

Μέτρηση της ταχύτητας του ήχου στον αέρα (με τη βοήθεια του σωλήνα KUNDT)

A. Στόχοι

1. Η απόκτηση ικανότητας χρήσης πειραματικών διατάξεων.
2. Η εξοικείωση με μετρήσεις μήκους, θερμοκρασίας και άλλων μεγεθών.
3. Η ικανότητα συνδυασμού θεωρητικών γνώσεων και πειραματικών μετρήσεων.
4. Η εκτίμηση των σφαλμάτων που εμφανίζονται κατά την εκτέλεση ενός πειράματος.

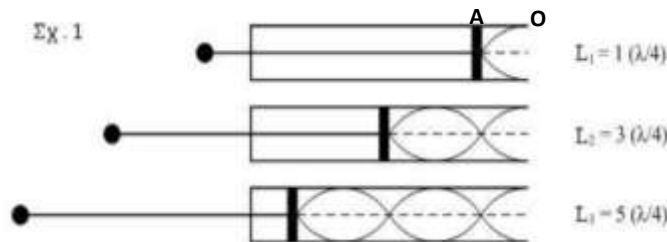
B. Απαιτούμενες γνώσεις

1. Μηχανικές ταλαντώσεις.
2. Συμβολή κυμάτων.
3. Στάσιμα κύματα.



Γ. Θεωρητικά στοιχεία

Ο σωλήνας που θα χρησιμοποιηθεί, προς τη μια πλευρά του εμβόλου είναι ένας κλειστός ηχητικός σωλήνας που περιέχει αέρα. Αν διεγείρουμε τη στήλη αυτή του αέρα με μία πηγή ήχου που βρίσκεται κοντά στο ανοιχτό άκρο του, τα κύματα μετά την ανάκλασή τους στο κλειστό άκρο συμβάλλουν με τα προσπίπτοντα δημιουργώντας έτσι



στάσιμο διάμηκες κύμα, στην περίπτωση που η συχνότητα της πηγής έχει συγκεκριμένη τιμή. Τότε στο ανοιχτό άκρο του σωλήνα Ο δημιουργείται κοιλία κίνησης ενώ στο κλειστό άκρο Α δεσμός κίνησης. Η χαμηλότερη συχνότητα της πηγής για την οποία έχουμε συντονισμό είναι αυτή για την οποία το μήκος L του σωλήνα, μπροστά από το έμβολο είναι ίσο με $\lambda/4$ δηλαδή $L = \lambda/4$, όπου λ το μήκος κύματος. Επειδή έχουμε κοιλία στο άκρο του μεγαφώνου και δεσμό στο κλειστό άκρο του εμβόλου οι μεγιστοποιήσεις θα είναι στις θέσεις

$$L_1 = \lambda/4, L_2 = 3\lambda/4, L_3 = 5\lambda/4, \dots \text{ οπότε } \Delta L = L_2 - L_1 = \lambda/2$$

Μεταξύ της ταχύτητας u του κύματος, της συχνότητας f και του μήκους κύματος ισχύει $u = \lambda f$ και $\lambda = u \cdot \frac{1}{f}$

Δ. Περιγραφή εξοπλισμού.

Ο εξοπλισμός της άσκησης αποτελείται από :

1. Έναν κυλινδρικό σωλήνα από διαφανές πλεξιγκλάς και δύο βάσεις στήριξης. Ο σωλήνας, που έχει μήκος 70 cm, έχει προσαρμοσμένο χειροκίνητο έμβολο στο εσωτερικό του και μετροταινία σε όλο το μήκος του.
2. Μεγάφωνο που είναι προσαρμοσμένο στη μία από τις δύο βάσεις του κυλινδρικού σωλήνα και διαθέτει κατάλληλη τροφοδοσία.
3. Γεννήτρια ακουστών συχνοτήτων με ενισχυτή.
4. Θερμόμετρο 0-40° C.

Ε. Πειραματική διαδικασία.

1. Προσαρμόστε τη βάση με το μεγάφωνο στο ελεύθερο άκρο του σωλήνα και την άλλη βάση κοντά στο άλλο άκρο του.
2. Ρυθμίζουμε τη θέση του σωλήνα ώστε η μετροταινία να μπορεί να διαβαστεί εύκολα.
3. Γυρίστε το κομβίο ρύθμισης πλάτους (amplitude) τέρμα αριστερά και τότε συνδέστε το μεγάφωνο με την έξοδο **signal out** της πηγής ακουστικών συχνοτήτων.
4. Τοποθετείστε το έμβολο μέσα στο σωλήνα ώστε να φτάσει μέχρι το άκρο του μεγαφώνου.
5. Θέστε σε λειτουργία τη γεννήτρια και επιλέξτε συχνότητα 600 Hz.
6. Γυρίστε το κουμπί amplitude αργά έως ότου ο δείκτης του να αντιστοιχεί στην ένδειξη 9 ενός ρολογιού (ώστε να μην κινδυνεύει το μεγάφωνο της συσκευής).
7. Απομακρύνετε αργά το έμβολο από το μεγάφωνο. Παρατηρήστε τότε ότι σε κάποιες θέσεις η ένταση του ήχου είναι μέγιστη και σε άλλες ελάχιστη.
8. Εντοπίστε τις 2 πρώτες διαδοχικές θέσεις με τη μέγιστη ένταση και καταγράψτε την ένδειξη της μετροταινίας κάθε θέσης στον πίνακα μετρήσεων.
9. Επαναλάβετε για 700Hz, 800Hz, 900Hz και 1000Hz.
10. Μετρήστε τη θερμοκρασία θ του χώρου εκτέλεσης του πειράματος και σημειώστε την στον πίνακα μετρήσεων.

ΣΤ. Καταγραφή-επεξεργασία πειραματικών δεδομένων

Συχνότητα (Hz)	1 ^ο μέγιστο L_1 (m)	2 ^ο μέγιστο L_2 (m)	$\Delta L = L_2 - L_1$ (m)	$\lambda = 2\Delta L$ (m)	$1/f$ (s)
600					
700					
800					
900					
1000					
Θερμοκρασία αέρα: $\theta = \dots\dots\dots$ °C					

1. Συμπληρώστε τα κενά του πίνακα εκτελώντας τους κατάλληλους υπολογισμούς.
2. Σχεδιάστε σε μιλιμετρέ χαρτί τη γραφική παράσταση του λ σε σχέση με την $1/f$. Από την κλίση της ευθείας που θα προκύψει προσδιορίστε την ταχύτητα του ήχου στη θερμοκρασία του αέρα που μετρήσατε.

$$u_{\theta \text{ πειρ.}} = \dots\dots\dots$$

3. Από τη σχέση $u_{\theta} = u_0 \sqrt{1 + \theta/273}$ να υπολογίσετε την θεωρητική τιμή της ταχύτητας του ήχου για τη θερμοκρασία αέρα που μετρήσατε. Δίνεται η ταχύτητα του ήχου σε θερμοκρασία 0°C, $u_0 = 331 \text{ m/s}$.

$$u_{\theta \text{ θεωρ.}} = \dots\dots\dots$$

4. Υπολογίστε το % σφάλμα της πειραματικής μέτρησης της ταχύτητας του ήχου $\sigma_u = \frac{|u_{\theta \text{ θεωρ.}} - u_{\theta \text{ πειρ.}}|}{u_{\theta \text{ θεωρ.}}} \cdot 100\% = \dots\dots\dots$