

**ΜΕΛΕΤΗ ΣΤΑΣΙΜΩΝ ΗΧΗΤΙΚΩΝ ΚΥΜΑΤΩΝ ΣΕ ΣΩΛΗΝΑ ΚΑΙ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ ΤΟΥ ΗΧΟΥ ΣΤΟΝ ΑΕΡΑ**

(Βαγγ. Δημητριάδης, Αθ. Βελέντζας, Κ. Παναγούλιας)

**ΣΤΟΧΟΙ**

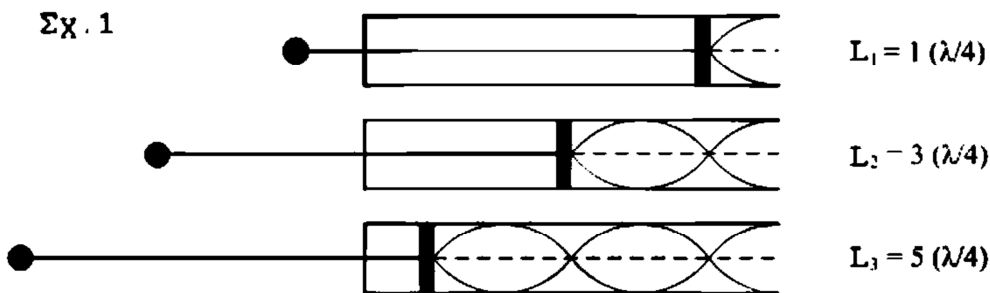
Στόχοι αυτής της εργαστηριακής άσκησης είναι:

- Να παρατηρήσετε στάσιμα ηχητικά κύματα σε ανοικτό ηχητικό σωλήνα.
- Να προσδιορίσετε την ταχύτητα του ήχου στον αέρα από το μήκος κύματος των στάσιμων κυμάτων.
- Να εκτιμήσετε τα σφάλματα της μέτρησης.

**ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΕΣ ΓΝΩΣΕΙΣ**

Οι ήχοι είναι διαμήκη κύματα τα οποία μπορούν να διαδοθούν σε όλα τα υλικά μέσα στερεά, υγρά και αέρια. Τα σώματα τα οποία όταν ταλαντώνονται μπορούν να παράγουν ήχους, καλούνται ηχητικές πηγές. Για παράδειγμα τέτοια σώματα μπορεί να είναι η χορδή μιας κιθάρας, ένα διαπασών ή ακόμα μια αέρια μάζα σε ταλάντωση στο εσωτερικό ενός σωλήνα. Ένας τέτοιος σωλήνας ονομάζεται ηχητικός σωλήνας.

Ένας ηχητικός σωλήνας ονομάζεται κλειστός όταν το άκρο του που είναι απέναντι από το στόμιο είναι κλειστό. Αυτό επιτυγχάνεται με την παρουσία κινητού (ή ακινήτου) εμβόλου. Όταν παράγεται ήχος σταθερής συχνότητας εμπρός από το στόμιο ενός τέτοιου σωλήνα μπορεί να δημιουργηθούν στάσιμα κύματα. Στο κλειστό άκρο υπάρχει δεσμός ενώ (περίπου) στο στόμιο αντιστοιχεί κοιλία. Για να είναι δυνατή η δημιουργία μονίμων στάσιμων κυμάτων μέσα σε ένα τέτοιο σωλήνα θα πρέπει το μήκος  $L$  της αέριας στήλης να είναι περιττό πολλαπλάσιο του  $\lambda/4$ , όπου  $\lambda$  το μήκος κύματος  $\lambda$  του παραγόμενου ήχου (Σχ.1). Δηλαδή,



$$L = (2K+1)\lambda/4, \text{ όπου } K = 0, 1, 2, \dots \quad (1)$$

Από την προηγούμενη σχέση προκύπτει ότι η διαφορά  $\Delta L$  δύο διαδοχικών τιμών του  $L$  (π.χ για  $K=1$  και  $K=2$ ) είναι

$$\Delta L = \lambda/2 \quad (2).$$

Αν η ταχύτητα του ήχου του αέρα είναι  $v$  και η συχνότητα του  $f$  τότε ισχύει

$$v = \lambda \cdot f \quad (3)$$

Από τις σχέσεις (2),(3) καταλήγουμε ότι

$$v = 2 \cdot \Delta L \cdot f \quad (4)$$

Συνεπώς, αν είναι γνωστή η συχνότητα ενός ήχου και μετρηθεί το  $\Delta L$ , τότε από τη σχέση (4) είναι δυνατός ο προσδιορισμός της ταχύτητας του ήχου στον αέρα.

