

## ΜΕΤΡΗΣΗ ΤΗΣ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ ΤΟΥ ΗΧΟΥ ΜΕ ΤΟΝ ΣΩΛΗΝΑ ΤΟΥ ΚΥΝΤΔ (Γ' Λυκείου Κατεύθυνσης)

### Φύλλο εργασίας

Ο σωλήνας του Kuntd αποτελεί συσκευή μέτρησης της ταχύτητας του ήχου στον αέρα και συγκαταλέγεται στον εργαστηριακό εξοπλισμό των νέων εργαστηρίων φυσικών επιστημών των Λυκείων. Η όλη διάταξη της συσκευής του Kuntd βοηθά στη μελέτη των στάσιμων ηχητικών κυμάτων και μετρά με μεγάλη ακρίβεια την ταχύτητα του ήχου στον αέρα.

### Στόχοι:

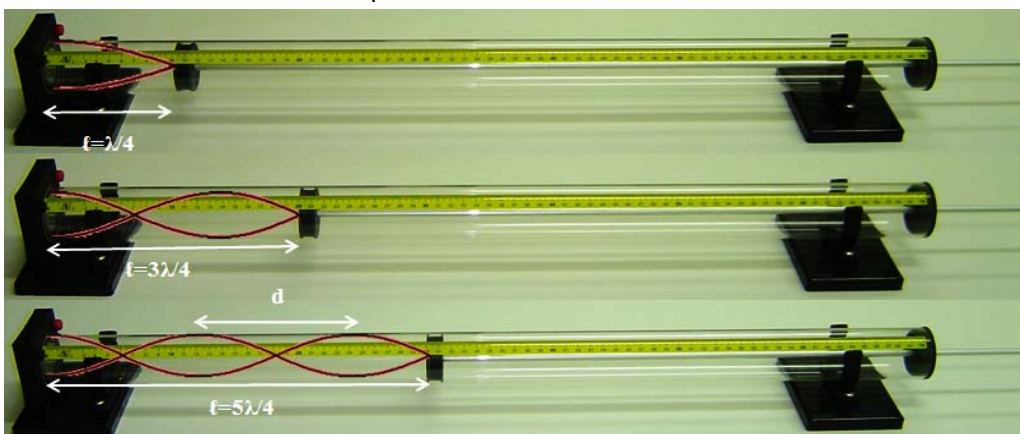
- Ο υπολογισμός της ταχύτητας του ήχου στον αέρα στη θερμοκρασία περιβάλλοντος.
- Η εξοικείωση με τη χρήση απλών πειραματικών διατάξεων (γεννήτρια ακουστικών συχνοτήτων)
- Η περιγραφή και η εκτίμηση των σφαλμάτων που υπεισέρχονται κατά τις μετρήσεις.

### Θεωρητικές επισημάνσεις:

Τα διαμήκη κύματα που κινούνται μέσα σε σωλήνα, ανακλώνται στα άκρα του και επιστρέφοντας συμβάλουν και μπορούν να δημιουργήσουν στάσιμα διαμήκη κύματα. Για να συμβεί αυτό θα πρέπει η συχνότητα δόνησης των μορίων του αέρα να συμπίπτει με τη συχνότητα της ηχογόνου πηγής (συντονισμός), το ηχείο της οποίας είναι τοποθετημένο στο ανοικτό άκρο του σωλήνα. Αν το άλλο άκρο του σωλήνα είναι κλειστό το ανακλώμενο κύμα έχει διαφορά φάσης  $180^\circ$  σε σχέση με το προσπίπτον με αποτέλεσμα στο κλειστό άκρο να δημιουργείται δεσμός κίνησης. Στο ανοικτό άκρο κατά προσέγγιση δημιουργείται κοιλία κίνησης. Κατά τον συντονισμό, (οπότε δημιουργείται και το στάσιμο κύμα) τα μόρια της αέριας στήλης πάλλονται με μέγιστο πλάτος με αποτέλεσμα ο ήχος που εκπέμπεται από το ηχείο να έχει την μέγιστη ένταση την οποία ανιχνεύει εύκολα το αυτί μας και προφανώς και ο αισθητήρας του μικροφώνου. Στον σωλήνα του Kuntd το κλειστό άκρο μετακινείται μέσω εμβόλου, δίνοντας τη δυνατότητα επιλογής του μήκους της αέριας στήλης για τη δημιουργία στάσιμου κύματος.

