



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

Βικτώρια Ε. Χριστοδούλου<sup>1</sup> και Κωνσταντίνος Θ. Κώτσης<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Εκπαιδευτικός, Υποψήφια Διδάκτορας, <sup>2</sup>Καθηγητής  
Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων  
<sup>1</sup>*vi.christodoulou@uoi.gr*, <sup>2</sup>*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:** μέτρηση όγκου, νόμος άνωσης, πυκνότητα υλικών, φυσική γυμνασίου

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

Victoria E. Christodoulou<sup>1</sup> and Konstantinos T. Kotsis<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Secondary School Teacher, PhD Candidate, <sup>2</sup>Professor  
Department of Primary School Education, University of Ioannina  
<sup>1</sup>*vi.christodoulou@uoi.gr*, <sup>2</sup>*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:** density of materials, measurement of volume, law of buoyancy, school physics

### 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 αναφωνήσει «Εύρηκα!» στους δρόμους των Συρακουσών. Με τη μέθοδο που

εφηύρε, έδωσε λύση στο πρόβλημα που του είχε ανατεθεί από τον βασιλιά, να διαπιστώσει εάν το χρυσό στεφάνι ήταν νοθευμένο.

Καθώς δεν διασώζεται έργο του Αρχιμήδη στο οποίο να περιγράφεται το περιστατικό ή η μέθοδος που ακολούθησε, η βιβλιογραφία εξαντλείται σε έμμεσες πηγές που αφήνουν περιθώριο για διαφορετικές ερμηνείες σχετικά με το ποια ήταν η ακριβής μέθοδος που επινόησε ο εφευρέτης για να λύσει το πρόβλημα του χρυσού στεφανιού. Οι ερμηνείες αυτές συνοψίζονται σε δύο αδρές κατηγορίες- εκδοχές της πειραματικής μεθόδου του Αρχιμήδη.

Η παρούσα εργασία αποτελείται από τρία μέρη. Στο πρώτο μέρος (θεωρητικό πλαίσιο) παρουσιάζεται πώς προσεγγίζεται στη βιβλιογραφία η πειραματική διαδικασία που πραγματοποιήθηκε από τον Αρχιμήδη κατά το ιστορικό γεγονός και αναλύονται οι δύο εκδοχές της. Στο δεύτερο μέρος παρουσιάζεται πώς το ιστορικό περιστατικό αξιοποιείται διδακτικά στο ισχύον εκπαιδευτικό πλαίσιο για το ελληνικό γυμνάσιο. Στο τρίτο μέρος περιγράφεται μία διδακτική πρόταση που έχει ως κεντρικό άξονα την πειραματική μέθοδο που οδήγησε τον Αρχιμήδη στην επίλυση του προβλήματος.

Συγκεκριμένα, στο πρώτο μέρος της εργασίας παρουσιάζεται το ιστορικό περιστατικό που συνδέεται με το «Εύρηκα!» του Αρχιμήδη, τίθεται το πρόβλημα και περιγράφονται οι δύο πιθανές εκδοχές της μεθόδου επίλυσης του Αρχιμήδη, όπως έχουν διατυπωθεί στη βιβλιογραφία (Galilei, 1586, όπως αναφέρεται στους Fermi & Bernardini, 2003· Constanti, 2010· Kuroki, 2010).

Η πρώτη εκδοχή βασίζεται στην εργαστηριακή ογκομέτρηση καθώς και σε συμπεράσματα που συνδέονται με την πυκνότητα των υλικών. Αν και έχει ασκηθεί κριτική σχετικά με την ακρίβεια μετρήσεων που μπορούσε να επιτευχθεί με τη μέθοδο αυτή την εποχή του Αρχιμήδη, στη βιβλιογραφία έχουν προταθεί λύσεις (Kuroki, 2010) που καθιστούν τη λήψη μετρήσεων μεγάλης ακρίβειας εφικτή στο ιστορικό πλαίσιο της εφεύρεσης.

