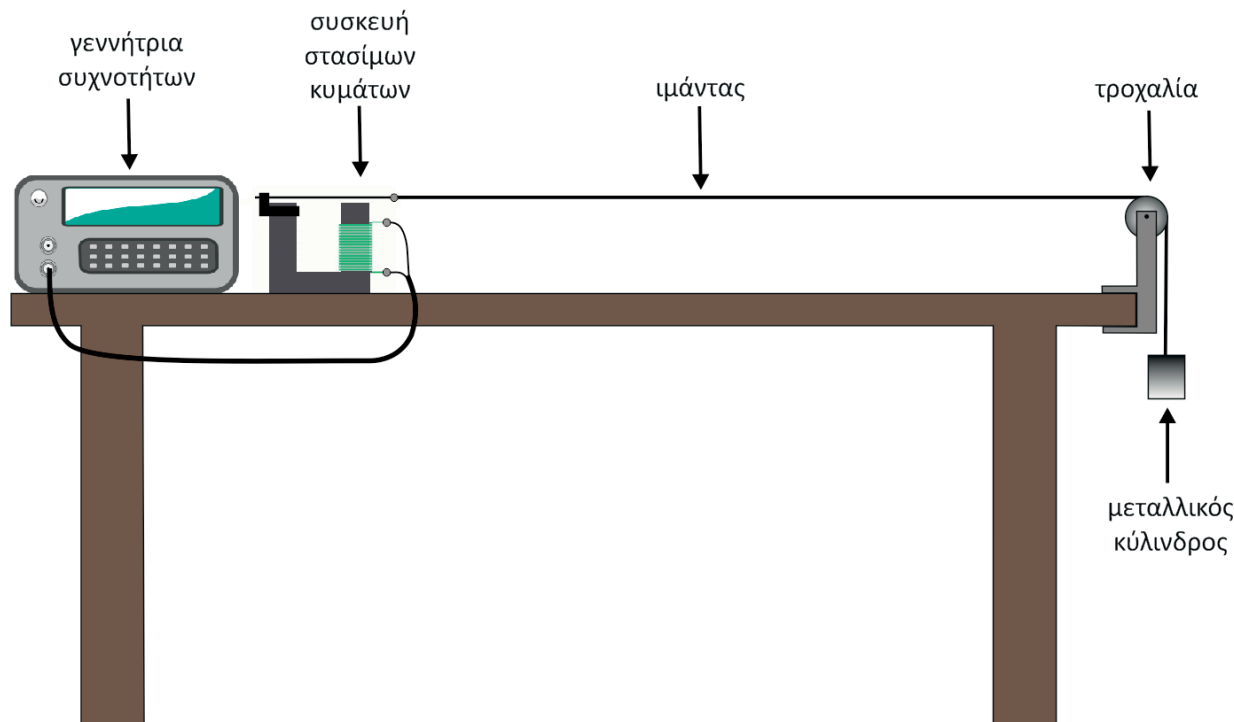


## Μέτρηση ταχύτητας διάδοσης εγκάρσιου κύματος σε ελαστική χορδή (μέθοδος στάσιμων κυμάτων)

Η χρησιμοποιούμενη διάταξη έχει ως εξής:



Η συσκευή στάσιμων κυμάτων αποτελείται από σιδηροπυρήνα σχήματος Π, εργαστηριακό πηνίο 300 σπειρών και σιδερένιο έλασμα το οποίο στερεώνεται με κατάλληλη βάση πάνω στο σιδηροπυρήνα. Ο σιδηροπυρήνας στερεώνεται στον πάγκο με σφιγκτήρα, ενώ το πηνίο τροφοδοτείται από την έξοδο POWER OUT της γεννήτριας συχνοτήτων. Ο μεταλλικός κύλινδρος (των 5 kg) και ο ιμάντας που χρησιμοποιήσαμε προέρχονται από τη συσκευή μηχανικού ισοδύναμου της θερμότητας. Η μία άκρη του ιμάντα συνδέθηκε μέσω μεταλλικού δακτυλίου με άγκιστρο στο έλασμα της συσκευής στασίμων κυμάτων ενώ στην άλλη του άκρη συνδέθηκαν κατάλληλα βάρη για την εφαρμογή της επιθυμητής τάσης. Στην πραγματικότητα επειδή το μήκος του ιμάντα ξεπερνούσε τα 3 m η διάταξη στήθηκε σε δύο διαδοχικά τοποθετημένους εργαστηριακούς πάγκους και σε μικρή απόσταση μεταξύ τους. Φυσικά μπορείτε να χρησιμοποιήσετε πλαστικό νήμα (πετονιά) ή ακόμη συρμάτινη χορδή μουσικών οργάνων μικρότερου μήκος και να ρυθμίσετε την τάση προσθέτοντας τα κατάλληλα βάρη στην άκρη της.

