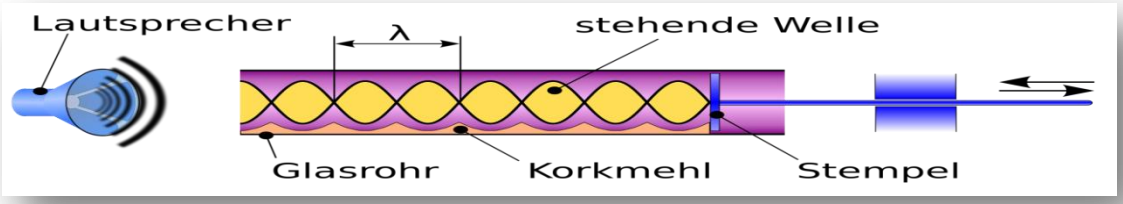
ΕΚΦΕ Αχαρνών
Υπ. Τριανταφύλλου Δημ.

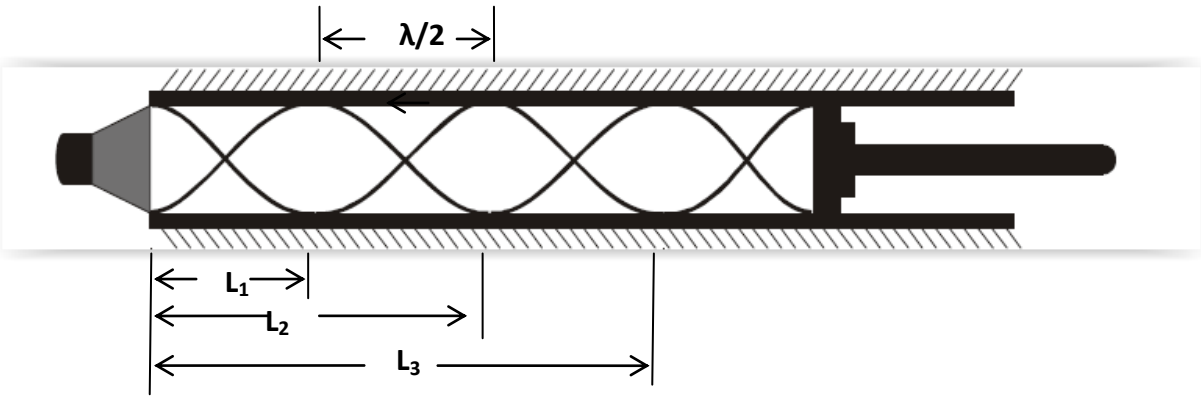
ΑΝΙΧΝΕΥΣΗ ΣΤΑΣΙΜΩΝ ΚΥΜΑΤΩΝ – ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ ΗΧΟΥ ΣΤΟΝ ΑΕΡΑ

Θεωρητικό υπόβαθρο

Όταν σε αέρια στήλη, που περιέχεται στο εσωτερικό ενός σωλήνα που είναι ανοικτός στο ένα άκρο του και κλειστός στο άλλο, διαδοθεί μια αρμονική διαταραχή, από μια εξωτερική πηγή κυμάτων, η στήλη αέρα τίθεται σε ταλάντωση και δημιουργείται ένα τρέχον μηχανικό κύμα.
Τα τρέχοντα κύματα που κατευθύνονται προς το κλειστό άκρο του σωλήνα ανακλώνται σε αυτό και επιστρέφουν, προ της εξωτερική πηγή.
Η συμβολή των δύο κυμάτων – απευθείας και ανακλώμενο- είναι δυνατόν, υπό ορισμένες προϋποθέσεις, να δημιουργήσει στο εσωτερικό της στήλης αέρα ένα μόνιμο στάσιμο κύμα.



Στην περίπτωση αυτή στο κλειστό άκρο του σωλήνα θα δημιουργηθεί κοιλία της πίεσης - άρα δεσμός της κίνησης, ενώ στο ανοικτό άκρο του σωλήνα θα δημιουργηθεί δεσμός της πίεσης - άρα κοιλία της κίνησης (σχήμα Α).



ΣΧΗΜΑ Α

Η συνθήκη που πρέπει να ικανοποιείται, προκειμένου να σχηματιστεί ένα μόνιμο στάσιμο κύμα, είναι το μήκος L του σωλήνα να είναι περιττό πολλαπλάσιο του λ/4, όπου λ το μήκος κύματος των δύο τρεχόντων κυμάτων από τη συμβολή των οποίων προέκυψε το στάσιμο κύμα. Δηλαδή πρέπει

$$L = (2n + 1)\frac{\lambda}{4}$$

όπου η = 0,1,2,3.....

