας π.Χ.) (όπως αναφέρεται στο Morgan, 1914), ο βασιλιάς των Συρακουσών Ιέρωνας ΙΙ, επιθυμώντας να αφιερώσει ευχαριστήρια θυσία στους θεούς, ανέθεσε σε ένα τεχνίτη να κατασκευάσει ένα αντικείμενο από καθαρό χρυσό, δίνοντάς του την ποσότητα του χρυσού που θα χρησιμοποιούσε. Οι Costanti (2010) και Kuroki (2010) προσδιορίζουν το αντικείμενο ως ένα στεφάνι, ως ακριβέστερη περιγραφή συγκριτικά με ένα στέμμα. Ο τεχνίτης παρέδωσε ένα μοναδικό έργο τέχνης, όμως, παρά το ότι το στεφάνι ζύγιζε όσο ακριβώς έπρεπε, τέθηκε ο προβληματισμός εάν ήταν πράγματι κατασκευασμένο εξ ολοκλήρου από καθαρό χρυσό ή αν είχε νοθευτεί με άλλα, πιο ευτελή μέταλλα. Ο βασιλιάς ανέθεσε στον Αρχιμήδη να διαπιστώσει, χωρίς όμως να το αλλοιώσει, εάν το αντικείμενο ήταν νοθευμένο. Ο Αρχιμήδης βρήκε τη λύση όντας στα λουτρά και βγήκε στους δρόμους των Συρακουσών φωνάζοντας ενθουσιασμένος «Εύρηκα!».

Αυτή η ιστορία είναι κοινώς αποδεκτή μεταξύ των ακαδημαϊκών μελετητών και διάσημη στους μη επιστήμονες (Costanti, 2010). Ωστόσο, διατυπώνονται διαφορετικές απόψεις σχετικά με το ποια ακριβώς ήταν η μέθοδος που ακολούθησε ο Αρχιμήδης για διαπιστώσει εάν το χρυσό στεφάνι ήταν νοθευμένο.

Η πρώτη εκδοχή καταγράφεται από τον Pollio (1ος αιώνας π.Χ.) (Morgan, 1914). Σύμφωνα με αυτή, ο Αρχιμήδης αρχικώς επινόησε τρόπο να μετρήσει πειραματικά τον όγκο αντικειμένου τυχαίου σχήματος, βυθίζοντας το αντικείμενο σε ένα δοχείο γεμάτο με νερό και μετρώντας τον όγκο του εκτοπισμένου νερού. Στη συνέχεια εξήγαγε συμπεράσματα που σχετίζονται με το φυσικό μέγεθος της πυκνότητας υλικών, και τα αξιοποίησε για να διαπιστώσει εάν το στεφάνι ήταν φτιαγμένο από καθαρό χρυσό. Συγκεκριμένα, βασίστηκε στο ότι ίσες ποσότητες αντικειμένων κατασκευασμένων από διαφορετικά υλικά καταλαμβάνουν διαφορετικούς όγκους. Σύγκρινε τον όγκο του στεφανιού με τον όγκο ίσης ποσότητας από καθαρό χρυσάφι και τον όγκο ίσης ποσότητας από καθαρό ασήμι, πραγματοποιώντας διαδοχικές βυθίσεις σε δοχείο με νερό. Από τη διαδικασία διαπίστωσε ότι το υπό μελέτη στεφάνι εκτόπιζε μεγαλύτερο όγκο από τον όγκο αντικειμένου φτιαγμένο από καθαρό χρυσό, συνεπώς είχε νοθευτεί.