Η δεύτερη εκδοχή της μεθόδου συνδέεται με την άνωση και το νόμο της άνωσης (αρχή του Αρχιμήδη), είναι πιο σύνθετη ως σύλληψη και ως πειραματική διαδικασία, και έχει υποστηριχθεί από τον Galileo Galilei στο έργο του «La Bilancetta» (Galilei, 1586, όπως αναφέρεται στους Fermi & Bernardini, 2003). Τα χαρακτηριστικά αυτής της εκδοχής συνοψίζονται αφενός στο ότι η μέθοδος επιτυγχάνει την απαιτούμενη ακρίβεια στη μέτρηση μικρών ποσοτήτων και αφετέρου ότι συμφωνεί με το υπόλοιπο έργο και τρόπο σκέψης του Αρχιμήδη.

Στο δεύτερο μέρος της παρούσας μελέτης (ισχύον διδακτικό πλαίσιο) παρουσιάζεται πώς εισάγεται το ιστορικό περιστατικό και οι σχετικές με αυτό επιστημονικές έννοιες στη διδασκαλία του μαθήματος φυσικής στο ελληνικό γυμνάσιο.

Στα ελληνικά σχολικά βιβλία γυμνασίου (Αντωνίου κ.ά., 2008α) και σύμφωνα με τις ισχύουσες οδηγίες διδασκαλίας (Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής [ΙΕΠ], 2024), γίνεται αναφορά στο περιστατικό, με τη μορφή προαιρετικής δραστηριότητας, μόνο στα βιβλία Φυσικής Β΄ τάξης γυμνασίου, κατά τη διδασκαλία της έννοιας της άνωσης και της αρχής του Αρχιμήδη.

Στο βιβλίο β΄ γυμνασίου γίνεται σύντομη αναφορά στον Αρχιμήδη, που υπήρξε ο πιο σημαντικός μαθηματικός (Αραμπατζής & Γαβρόγλου, 1999) και από τους επιφανέστερους σοφούς (Αντωνίου κ.ά., 2008α) της αρχαίας εποχής, και αναγνωρίζεται ως ο μεγαλύτερος εφευρέτης της αρχαιότητας.

Κατά συνέπεια, στο ισχύον εκπαιδευτικό πλαίσιο, έχει επιλεχθεί να προκριθεί η δεύτερη εκδοχή της πειραματικής μεθόδου και να αξιοποιηθεί στο μάθημα Φυσικής β΄ τάξης γυμνασίου.

Στη συνέχεια της εργασίας αναφέρονται τα χαρακτηριστικά της διδακτικής πρότασης που την καθιστούν ωφέλιμη στη διδακτική πράξη.

Στο τρίτο μέρος της εργασίας (διδακτική πρόταση) προτείνεται να αξιοποιηθεί διδακτικά το ιστορικό γεγονός σύμφωνα με την πρώτη εκδοχή της μεθόδου που ακολούθησε ο Αρχιμήδης, στο πλαίσιο του μαθήματος Φυσικής α΄ τάξης Γυμνασίου, και συγκεκριμένα στην

εργαστηριακή (πειραματική) μέτρηση όγκου στερεών σωμάτων και στη διδασκαλία της έννοιας της πυκνότητας. Η διδακτική πρόταση στηρίζεται στο ότι η πρώτη εκδοχή της μεθόδου που ακολούθησε ο Αρχιμήδης αποτελεί άμεση εφαρμογή διδακτών εννοιών, φυσικών μεγεθών και πειραματικών διαδικασιών της φυσικής της α' τάξης γυμνασίου. Ακολούθως, παρουσιάζεται η προτεινόμενη διδακτική παρέμβαση και περιγράφονται τα στάδια που την συνθέτουν.