Το σχήμα Α απεικονίζει δύο μορφές στάσιμου κύματος για τις οποίες ισχύει

$$\left.\begin{array}{l} L_1 = \dfrac{\lambda}{4} \\ \\ L_2 = \dfrac{3\lambda}{4} \end{array}\right\} \begin{array}{c} (1) \\ \\ (2) \end{array} \qquad \text{και} \qquad \left.\begin{array}{l} L_2 = \dfrac{3\lambda}{4} \\ \\ L_3 = \dfrac{5\lambda}{4} \end{array}\right\} \begin{array}{c} (3) \\ \\ (4) \end{array}$$

Αφαιρώντας κατά μέλη τις σχέσεις 1 και 2, και αντίστοιχα τις 3 και 4 προκύπτει:

$\lambda = 2\,(L_2 - L_1) = 2\Delta L_1$ $\qquad$ $\lambda = 2\,(L_3 - L_2) = 2\Delta L_2$

$\upsilon = \lambda \cdot f \Leftrightarrow \upsilon = 2\overline{\Delta L} \cdot f$

$$\boxed{\overline{\Delta L} = \frac{\upsilon}{2} \cdot \frac{1}{f} \quad \text{ή} \quad \lambda = \upsilon \cdot \frac{1}{f}} \qquad (5)$$

όπου f η συχνότητα του εξωτερικού διεγέρτη και $\overline{\Delta L} = \dfrac{\Delta L_1 + \Delta L_2}{2}$

Σύμφωνα με την σχέση 5, το μήκος κύματος στο δημιουργηθέν στάσιμο κύμα αέρα, μεταβάλλεται γραμμικά σε σχέση με το αντίστροφο της συχνότητας f, του εξωτερικού διεγέρτη (μεγάφωνο)
Έτσι τα σημεία της γραφικής παράστασης λ – 1/f, θα πρέπει να διέρχονται από μια ευθεία γραμμή, η κλίση της οποίας αντιστοιχεί στην ταχύτητα του στάσιμου ηχητικού κύματος, στον αέρα, για δεδομένη θερμοκρασία.

<u>Απαιτούμενος πρόσθετος εξοπλισμός</u>

1) Γεννήτρια ακουστών συχνοτήτων με ενισχυτή
2) Θερμόμετρο 0-40°C

3) Αντιστάτης 100Ω

<u>Πειραματική διαδικασία</u>

1. Προσαρμόστε τη βάση με το μεγάφωνο στο ελεύθερο άκρο του σωλήνα και την άλλη βάση κοντά στο άλλο του άκρο.
2. Συνδέστε το μεγάφωνο με την έξοδο ισχύος της γεννήτριας ακουστών συχνοτήτων

και τον αντιστάτη R=1ooΩ, σε σειρά.

Γυρίστε το κομβίο AMPLITUDE αργά ώστε ο δείκτης του να αντιστοιχεί στη θέση 9 ενός ωρολογιακού δίσκου (στη θέση αυτή δεν κινδυνεύει το μεγαφωνο της συσκευής).

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

1. Τοποθετήστε το έμβολο μέσα στο σωλήνα μέχρι το άκρο του μεγαφώνου.

2. Θέστε σε λειτουργία τη γεννήτρια και επιλέξτε μία συχνότητα (π.χ. 800Hz).

3. Απομακρύνετε αργά το έμβολο από το μεγάφωνο. Θα παρατηρήσετε ότι σε κάποιες θέσεις η ένταση του ήχου είναι μέγιστη και σε κάποιες άλλες ελάχιστη.

4. Εντοπίστε τις πρώτες **τρεις διαδοχικές θέσεις με τη μέγιστη ένταση** του ήχου και για κάθε μία καταγράψτε την στον πίνακα μετρήσεων που ακολουθεί, (L_1=…, L_2=…, L_3=….) καταγράφουμε τα μήκη L_1 και L_2 του σωλήνα με τη βοήθεια του βαθμολογημένου κανόνα.

Επαναλαμβάνουμε τις μετρήσεις μας δύο ακόμα φορές

5. Υπολογίστε τις διαφορές ΔL_1 , ΔL_2 καθώς και την μέση τιμή των διαφορών

6. Υπολογίστε την **τιμή του μήκους κύματος λ**, σε εκατοστά, με ακρίβεια **ενός δεκαδικού ψηφίου**.

7. Επαναλάβετε την διαδικασία για άλλες τέσσερις συχνότητες.

8. Σχεδιάστε σε χαρτί μιλλιμετρέ τη **γραφική παράσταση του *λ* ως προς *1/f.***
   Η κλίση της γραμμής που παριστάνει η προηγούμενη γραφική παράσταση δίνει την ***ταχύτητα του ήχου*** στην θερμοκρασία του αέρα που εκτελείται το πείραμα.

