

ΔΙΑΘΛΑΣΗ ΚΥΜΑΤΩΝ ΣΤΗ ΛΕΚΑΝΗ ΚΥΜΑΤΙΣΜΩΝ

ΕΠΑΛΗΘΕΥΣΗ ΤΟΥ ΝΟΜΟΥ ΤΗΣ ΔΙΑΘΛΑΣΗΣ (ΝΟΜΟΣ SNELL)

A. ΣΤΟΧΟΙ

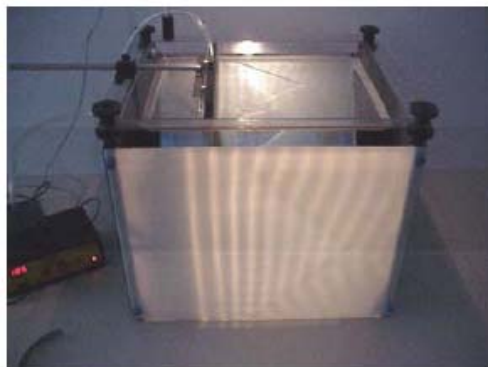
- Η εξοικείωση με μετρήσεις μήκους.
- Η εξοικείωση με τη χρήση απλών και περίπλοκων πειραματικών διατάξεων.
- Η εξοικείωση με τη χρήση φυσητήρα αέρα (γεννήτριας παλμών και κυμάτων).
- Η εξοικείωση με τη χρήση ευθύγραμμου διεγέρτη παλμών και κυμάτων.
- Η εξοικείωση με τη χρήση στροβοσκοπικής φωτεινής πηγής.
- Η εξοικείωση με την οριζοντίωση συσκευής.
- Η εφαρμογή θεωρητικών γνώσεων στην παραγωγή και διάδοση κυμάτων.
- Η διαπίστωση ότι όταν τα ευθύγραμμα κύματα περνούν από στρώμα νερού μεγάλου βάθους σε στρώμα νερού μικρού βάθους, τότε το μήκος κύματος αλλάζει και εφόσον το αρχικό κύμα δε συναντά κάθετα τη διαχωριστική γραμμή μεταξύ των δύο στρωμάτων νερού, τότε τα κύματα αλλάζουν διεύθυνση διάδοσης.
- Η κατανόηση και η εκτίμηση των σφαλμάτων που υπεισέρχονται κατά τις μετρήσεις.

B. ΘΕΜΑ

- Δημιουργία ευθύγραμμων κυμάτων στην επιφάνεια νερού, τα οποία πέφτουν κάθετα σε παραλληλόγραμμη πλάκα. Μέτρηση του μήκους κύματος στο βαθύ και στο ρηχό νερό.
- Τα ευθύγραμμα κύματα παθαίνουν διάθλαση όταν πέφτουν πλάγια στη μεγάλη πλευρά ορθογώνιας τριγωνικής πλάκας. Μέτρηση των γωνιών πρόσπτωσης και διάθλασης του κύματος και επιβεβαίωση του νόμου της διάθλασης (νόμος Snell).

Γ. ΟΡΓΑΝΑ

- Συναρμολογημένη λεκάνη κυματισμών
- Φυσητήρας αέρα
- Ευθύγραμμος διεγέρτης με δύο κυλινδρικούς μαγνήτες στήριξης
- Παραλληλόγραμμη διαφανής πλάκα
- Ορθογώνια τριγωνική διαφανής πλάκα
- Ηλεκτρονικός ελεγκτής (φυσητήρα & στροβοσκοπίου)
- Σημειακή φωτεινή πηγή αλογόνου
- Μετροταινία ή υποδεκάμετρο
- Μοιρογωμόνιο



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 – 9 : Ανάκλαση και διάθλαση

Ε. ΘΕΩΡΗΤΙΚΕΣ ΕΠΙΣΗΜΑΝΣΕΙΣ

- Κατά τη διάδοση ενός κύματος από βαθύ σε ρηχό νερό η γωνία διάθλασης θ_{ρ} είναι μικρότερη από τη γωνία πρόσπτωσης θ_{β} .
- Όταν το κύμα περνά από βαθύ σε ρηχό νερό μικραίνει το μήκος κύματός του και η ταχύτητά του, ενώ παραμένει σταθερή η συχνότητά του.

