

«ΜΑΘΑΙΝΟΝΤΑΣ ΓΙΑ ΤΟΝ ΑΡΧΙΜΗΔΗ» - ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΗΣ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ ΓΙΑ ΤΟ ΜΑΘΗΜΑ ΤΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΚΙ ΟΧΙ ΜΟΝΟ...

Γεωργία Κρητικού¹, Σάκης Ροδίτης², Ευγενία Πουλημένου³, Ξένια Λάζου⁵, Ζέτα Μπίλια², Όλγα Αναστασοπούλου⁶, Μαρία Χριστοδούλου⁷, Χριστίνα Γεωργοπούλου⁷ και Γιώργος Καϊμακάς⁴

¹ Φυσικός, Υπ. Δρ. Τμήμα Μηχανολόγων & Αεροναυπηγών Μηχανικών Πανεπιστημίου Πατρών

² Μαθηματικός, Εκπαιδευτικός Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης

³ Αρχαιολόγος

⁴ Μηχανικός Ηλεκτρονικών Υπολογιστών

⁵ Φιλολόγος, Εκπαιδευτικός Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης

⁶ Φοιτήτρια Γεωλογικού

⁷ Δασκάλα Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα εργασία προτείνεται ένα πρωτότυπο εκπαιδευτικό πρόγραμμα εναλλακτικής διδασκαλίας με θέμα τον Αρχιμήδη, το οποίο σχεδιάστηκε και υλοποιήθηκε από μια διεπιστημονική ομάδα εκπαιδευτικών. Στόχος του προγράμματος είναι η γνωριμία με τον μεγάλο αυτό επιστήμονα της αρχαιότητας με ένα διαφορετικό τρόπο. Συγκεκριμένα, στα πλαίσια του προγράμματος αναδεικνύονται τα μαθηματικά και φυσικά θεωρήματα που έχει διατυπώσει καθώς και οι εφευρέσεις που έχει σχεδιάσει και κατασκευάσει μέσα από διαδραστικά παιχνίδια, καταλήγοντας στο μεγαλύτερο κατ' αυτόν επίτευγμα του: τον υπολογισμό του όγκου της «σφαίρας». Στις επόμενες παραγράφους της εργασίας διατυπώνεται ο στόχος του προγράμματος με βάση τις ανάγκες που έχει σήμερα η εκπαίδευση για την εφαρμογή μεθόδων που αφυπνούν και ενεργοποιούν τους μαθητές. Περιγράφεται η δομή του προγράμματος και ο σκοπός ανά θεματική ενότητα. Με βάση τις εμπειρίες και τις παρατηρήσεις ακροατηρίων που έχουν ήδη παρακολουθήσει το πρόγραμμα γίνεται μια ποιοτική ανάλυση και ανοίγει μια συζήτηση για τις προσθήκες και τις αλλαγές που θα μπορούσαν να εφαρμοσθούν.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: Αρχιμήδης, Εναλλακτική Διδασκαλία

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι μέθοδοι διδασκαλίας που εφαρμόζει ο εκπαιδευτικός μπορούν να καθορίσουν την εκπαιδευτική πορεία ενός μαθητή/σπουδαστή καθώς και την εξέλιξη του ως μέλος του κοινωνικού συνόλου. Ανά βαθμίδα ο δάσκαλος ή ο καθηγητής καλείται να δείξει στους μαθητές του το δρόμο προς την ανακάλυψη και κατανόηση της νέας γνώσης, σε μια κοινωνία η οποία εξελίσσεται μέρα με τη μέρα εξαιτίας της επιστημονικής και τεχνολογικής ανάπτυξης. Συνεπώς, η εκπαίδευση πρέπει να ακολουθήσει αυτή τη δυναμική απορρίπτοντας την εφαρμογή στείρων, αναχρονιστικών μεθόδων και τεχνικών οι οποίες πλέον δεν μπορούν να συμβαδίσουν με τις ανάγκες της εποχής. Η εφαρμογή εναλλακτικών μεθόδων διδασκαλίας στα πλαίσια του σχολικού ή ακαδημαϊκού αναλυτικού προγράμματος αποτελεί μέρος της ζητούμενης ανανέωσης και βελτίωσης της εκπαιδευτικής διαδικασίας.

Τι ορίζεται όμως ως «Εναλλακτική Διδασκαλία»; Όπως αναφέρει ο Laudan Y. Aron, οποιαδήποτε εκπαιδευτική δραστηριότητα δεν εμπεριέχεται στο παραδοσιακό K – 12 πρόγραμμα σπουδών το οποίο έχει παρουσιασθεί και ορίζεται παγκοσμίως με βάση το Εκπαιδευτικό Σύστημα των Ηνωμένων Πολιτειών Αμερικής (Δημοτικό Σχολείο – Γυμνάσιο - Λύκειο – Προπτυχιακό – Μεταπτυχιακό - Διδακτορικό) θεωρείται ως Εναλλακτική Μέθοδος Διδασκαλίας. Ως προς το K -12 εκπαιδευτικό σύστημα οι John Meiklejohn et al σημειώνουν ότι παρόλο που πρόκειται για ένα ολοκληρωμένο πρόγραμμα με έμφαση στη λεπτομέρεια, σε πολλές περιπτώσεις οδηγεί στην απομάκρυνση μαθητών κι εκπαιδευτικών. Βάσει ερευνών είναι αποδεδειγμένο πια ότι η απόσταση μεταξύ μαθητών και εκπαιδευτικών ζημειώνει σημαντικά την εξέλιξη της εκπαιδευτικής διαδικασίας και ακολούθως την μαθησιακή πρόοδο των μαθητών, με ό,τι προεκτάσεις μπορεί να έχει αυτό στην εξέλιξη του καθ' ενός εξ αυτών ως μονάδες ενός κοινωνικού συνόλου (Packer B.D.).