ΦΥΛΛΟ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ - ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ ΗΧΟΥ ΣΤΟΝ ΑΕΡΑ

ΠΙΝΑΚΑΣ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ f = 600 Hz

ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ ΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ f = 600 Hz	Αρ. μετρήσεω	1ο ΜΕΓΙΣΤΟ L_1	2ο ΜΕΓΙΣΤΟ L_2	3ο ΜΕΓΙΣΤΟ L_3	Διαφορά 1ου – 2ου μεγίστου $\Delta L_1 = L_1 - L_2$	Διαφορά 2ου – 3ου μεγίστου $\Delta L_2 = L_3 - L_2$
	1η					
	2η					
	3η					
Μέση τιμή διαφορών (cm)					$\overline{\Delta L_1}$ = ……	$\overline{\Delta L_2}$ = ……..
Μέση τιμή $\overline{\Delta L}$ διαφορών **ισοδύναμη με** **λ / 2** (cm)					$\overline{\Delta L}$ = **……..**	
Μήκος κύματος λ (cm)					**λ_1 = ……**	

ΠΙΝΑΚΑΣ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ f = 700 Hz

ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ ΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ f = 700 Hz	Αρ. μετρήσεω	1ο ΜΕΓΙΣΤΟ L_1	2ο ΜΕΓΙΣΤΟ L_2	3ο ΜΕΓΙΣΤΟ L_3	Διαφορά 1ου – 2ου μεγίστου $\Delta L_1 = L_1 - L_2$	Διαφορά 2ου – 3ου μεγίστου $\Delta L_2 = L_3 - L_2$
	1η					
	2η					
	3η					
Μέση τιμή διαφορών (cm)					$\overline{\Delta L_1}$ = ……..	$\overline{\Delta L_2}$ = ……
Μέση τιμή $\overline{\Delta L}$ διαφορών **ισοδύναμη με** **λ / 2** (cm)					$\overline{\Delta L}$ = **……..**	
Μήκος κύματος λ (cm)					**λ_2 = ……**	

ΠΙΝΑΚΑΣ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ f = 800 Hz

ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ ΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ f = 800 Hz	Αρ. μετρήσεω	1ο ΜΕΓΙΣΤΟ L_1	2ο ΜΕΓΙΣΤΟ L_2	3ο ΜΕΓΙΣΤΟ L_3	Διαφορά 1ου – 2ου μεγίστου $\Delta L_1 = L_1 - L_2$	Διαφορά 2ου – 3ου μεγίστου $\Delta L_2 = L_3 - L_2$
	1η					
	2η					
	3η					
Μέση τιμή διαφορών (cm)					$\overline{\Delta L_1}$ = ……..	$\overline{\Delta L_2}$ = ……
Μέση τιμή $\overline{\Delta L}$ διαφορών **ισοδύναμη με** **λ / 2** (cm)					$\overline{\Delta L}$ = **……..**	
Μήκος κύματος λ (cm)					**λ_3 = ……**	

ΠΙΝΑΚΑΣ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ f = 900 Hz

ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ ΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ f = 900 Hz	Αρ. μετρήσεω	1ο ΜΕΓΙΣΤΟ L_1	2ο ΜΕΓΙΣΤΟ L_2	3ο ΜΕΓΙΣΤΟ L_3	Διαφορά 1ου – 2ου μεγίστου $\Delta L_1 = L_1 - L_2$	Διαφορά 2ου – 3ου μεγίστου $\Delta L_2 = L_3 - L_2$
	1η					
	2η					
	3η					
Μέση τιμή διαφορών (cm)					$\overline{\Delta L_1}$ = …….	$\overline{\Delta L_2}$ = ……
Μέση τιμή $\overline{\Delta L}$ διαφορών **ισοδύναμη με** λ / 2 (cm)					$\overline{\Delta L}$ = **……**	
Μήκος κύματος λ (cm)					**λ_4 = ……**	

ΠΙΝΑΚΑΣ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ f = 1000 Hz

ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ ΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ f = 1000 Hz	Αρ. μετρήσεω	1ο ΜΕΓΙΣΤΟ L_1	2ο ΜΕΓΙΣΤΟ L_2	3ο ΜΕΓΙΣΤΟ L_3	Διαφορά 1ου – 2ου μεγίστου $\Delta L_1 = L_1 - L_2$	Διαφορά 2ου – 3ου μεγίστου $\Delta L_2 = L_3 - L_2$
	1η					
	2η					
	3η					
Μέση τιμή διαφορών (cm)					$\overline{\Delta L_1}$ = ……..	$\overline{\Delta L_2}$ = ……
Μέση τιμή $\overline{\Delta L}$ διαφορών **ισοδύναμη με** λ / 2 (cm)					$\overline{\Delta L}$ = **……..**	
Μήκος κύματος λ (cm)					**λ_5 = ……**	

ΚΛΙΣΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗΣ ΕΥΘΕΙΑΣ λ - 1/f

k = …… **m /sec**

ταχύτητα ήχου σε θερμοκρασία θ = ……..° C (θεωρητική τιμή) $\upsilon = 331\sqrt{\frac{\theta+273}{273}}$ και τελικά υ_θ = **…….. m /sec**
Απόκλιση πειραματικής-θεωρητικής τιμής : $\Delta\upsilon = \frac{\lvert \upsilon_{\pi\varepsilon\iota\rho} - \upsilon_\theta \rvert}{\upsilon_\theta}$ % = ……%

Πηγές

Wikipedia.org

Χατζής Ι., Φυσικός – Φ.Εργασίας «μέτρηση ταχύτητας του ήχου, σε σωλήνα συντονισμού»