- Κατά την διάθλαση ισχύει ο νόμος του Snell :

$$\text{(από βαθύ σε ρηχό)} \quad \frac{\eta\mu\theta_{\beta}}{\eta\mu\theta_{\rho}} = \frac{\lambda_{\beta}}{\lambda_{\rho}} \quad (1)$$

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.
- Αφού προηγουμένως ασφαλίσουμε τον πορτοκαλί σωλήνα λατέξ απορροής, γεμίζουμε τη λεκάνη με αποσταγμένο νερό σε βάθος περίπου 12 – 13 mm (περίπου 750 mL νερό). Αν έχουμε προβλήματα επιφανειακής τάσης, μπορούμε να τα αποφύγουμε με προσθήκη 2 – 3 σταγόνων διαλύτη.
- Τοποθετούμε τον βραχίονα στήριξης και στηρίζουμε πάνω του την τερματική πλάκα του ευθύγραμμου διεγέρτη, έτσι ώστε τα άκρα της να είναι παράλληλα στην 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

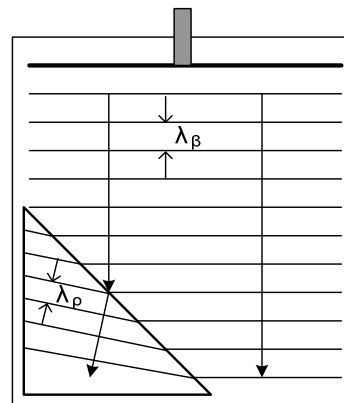
Ι. Διαφανής παραλληλόγραμμη πλάκα κάθετα στα ευθύγραμμα κύματα

- Τοποθετούμε στη συσκευή τον ευθύγραμμο διεγέρτη παράλληλα στην επιφάνεια του νερού και κοντά στο ένα άκρο της λεκάνης.
- Τοποθετούμε τη διαφανή παραλληλόγραμμη πλάκα στη λεκάνη, (πάνω στα υποστηρίγματά της), κάθετα με τον ευθύγραμμο διεγέρτη.
- Προσέχουμε ώστε πάνω από την πλάκα να υπάρχει νερό σε βάθος ~ 2 mm.
- Τροφοδοτούμε ηλεκτρικά τον φουσητήρα και τη φωτεινή πηγή και δημιουργούμε ένα ευθύγραμμο κύμα, που είναι παράλληλο στη διαχωριστική επιφάνεια των δύο μέσων, καθώς κινείται από το «βαθύ» προς το «ρηχό» νερό.
- Επιλέγουμε στον ηλεκτρονικό ελεγκτή περίοδο 55 ms (δηλ. συχνότητα κυμάτων 18,18 Hz) όπως φαίνεται στον ΠΙΝΑΚΑ 1 (μέτρηση 1^η).
- Μετράμε πάνω στην οθόνη πέντε (5) μήκη κύματος $5 \cdot \lambda_{\beta}$ (απόσταση μεταξύ έξι κορυφών) στο ΒΑΘΥ νερό και σημειώνουμε την τιμή στον ΠΙΝΑΚΑ 1 (μέτρηση 1^η).
- Μετράμε πάνω στην οθόνη πέντε (5) μήκη κύματος $5 \cdot \lambda_{\rho}$ (απόσταση μεταξύ έξι κορυφών) στο ΡΗΧΟ νερό και σημειώνουμε την τιμή στον ΠΙΝΑΚΑ 1 (μέτρηση 1^η).
- Επαναλαμβάνουμε τη διαδικασία 6 – 7 με τις άλλες περιόδους που είναι σημειωμένες στον ΠΙΝΑΚΑ 1 (μέτρηση 2^η, 3^η, 4^η, 5^η).

