

ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΚΑΙ ΔΙΑΔΟΣΗ ΠΕΡΙΟΔΙΚΩΝ ΕΥΘΥΓΡΑΜΜΩΝ ΚΥΜΑΤΩΝ ΣΤΗ ΛΕΚΑΝΗ ΚΥΜΑΤΙΣΜΩΝ

ΜΕΤΡΗΣΗ ΤΟΥ ΜΗΚΟΥΣ ΚΥΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ ΔΙΑΔΟΣΗΣ

A. ΣΤΟΧΟΙ

- Η εξοικείωση με μετρήσεις μήκους και χρόνου.
- Η εξοικείωση με τη χρήση απλών και περίπλοκων πειραματικών διατάξεων.
- Η εξοικείωση με τη χρήση φουσητήρα αέρα (γεννήτριας παλμών και κυμάτων).
- Η εξοικείωση με τη χρήση ευθύγραμμου διεγέρτη παλμών και κυμάτων.
- Η εξοικείωση με τη χρήση στροβοσκοπικής φωτεινής πηγής.
- Η εξοικείωση με την οριζοντίωση συσκευής.
- Η εφαρμογή θεωρητικών γνώσεων στην παραγωγή και διάδοση κυμάτων.
- Η κατανόηση και η εκτίμηση των σφαλμάτων που υπεισέρχονται κατά τις μετρήσεις.

B. ΘΕΜΑ

- Η δημιουργία ευθύγραμμων παλμών και κυμάτων στην επιφάνεια νερού. Η μέτρηση του μήκους κύματος και ο πειραματικός υπολογισμός της ταχύτητας διάδοσης του κύματος.

Γ. ΟΡΓΑΝΑ

- Συναρμολογημένη λεκάνη κυματισμών
- Φουσητήρας αέρα
- Ευθύγραμμος διεγέρτης με δύο κυλινδρικούς μαγνήτες στήριξης
- Ηλεκτρονικός ελεγκτής φουσητήρα & στροβοσκοπίου
- Σημειακή φωτεινή πηγή αλογόνου
- Χρονόμετρο
- Μετροταινία ή υποδεκάμετρο



Δ. ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΕΣ ΓΝΩΣΕΙΣ

- Για την πραγματοποίηση και κατανόηση της άσκησης χρειάζονται οι παρακάτω γνώσεις από το σχολικό βιβλίο Κατεύθυνσης της Γ' τάξης Γενικού Λυκείου :
✓ Ενότητα 2 – 2 : Μηχανικά κύματα

Ε. ΘΕΩΡΗΤΙΚΕΣ ΕΠΙΣΗΜΑΝΣΕΙΣ

- Τα κύματα, που παράγονται στην επιφάνεια ακίνητου υγρού, είναι σχεδόν εγκάρσια κύματα που διαδίδονται με σταθερή ταχύτητα πάνω στην επίπεδη επιφάνεια και μπορούν να θεωρηθούν ελαστικά κύματα, που μεταφέρουν ορμή και ενέργεια.
- Κυματικός παλμός είναι μία διαταραχή που διαρκεί πολύ μικρό χρονικό διάστημα.
- Η ταχύτητα του κύματος μπορεί να υπολογιστεί, αν είναι γνωστός ο χρόνος t που χρειάζεται το κύμα για να διανύσει απόσταση x , από τον ορισμό της ταχύτητας :

$$v = x / t \quad (1)$$

- Η ταχύτητα του κύματος μπορεί επίσης να υπολογιστεί, αν είναι γνωστό το μήκος κύματος λ και η συχνότητα f του κύματος, από τη θεμελιώδη εξίσωση της κυματικής :

$$v = \lambda f \quad (2)$$

η οποία παίρνει και τις μορφές :

$$\lambda = v \cdot \frac{1}{f} \quad \xrightarrow{1/f=T} \quad \lambda = v \cdot T \quad (3)$$