Στο πλαίσιο της βελτίωσης της διεξαγωγής του μαθήματος οι Γραμματάς Θ. και Jing Li et al. πρότειναν παιχνίδια και εναλλακτικές διαδραστικές μεθόδους που μπορούν να συνεισφέρουν στην κατάρριψη των τειχών μεταξύ των μαθητών και των εκπαιδευτικών ή ακόμα και αναμεταξύ των ίδιων των μαθητών. Ωστόσο, κάποιοι από τους αναγνώστες σε αυτό το σημείο ίσως θεωρήσουν ότι το περιεχόμενο της εργασίας αφορά ιδανικές – ρομαντικές κοινωνίες κι όχι την Ελλάδα της κρίσης με το Δημόσιο Σχολείο και Πανεπιστήμιο να υποσκελίζονται μέρα με τη μέρα. Ωστόσο, υπάρχουν πολλοί επαγγελματίες στην εκπαίδευση οι οποίοι είναι υπέρμαχοι της ανανέωσης και της βελτίωσης του τρόπου διδασκαλίας μέσα από εναλλακτικές μεθόδους. Μια διεπιστημονική ομάδα τέτοιων εκπαιδευτικών συγκροτήθηκε στην Πάτρα με σκοπό να παρέμβει προτείνοντας μεθόδους και τεχνικές οι οποίες θα μπορούσαν να εφαρμοσθούν κατά τη διεξαγωγή του μαθήματος με στόχο να το βελτιώσουν. Η ομάδα θεωρεί ότι η εναλλακτική εκπαίδευση έχει σαν ζωτικά όργανα:

1. Τις ενεργητικές μεθόδους (χειρισμό αντικειμένων, κίνηση στην αίθουσα ή στην αυλή ή όπου αλλού είναι δυνατό, κατασκευές και γενικά δραστηριότητες που κινητοποιούν και το σώμα)
2. Την ερευνητική δραστηριότητα (που αναπτύσσεται στο πεδίο του στοχασμού, της αφαίρεσης και των λεκτικών διατυπώσεων αλλά και γενικά στην ανακάλυψη της γνώσης και τη διατύπωση των συμπερασμάτων της έρευνας)

3. Την ομαδική εργασία (Μέσα ή έξω από την τάξη με επικοινωνία και σχολιασμό των ρόλων που εμφανίστηκαν και διατύπωση συμπερασμάτων μετά το τέλος κάθε διαδικασίας)
4. Το μάθημα να γίνεται μέσα ή έξω από την τάξη με τον δάσκαλο απλά σαν εμπνευστή και καθοδηγητή (στο κέντρο ο μαθητής και οι πραγματικές ανάγκες του παράλληλα με τις ανάγκες της κοινωνίας)

Μια από τις δραστηριότητες της ομάδας αποτελεί το εκπαιδευτικό, διαδραστικό πρόγραμμα το οποίο παρουσιάζεται στην παρούσα εργασία το οποίο έχει ως θέμα το μεγάλο επιστήμονα της αρχαιότητας Αρχιμήδη και απευθύνεται σε μαθητές Γυμνασίου/Λυκείου και σπουδαστές. Ο Αρχιμήδης δεν αποτέλεσε μια τυχαία επιλογή μιας και πέραν από τη μεγάλη του συνεισφορά στα Μαθηματικά και τη Φυσική υπήρξε και μια προσωπικότητα η οποία «τόλμησε» να καταπιαστεί και να μιλήσει για πράγματα που πολλοί επιστήμονες της εποχής του 3^{ου} αιώνα π.Χ. όπου κι έζησε, απέφευγαν. Στη Φυσική έχει μείνει στην ιστορία για τη διατύπωση της δύναμης της άνωσης και βέβαια ήταν από τους πρώτους που αντιλήφθηκε κι αξιοποίησε τη ροπή των δυνάμεων εφευρίσκοντας τον πρώτο μοχλό. Στο πεδίο των Μαθηματικών ήταν ο πρώτος ο οποίος «τόλμησε» να καταπιαστεί με τη σφαίρα η οποία έως τότε θεωρείτο ως το τέλει γεωμετρικό στερεό με την κοινωνία της εποχής να χαρακτηρίζει ως ιερόσηλο όποιον προσπαθούσε να τη μελετήσει.

Συνεπώς, πρόκειται για έναν άνθρωπο ο οποίος πέραν του ταλέντου του στις επιστήμες διέθετε και μια έντονη προσωπικότητα που τον ωθούσε να υλοποιεί τις ιδέες του αντιμετωπίζοντας παράλληλα όποιες επιπτώσεις μπορεί να είχαν. Ορμώμενη από όλες αυτές τις διαστάσεις του χαρακτήρα του Αρχιμήδη η ομάδα δημιούργησε ένα πρόγραμμα μέσω του οποίου αναδεικνύεται το έργο του και η επιστημονική, τεχνολογική και κοινωνική του συνεισφορά. Στις επόμενες παραγράφους παρουσιάζεται η δομή του προγράμματος και οι δραστηριότητες που εντάσσονται σε αυτό καθώς και φωτογραφικό υλικό από την παρουσίαση του σε μαθητές και συναδέλφους εκπαιδευτικούς. Τέλος, σχολιάζονται οι παρατηρήσεις που καταγράφηκαν από τους ακροατές του προγράμματος μετά την υλοποίησή του.