## Θεωρητικό Πλαίσιο

Το επιλεγμένο από την ιστορία των επιστημών περιστατικό περιγράφεται από τον Vitruvius (1ος αι. π.Χ./1914), ο οποίος είναι μεταγενέστερος του Αρχιμήδη. Σύμφωνα με τη διήγησή του, ο βασιλιάς των Συρακουσών Ιέρωνας ΙΙ (3<sup>ος</sup> αιώνας π.Χ.), επιθυμώντας να αφιερώσει ευχαριστήρια θυσία στους θεούς, ανέθεσε σε ένα τεχνίτη να κατασκευάσει ένα αντικείμενο από καθαρό χρυσό, δίνοντάς του συγκεκριμένη ποσότητα χρυσού που θα χρησιμοποιούσε. 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 Ιέρωνας ανέθεσε στον Αρχιμήδη να διαπιστώσει εάν το αντικείμενο ήταν νοθευμένο, ζητώντας του όμως να μην το αλλοιώσει. Ο Αρχιμήδης βρήκε τη λύση όντας στα λουτρά και βγήκε στους δρόμους των Συρακουσών φωνάζοντας ενθουσιασμένος «Εύρηκα!».

Στη διήγηση του Vitruvius Pollio, οι Costanti (2010) και Kuroki (2010) σημειώνουν ότι το αντικείμενο είναι ακριβέστερο να περιγράφεται όχι ως στέμμα αλλά ως στεφάνι («στέφανος»), λόγω της χρήσης του για λατρευτικούς σκοπούς.

Σύμφωνα με τον Βάρβογλη (2012) ο χρυσός, το μέταλλο που διατηρεί τη λάμψη του αναλλοίωτη για πάντα, είχε στην αρχαιότητα ιδιαίτερη συμβολική αξία εκτός της υλικής, «άρμοζε σε θεούς και βασιλιάδες».

Τα παραπάνω εξηγούν την κεντρική σημασία που δίνεται στο να είναι κατασκευασμένο το ιερό στεφάνι από καθαρό χρυσό.

Ο Αρχιμήδης καλείται να επινοήσει μία μέθοδο για να διαπιστώσει εάν το στεφάνι είναι νοθευμένο, χωρίς να καταστρέψει το αντικείμενο. Αυτό αποκλείει τον έλεγχο καθαρότητας με τήξη του μεταλλικού αντικειμένου. Αν και η λυδία λίθος ήταν γνωστή κατά την αρχαιότητα (Constanti, 2010), η χρήση της επιτρέπει την ταυτοποίηση μεταλλικού υλικού μόνο στην επιφάνεια ενός αντικειμένου, χαράζοντάς την, χωρίς να αποκαλύπτει τη σύνθεση στο εσωτερικό του αντικειμένου.

Το περιστατικό που περιγράφεται από τον Vitruvius Pollio είναι κοινώς αποδεκτό ως ιστορικό γεγονός μεταξύ των ακαδημαϊκών μελετητών και διάσημο στους μη επιστήμονες (Costanti, 2010) ως εκλαϊκευμένη διήγηση με έμφαση στην προσωπικότητα του Αρχιμήδη.

Αν και ο Αρχιμήδης έγραψε πολλά έργα και πραγματείες, το πρόβλημα του χρυσού στεφανιού και η λύση του δεν περιλαμβάνονται σε κάποιο από τα διασωζόμενα συγγράμματά του.

Οι περιγραφές για το ιστορικό περιστατικό είναι μόνο έμμεσες και μεταγενέστερες. Στη βιβλιογραφία διατυπώνονται διαφορετικές εκδοχές σχετικά με το ποια ακριβώς ήταν η μέθοδος που ακολούθησε ο Αρχιμήδης για να διαπιστώσει εάν το χρυσό στεφάνι ήταν νοθευμένο.