- Η γραφική παράσταση $\lambda - 1/f$ ή $\lambda - T$ είναι ευθεία που περνάει από την αρχή των αξόνων (0, 0) και η κλίση της μας δίνει την ταχύτητα v του κύματος.
- Η θεωρητική τιμή της ταχύτητας των κυμάτων στο νερό είναι περίπου $v_{\theta} \approx 23,8 \text{ cm/s}$.
- Το προβολικό σύστημα της συσκευής προκαλεί μεγέθυνση (μ) των μηκών, η οποία υπολογίζεται από τη σχέση $\mu = \ell_{\varepsilon} / \ell_{\pi}$, όπου ℓ_{π} είναι το πραγματικό μήκος ενός αντικειμένου και ℓ_{ε} το μήκος του ειδώλου του, όπως αυτό μετρείται στην οθόνη.
- Η ταχύτητα διάδοσης των κυμάτων αυξάνεται με το βάθος του νερού και μάλιστα όταν το βάθος h είναι μικρό σε σχέση με το μήκος κύματος, δίνεται από τη σχέση $v = \sqrt{gh}$.

ΣΤ. ΠΡΟΕΤΟΙΜΑΣΙΑ ΤΗΣ ΣΥΣΚΕΥΗΣ

- Οριζοντιώνουμε τη λεκάνη κυματισμών πάνω στον εργαστηριακό πάγκο, προσέχοντας να μην υπάρχουν φυσαλίδες ή ακαθαρσίες στο δοχείο του νερού ή στη γεννήτρια των κυμάτων.
- Ασφαλίζουμε τον πορτοκαλί σωλήνα λατέξ απορροής και γεμίζουμε τη λεκάνη με απιονισμένο νερό (για να μην αφήνει άλατα) σε βάθος $\sim 8 \text{ mm}$ (περίπου 500 mL νερό). Αν έχουμε προβλήματα επιφανειακής τάσης, μπορούμε να τα αποφύγουμε με προσθήκη 2 – 3 σταγόνων διαλύτη.
- Τοποθετούμε τον βραχίονα στήριξης κοντά στο ένα άκρο της λεκάνης και στηρίζουμε πάνω του την τερματική πλάκα του ευθύγραμμου διεγέρτη, έτσι ώστε τα άκρα της να είναι παράλληλα και σε επαφή με την επιφάνεια του νερού.
- Συνδέουμε την κυματογεννήτρια (φουσητήρας αέρα) και τη λυχνία αλογόνου της στροβοσκοπικής φωτεινής πηγής στο πίσω μέρος του ηλεκτρονικού ελεγκτή, με τις μπανάνες τροφοδοσίας αντίστοιχου χρώματος.

Ζ. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ

Λήψη μετρήσεων

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ ΤΟΥ ΚΥΜΑΤΟΣ ΜΕ ΤΗΝ ΚΙΝΗΤΙΚΗ

1. Θέτουμε σε λειτουργία τον ηλεκτρονικό ελεγκτή του φουσητήρα και της φωτεινής πηγής με το διακόπτη ON-OFF. Επιλέγουμε τη χειροκίνητη δημιουργία παλμών με τον επιλογέα MODE / MANUAL και κατάλληλη ένταση κυμάτων με το ρυθμιστικό AMPLITUDE.
2. Ορίζουμε μια απόσταση x που μπορεί να διανύσει το κύμα (π.χ. μέχρι το τέλος της λεκάνης), τη μετράμε και την καταχωρούμε στον ΠΙΝΑΚΑ 1.
3. Δημιουργούμε χειροκίνητα ένα ευθύγραμμο μέτωπο κύματος (παλμό) με το κόκκινο μπουτόν. Ο παλμός παραμένει ευθύγραμμος καθώς κινείται μέσα στη λεκάνη.
4. Μετράμε πέντε (5) φορές το χρόνο t που χρειάζεται ο παλμός για να διανύσει την απόσταση x και καταχωρούμε τις τιμές στον ΠΙΝΑΚΑ 1.