ΕΝΟΤΗΤΑ Α (ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ – ΣΚΟΠΟΣ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ)

Ο βασικός σκοπός του προγράμματος είναι να αναδείξει το πως ο Αρχιμήδης υπολόγισε τον όγκο της σφαίρας, συναρτήσε του όγκου του κυλίνδρου και του κώνου τα οποία ήταν ήδη υπολογισμένα από προγενέστερους επιστήμονες. Συγκεκριμένα, έχοντας ως δεδομένο ότι ένας κύλινδρος ακτίνας R και ύψους h έχει όγκο:

$$V_{\text{κυλίνδρου}} = \pi \cdot R^2 \cdot h \quad (1)$$

Όπου $V_{\text{κυλίνδρου}}$ ο όγκος του κυλίνδρου και αντίστοιχα γνωρίζοντας ότι για τον όγκο ενός κώνου ακτίνας R και ύψους h ισχύει ότι:

$$V_{\text{κώνου}} = \frac{1}{3} \cdot \pi \cdot R^2 \cdot h \leftrightarrow V_{\text{κώνου}} = \frac{1}{3} \cdot V_{\text{κυλίνδρου}} \quad (2)$$

Όπου $V_{\text{κώνου}}$ ο όγκος του κώνου. Η λογική και οι υπολογισμοί του τον οδηγούσαν στο συμπέρασμα ότι για τον όγκο της σφαίρας $V_{\text{σφαίρας}}$ μπορούσε να αποδείξει ότι:

$$V_{\text{σφαίρας}} = \frac{2}{3} \cdot \pi \cdot R^2 \cdot h \leftrightarrow V_{\text{σφαίρας}} = \frac{2}{3} \cdot V_{\text{κυλίνδρου}} \quad (3)$$

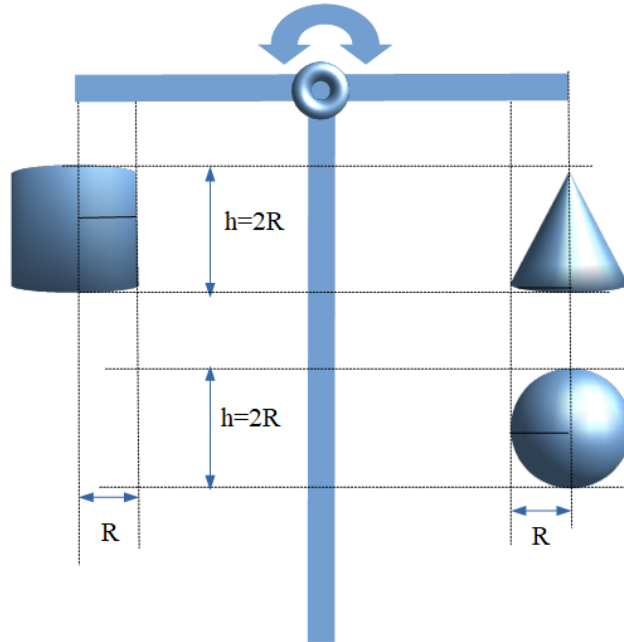
Έτσι, έχοντας κατανοήσει το φυσικό μέγεθος της πυκνότητας κι έχοντας εφεύρει το μοχλό κατασκεύασε έναν ζυγό όπου στον ένα άκρο τοποθέτησε έναν κύλινδρο και στο άλλο μια σφαίρα κι έναν κύλινδρο όπως φαίνεται στην Εικόνα 1 (Heath T.L).

Συνεπώς, από τη στιγμή που τα αντικείμενα είναι κατασκευασμένα από το ίδιο υλικό και ο ζυγός ισορροπεί όπως στην Εικόνα 1 ισχύει ότι:

$$m_{\text{κυλίνδρου}} = m_{\text{σφαίρας}} + m_{\text{κώνου}} \leftrightarrow \rho \cdot V_{\text{κυλίνδρου}} = \rho \cdot V_{\text{σφαίρας}} + \rho \cdot V_{\text{κώνου}} \leftrightarrow$$

$$V_{\text{κυλίνδρου}} = V_{\text{σφαίρας}} + V_{\text{κώνου}} \leftrightarrow V_{\text{σφαίρας}} = \frac{2}{3} \cdot \pi \cdot R^2 \cdot h \quad (4)$$

Όπου ρ η πυκνότητα οποιοδήποτε υλικού από το οποίο μπορεί να είναι κατασκευασμένα και τα τρία γεωμετρικά στερεά που χρησιμοποιούνται για το πείραμα της Εικόνας 1. Επίσης εξαιτίας της γεωμετρίας της σφαίρας για να μπορέσουν και τα τρία στερεά να έχουν το ίδιο ύψος θα πρέπει $h = 2R$.



Εικόνα 1: Πειραματική διάταξη του Αρχιμήδη για τον υπολογισμό του όγκου της σφαίρας

Ωστόσο, ένα εκπαιδευτικό πρόγραμμα εναλλακτικής διδασκαλίας επουδενί δεν γίνεται να αποσκοπεί στο βομβαρδισμό των ακροατών με μαθηματικοποιημένους τύπους Φυσικής (Packer B.D.) μιας κι είναι σχεδόν βέβαιο ότι ακόμα κι αυτοί που ενδιαφέρονται πρόκειται να αποσπάσουν την προσοχή τους σχεδόν από την αρχή της δράσης (Ashiq Hussain et al). Στην Ενότητα Β παρουσιάζεται η δομή του προτεινόμενου προγράμματος βήμα – βήμα.