Σύμφωνα με τη δεύτερη εκδοχή, την οποία αναπτύσσει ο Galileo Galilei στο έργο του *A Little Balance* (Fermi & Bernardini, 2003), ο Αρχιμήδης φώναξε «Εύρηκα!» επειδή ανακάλυψε το Νόμο της Άνωσης (ή την αρχή του Αρχιμήδη) ως μέθοδο για να διαπιστώσει εάν το στεφάνι ήταν νοθευμένο. Συγκεκριμένα, ο Αρχιμήδης συνέδεσε τα φυσικά μεγέθη και τις έννοιες: άνωση, βάρος εκτοπιζόμενου υγρού κατά τη βύθιση σώματος σε υγρό, ισορροπία σωμάτων σε ζυγό, και αξιοποίησε πειραματικές μεθόδους και διατάξεις. Η δεύτερη αυτή ερμηνεία απαιτεί πολύ πιο σύνθετη σκέψη, συνδυασμό εννοιών και αξιοποίηση εργαστηριακών μεθόδων. Ο Galilei μάλιστα προκρίνει τη συγκεκριμένη εκδοχή ως τη μέθοδο που ακολούθησε ο Αρχιμήδης, ακριβώς επειδή την αξιολογεί ως αντάξια του μεγαλείου του ιδιοφυούς εφευρέτη (Fermi & Bernardini, 2003).

Επειδή δεν διασώζεται κάποιο έργο του Αρχιμήδη με (άμεση) περιγραφή του γεγονότος και της μεθόδου που ο εφευρέτης ακολούθησε, δεν γνωρίζουμε ποια εκδοχή είναι η πραγματική.

Διδακτική Πρόταση

Τα σχολικά εγχειρίδια Φυσικών Επιστημών του ελληνικού γυμνασίου και οι ισχύουσες οδηγίες διδασκαλίας (ΙΕΠ, 2024), αξιοποιούν την ιστορία του χρυσού «στέμματος» στο μάθημα Φυσικής β' τάξης γυμνασίου, στην ενότητα της άνωσης (Αντωνίου κ.ά., 2008α), ως έναυσμα για περαιτέρω μελέτη και συλλογή πληροφοριών. Στο κείμενο του σχολικού βιβλίου (ενότητα 4.5) αναφέρεται ότι όταν ο εφευρέτης έλυσε το πρόβλημα, διατύπωσε την αρχή του Αρχιμήδη (Αντωνίου κ.ά., 2008α). Παράλληλα, στο πρόγραμμα σπουδών (ΙΕΠ, 2023) το ιστορικό πείραμα «Εύρηκα!» προτείνεται ως ενδεικτική δραστηριότητα κατά το στάδιο του προβληματισμού-συζήτησης της μαθησιακής διαδικασίας. Συνεπώς, στα παραπάνω υποστηρίζεται η δεύτερη εκδοχή της πειραματικής μεθόδου που ακολούθησε ο Αρχιμήδης. Η επιλογή της εκδοχής αυτής είναι αιτιολογημένη, καθώς προσφέρει χρήσιμες διασυνδέσεις με τις διδακτέες έννοιες της ενότητας (ρευστά, άνωση, αρχή του Αρχιμήδη).

Ωστόσο, το ιστορικό γεγονός και ειδικά η πρώτη εκδοχή της πειραματικής μεθόδου του Αρχιμήδη, όπως περιγράφεται από τον Pollio (1ος αιώνας π.Χ.) (Morgan, 1914), μπορεί να αξιοποιηθεί διδακτικά στη Φυσική Α' τάξης γυμνασίου, διότι αποτελεί άμεση εφαρμογή εννοιών και πειραματικών διαδικασιών της διδακτέας ύλης της Φυσικής Α' τάξης (ΙΕΠ, 2024). Συγκεκριμένα, συνδέεται άμεσα με (α) την εργαστηριακή διαδικασία μέτρησης όγκου σωμάτων και (β) την έννοια της πυκνότητας υλικών.