Η πρώτη εκδοχή καταγράφεται από τον Vitruvius (1ος αι. π.Χ./1914). Σύμφωνα με αυτή, ο Αρχιμήδης αρχικώς επινόησε τρόπο να μετρήσει πειραματικά τον όγκο στερεού αντικειμένου τυχαίου σχήματος, βυθίζοντας το αντικείμενο σε ένα δοχείο γεμάτο με νερό και μετρώντας τον όγκο του εκτοπισμένου νερού (ο όγκος του εκτοπιζόμενου υγρού είναι ίσος με τον όγκο του βυθισμένου στο υγρό σώματος). 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 με τον όγκο ίσης ποσότητας από καθαρό ασημί, 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.

Αν και η περιγραφόμενη από τον Vitruvius πειραματική μέθοδος είναι επιστημονικά ορθή, έχει δεχθεί κριτική από μελετητές (Galilei, 1586, όπως αναφέρεται στους Fermi & Bernardini, 2003) ως προς την ακρίβεια μετρήσεων που επέτρεπε να επιτευχθεί την εποχή του Αρχιμήδη. Η διαφορά στους όγκους υγρού που εκτοπίζεται από τη βύθιση σωμάτων είναι πολύ μικρή για να εξαχθούν ασφαλή συμπεράσματα για το υλικό κατασκευής του στεφανιού. Σε αυτό, ο Kuroki (2010) αντιπαρατίθεται, προτείνοντας χρήση αγγείων συγκεκριμένου σχήματος, που καθιστούν την (περιγραφόμενη από τον Vitruvius Pollio) μέθοδο ικανοποιητικής ακρίβειας.

Σύμφωνα με τη δεύτερη εκδοχή, την οποία αναπτύσσει ο Galileo Galilei στο έργο του *A Little Balance* (Galilei, 1586, όπως αναφέρεται στους Fermi & Bernardini, 2003), ο Αρχιμήδης αναφώνησε «Εύρηκα!» όταν συνέλαβε το Νόμο της Άνωσης (ή την αρχή του Αρχιμήδη) ως μέθοδο για να διαπιστώσει εάν το στεφάνι ήταν νοθευμένο. Ο εφευρέτης συνέδεσε τα φυσικά μεγέθη και τις έννοιες: άνοση, βάρος εκτοπιζόμενου υγρού κατά τη βύθιση σώματος σε υγρό, ισορροπία σωμάτων σε ζυγό, και αξιοποίησε πειραματικές μεθόδους και διατάξεις. Στη δεύτερη εκδοχή, κατά την πειραματική διαδικασία συγκρίνεται το υπό μελέτη στεφάνι με ίσης μάζας ποσότητα χρυσού. Τα δύο αντικείμενα αναρτώνται στα δύο άκρα ενός ζυγού που αρχικά ισορροπεί οριζόντια στον αέρα, σε ίσες αποστάσεις από τη βάση του (ίσους βραχίονες). Στη συνέχεια η όλη διάταξη βυθίζεται στο υγρό (νερό) και ισορροπεί σε νέα θέση. Αξιοποιείται η πειραματική διαπίστωση ότι ο όγκος ενός βυθισμένου σώματος επηρεάζει την άνοση που ασκείται σε αυτό (το βάρος του εκτοπιζόμενου υγρού). Η νέα θέση ισορροπίας του ζυγού στο νερό θα είναι οριζόντια εφόσον τα δύο συγκρινόμενα σώματα έχουν ίσες μάζες και ίσους όγκους, δηλαδή μόνο όταν τα δύο σώματα αποτελούνται από το ίδιο υλικό. Με τον τρόπο αυτό εξαγονται συμπεράσματα για το υλικό του στεφανιού. Εάν το στεφάνι είναι νοθευμένο, κατά τη βύθιση της διάταξης στο νερό παρατηρείται ότι ο ζυγός ισορροπεί υπό κλίση, με το αντικείμενο μεγαλύτερο όγκου να βρίσκεται σε ψηλότερο σημείο.