ΕΝΟΤΗΤΑ Β (ΜΑΘΑΙΝΟΝΤΑΣ ΓΙΑ ΤΟΝ ΑΡΧΙΜΗΔΗ – ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΗΣ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ)

Είναι σημαντικό για την διεξαγωγή του προγράμματος οι ακροατές να οδηγηθούν ομαλά στη διατύπωση των μαθηματικών φορμαλισμών (1) έως (4). Η σφαίρα είναι ένα γεωμετρικό στερεό με το οποίο οι μαθητές καταπιάνονται ελάχιστα στα πλαίσια των αναλυτικών προγραμμάτων σπουδών των σχολείων τους. Με ολοκλήρωση σε σφαιρικές συντεταγμένες ο όγκος της σφαίρας δίνεται από:

$$V_{\text{σφαίρας}} = \int_0^R r^2 dr \int_0^{2\pi} d\varphi \int_0^\pi \sin\theta \cdot d\theta = \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot R^3 \quad (5)$$

όπου $0 \leq r \leq R$ η ακτινική απόσταση, $0 \leq \varphi \leq 2\pi$ η πολική γωνία και $0 \leq \theta \leq \pi$ η αξιμούθιος (Σουρλάς Δ.). Η διπλή και μονή παραγωγή της σχέσης (5) ως προς R οδηγεί στην αναπαράσταση της σφαίρας στη μία και δύο διαστάσεις αντίστοιχα:

$$\frac{d\left(\frac{4}{3} \cdot \pi \cdot R^3\right)}{dR} = 4 \cdot \pi \cdot R^2, \frac{d^2\left(\frac{4}{3} \cdot \pi \cdot R^3\right)}{dR^2} = 8 \cdot \pi \cdot R \quad (6)$$

Όπου οι $4 \cdot \pi \cdot R^2$ και $8 \cdot \pi \cdot R$ ταυτίζονται διαστατικά με τους γνωστούς μαθηματικούς φορμαλισμούς για τον κυκλικό δίσκο ($\pi \cdot R^2$) και την περίμετρο του κύκλου ($2 \cdot \pi \cdot R$) αντίστοιχα, με τους οποίους είναι ήδη εξοικειωμένοι οι μαθητές Γυμνασίου /Λυκείου και αδιαμφισβήτητα οι σπουδαστές.

Βήμα 1^ο – Γνωριμία με τους ακροατές του προγράμματος – Παιχνίδια Καλωσορίσματος

Ο κύκλος και ο κυκλικός δίσκος αξιοποιούνται και εντάσσονται σε παιχνίδια τα οποία δείχνουν στον ακροατή ότι μέσα από το πρόγραμμα πρόκειται να εξελίξει ήδη υπάρχουσες γνώσεις του μέσα από νέες πληροφορίες, περιορίζοντας αρκετά το φόβο που έχει εν γένει ο άνθρωπος για την καινούρια γνώση.

Συγκεκριμένα προτείνονται δύο παιχνίδια γνωριμίας:

1. Ο Κύκλος είναι μια Γραμμή...

Στο χώρο όπου υλοποιείται το παιχνίδι (προαύλιος χώρος ή μια μεγάλη αίθουσα) τοποθετούνται 7 – 8 καρέκλες και οι ακροατές χωρίζονται σε δύο ισάριθμες ομάδες. Η «μυστική» οδηγία στην πρώτη ομάδα είναι να σχηματίσει με τις καρέκλες έναν κύκλο ενώ στη δεύτερη ομάδα ζητείται επίσης κρυφά να διαμορφώσει με τις καρέκλες μια γραμμή (Εικόνα 2) . Συνήθως, κατά τη διάρκεια αυτού του παιχνιδιού οι ακροατές είθισται να τσακώνονται αναμεταξύ τους. Στόχος κάθε ομάδας είναι να υλοποιήσει τη δική του εντολή, παρακάπτοντας το γεγονός ότι δεν υπήρξε καμία υπόδειξη που να ορίζει ότι δεν πρέπει να συνεργαστούν οι ομάδες μεταξύ τους. Από την άλλη, εάν είχαν συνεργαστεί θα είχαν αντιληφθεί ότι ουσιαστικά είχαν την ίδια οδηγία μιας κι ο κύκλος είναι μια γραμμή! Το παιχνίδι «Ο Κύκλος είναι μια Γραμμή...» επισημαίνει ότι άνθρωποι που ανήκουν σε διαφορετικές ομάδες δεν πρέπει απαραίτητα να ανταγωνίζονται η μια την άλλη και βέβαια αποδεικνύει πρακτικά ότι ο κύκλος είναι μια γραμμή κάνοντας μια πρώτη αναφορά στην έννοια του κύκλου.



Εικόνα 2: Παιχνίδι με καρτέλες «Ο Κύκλος είναι μια Γραμμή»

2. Σχημάτισε έναν κύκλο κι έναν κυκλικό δίσκο

Παραμένοντας στον ίδιο χώρο οι ακροατές χωρίζονται εκ νέου σε ομάδες των 3 – 4 ατόμων και τους διατίθενται σπάγγοι και κιμωλίες ώστε να σχεδιάσουν ανά ομάδες κύκλους στο δάπεδο του χώρου όπου διεξάγεται το παιχνίδι. Σε αυτό το σημείο αναμένεται να σχηματίσουν έναν κύκλο κρατώντας το ένα άκρο του σπάγγου σταθερό και περιστρέφοντας το άλλο όπου είναι τοποθετημένη η κιμωλία (Εικόνα 3). Αφού σχηματίσουν τον κύκλο τους ζητείται να υποδείξουν τον κυκλικό δίσκο ο οποίος φυσικά αντιστοιχεί στην επιφάνεια που περικλύεται εντός του κύκλου. Από τους συντονιστές του προγράμματος επισημαίνεται ο μαθηματικός φορμαλισμός για την περίμετρο και το εμβαδόν του κυκλικού δίσκου.