### Θεωρητικά στοιχεία

Όταν η γεννήτρια συχνοτήτων τροφοδοτήσει το πηνίο με εναλλασσόμενη τάση, το έλασμα της συσκευής στάσιμων κυμάτων τίθεται σε ταλάντωση με τελικό αποτέλεσμα τη δημιουργία εγκάρσιου στάσιμου κύματος στον ιμάντα λόγω συμβολής του κύματος που οδεύει προς την τροχαλία και του ανακλώμενου σ' αυτή. Επειδή το άκρο του ιμάντα που ακουμπάει στην τροχαλία διατηρείται ακίνητο και συνεπώς είναι δεσμός, ενώ το άλλο άκρο λόγω της μικρού πλάτους ταλάντωσης του ελάσματος στο οποίο είναι στερεωμένο είναι σχεδόν δεσμός, δε μπορούν κύματα οποιασδήποτε συχνότητας να δημιουργήσουν στάσιμο κύμα στον ιμάντα. Έτσι καθώς μεταβάλλουμε τη συχνότητα της γεννήτριας παρατηρούμε σε διάφορες τιμές της συχνότητας να σχηματίζεται στάσιμο κύμα στον ιμάντα με διαφορετικό αριθμό ατράκτων. Ως γνωστό το μήκος κάθε ατράκτου ισούται με  $\frac{\lambda}{2}$ , ενώ από τη θεμελιώδη εξίσωση

της κυματικής  $v = \lambda f$ , προκύπτει πως η γραφική παράσταση της συνάρτησης  $f = g(\frac{1}{\lambda})$  είναι ευθεία γραμμή με κλίση ίση με την ταχύτητα διάδοσης των κυμάτων στον ιμάντα.

Για την επιβεβαίωση των πειραματικών μετρήσεων, θα θεωρηθεί γνωστή η σχέση που δίνει την ταχύτητα διάδοσης των εγκάρσιων κυμάτων σε ελαστική χορδή:  $v = \sqrt{\frac{T}{\mu}}$  (σχέση 1), όπου  $T$  η τάση της χορδής και  $\mu = \frac{m}{L}$ , η γραμμική πυκνότητα της χορδής.