Η αξιοποίηση του προβλήματος εξυπηρετεί τους στόχους που έχουν οριστεί από το πρόγραμμα σπουδών για την Α' γυμνασίου (ΙΕΠ, 2023), σε αντιστοιχία με τα παραπάνω: Ως προς το πρώτο σημείο, εξυπηρετεί τους στόχους ανάπτυξης πειραματικών δεξιοτήτων και εξοικείωσης με το εργαστήριο. Ως προς το δεύτερο σημείο, σε επίπεδο γνώσεων, οι μαθητές ενισχύονται στο «να αναγνωρίζουν την πυκνότητα ως χαρακτηριστική ιδιότητα των υλικών», (που αποτελεί προσδοκώμενο αποτέλεσμα) και αποκτούν τα εργαλεία ώστε να μπορούν να «ταυτοποιήσουν υλικά με βάση την πυκνότητα», το οποίο επίσης προτείνεται από το πρόγραμμα σπουδών (ΙΕΠ, 2023).

Η υπό μελέτη πειραματική μέθοδος έχει ιδιαίτερη αξία διότι αποτελείται από απλά και πραγματοποιήσιμα (στο σχολικό πλαίσιο) βήματα. Οι μαθητές μπορούν να ακολουθήσουν διαδικασία αντίστοιχη με αυτή που επινόησε ο Αρχιμήδης αλλά και να εξάγουν συμπεράσματα για την εφαρμογή επιστημονικών μεθόδων στην καθημερινή ζωή.

Στα μαθησιακά οφέλη από την ένταξη του ιστορικού πειράματος στη διδακτική πράξη, προστίθεται η διασύνδεση της σχολικής ύλης με την ιστορία των φυσικών επιστημών (ΙΕΠ, 2023) και αλλά και με τις εφευρέσεις του Αρχιμήδη, του οποίου η προσωπικότητα ως εφευρέτη και σοφού της αρχαιότητας έχει ενδιαφέρον για τους ελληνόφωνους αλλά και όλους τους μαθητές.

Τα παραπάνω ευνοούν την προσέλκυση του ενδιαφέροντος των μαθητών στη μαθησιακή διαδικασία και την αύξηση της ενεργού συμμετοχής τους.

Πορεία Διδακτικής Παρέμβασης

Προτείνεται να ενταχθούν οι υποενότητες της σχολικής ύλης Α' τάξης: (α) εργαστηριακή μέτρηση όγκου στερεών σωμάτων και (β) πυκνότητα ως χαρακτηριστική ιδιότητα των υλικών, σε μία ενιαία ενότητα με άξονα το πρόβλημα που αντιμετώπισε ο Αρχιμήδης και τον τρόπο λύσης που ανέπτυξε. Η διδακτική παρέμβαση έχει διάρκεια δύο διδακτικών ωρών. Κατά την πρώτη ώρα πραγματοποιείται η πειραματική (εργαστηριακή) άσκηση μέτρησης όγκου στερεών σωμάτων με τυχαίο σχήμα (Αντωνίου κ.ά., 2008β· ΙΕΠ, 2024), δομημένη στο γεγονός ότι ο Αρχιμήδης ήταν ο πρώτος που επινόησε την διαδικασία αυτή. Κατά τη δεύτερη ώρα προσεγγίζεται (αρχικά εννοιολογικά και στη συνέχεια εργαστηριακά) ότι σώματα ίσης μάζας αλλά διαφορετικού υλικού καταλαμβάνουν διαφορετικούς όγκους, το οποίο αποτελεί

τον πυρήνα της λύσης που έδωσε ο Αρχιμήδης στο πρόβλημα του χρυσού στέμματος. Δίνεται έμφαση στο να εξαχθούν συμπεράσματα για την πυκνότητα ως χαρακτηριστική ιδιότητα των υλικών. Η ενότητα ολοκληρώνεται με συζήτηση για το πώς ο Αρχιμήδης έκανε την ταυτοποίηση του υλικού του στέμματος και με τη γενίκευση των συμπερασμάτων.