Με την ολοκλήρωση των δύο πρώτων δραστηριοτήτων/παιχνιδιών είναι πλέον δεδομένο ότι: Ο κύκλος είναι μια κλειστή γραμμή περιμέτρου $2 \cdot \pi \cdot R$ της οποίας όλα τα σημεία ισαπέχουν από το κέντρο της κατά απόσταση R , ορίζοντας ταυτόχρονα έναν κυκλικό δίσκος ακτίνας R με εμβαδόν $\pi \cdot R^2$. Εύκολα πλέον μπορούν οι συντονιστές του προγράμματος να εκμεεύσουν από το ακροατήριο ότι μια αντίστοιχη κυκλική γεωμετρία με όγκο είναι η «Σφαίρα». Και εδώ τίθεται η ερώτηση κλειδί: «Ποιος υπολόγισε πρώτος τον όγκο της Σφαίρας και πως το κατάφερε αυτό;». Η απάντηση φυσικά, σε αυτό το ερώτημα είναι ο «Αρχιμήδης», ολοκληρώνοντας έτσι την πρώτη φάση του προγράμματος.



Εικόνα 3: Παιχνίδι: «Σχημάτισε έναν Κύκλο κι ένα Κυκλικό Δίσκο»

Βήμα 2^ο – Μπαίνοντας στο χώρο διεξαγωγής του υπόλοιπου της δράσης με έναν γρίφο

Σε περίπτωση που τα δύο πρώτα παιχνίδια πραγματοποιηθούν σε εξωτερικό χώρο ακολουθεί η μετάβαση στην αίθουσα όπου υλοποιείται η επόμενη φάση του προγράμματος (αίθουσα με πίνακα και πειραματικές διατάξεις). Το ακροατήριο κερδίζει την εισοδό του στην αίθουσα εφόσον λύσει έναν από τους παρακατώ προτεινόμενους γρίφους:

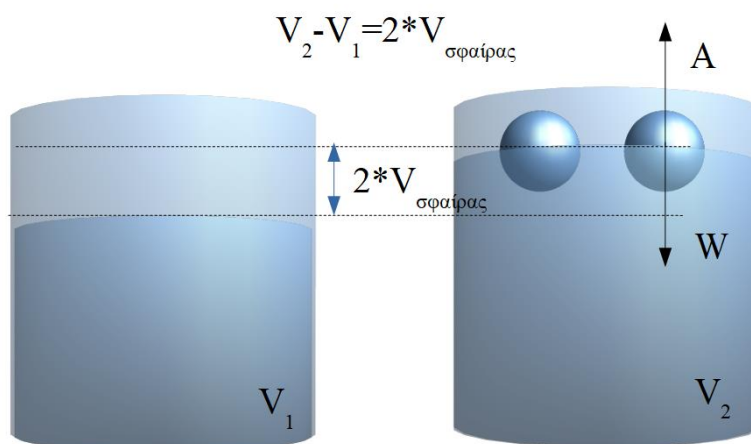
1. **Γρίφος:** Έχει κάποιος κρασί και θέλει να δώσει στο φίλο του 1 λίτρο. Πώς μπορεί να το κάνει αυτό χρησιμοποιώντας μόνο ένα δοχείο των 5 λίτρων και ένα των 3 λίτρων; (στα δοχεία δεν μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε κλίμακα). **Λύση:** πρώτα θα γεμίσει το δοχείο των 3 λίτρων. Μετά θα αδειάσει τα 3 λίτρα στο δοχείο των 5 λίτρων. Στη συνέχεια θα γεμίσει και πάλι το δοχείο των 3 λίτρων και θα αδειάσει στο δοχείο των 5 λίτρων τόσο κρασί, ώστε να το γεμίσει (χωρούσε 2 λίτρα ακόμη για να γεμίσει). Έτσι θα μείνει στο δοχείο των 3 λίτρων ακριβώς 1 λίτρο (Γαβαλάς Ι.)
2. Για παιδιά που έχουν ολοκληρώσει το πρώτο τετράμηνο στη Β' Γυμνασίου και άνω: **Γρίφος:** « Σε μια μπανιέρα που είναι γεμάτη μέχρι το όριο (ακόμα και λίγο νερό να προσθέσουμε θα τρέξει) επιπλέει ένα μεγάλο κομμάτι πάγου. Αν λιώσει ο πάγος η στάθμη του νερού της μπανιέρας θα μειωθεί, θα μείνει ίδια ή θα τρέξει έξω νερό;» - **Λύση:** Η στάθμη του νερού θα παραμείνει η ίδια! (Ψαρουδάκης Μ.)