ΠΙΝΑΚΑΣ 1 – ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ				
x (cm)				
t (s)				

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ ΤΟΥ ΚΥΜΑΤΟΣ ΜΕ ΤΗΝ ΚΥΜΑΤΙΚΗ

5. Μετράμε το πραγματικό μήκος ℓ_{π} ενός αντικειμένου (π.χ. μεταλλικό εμπόδιο) και καταχωρούμε την τιμή του στον ΠΙΝΑΚΑ 2.
6. Βυθίζουμε το αντικείμενο στο νερό και μετράμε το μήκος του ειδώλου του ℓ_{ε} στην οθόνη προβολής. Σημειώνουμε την τιμή του στον ΠΙΝΑΚΑ 2.

ΠΙΝΑΚΑΣ 2 – ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ		
Πραγματικό μήκος αντικειμένου	l_{π} (cm)	
Μήκος ειδώλου αντικειμένου	l_{ε} (cm)	

7. Θέτουμε σε λειτουργία τον ηλεκτρονικό ελεγκτή του φουσητήρα και της φωτεινής πηγής με το διακόπτη ON–OFF. Επιλέγουμε συνεχή δημιουργία παλμών με τον επιλογέα MODE / CONTINUE και κατάλληλη ένταση κυμάτων με το ρυθμιστικό AMPLITUDE.
8. Επιλέγουμε περίοδο $T = 100$ ms με τον επιλογέα PERIOD την οποία σημειώνουμε στον ΠΙΝΑΚΑ 3.
9. Μετράμε πάνω στην οθόνη το είδωλο πέντε μηκών κύματος $5 \cdot \lambda_{\varepsilon}$ (απόσταση μεταξύ έξι κορυφών) και το σημειώνουμε στον ΠΙΝΑΚΑ 3.
10. Επαναλαμβάνουμε τέσσερις (4) φορές τη διαδικασία 7 – 8 με άλλες περιόδους και καταχωρούμε τις τιμές στον ΠΙΝΑΚΑ 3.

ΠΙΝΑΚΑΣ 3 – ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ					
Περίοδος T (ms)	100	67	50	40	33
Είδωλο 5 μηκών κύματος $5 \cdot \lambda_{\varepsilon}$ (cm)					

Επεξεργασία μετρήσεων

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ ΤΟΥ ΚΥΜΑΤΟΣ ΜΕ ΤΗΝ ΚΙΝΗΤΙΚΗ

1. Μεταφέρουμε από τον ΠΙΝΑΚΑ 1 την τιμή του x στον ΠΙΝΑΚΑ 4.
2. Υπολογίζουμε τη μέση τιμή των χρόνων του ΠΙΝΑΚΑ 1 που χρειάζεται ο παλμός για να διανύσει την απόσταση x και την καταχωρούμε στον ΠΙΝΑΚΑ 4.
3. Υπολογίζουμε την πειραματική ταχύτητα v_1 του κύματος και την καταχωρούμε στον ΠΙΝΑΚΑ 4.

ΠΙΝΑΚΑΣ 4 – ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ	
x (cm)	
\bar{t} (s)	
$v_1 = x / \bar{t}$ (cm/s)	

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ ΤΟΥ ΚΥΜΑΤΟΣ ΜΕ ΤΗΝ ΚΥΜΑΤΙΚΗ

Α' ΤΡΟΠΟΣ

4. Μεταφέρουμε από τον ΠΙΝΑΚΑ 3 τις τιμές της περιόδου T στον ΠΙΝΑΚΑ 5.
5. Υπολογίζουμε τον συντελεστή μεγέθυνσης (μ) του προβολικού συστήματος, χρησιμοποιώντας τις τιμές του ΠΙΝΑΚΑ 2 και σημειώνουμε την τιμή του στον ΠΙΝΑΚΑ 5.
6. Υπολογίζουμε το είδωλο του ενός μήκους κύματος λ_{ε} , που αντιστοιχεί σε κάθε περίοδο, χρησιμοποιώντας τις τιμές του ΠΙΝΑΚΑ 3 και καταχωρούμε τις τιμές στον ΠΙΝΑΚΑ 5.
7. Υπολογίζουμε το πραγματικό μήκος κύματος λ_{π} , που αντιστοιχεί σε κάθε περίοδο, διαιρώντας το μήκος του ειδώλου με τη μεγέθυνση ($\lambda_{\pi} = \lambda_{\varepsilon} / \mu$) και το σημειώνουμε στον ΠΙΝΑΚΑ 5.
8. Υπολογίζουμε την πειραματική ταχύτητα v_2 του κύματος, που αντιστοιχεί σε κάθε περίοδο, από την κυματική εξίσωση $v = \lambda / T$ και την καταχωρούμε στον ΠΙΝΑΚΑ 5.
9. Υπολογίζουμε τη μέση τιμή \bar{v}_2 της πειραματικής ταχύτητας διάδοσης του κύματος και την καταχωρούμε στον ΠΙΝΑΚΑ 5.