Η δεύτερη αυτή εκδοχή απαιτεί πολύ πιο σύνθετη σκέψη, συνδυασμό εννοιών και αξιοποίηση εργαστηριακών μεθόδων. Ο Galilei προκρίνει τη συγκεκριμένη εκδοχή ως τη μέθοδο που ακολούθησε ο Αρχιμήδης, ακριβώς επειδή την αξιολογεί ως αντάξια του μεγαλείου του ιδιοφυούς εφευρέτη (Galilei, 1586, όπως αναφέρεται στους Fermi & Bernardini, 2003). Επιπλέον, ο Galilei (Galilei, 1586, όπως αναφέρεται στους Fermi & Bernardini, 2003) έχοντας μελετήσει μέρος του έργου του Αρχιμήδη, εντοπίζει κοινά σημεία της συγκεκριμένης λύσης με συμπεράσματα και διαδικασίες που έχει καταγράψει ο Αρχιμήδης σε άλλα έργα του.

### **Ισχύον Διδακτικό Πλαίσιο**

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 φυσικής β' γυμνασίου (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-σζήτησης της μαθησιακής διαδικασίας.

Συνεπώς, στα σχολικά βιβλία και τις ισχύουσες οδηγίες διδασκαλίας υποστηρίζεται η δεύτερη εκδοχή της πειραματικής μεθόδου που ακολούθησε ο Αρχιμήδης και εισάγεται στη β' γυμνασίου. Η επιλογή της εκδοχής αυτής είναι αιτιολογημένη, καθώς προσφέρει χρήσιμες διασυνδέσεις με τις διδακτέες έννοιες της ενότητας της άνωσης (ρευστά, άνοση, αρχή του

Αρχιμήδη) στη φυσική β' τάξης. Όμως, είναι σύνθετη μέθοδος επίλυσης που προϋποθέτει κατανόηση εννοιών φυσικής όπως η άνωση, άρα ενδέχεται να είναι απαιτητική για μαθητές β' γυμνασίου.

Διαπιστώνεται ωστόσο ότι το ιστορικό γεγονός και ειδικά η πρώτη εκδοχή της πειραματικής μεθόδου του Αρχιμήδη, όπως περιγράφεται από τον Vitruvius (1ος αι. π.Χ./1914), αποτελεί άμεση εφαρμογή εννοιών και πειραματικών διαδικασιών της διδακτέας ύλης της Φυσικής Α' τάξης γυμνασίου (ΙΕΠ, 2024). Συγκεκριμένα, συνδέεται άμεσα με (α) την εργαστηριακή διαδικασία μέτρησης όγκου σωμάτων και (β) την έννοια της πυκνότητας υλικών.

Η αξιοποίηση του προβλήματος του χρυσού στεφανιού εξυπηρετεί τους στόχους που έχουν οριστεί από το πρόγραμμα σπουδών για την Α' γυμνασίου (ΙΕΠ, 2023), σε αντιστοιχία με τις διασυνδέσεις που αναφέρθηκαν παραπάνω: Σε επίπεδο δεξιοτήτων, εξυπηρετεί τους στόχους εξοικείωσης με το εργαστήριο φυσικών επιστημών και με τις πειραματικές μεθόδους, δηλαδή ανάπτυξης εργαστηριακών δεξιοτήτων. 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 (α' εκδοχή της λύσης) έχει ιδιαίτερη αξία για την μαθησιακή διαδικασία διότι αποτελείται από απλά και πραγματοποιήσιμα (στο σχολικό πλαίσιο) βήματα. Οι μαθητές μπορούν να ακολουθήσουν διαδοχή αντίστοιχη με αυτή που επινόησε ο Αρχιμήδης αλλά και να εξαγάγουν συμπεράσματα για την εφαρμογή επιστημονικών μεθόδων στην καθημερινή ζωή.

Στα μαθησιακά οφέλη από την ένταξη του ιστορικού πειράματος και ειδικά της πρώτης εκδοχής της μεθόδου 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.