Βήμα 3^ο – Ο Αρχιμήδης – Το έργο του και η μεγάλη συνεισφορά του στην Επιστήμη και την Τεχνολογία – Τέλος Προγράμματος

Αφού λοιπόν οι μαθητές μπουν στην αίθουσα όπου θα διεξαχθεί το υπόλοιπο του προγράμματος, γίνεται μια σύντομη ιστορική αναδρομή για το ποιος ήταν ο Αρχιμήδης, κάνοντας μια ομαλή μετάβαση στο επιστημονικό του έργο. Πρώτος σταθμός η άνωση, αρχίζοντας από τον αστικό μύθο ο οποίος θέλει τον Αρχιμήδη να παίρνει το μπάνιο του σε μια μπανιέρα βάζοντας ταυτόχρονα διάφορα αντικείμενα στο νερό. Παραστατικά οι συντονιστές δείχνουν πως ο Αρχιμήδης συνειδητοποίησε ότι το βάρος του νερού που πετιόταν από την μπανιέρα ήταν όσο το βάρος των αντικειμένων που βύθιζε σε αυτό. Υπάρχει εύθυμη διάθεση ώστε οι ακροατές να διασκεδάσουν με το τέλος της ιστορίας που θέλει τον Αρχιμήδη να βγαίνει από την μπανιέρα και να τρέχει γυμνός φωνάζοντας το περιβόητο «Εύρηκα». Η ενότητα της άνωσης ολοκληρώνεται φυσικά με ένα πείραμα αντίστοιχο της διάταξης που φαίνεται στην Εικόνα 4 όπου σε ένα δοσομετρικό δοχείο τοποθετείται νερό όγκου V_1 . Εν συνεχεία τοποθετούνται δύο σφαίρες ίσου όγκου $V_{σφαιρας}$ και μετράται εκ νέου ο όγκος του νερού στο δοχείο ο οποίος ισούται με V_2 . Γνωρίζοντας τον όγκο $V_{σφαιρας}$ εύκολα παρατηρείται ότι:

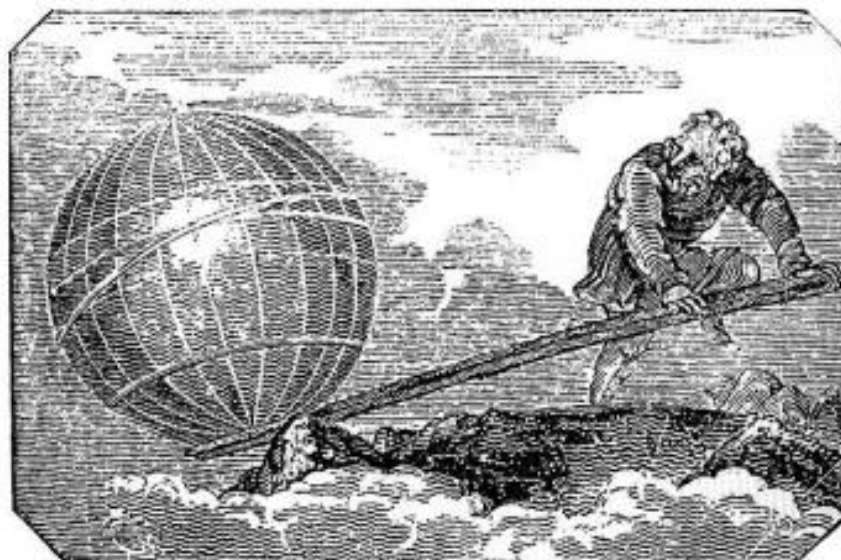
$$V_2 - V_1 = 2 \cdot V_{σφαιρας} \quad (7)$$

Φυσικά δεν παραλείπεται ο ορισμός της δύναμης της άνωσης η οποία A είναι ίση με το βάρος του νερού που εκτοπίζουν οι σφαίρες (Η αναφορά αυτή παραλείπεται μόνο στην περίπτωση που στο ακροατήριο είναι παιδιά της Α' Γυμνασίου. Στην περίπτωση που το ακροατήριο εμπεριέχει μαθητές της Β' Γυμνασίου ο συντονιστής/ Φυσικός που έχει αναλάβει να εξηγήσει τη δυναμική της σφαίρας οφείλει να ενημερωθεί για την ύλη που έχουν διδαχθεί έως τότε οι μαθητές και να αξιολογήσει αντίστοιχα εάν πρέπει ή όχι να ορίσει πως υπολογίζεται η συνισταμένη των δυνάμεων στην κάθε σφαίρα). Το πείραμα μπορεί να υλοποιηθεί από τους ίδιους τους μαθητές με πολύ μικρές υποδείξεις από τους συντονιστές του προγράμματος για σφαίρες διαφορετικής πυκνότητας. Στην Εικόνα 4 παρουσιάζεται μια περίπτωση όπου η πυκνότητα και το βάρος των σφαιρών είναι τέτοια ώστε $W = A$ επαληθεύοντας τη συνθήκη πλευσης.



Εικόνα 4: Πείραμα για την επαλήθευση ότι ανεβαίνει η στάθμη του νερού τόσο όσο είναι ο όγκος των δύο σφαιρών

Μετά την άνοση σειρά έχουν οι εφευρέσεις του Αρχιμήδη ξεκινώντας από το μοχλό. Ο Αρχιμήδης είχε πει χαρακτηριστικά «"Δώστε μου ένα μέρος για να σταθώ και θα μετακινήσω ακόμα κι ολόκληρη τη Γη."» (Εικόνα 5). Σε παιδιά Γ' λυκείου και σπουδαστές γίνεται αναφορά και στη ροπή δύναμης την οποία εντόπισε κι αξιοποίησε εμπειρικά 2000 περίπου χρόνια πριν τη διατύπωση της Νευτώνιας Μηχανικής από τον ίδιο τον Νεύτωνα.



