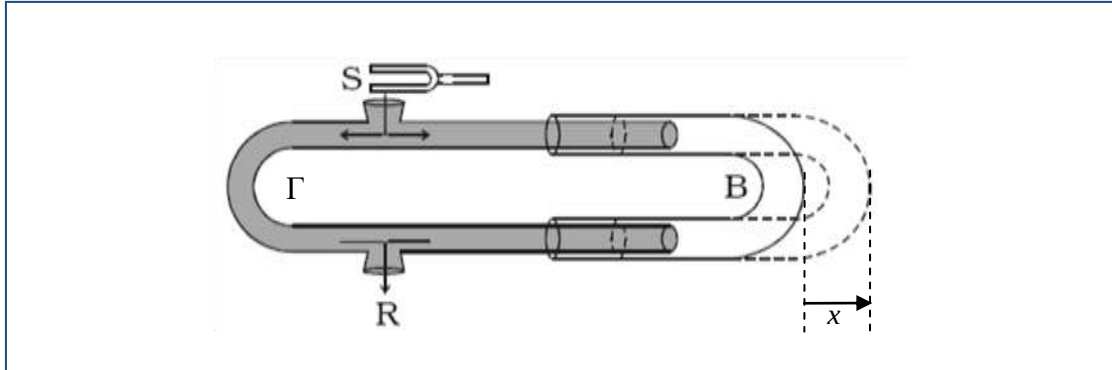


Ένα ακουστικό συμβολόμετρο (σωλήνας Quincke)

Ένα διάμηκες ηχητικό κύμα συχνότητας $f = 425\text{Hz}$, δημιουργείται από το διαπασών S και εισέρχεται στο σωλήνα του σχήματος (σωλήνας Quincke). Το τμήμα Γ είναι σταθερού μήκους ενώ το τμήμα Β είναι κινητό και μπορούμε να αυξομειώνουμε το μήκος του. Αρχικά το τμήμα Β είναι τέρμα αριστερά δηλαδή απόσταση $x = 0$. Ο ήχος διασπάται σε δύο ηχητικά κύματα πλάτους ίδιου πλάτους Α, που ακολουθούν τις διαδρομές SBR και SΓR, για τις οποίες γνωρίζουμε την αρχική διαφορά $SBR - SΓR = s_2 - s_1 = 0,8\text{m}$. Στη συνέχεια τα δυο κύματα συμβάλλουν στο σημείο του σωλήνα, λίγο πριν την έξοδο στο δέκτη R. Η ταχύτητα του ήχου στον αέρα είναι $v_{\text{αε}} = 340\text{m/s}$ και θεωρούμε αμελητέα τη μεταβολή του πλάτους των δύο κυμάτων, μέχρι τη στιγμή της συμβολής.



- i) Ο δέκτης λαμβάνει μέγιστο ή ελάχιστο πλάτος ως αποτέλεσμα της συμβολής;
- ii) Διερευνείστε το πλάτος του ήχου που θα λάβει ο δέκτης R, αν από την αρχική του θέση ο κινητός σωλήνας εξέλθει επιπλέον κατά
 - α) $x = 0,1\text{m}$
 - β) $x = 0,2\text{m}$
 - γ) $x = 0,4\text{m}$
- iii) Μπορείτε να βρείτε μια χρησιμότητα αυτού του σωλήνα;
- iv) Τα δυο ηχητικά κύματα που φτάνουν στο δέκτη, μπορούν πραγματικά να έχουν το ίδιο πλάτος;
- v) Για καθηγητές

Αν η ένταση του ήχου όταν ανιχνεύουμε μέγιστο είναι $I_1 = 0,09 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$ και όταν ανιχνεύουμε ελάχιστο $I_2 = 0,01 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$ ποιος είναι ο λόγος των πλατών, που φτάνουν στον ανιχνευτή;

Απάντηση

i) Το μήκος κύματος είναι $\lambda = \frac{v_{\delta}}{f} = \frac{340}{425} = 0,8\text{m}$