Οι διαδικασίες αυτές ευνοούν την προσέλκυση του ενδιαφέροντος των μαθητών στη μαθησιακή διαδικασία και την αύξηση της ενεργού συμμετοχής τους.

Τα παραπάνω αποτελούν μαθησιακά οφέλη από την ένταξη της πρώτης εκδοχής της λύσης του Αρχιμήδη στην εκπαιδευτική πράξη στο μάθημα φυσικής της Α' τάξης γυμνασίου.

### **Διδακτική Πρόταση**

Με βάση τα παραπάνω, σχεδιάζεται μία διδακτική παρέμβαση για το μάθημα της φυσικής που απευθύνεται σε μαθητές και μαθήτριες α' τάξης γυμνασίου.

Προτείνεται να δημιουργηθεί μία ενιαία ενότητα με άξονα το πρόβλημα που τέθηκε στον Αρχιμήδη και τη μέθοδο που ανέπτυξε για να το επιλύσει, σύμφωνα με την α' εκδοχή της μεθόδου. Στην ενότητα προτείνεται να ενταχθούν οι υποενότητες της σχολικής ύλης φυσικής Α' τάξης:

- (α) εργαστηριακή μέτρηση όγκου στερεών σωμάτων και
- (β) πυκνότητα ως χαρακτηριστική ιδιότητα των υλικών.

### **Πορεία Διδακτικής Παρέμβασης**

Η διδακτική παρέμβαση έχει διάρκεια δύο διδακτικών ωρών.

Κατά τη διάρκεια της πρώτης διδακτικής ώρας, τα βήματα που ακολουθούνται είναι: Αρχικά παρουσιάζεται στους μαθητές το επιλεγμένο περιστατικό από την ιστορία των φυσικών επιστημών και τίθεται το πρόβλημα που κλήθηκε ο Αρχιμήδης να λύσει. Δίνεται

στους μαθητές απόσπασμα από το κείμενο του Vitruvius Pollio με περιγραφή του γεγονότος, χωρίς την περιγραφή της μεθόδου επίλυσης. Στη συνέχεια γίνεται συζήτηση για τη συμβολική σημασία που είχε ο χρυσός στο ιστορικό πλαίσιο, και συνεπώς η σπουδαιότητα του προβλήματος που τέθηκε, να διαπιστωθεί εάν το ιερό αντικείμενο είχε νοθευτεί με μέταλλα πιο ευτελή από τον χρυσό. Τίθενται ερωτήματα σχετικά με το πώς μπορεί να διαχωριστεί ένα κράμα μετάλλων στα συστατικά του και δίνεται έμφαση στο να εμπλακούν οι μαθητές στο πρόβλημα προτείνοντας τις δικές τους λύσεις. Ακολούθως, εισάγονται οι μαθητές στην εργαστηριακή μέτρηση του όγκου στερεών σχημάτων. Καθώς έχει προηγηθεί η διδασκαλία μέτρησης όγκου υγρών με χρήση ογκομετρικού σωλήνα, οι μαθητές προχωρούν στη διαδικασία μέτρησης όγκου ενός στερεού σώματος με τυχαίο (ακανόνιστο) σχήμα με βύθιση του σώματος σε υγρό. Οδηγούνται στα συμπεράσματα ότι ο όγκος του εκτοπιζόμενου υγρού είναι ίσος με τον όγκο του στερεού σώματος και στο ότι με τον έμμεσο αυτό τρόπο μέτρησης μπορεί να μετρηθεί ο όγκος οποιουδήποτε στερεού σώματος ανεξαρτήτως σχήματος (με την προϋπόθεση ότι βυθίζεται στο υγρό). Γίνεται διασύνδεση των συμπερασμάτων των μαθητών με το πώς ο Αρχιμήδης αξιοποίησε αυτή τη μέθοδο για να μετρήσει τον όγκο του στεφανιού, που είχε περίτεχο σχήμα. Οι μαθητές, εργαζόμενοι σε μικρές ομάδες, εφαρμόζουν τα συμπεράσματα μετρώντας εργαστηριακά τον όγκο μικρών σωμάτων με τυχαίο σχήμα. Επιπλέον, οι μαθητές εξοικειώνονται με τα σφάλματα που υπεισέρχονται στις μετρήσεις φυσικών μεγεθών και καλούνται να αξιολογήσουν μία πειραματική διαδικασία ως προς το εάν μπορεί να επιτευχθεί η απαιτούμενη ακρίβεια μετρήσεων.