Η ταχύτητα του ήχου  $v_\theta$  σε θερμοκρασία δωματίου  $\theta$  συνδέεται με την ταχύτητα του ήχου  $v_0$  σε θερμοκρασία  $0^\circ\text{C}$  με τη σχέση :

$$v_\theta = v_0 \sqrt{1 + \frac{\theta}{273}} \quad (5)$$

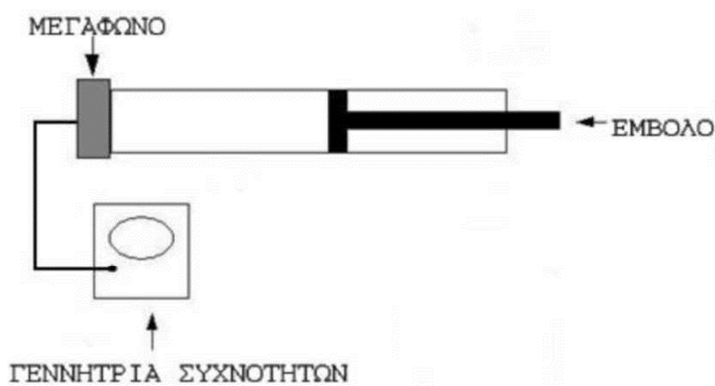
όπου  $v_0 = 331 \text{ m/s}$ .

Για παράδειγμα σε θερμοκρασία  $18^\circ\text{C}$  η παραπάνω σχέση δίνει ότι η ταχύτητα του ήχου είναι  $v_{18} = 341,7 \text{ m/s}$ .

## ΟΡΓΑΝΑ, ΣΥΣΚΕΥΕΣ ΚΑΙ ΥΛΙΚΑ

- Σωλήνας Kundt (διαφανής κυλινδρικός σωλήνας PVC με χειροκίνητο έμβολο πάνω σε βάση στήριξης και ενσωματωμένη μετροταινία)
- Μεγάφωνο στερεωμένο στη βάση κοντά στο ανοικτό άκρο του σωλήνα
- Γεννήτρια ακουστικών συχνοτήτων
- Καλώδιο σύνδεσης (σηματολήπτης) γεννήτριας συχνοτήτων
- Δύο (2) καλώδια σύνδεσης τύπου «μπανάνα - κροκοδειλάκι» (κόκκινο - μαύρο)
- Θερμόμετρο δωματίου

## ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ



Σχ. 2

### Συναρμολόγηση της πειραματικής διάταξης του σχήματος 2

1. Συνδέουμε το ειδικό καλώδιο της γεννήτριας συχνοτήτων (σηματολήπτη) στην έξοδο SIGNAL OUT της γεννήτριας (14 στο σχ.3). *Προσοχή: Δεν συνδέουμε την έξοδο ισχύος διότι παρέχει ισχύ  $10\text{W}$ , οπότε το μεγάφωνο ισχύος  $0,25 \text{ W}$  κινδυνεύει να καεί.*

2. Συνδέουμε τα κροκοδειλάκια του σηματολήπτη με τα αντίστοιχα κροκοδειλάκια των καλωδίων (προσοχή στα χρώματα) και τις μπανάνες των καλωδίων αυτών με το μεγάφωνο.

3. Φέρνουμε το έμβολο στο ανοικτό στόμιο του σωλήνα κοντά στο μεγάφωνο.

4. Γυρίζουμε το κουμπί ρύθμισης πλάτους AMPLITUDE (12 στο σχ.3) της γεννήτριας ακουστικών συχνοτήτων τέρμα αριστερά (κλειστό).

5. Το κουμπί DC OFFSET (13) να είναι



Σχ.3 Γεννήτρια ακουστικών συχνοτήτων Luyang YB16200

κλειδωμένο στη θέση OFF (τέρμα αριστερά).