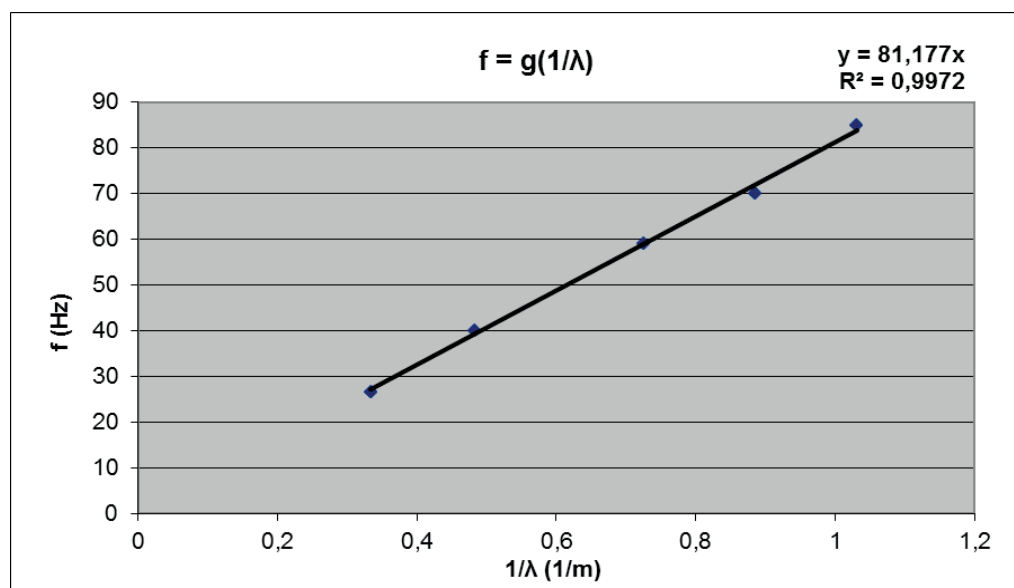
### Πειραματική διαδικασία

Αρχικά ζυγίσαμε τον ιμάντα ( $m=26$  g) και μετρήσαμε το μήκος του ( $L=3,45$  m). Η τάση του ιμάντα (ίση με το βάρος του κρεμασμένου στο άκρο του μεταλλικού κυλίνδρου βρέθηκε  $T=49$  N (θεωρώντας ότι  $g=9,8$  m/s<sup>2</sup>). Έτσι από τη σχέση (1) υπολογίσαμε την αναμενόμενη τιμή για την ταχύτητα διάδοσης των κυμάτων στον ιμάντα:  $v_{\theta} = 80,6$  m/s.

Στη συνέχεια και αφού συνδέσαμε την έξοδο POWER OUT της γεννήτριας συχνοτήτων (κλίμακα x100) στο πηνίο, παρατηρήσαμε το σχηματισμό των εγκάρσιων στάσιμων κυμάτων στον ιμάντα για τις διάφορες τιμές της συχνότητας. Όποτε χρειάστηκε μεταβάλλαμε ανάλογα το πλάτος της εναλλασσόμενης τάσης της γεννήτριας. Οι μετρήσεις που πήραμε ( $f$  είναι η συχνότητα της γεννήτριας και  $d$  η απόσταση μεταξύ δυο διαδοχικών δεσμών του στάσιμου κύματος) καθώς και η επεξεργασία τους φαίνονται στον ακόλουθο πίνακα:

f (Hz)	d (cm)	$\lambda$ (cm)	$1/\lambda$ (m <sup>-1</sup> )
26,5	149,5	299,0	0,334
40,0	103,5	207,0	0,483
59,0	69,5	138,0	0,725
70,0	56,5	113,0	0,885
85,0	48,5	97,0	1,031

Κατασκευάσαμε μετά τη γραφική παράσταση  $f = g(\frac{1}{\lambda})$ .



Και τέλος από την κλίση της γραφικής παράστασης υπολογίσαμε την ταχύτητα διάδοσης των κυμάτων στον μάντα:

$$v = 81,2 \text{ m/s}$$

Η θεωρητική και η μετρημένη πειραματικά τιμή της ταχύτητας διάδοσης των κυμάτων στον μάντα διαφέρουν μόλις κατά 0,74 %.

ΦΥΛΛΟ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ

**Εγκάρσια στάσιμα κύματα σε χορδή - μέτρηση ταχύτητας διάδοσης κύματος**

Αρχικά συμπληρώστε τον ακόλουθο πίνακα:

Μάζα μεταλλικού κυλίνδρου (M σε kg)	
Μάζα ιμάντα (m σε kg)	
Μήκος ιμάντα (L σε m)	

Αν ο μεταλλικός κύλινδρος που θα χρησιμοποιήσετε για να τείνετε τον ιμάντα δεν είναι γνωστής μάζας θα πρέπει να τον ζυγίσετε.

Στη συνέχεια υπολογίστε τη θεωρητική τιμή της ταχύτητας διάδοσης των κυμάτων στη χορδή από τη σχέση:

$$v = \sqrt{\frac{T}{\mu}} = \sqrt{\frac{MgL}{m}} = \dots\dots\dots \text{ m/s, θεωρώντας ότι } g=9,8 \text{ m/s}^2.$$

Μετά παρακολουθήστε τα σχηματιζόμενα στη χορδή στάσιμα κύματα, μετρήστε από την ένδειξη της γεννήτριας τη συχνότητά τους (f), καθώς και την απόσταση (d) ανάμεσα σε δυο διαδοχικούς δεσμούς. Για τις διάφορες τιμές της συχνότητας συμπληρώστε τον ακόλουθο πίνακα:

f (Hz)	d (cm)	λ (cm)	1/λ (m <sup>-1</sup> )

Κατασκευάστε τη γραφική παράσταση  $f = g(\frac{1}{\lambda})$  και από την κλίση της υπολογίστε την ταχύτητα διάδοσης των κυμάτων:

$$v = \dots\dots\dots \text{ m / s}$$

Τέλος υπολογίστε το σχετικό σφάλμα του πειράματος:

$$\sigma\% = \frac{|v_{\mu} - v_{\theta}|}{v_{\theta}} \times 100 = \dots\dots\dots\%$$