Συνοψίζοντας, κατά την πρώτη ώρα της ενότητας 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. Στους μαθητές, οι οποίοι εργάζονται σε μικρές ομάδες, αρχικά δίνονται μεταλλικοί κύβοι ίσου όγκου αλλά κατασκευασμένοι από διαφορετικό (γνωστό) υλικό ο κάθε ένας. Τους ζητείται να μετρήσουν τη μάζα κάθε κύβου, να διατυπώσουν και να αιτιολογήσουν τα συμπεράσματά τους για τις παρατηρούμενες διαφορές. Στη συνέχεια, σε κάθε ομάδα μαθητών, δίνονται μεταλλικοί κύλινδροι ίσης μάζας αλλά διαφορετικού υλικού. Ζητείται να μετρήσουν τον όγκο κάθε σώματος με χρήση ογκομετρικού κυλίνδρου και να διατυπώσουν συμπεράσματα που συνδέουν τις έννοιες του όγκου σώματος και του υλικού του. Ακολούθως γίνεται συζήτηση και διασύνδεση με το μικρόκοσμο, εισάγεται το φυσικό μέγεθος της πυκνότητας. Δίνεται έμφαση στο να εξαχθούν συμπεράσματα για την πυκνότητα ως χαρακτηριστική ιδιότητα των υλικών.

Επιαναφέρεται το πρόβλημα του χρυσού στεφανιού του βασιλιά και καλούνται οι μαθητές να προτείνουν λειτουργική λύση με την οποία να μπορούν, μέσω σύγκρισης με ποσότητα χρυσού, να συμπεράνουν εάν το στεφάνι ήταν νοθευμένο. Μέσω συγκεκριμένων παραδειγμάτων πραγματοποιείται υπολογισμός της πυκνότητας ενός αντικειμένου κατασκευασμένου από άγνωστο υλικό με στόχο την ταυτοποίηση του υλικού του.

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 μαθησιακά μία εκδοχή της πειραματικής μεθόδου που ανακάλυψε ο Αρχιμήδης όταν αναφώνησε «Εύρηκα!», στη διδασκαλία εννοιών της Φυσικής Α΄ τάξης γυμνασίου.

Η διδακτική πρόταση που σχεδιάστηκε, είναι δομημένη πάνω σε μία κατάλληλα επιλεγμένη από τη βιβλιογραφία εκδοχή της λύσης που έδωσε ο Αρχιμήδης στο πρόβλημα που

του τέθηκε, να διαπιστώσει εάν το χρυσό στεφάνι του βασιλιά ήταν νοθευμένο, χωρίς να το αλλοιώσει.

Η επιλογή του προβλήματος και της εκδοχής της λύσης του Αρχιμήδη, αποτελούν εφαρμογή πειραματικών διαδικασιών και εννοιών της διδακτέας ύλης φυσικής α' γυμνασίου, συγκεκριμένα της εργαστηριακής άσκησης μέτρησης όγκου στερεών σωμάτων και της έννοιας της πυκνότητας ως χαρακτηριστικής ιδιότητας των υλικών. Η προτεινόμενη προσέγγιση ενισχύει την επίτευξη συγκεκριμένων στόχων (σε επίπεδο γνώσεων και δεξιοτήτων) που έχουν τεθεί από το πρόγραμμα σπουδών για την Α' τάξη γυμνασίου (ΙΕΠ, 2023) και αναλύονται στην παρούσα εργασία.