Συμπεράσματα

Στην παρούσα εργασία προτείνεται να αξιοποιηθεί μία εκδοχή της πειραματικής μεθόδου που ανακάλυψε ο Αρχιμήδης όταν αναφώνησε «Εύρηκα!», στη διδασκαλία εννοιών της Φυσικής Α΄ τάξης γυμνασίου. Το ιστορικό πείραμα προτείνεται να αποτελέσει τον πυρήνα γύρω από τον οποίο σχεδιάζεται η διδασκαλία αφενός της εργαστηριακής δεξιότητας μέτρησης όγκου στερεών σωμάτων και αφετέρου της έννοιας της πυκνότητας ως χαρακτηριστικού των υλικών. Η διαδικασία που, σύμφωνα με την επιλεχθείσα εκδοχή, ακολούθησε ο Αρχιμήδης μπορεί να βοηθήσει τους μαθητές της Α΄ γυμνασίου στην ουσιαστικότερη προσέγγιση των διδακτέων εννοιών και στην καλλιέργεια επιθυμητών εργαστηριακών δεξιοτήτων. Επιπρόσθετα, η ενασχόληση των μαθητών με ένα πραγματικό περιστατικό από την ιστορία της επιστήμης και η επίλυση προβλήματος που συνδέεται με το ιστορικό πείραμα, εξοικειώνουν τους μαθητές με συνιστώσες της φύσης των φυσικών επιστημών.

Βιβλιογραφία

- Αντωνίου, Ν., Δημητριάδης, Π., Καμπούρης, Κ., Παπαμιχάλης, Κ., & Παπατσιμίπα, Α. (2008α). *Φυσική Β΄ Γυμνασίου- Σχολικό Βιβλίο Μαθητή*. Υπουργείο Παιδείας, Έρευνας και Θρησκευμάτων, Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής.
- Αντωνίου, Ν., Δημητριάδης, Π., Καμπούρης, Κ., Παπαμιχάλης, Κ., & Παπατσιμίπα, Α. (2008β). *Φυσική Β΄ Γυμνασίου- Εργαστηριακός Οδηγός*. Υπουργείο Παιδείας, Έρευνας και Θρησκευμάτων, Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής.
- Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής, (2023). *Πρόγραμμα Σπουδών για το μάθημα της Φυσικής στις Α΄, Β΄ και Γ΄ τάξεις Γυμνασίου*. <https://iep.edu.gr/el/nea-ps-provoli>
- Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής, (2024). *Οδηγίες Διδασκαλίας μαθήματος Φυσικής για το σχολικό έτος 2024-2025*. [139499_2_SYN_114257_PHYSIKH_A_B_G_GYMN_2024_25.pdf](https://iep.edu.gr/el/nea-ps-provoli/139499_2_SYN_114257_PHYSIKH_A_B_G_GYMN_2024_25.pdf)
- Costanti, F. (2010). The Golden Crown: A Discussion. Στο S. Paipetis, M. Ceccarelli, (Επιμ.) *The Genius of Archimedes - 23 Centuries of Influence on Mathematics, Science and Engineering. History of Mechanism and Machine Science* (τ. 11). Springer. https://doi.org/10.1007/978-90-481-9091-1_15
- Fermi, L., & Bernardini, G. (2003). Galileo Galilei: The Little Balance. Στο *Galileo and the Scientific Revolution*, Dover Publications. ISBN: 0486432262
- Kuroki, H. (2010). What Did Archimedes Find at “Eureka” Moment? Στο S. Paipetis, M. Ceccarelli, (Επιμ.), *The Genius of Archimedes - 23 Centuries of Influence on Mathematics, Science and Engineering. History of Mechanism and Machine Science* (τ. 11). Springer. https://doi.org/10.1007/978-90-481-9091-1_18
- Morgan, M.H. (1914). *Vitruvius: The Ten Books on Architecture, Book IX* (pp. 253-254). Harvard University Press. <https://archive.org/details/vitruviustenbookoovitruoft>