Εικόνα 5: «"Δώστε μου ένα μέρος για να σταθώ και θα μετακινήσω ακόμα κι ολόκληρη τη Γη.", Αρχιμήδης 288 – 212π.Χ.

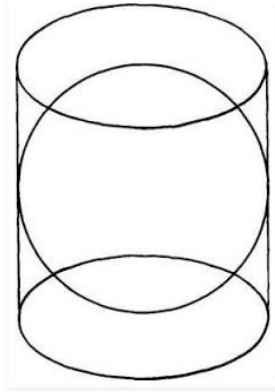
Πλέον το κοινό έχει γνωρισθεί καλύτερα με τους συντονιστές του προγράμματος κι έχει σχηματίσει μια πρώτη καλή εικόνα για το ποιος είναι ο Αρχιμήδης και ποιες γνωστές φυσικές αρχές/διατυπώσεις και τεχνολογικές εφευρέσεις του ανήκουν. Μέσα από την προσωπική τους συμμετοχή σε παιχνίδια και διαδραστικά πειράματα έχουν ενεργοποιηθεί και πλέον είναι έτοιμοι να ακούσουν και να μάθουν για το «καμάρι» του Αρχιμήδη που ήταν ο υπολογισμός του όγκου της σφαίρας. Φυσικά, σε αυτό το σημείο ο συντονιστής που κάνει την εισήγηση έχει τον αντίστοιχο ενθουσιασμό αναδεικνύοντας τον λόγο για τον οποίο στήθηκε όλο το εκπαιδευτικό πρόγραμμα. Ισχυρό εργαλείο αποτελεί η απαίτηση του ίδιου του Αρχιμήδη να τοποθετηθεί στον τάφο του το σχήμα της Εικόνας 6, όπου αναπαριστάται ένας κύλινδρος στον οποίο εμπεριέχεται μια σφαίρα κατάλληλων διαστάσεων ώστε να επαληθευτεί η σχέση:

$$V_{σφαίρας} = \frac{2}{3} \cdot V_{κύλινδρου} \quad (6)$$

Δεν παραλείπεται το γεγονός ότι ο Αρχιμήδης παρ' όλη τη γενική κατακραυγή που δέχθηκε για την ενασχόληση του με τη σφαίρα, δεν φοβήθηκε και προχώρησε την έρευνα του σεβόμενος την επιστήμη του (Heath T.L).

Στα πλαίσια του προγράμματος το πείραμα της Εικόνας 1 υλοποιήθηκε σε πραγματική διάταξη που φτιάχτηκε από την ομάδα (Εικόνα 7) επαληθεύοντας ότι ο ζυγός ισορροπεί αρκεί η σφαίρα, ο κύλινδρος και ο κώνος που χρησιμοποιούνται να είναι κατασκευασμένα από το ίδιο υλικό οποιοδήποτε κι αν είναι αυτό. Οι ακροατές επαλήθευσαν τη σχέση (6) γεμίζοντας με ρίζι και άμμο έναν κούφιο κύλινδρο και μια κούφια σφαίρα ακτίνας R και ύψους $h = 2R$ χρησιμοποιώντας ως «φαράσι» έναν κούφιο κώνο ακτίνας R και ύψους h αντίστοιχα. Οι ακροατές στο μεγαλύτερο ποσοστό παρατήρησαν εύστοχα ότι χρειάστηκαν δύο «γεμίσματα» με το φαράσι στην περίπτωση της σφαίρας και τρία στην περίπτωση του κυλίνδρου.

Εν συνεχεία, αφού ολοκληρωθούν με τις υποδείξεις των συντονιστών τα παραπάνω δύο πειράματα, το πρόγραμμα έχει φτάσει σχεδόν στο τέλος του. Σε αυτή τη φάση το ακροατήριο έχει στη διάθεση του τις διατάξεις που χρησιμοποιήθηκαν κατά τη διάρκεια του προγράμματος και άλλα παιχνίδια μαθηματικών, φυσικής και σπαζοκεφαλιές ώστε μέσα από δημιουργική απασχόληση και χαρά να κλείσει εύθυμα και χαλαρωτικά το πρόγραμμα.



Εικόνα 6: Σφαίρα μέσα σε κύλινδρο – Τοποθετήθηκε στον τάφο του Αρχιμήδη μετά από αίτημα το ίδιου (Heath T.L)



Εικόνα 7: Οι μαθητές που παρακολούθησαν το πρόγραμμα παίζουν με το ζυγό

ΕΝΟΤΗΤΑ Γ (ΣΥΖΗΤΗΣΗ - ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ/ ΣΧΟΛΙΑ ΑΠΟ ΤΟ ΑΚΡΟΑΤΗΡΙΟ – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΣΧΟΛΙΑ)

Στα πλαίσια της παρούσας εργασίας προτείνεται ένα πρόγραμμα Εναλλακτικής Διδασκαλίας με κύρια έμφαση στην συνεισφορά του Αρχιμήδη στη Φυσική και τα Μαθηματικά. Το πρόγραμμα έχει αρχή μέση και τέλος με όλες τις δράσεις του να έχουν δομηθεί και τοποθετηθεί με τέτοιο τρόπο ώστε να αναδεικνύουν πως υπολόγισε ο Αρχιμήδης τον όγκο της σφαίρας. Στην αρχή τα παιδιά καλωσορίζονται στο χώρο διεξαγωγής μέσα από παιχνίδια τα οποία τα ενεργοποιούν και τα βοηθούν με χαλαρό τρόπο να αντιληφθούν το γνωστικό αντικείμενο που πραγματεύεται το

πρόγραμμα. Με μεθοδικό τρόπο παρουσιάζονται τα πιο σημαντικά φυσικά και τεχνολογικά επιτεύγματα του Αρχιμήδη, εξάγοντας εν τέλει τους αντίστοιχους μαθηματικούς φορμαλισμούς. Στο τέλος οι μαθητές χαλαρώνουν παίζοντας με παιχνίδια Φυσικής και Μαθηματικών επαληθεύοντας με ορισμένα από αυτά πληροφορίες και γνώση που έχουν ήδη κατακτήσει από το πρόγραμμα.