Β' ΤΡΟΠΟΣ

10. Κατασκευάζουμε τη γραφική παράσταση $\lambda_{\pi} - T$.
11. Υπολογίζουμε την κλίση της ευθείας, η οποία παριστάνει την πειραματική ταχύτητα v_3 του κύματος και την καταχωρούμε στον ΠΙΝΑΚΑ 5.

ΠΙΝΑΚΑΣ 5 – ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ						
Περίοδος :	T (ms)	100	67	50	40	33
Μεγέθυνση προβ. συστήματος :	$\mu = \ell_{\varepsilon} / \ell_{\pi}$					
Είδωλο μήκους κύματος :	$\lambda_{\varepsilon} = (5 \cdot \lambda_{\varepsilon}) / 5$ (cm)					
Πραγματικό μήκος κύματος :	$\lambda_{\pi} = \lambda_{\varepsilon} / \mu$ (cm)					
Πειραματική ταχύτητα :	$v_2 = \lambda_{\pi} / T$ (cm/s)					
Μέση πειραματική ταχύτητα :	\bar{v}_2 (cm/s)					
κλίση ευθείας $\lambda_{\pi} - T$:	v_3 (cm/s)					

12. Συγκρίνουμε τις ταχύτητες διάδοσης του κύματος, που βρήκαμε πειραματικά με τους τρεις τρόπους :
- ✓ από τον ορισμό της ταχύτητας $v = x / t$
 - ✓ από τη θεμελιώδη εξίσωση της κυματικής $v = \lambda_{\pi} / T$
 - ✓ από την κλίση της ευθείας $\lambda - T$
13. Υπολογίζουμε σε κάθε μία από τις τρεις περιπτώσεις το σφάλμα $\sigma \%$ μεταξύ θεωρητικής ($v_{\theta} \approx 23,8$ cm/s) και πειραματικής τιμής της ταχύτητας διάδοσης των κυμάτων στην επιφάνεια του νερού και το καταχωρούμε στον ΠΙΝΑΚΑ 6 [$\sigma \% = (v_{\theta} - v_{\pi}) / v_{\theta} \cdot 100 \%$].

ΠΙΝΑΚΑΣ 6 – ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ			
ΣΦΑΛΜΑ μεταξύ των ταχυτήτων :	$v_{\theta} \ \& \ v_1 = x / t$	$v_{\theta} \ \& \ v_2 = \lambda / T$	$v_{\theta} \ \& \ v_3$ από κλίση
$\sigma \% = \frac{v_{\theta} - v_{\pi}}{v_{\theta}} \cdot 100 \%$			

Η. ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Σε ποιους παράγοντες μπορεί να οφείλεται το σφάλμα στη μέτρηση των μηκών κύματος ;
2. Πόση είναι η απόσταση μεταξύ δύο κορυφών ;
3. Γιατί οι τιμές της ταχύτητας του κύματος που υπολογίζουμε, είναι διαφορετικές για τις διάφορες τιμές της συχνότητας του κύματος ; Από τι εξαρτάται η ταχύτητα του κύματος ;
4. Επηρεάζεται η ταχύτητα του κύματος από το βάθος του νερού, όταν η συχνότητα των κυμάτων παραμένει σταθερή ;
5. Αν το πλάτος ταλάντωσης είναι 4 mm να γραφεί η εξίσωση του κύματος και να υπολογισθεί η μέγιστη ταχύτητα ταλάντωσης.
6. Πού οφείλεται το σφάλμα στον υπολογισμό της ταχύτητας διάδοσης των κυμάτων στην επιφάνεια του νερού ;