Για την επίτευξη συντονισμού θα πρέπει το μήκος της αέριας στήλης  $\ell$  να είναι περιττό πολλαπλάσιο του  $\lambda/4$  όπου  $\lambda$  το μήκος κύματος του ήχου που εκπέμπεται από το ηχείο (εικόνα 1)

$$\ell = (2N + 1) \frac{\lambda}{4} \quad \text{με } N = 0, 1, 2, 3, \dots \quad (1)$$



Εικόνα 1.

Οδηγούμαστε στο συμπέρασμα ότι η απόσταση μεταξύ δυο διαδοχικών μεγίστων του ήχου δηλαδή μεταξύ δυο διαδοχικών κοιλιών, ή μεταξύ δυο διαδοχικών ελαχίστων του ήχου δηλαδή μεταξύ δυο διαδοχικών δεσμών ισούται με το μισό του μήκους κύματος:  $d = \lambda/2$  (2)

Συνεπώς η μέτρηση των αποστάσεων των διαδοχικών μεγίστων του ήχου μας οδηγεί στον υπολογισμό του μήκους κύματος:  $\lambda = 2 \cdot d$  (3)

Γνωρίζοντας τη συχνότητα  $f$  του ήχου υπολογίζουμε την ταχύτητα του ήχου στον αέρα από τη σχέση:  $u = \lambda f$  (4)

Η σχέση της ταχύτητας του ήχου  $u$  με τη θερμοκρασία  $\theta$  του περιβάλλοντος, είναι:

$$u_{\theta} = u_0 \cdot \sqrt{1 + \frac{\theta}{273}} \quad (5)$$

όπου  $u_0$  η ταχύτητα του ήχου στον αέρα στους  $0^{\circ}\text{C}$ . Η θεωρητική τιμή της είναι  $u_0 = 331 \text{ m/s}$

Η απόκλιση  $\alpha$  % της πειραματικής τιμής από τη θεωρητική στη θερμοκρασία  $\theta$  που

πραγματοποιείται το πείραμα είναι:  $\alpha = \frac{u_{\text{θεωρ}} - u_{\text{πειρ}}}{u_{\text{θεωρ}}} \% \quad (6)$

### Περιγραφή εξοπλισμού

Ο εξοπλισμός αποτελείται από έναν κυλινδρικό σωλήνα από διαφανές πλεξιγκλάς και δύο βάσεις στήριξης. Ο σωλήνας, μήκους 70 cm, έχει προσαρμοσμένο στο εσωτερικό του χειροκίνητο έμβολο και στο εξωτερικό του μετροταινία σε όλο του το μήκος. Στη μία από τις δύο βάσεις είναι προσαρμοσμένο ένα μεγάφωνο με δύο μπόρνες τροφοδοσίας. Η διάμετρος του μεγαφώνου είναι ίση περίπου με την εσωτερική διάμετρο του σωλήνα ώστε να μπορεί να εισαχθεί σ' αυτόν.

Εάν διεγερθεί το μεγάφωνο με μία ακουστική συχνότητα, δημιουργούνται στάσιμα ακουστικά κύματα όπως φαίνεται στην εικόνα 1. Όταν το έμβολο είναι σε θέση που αντιστοιχεί σε δεσμό, η ένταση του ήχου είναι ελάχιστη ενώ όταν το έμβολο είναι σε θέση που αντιστοιχεί σε κοιλία η ένταση του ήχου γίνεται μέγιστη.

Για την πραγματοποίηση του πειράματος απαιτούνται επί πλέον

- 1) Γεννήτρια ακουστών συχνοτήτων με ενισχυτή
- 2) Θερμόμετρο  $0-40^{\circ}\text{C}$