ΠΙΝΑΚΑΣ 1						
ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ στο ΒΑΘΥ και στο ΡΗΧΟ νερό (παραλληλόγραμμη πλάκα)						
ΜΕΤΡΗΣΗ		1 ^η	2 ^η	3 ^η	4 ^η	5 ^η
Περίοδος	T (ms)	55	60	65	70	75
ΒΑΘΥ νερό	$5 \cdot \lambda_{\beta}$ (cm)					
ΡΗΧΟ νερό	$5 \cdot \lambda_{\rho}$ (cm)					

II. Τριγωνική ορθογώνια πλάκα πλάγια προς τα ευθύγραμμα κύματα

1. Τοποθετούμε την ορθογώνια τριγωνική διαφανή πλάκα με τη μεγάλη πλευρά της πλάγια στη διεύθυνση των προσπιπτόντων ευθύγραμμων κυμάτων (σχήμα).
2. Προσέχουμε ώστε πάνω από την πλάκα να υπάρχει νερό σε βάθος ~ 2 mm.
3. Τροφοδοτούμε ηλεκτρικά τον φυσητήρα και τη φωτεινή πηγή και δημιουργούμε ένα ευθύγραμμο κύμα, που πέφτει πλάγια στη διαχωριστική επιφάνεια των δύο μέσων, καθώς κινείται από το «βαθύ» προς το «ρηχό» νερό.
4. Επιλέγουμε στον ηλεκτρονικό ελεγκτή περίοδο 80 ms (δηλ. συχνότητα κυμάτων $12,5$ Hz).
5. Παρατηρούμε ότι ενώ τα διαθλώμενα κύματα εξακολουθούν να είναι ευθύγραμμα, η διεύθυνση διάδοσης του κύματος αλλάζει. Η διεύθυνση διάδοσης είναι πάντα κάθετη στο μέτωπο κύματος.



6. Τοποθετούμε ένα χαρτί στην επιφάνεια προβολής και σχεδιάζουμε το σύνορο μεταξύ βαθιού και ρηχού νερού καθώς και από 5 μέτωπα κύματος για το βαθύ και το ρηχό νερό αντίστοιχα.
7. Χρησιμοποιούμε το σχήμα που κάναμε και μετράμε τη γωνία πρόσπτωσης θ_β και τη γωνία διάθλασης θ_ρ των υδάτινων κυμάτων στο βαθύ και στο ρηχό νερό με τη βοήθεια μοιρογνωμόνιου και καταχωρούμε τις μετρήσεις στον ΠΙΝΑΚΑ 2.
ΠΡΟΣΟΧΗ : οι γωνίες θ_β και θ_ρ μπορούν να μετρηθούν ως οι γωνίες μεταξύ των μετώπων κύματος και της συνοριακής επιφάνειας.
8. Χρησιμοποιούμε το σχήμα που κάναμε και καθορίζουμε το μήκος πέντε (5) μηκών κύματος $5 \cdot \lambda_\beta$ στο βαθύ και αντίστοιχα $5 \cdot \lambda_\rho$ στο ρηχό νερό. Καταχωρούμε τις τιμές στον ΠΙΝΑΚΑ 2.

ΠΙΝΑΚΑΣ 2 ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ στο ΒΑΘΥ και στο ΡΗΧΟ νερό (τριγωνική πλάκα) T = 80 ms			
θ_β (βαθύ)	θ_ρ (ρηχό)	$5 \cdot \lambda_\beta$ (cm)	$5 \cdot \lambda_\rho$ (cm)

Επεξεργασία μετρήσεων

I. Διαφανής παραλληλόγραμμη πλάκα κάθετα στα ευθύγραμμα κύματα

1. Υπολογίζουμε τη συχνότητα $f = 1 / T$ που αντιστοιχεί σε κάθε περίοδο για το βαθύ νερό και τη σημειώνουμε στον ΠΙΝΑΚΑ 3 (είναι ήδη υπολογισμένες).
2. Υπολογίζουμε το είδωλο του ενός μήκους κύματος λ_β για κάθε περίοδο στο βαθύ νερό χρησιμοποιώντας τις τιμές του ΠΙΝΑΚΑ 1 και καταχωρούμε τις τιμές στον ΠΙΝΑΚΑ 3.
ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗ : Δεν χρειάζεται να διορθώσουμε τα μήκη κύματος λόγω σφάλματος του προβολικού συστήματος, διότι τελικά υπολογίζουμε τον λόγο των μηκών και όχι το μήκος καθενός ξεχωριστά.
3. Υπολογίζουμε την πειραματική ταχύτητα v_β του κύματος σε κάθε περίπτωση για το βαθύ νερό από την κυματική εξίσωση (2) και την καταχωρούμε στον ΠΙΝΑΚΑ 3.
4. Υπολογίζουμε τη μέση τιμή \bar{v}_β της πειραματικής ταχύτητας διάδοσης του κύματος στο βαθύ νερό και την καταχωρούμε στον ΠΙΝΑΚΑ 3.