Το πρόγραμμα «Μαθαίνοντας για τον Αρχιμήδη» έχει ήδη παρουσιασθεί πιλοτικά σε συναδέλφους εκπαιδευτικούς και σε κάποιες ομάδες μαθητών Γυμνασίου και Λυκείου. Η χρονική διάρκεια ήταν περίπου από 90' έως 120', με την παρουσίαση από τους συντονιστές να ολοκληρώνεται περίπου μετά από 60' ενώ ο υπόλοιπος χρόνος να εξαρτάται από το ίδιο το ακροατήριο και κατά πόσο αυτό επιθυμεί να ασχοληθεί με τις πειραματικές διατάξεις και τα παιχνίδια που του διατίθενται. Ορισμένα σχόλια που καταγράφηκαν είναι τα εξής:

«Πρόκειται για ένα ενδιαφέρον πρόγραμμα, με καλή δομή που αναδεικνύει το στόχο που έχουν θέσει οι συντονιστές», Σοφία, Εκπαιδευτικός Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης

«Οφείλουμε να στηρίζουμε τέτοιες προσπάθειες που μας εμπνέουν να βελτιώσουμε και να εξελίξουμε τον τρόπο με τον οποίο διδάσκουμε τους μαθητές μας», Γιάννης, Εκπαιδευτικός Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης

«Περάσαμε ωραία, το διασκεδάσαμε αλλά ίσως να θέλαμε και περισσότερα παιχνίδια», Νικόλας, Μαθητής Β' Γυμνασίου

«Νόμιζα ότι ο Αρχιμήδης μόνο έτρεχε έξω από την μανιέρα του! Δεν ήξερα ότι είχε κάνει τόσες πολλές εφευρέσεις!», Γιώργος, Μαθητής Α' Λυκείου

Από τα σχόλια και τις παρατηρήσεις των συναδέλφων η ομάδα μας πήρε δύναμη ώστε να προχωρήσει και να εξελίξει τη δουλειά της. Η υπόδειξη από τους μαθητές να κατασκευάσουμε νέα πειράματα και παιχνίδια είναι σημαντική και πρόκειται να την εφαρμόσουμε. Η διεπιστημονική ομάδα εκπαιδευτικών είναι μέλος του Συλλόγου ΑΣΤΟ Πάτρας και δημιουργήθηκε με προσωπική πρωτοβουλία του προέδρου του Συλλόγου και συνταξιούχου αλλά πάντα μάχημου Εκπαιδευτικού Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης Σάκη Ροδίτη. Η πρώτη φάση του προγράμματος (παιχνίδια γνωριμίας) πραγματοποιήθηκε στον εξωτερικό χώρο του συλλόγου και η δεύτερη σε χώρο που μας παραχώρησε η ΕΛΜΕ Αχαΐας,

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ashiq Hussain, Muhammad Azeem, Azra Shakoor (2011) “Physics Teaching Methods: Scientific Inquiry Vs Traditional Lecture”, *International Journal of Humanities and Social Science*, Vol. 1 No. 19; December, p.p. 269 – 276

Γαβαλάς Ισιδωρος, (2012) «Γρίφοι και σπαζοκεφαλιές για μαθητές (α' μέρος)», ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ, ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑ & ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΑ, Ιστολόγιο του εκπαιδευτικού Ισιδώρου Γλαβά

Γραμματάς, Θ. (επιμ.) (2013). Το Θέατρο ως μορφοπαιδευτικό αγαθό και καλλιτεχνική έκφραση στην Εκπαίδευση και την Κοινωνία. Διδακτικό Εγχειρίδιο στο πλαίσιο του Προγράμματος «Θαλής». Αθήνα: ΕΚΠΑ, σσ. 58-77.

Heath T.L.(912), *The Works of Archimedes*. New York: Cambridge University Press, , επανέκδοση από Dover, New York.

Jing Li, Sujuan Ma, Linqing Ma, (2012) “The Study on the Effect of Educational Games for the Development of Students’ Logic-mathematics of Multiple Intelligence” *Physics Procedia* 33 1749 – 1752.

Laudan Y. Aron, (2006), *An Overview of Alternative Education*, The Urban Institute

Meiklejohn, J., Phillips, C., Freedman, M.L. et al. (2012). Integrating Mindfulness Training into K-12 Education: Fostering the Resilience of Teachers and Students. *Mindfulness* 3, 291–307 <https://doi.org/10.1007/s12671-012-0094-5>

Packer B.D. (2013) *Breaking Down Borders in Development Education*. In: Majhanovich S., Geo-JaJa M.A. (eds) *Economics, Aid and Education*. The World Council of Comparative Education Societies. SensePublishers, Rotterdam

Σουρλάς Δημήτρης, (2006), *Διανυσματική Ανάλυση*, Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Πανεπιστημίου

Πατρών Ψαρουδάκης , «Γρίφοι – Περί Φυσικής», <https://blogs.sch.gr/mpsaroudakis/%CE%B3%CF%81%CE%AF%CF%86%CE%BF%CE%B9/>