### Πειραματική διαδικασία

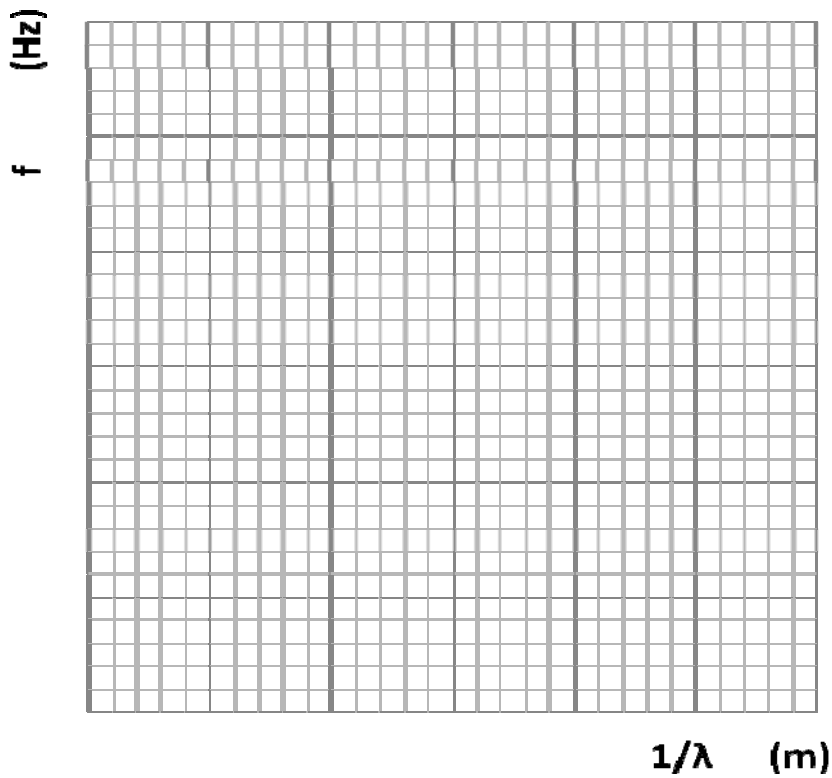
1. Σημειώστε στον πίνακα μετρήσεων την θερμοκρασία περιβάλλοντος.
2. Προσαρμόστε τη βάση με το μεγάφωνο στο ελεύθερο άκρο του σωλήνα και την άλλη βάση κοντά στο άλλο του άκρο. Περιστρέψτε το σωλήνα ώστε η μετροταινία να βρίσκεται σε βολική θέση για να διαβάζεται εύκολα.
3. Συνδέστε το μεγάφωνο με την έξοδο ισχύος της γεννήτριας ακουστών συχνοτήτων **αφού πρώτα γυρίσετε το κουμπί ρύθμισης πλάτους (AMPLITUDE) τέρμα αριστερά.**

ΠΡΟΣΟΧΗ: Η ισχύς του μεγαφώνου της συσκευής είναι  $0,25 \text{ W}$  ενώ η έξοδος ισχύος της γεννήτριας έχει ισχύ  $10 \text{ W}$ . Έτσι, αν η ρύθμιση της τάσης εξόδου της γεννήτριας είναι υψηλή όταν συνδέετε το μεγάφωνο, αυτό θα καταστραφεί.

4. Τοποθετήστε το έμβολο μέσα στο σωλήνα μέχρι το άκρο του μεγαφώνου.
5. Θέστε σε λειτουργία τη γεννήτρια και επιλέξτε μία συχνότητα (π.χ.  $800\text{Hz}$ ). Γυρίστε το κουμπί AMPLITUDE αργά ώστε ο δείκτης του να αντιστοιχεί στη θέση 9 ενός ωρολογιακού δίσκου (στη θέση αυτή δεν κινδυνεύει το μεγάφωνο της συσκευής). Απομακρύνετε αργά το έμβολο από το μεγάφωνο. Θα παρατηρήσετε ότι σε κάποιες θέσεις η ένταση του ήχου είναι μέγιστη και σε κάποιες άλλες ελάχιστη.
6. Εντοπίστε τις πρώτες τρεις διαδοχικές θέσεις με τη μέγιστη ένταση και για κάθε μία καταγράψτε στον πίνακα που ακολουθεί την ένδειξη της μετροταινίας που αντιστοιχεί στην κάθε θέση.
7. Επαναλάβετε για άλλες τρεις συχνότητες.
8. Σχεδιάστε στο χαρτί μιλλιμετρέ τη γραφική παράσταση του  $f$  ως προς  $1/\lambda$ . Η κλίση της γραμμής που παριστάνει η προηγούμενη γραφική παράσταση δίνει την ταχύτητα του ήχου στην θερμοκρασία του αέρα που εκτελείται το πείραμα.

**Πίνακας μετρήσεων**

Θερμοκρασία περιβάλλοντος:..... °C						
Συχνότητα f Hz	1 <sup>ο</sup> μέγιστο χ <sub>1</sub> m	2 <sup>ο</sup> μέγιστο χ <sub>2</sub> m	3 <sup>ο</sup> μέγιστο χ <sub>3</sub> m	Μέση τιμή Διαφοράς χ <sub>3</sub> - χ <sub>1</sub> /2 m	Μήκος κύματος λ m	Αντίστροφο μήκους κύματος 1/λ m <sup>-1</sup>



**Υπολογισμοί**

1. Με βάση τις μετρήσεις που έχετε κάνει, υπολογίστε την ταχύτητα του ήχου στον αέρα σε θερμοκρασία 0°C.

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

2. Ποια η επί τοις εκατό (%) απόκλιση της πειραματικής τιμής από τη θεωρητική;

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