ΠΙΝΑΚΑΣ 3 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ στο ΒΑΘΥ νερό (παραλληλόγραμμη πλάκα)						
ΜΕΤΡΗΣΗ		1 ^η	2 ^η	3 ^η	4 ^η	5 ^η
Συχνότητα	$f = 1 / T$ (Hz)	18,18	16,67	15,38	14,29	13,33
Μήκος κύματος	$\lambda_{\beta} = 5 \cdot \lambda_{\rho} / 5$ (cm)					
Ταχύτητα	$v_{\beta} = \lambda_{\beta} f$ (cm/s)					
Μέση ταχύτητα	\bar{v}_{β} (cm/s)					

- Υπολογίζουμε τη συχνότητα $f = 1 / T$ που αντιστοιχεί σε κάθε περίοδο για το ρηχό νερό και τη σημειώνουμε στον ΠΙΝΑΚΑ 4 (είναι ήδη υπολογισμένες).
- Υπολογίζουμε το είδωλο του ενός μήκους κύματος λ_{ρ} για κάθε περίοδο στο ρηχό νερό χρησιμοποιώντας τις τιμές του ΠΙΝΑΚΑ 1 και καταχωρούμε τις τιμές στον ΠΙΝΑΚΑ 4.
- Υπολογίζουμε την πειραματική ταχύτητα v_{ρ} του κύματος σε κάθε περίπτωση για το ρηχό νερό από την κυματική εξίσωση (2) και την καταχωρούμε στον ΠΙΝΑΚΑ 4.
- Υπολογίζουμε τη μέση τιμή \bar{v}_{ρ} της πειραματικής ταχύτητας διάδοσης του κύματος στο ρηχό νερό και την καταχωρούμε στον ΠΙΝΑΚΑ 4.

ΠΙΝΑΚΑΣ 4 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ στο ΡΗΧΟ νερό (παραλληλόγραμμη πλάκα)						
ΜΕΤΡΗΣΗ		1 ^η	2 ^η	3 ^η	4 ^η	5 ^η
Συχνότητα	$f = 1 / T$ (Hz)	18,18	16,67	15,38	14,29	13,33
Μήκος κύματος	$\lambda_{\rho} = 5 \cdot \lambda_{\beta} / 5$ (cm)					
Ταχύτητα	$v_{\rho} = \lambda_{\rho} f$ (cm/s)					
Μέση ταχύτητα	\bar{v}_{ρ} (cm/s)					

- Μεταφέρουμε από τους ΠΙΝΑΚΕΣ 3 και 4 στον ΠΙΝΑΚΑ 5 τα μήκη κύματος για μία συχνότητα (π.χ. 1^η μέτρηση στα 18,18 Hz), που βρήκαμε πειραματικά για το βαθύ και το ρηχό νερό αντίστοιχα. Τα συγκρίνουμε βάζοντας ανάμεσά τους το κατάλληλο σημείο σύγκρισης (<, =, ≈, >) και υπολογίζουμε το λόγο τους.
- Μεταφέρουμε από τους ΠΙΝΑΚΕΣ 3 και 4 στον ΠΙΝΑΚΑ 5 τις μέσες ταχύτητες διάδοσης του κύματος, που βρήκαμε πειραματικά για το βαθύ και το ρηχό νερό αντίστοιχα. Τις συγκρίνουμε βάζοντας ανάμεσά τους το κατάλληλο σημείο σύγκρισης (<, =, ≈, >) και υπολογίζουμε το λόγο τους.
- Συγκρίνουμε τον λόγο των μηκών κύματος στο βαθύ και στο ρηχό νερό με τον αντίστοιχο λόγο των ταχυτήτων του κύματος θέτοντας ανάμεσά τους στον ΠΙΝΑΚΑ 5 το κατάλληλο σημείο σύγκρισης (<, =, ≈, >).