Επιπρόσθετα, κατά τη διάρκεια της προτεινόμενης διδακτικής παρέμβασης, οι μαθητές πραγματοποιούν τη σχολική εκδοχή του διάσημου πειράματος που επινόησε ο Αρχιμήδης για να λύσει το πρόβλημα του χρυσού στεφανιού. Εξοικειώνονται με το πώς οι επιστήμονες αξιοποιούν τις γνώσεις τους για την επίλυση πραγματικών προβλημάτων και πώς καταλήγουν σε επιστημονικά τεκμηριωμένες απαντήσεις.

Στη διδακτική πρόταση οι μαθητές αξιοποιούν βιβλιογραφικά στηριγμένα ιστορικά κείμενα και πληροφορίες και μελετούν διαφορετικά πλαίσια στην ιστορία των φυσικών επιστημών.

Το θέμα του επιλεγμένου ιστορικού περιστατικού, η γνωριμία με τις εφευρέσεις και την προσωπικότητα του Αρχιμήδη, ο τρόπος επίλυσης ενός αρχικά πολύπλοκου ζητήματος, είναι στοιχεία που ευνοούν την προσέλευση του ενδιαφέροντος των μαθητών στη μαθησιακή διαδικασία και την αύξηση της ενεργού συμμετοχής τους.

Η παρούσα διδακτική παρέμβαση συνδέει τη διδακτέα ύλη της φυσικής με το ιστορικό πείραμα επίλυσης προβλήματος «Εύρηκα!» και προάγει την ενεργό μάθηση, ενισχύοντας τους μαθητές και τις μαθήτριες της Α' τάξης γυμνασίου στην ουσιαστική κατανόηση εννοιών φυσικής, εξοικειώνοντάς τους με επιστημονικές διαδικασίες και συμβάλλοντας στην καλλιέργεια δεξιοτήτων κριτικής σκέψης και επίλυσης προβλημάτων.

## Βιβλιογραφία

- Αντωνίου, Ν., Δημητριάδης, Π., Καμπούρης, Κ., Παπαμιχάλης, Κ., & Παπασιμίπα, Α. (2008α). *Φυσική Β' Γυμνασίου- Σχολικό Βιβλίο Μαθητή*. Υπουργείο Παιδείας, Έρευνας και Θρησκευμάτων, Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής.
- Αντωνίου, Ν., Δημητριάδης, Π., Καμπούρης, Κ., Παπαμιχάλης, Κ., & Παπασιμίπα, Α. (2008β). *Φυσική Β' Γυμνασίου- Εργαστηριακός Οδηγός*. Υπουργείο Παιδείας, Έρευνας και Θρησκευμάτων, Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής.
- Αραπατζής, Θ., & Γαβρόγλου, Κ. (1999). *Ιστορία των Επιστημών και της Τεχνολογίας* (Γ' τάξη Γενικού Λυκείου). Οργανισμός Εκδόσεως Διδακτικών Βιβλίων.
- Βάρβογλης, Α. (2012). *Πορτρέτα των Χημικών Στοιχείων*. Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης.
- 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 ΣΥΝ 114257 ΦΥΣΙΚΗ Α Β Γ ΓΥΜΝ 2024 25.pdf](https://iep.edu.gr/el/nea-ps-provoli)
- 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](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*, σσ. 265–272. Springer. [https://doi.org/10.1007/978-90-481-9091-1\\_18](https://doi.org/10.1007/978-90-481-9091-1_18)
- Vitruvius. (1ος αι. π.Χ./1914). *The ten books on architecture* (Μετ. Μ. H. Morgan). Harvard University Press. <https://archive.org/details/vitruviustenbookoovitruoft>