6. Καλούμε τον υπεύθυνο καθηγητή να ελέγξει τη σύνδεση.

7. Συνδέουμε το φως της γεννήτριας στην πρίζα του πάγκου.

#### Ρύθμιση της γεννήτριας συχνοτήτων και λήψη μετρήσεων

8. Γυρίζουμε τον επιλογέα FREQUENCY RANGE (2) στη θέση 1K και το κουμπί του επιλογέα (1) στη θέση 0,6 Hz, οπότε επιλέγεται συχνότητα  $1000 \times 0,6 \text{ Hz} = 600 \text{ Hz}$ . Πιέζουμε το κουμπί (4) κάτω από τον επιλογέα FREQUENCY RANGE για ημιτονοειδές σήμα. Θέτουμε σε λειτουργία τη γεννήτρια πιέζοντας το κουμπί POWER (9), οπότε ανάβει η ενδεικτική λυχνία (8).

9. Ρυθμίζουμε την ένταση από το κουμπί AMPLITUDE (12) ώστε πλησιάζοντας το αυτί μας στο μεγάφωνο μόλις να ακούμε ήχο.

10. Αρχίζουμε να μετακινούμε το έμβολο ώστε να μεγαλώνει το μήκος της στήλης του αέρα και καταγράφουμε τις τιμές του μήκους της στήλης στην πρώτη μεγιστοποίηση της έντασης του ήχου ( $L_1$ ) και στη δεύτερη ( $L_2$ ) και υπολογίζουμε τη διαφορά τους  $\Delta L = L_2 - L_1$ . Με τη βοήθεια της σχέσης (4) υπολογίζουμε την ταχύτητα του ήχου. Καταγράφουμε τις τιμές στον ΠΙΝΑΚΑ I.

11. Επαναλαμβάνουμε την παραπάνω διαδικασία για τιμές της συχνότητας 800Hz, 1000Hz και 1200Hz.

12. Υπολογίζουμε τη μέση τιμή των τιμών που βρήκαμε για την ταχύτητα του ήχου.

13. Με το θερμομέτρο μετράμε την θερμοκρασία του δωματίου και από την σχέση (5) βρίσκουμε την θεωρητική τιμή της ταχύτητας του ήχου σε θερμοκρασία  $0^\circ\text{C}$ .

14. Υπολογίζουμε το σχετικό σφάλμα συγκρίνοντας με τη θεωρητική τιμή που προκύπτει από την εξίσωση (5).

Εργαστηριακή άσκηση 3

**ΜΕΛΕΤΗ ΣΤΑΣΙΜΩΝ ΗΧΗΤΙΚΩΝ ΚΥΜΑΤΩΝ ΣΕ ΣΩΛΗΝΑ ΚΑΙ  
ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ ΤΟΥ ΗΧΟΥ ΣΤΟΝ ΑΕΡΑ  
ΦΥΛΛΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ**

ΤΜΗΜΑ ..... ΟΝΟΜΑ .....

ΟΜΑΔΑ ..... ΕΠΩΝΥΜΟ .....

**ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ**

10 & 11.

ΠΙΝΑΚΑΣ Ι

Συχνότητα (Hz)	$L_1$ (m)	$L_2$ (m)	$\Delta L$ (m)	$\lambda=2\Delta L$ (m)	$v=\lambda f$ (m/s)

12. Να υπολογίσετε την μέση τιμή της ταχύτητας

.....  
.....  
.....

13. Μετρήστε με το θερμομέτρο τη θερμοκρασία του χώρου μέσα στον οποίο πραγματοποιήσατε την άσκηση.

Η θερμοκρασία ήταν.....

Υπολογίστε θεωρητικά, με χρήση της σχέσης (5), την ταχύτητα του ήχου στη θερμοκρασία που μετρήσατε.

.....  
.....  
.....

14, Υπολογίστε το σχετικό σφάλμα της μέτρησής σας.

.....  
.....  
.....

Αναφέρετε τους παράγοντες στους οποίους κατά τη γνώμη σας οφείλεται το σφάλμα.

.....  
.....  
.....