ΠΙΝΑΚΑΣ 5 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ (παραλληλόγραμμη πλάκα)								
ΜΗΚΗ ΚΥΜΑΤΟΣ				ΤΑΧΥΤΗΤΕΣ				ΣΥΓΚΡΙΣΗ των δύο λόγων
λ_{β} (cm)	λ_{ρ} (cm)	Συμπέρασμα	$\frac{\lambda_{\beta}}{\lambda_{\rho}}$	\bar{v}_{β} (cm/s)	\bar{v}_{ρ} (cm/s)	Συμπέρασμα	$\frac{\bar{v}_{\beta}}{\bar{v}_{\rho}}$	
		$\lambda_{\beta} \dots \lambda_{\rho}$				$\bar{v}_{\beta} \dots \bar{v}_{\rho}$		$\frac{\lambda_{\beta}}{\lambda_{\rho}} \dots \frac{\bar{v}_{\beta}}{\bar{v}_{\rho}}$

Π. Τριγωνική ορθογώνια πλάκα πλάγια προς τα ευθύγραμμα κύματα

1. Μεταφέρουμε από τον ΠΙΝΑΚΑ 2 τις τιμές των θ_β και θ_ρ στον ΠΙΝΑΚΑ 6, όπου υπολογίζουμε και καταχωρούμε τα ημίτονα των γωνιών και τον λόγο x των ημίτονων.
2. Χρησιμοποιώντας τις τιμές του ΠΙΝΑΚΑ 2 για τα 5-πλάσια μήκη κύματος υπολογίζουμε τις τιμές των λ_β και λ_ρ καθώς και τον λόγο y των μηκών κύματος και καταχωρούμε τις τιμές στον ΠΙΝΑΚΑ 6.
3. Συγκρίνουμε τον λόγο των ημιτόνων για το βαθύ και το ρηχό νερό με τον αντίστοιχο λόγο των μηκών κύματος, θέτοντας ανάμεσά τους στον ΠΙΝΑΚΑ 6 το κατάλληλο σημείο σύγκρισης ($<$, $=$, \approx , $>$).
4. Υπολογίζουμε το σφάλμα $\sigma\%$ μεταξύ των δύο λόγων (x και y) και το καταχωρούμε στον ΠΙΝΑΚΑ 6 [Δίνεται ότι $\sigma\% = \left(\frac{|x-y|}{x} \right) \cdot 100\%$].
5. Διατυπώνουμε στον ΠΙΝΑΚΑ 6 το τελικό συμπέρασμα περί επαλήθευσης ή μη του νόμου της διάθλασης διαγράφοντας την κατάλληλη υπογραμμισμένη λέξη.

ΠΙΝΑΚΑΣ 6 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ (τριγωνική πλάκα)									
θ_β (βαθύ)	θ_ρ (ρηχό)	$\eta\mu\theta_\beta$ (βαθύ)	$\eta\mu\theta_\rho$ (ρηχό)	$x = \frac{\eta\mu\theta_\beta}{\eta\mu\theta_\rho}$	λ_β (cm)	λ_ρ (cm)	$y = \frac{\lambda_\beta}{\lambda_\rho}$	ΣΥΓΚΡΙΣΗ των δύο λόγων	ΣΦΑΛΜΑ $\sigma\%$
								$\frac{\eta\mu\theta_\beta}{\eta\mu\theta_\rho}$ $\frac{\lambda_\beta}{\lambda_\rho}$	
Συμπέρασμα : Μπορούμε να θεωρήσουμε ότι <u>επαληθεύτηκε</u> / <u>δεν επαληθεύτηκε</u> ο νόμος της διάθλασης (Snell), αφού το σφάλμα στις μετρήσεις είναι <u>μικρό</u> / <u>μεγάλο</u> .									

Η. ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Να συγκριθούν οι λόγοι $\lambda_\beta / \lambda_\rho$ που υπολογίσαμε στις περιπτώσεις της παραλληλόγραμμης και της τριγωνικής πλάκας.