Η διαφορά των δύο δρόμων είναι τότε $\Delta s = s_2 - s_1 = 0,8 \Leftrightarrow \Delta s = 1 \cdot \lambda$

Άρα η συμβολή είναι ενισχυτική και ο δέκτης λαμβάνει ήχο με μέγιστο πλάτος.

ii) Η επιμήκυνση x του σωλήνα Β, πρέπει να προσμετρηθεί δύο φορές (πάνω και κάτω), οπότε η νέα διαφορά δρόμων είναι $\Delta s' = s_2 - s_1 + 2x = 0,8 + 2x$

α) $\Delta s_1 = 0,8 + 2 \cdot 0,1 = 1m$ δεν είναι ούτε ακέραιο πολλαπλάσιο του λ , ούτε περιττό πολλαπλάσιο του $\lambda/2$. Δε θα έχουμε ούτε ενίσχυση, ούτε απόσβεση, αλλά ήχο με ενδιάμεσο πλάτος $0 < A' < 2A$

β) $\Delta s_1 = 0,8 + 2 \cdot 0,2 = 1,2 = 3 \cdot 0,4 = 3 \cdot \frac{\lambda}{2}$. Άρα ο δέκτης λαμβάνει ήχο με ελάχιστο πλάτος.

γ) $\Delta s_1 = 0,8 + 2 \cdot 0,4 = 1,6 = 2 \cdot 0,8 = 2 \cdot \lambda$. Άρα η συμβολή είναι ενισχυτική και ο δέκτης λαμβάνει ήχο με μέγιστο πλάτος.

iii) Μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την εύρεση της ταχύτητας του ήχου, στο μέσον που βρίσκεται εντός της συσκευής, π.χ. αέρας, ήλιο, άζωτο, ...

Πως;

Έστω ότι φτάνει μέγιστο στον ανιχνευτή για κάποια αρχική διαφορά δρόμων Δs .

$$\Delta s = k \cdot \lambda \quad (1)$$

Βγάζουμε λίγο έξω τον κινητό σωλήνα Β κατά x μέχρι να ανιχνεύσουμε ελάχιστο. Αν είναι το αμέσως επόμενο ελάχιστο δεν αλλάζει η τιμή του k , όμως η διαφορά δρόμων θα είναι

$$\Delta s + 2x = (2k + 1) \cdot \frac{\lambda}{2} \quad (2)$$

Από τις (1) και (2) θα έχουμε

$$k \cdot \lambda + 2x = (2k + 1) \cdot \frac{\lambda}{2} \Leftrightarrow k \cdot \lambda + 2x = k \cdot \lambda + \frac{\lambda}{2} \Leftrightarrow$$

$$2x = \frac{\lambda}{2} \Leftrightarrow \lambda = 4x \Leftrightarrow \frac{v_{\eta\chi}}{f} = 4x \Leftrightarrow$$

$$v_{\eta\chi} = 4fx \quad (3)$$

Η απόσταση x είναι άμεσα μετρήσιμη. Η συσκευή μπορεί να έχει απευθείας βαθμολογηθεί σε μονάδες μήκους. Η συχνότητα του παραγόμενου ήχου είναι γνωστή, αφού μπορεί να παράγεται από γνωστό διαπασών ή γεννήτρια ακουστών συχνοτήτων.

Η εξίσωση (3) δεν είναι γενικός τύπος. Μπορούμε να μετρήσουμε την απόσταση x από μέγιστο σε μέγιστο ή ανάμεσα σε ό,τι μας αρέσει αρκεί να κρατάμε τον αριθμό εμφάνισης ...

iv) Τα δυο κύματα εξαρχής διανύουν δυο διαφορετικούς δρόμους και επομένως χάνουν διαφορετικές ποσότητες ενέργειας. Μια αιτία είναι η τριβή του αέρα με τα τοιχώματα του σωλήνα. Άρα ενώ προέρχονται από την ίδια πηγή δε μπορούν να έχουν το ίδιο πλάτος. Γι' αυτό μιλάμε για ελάχιστα του ήχου και όχι για απόσβεση.

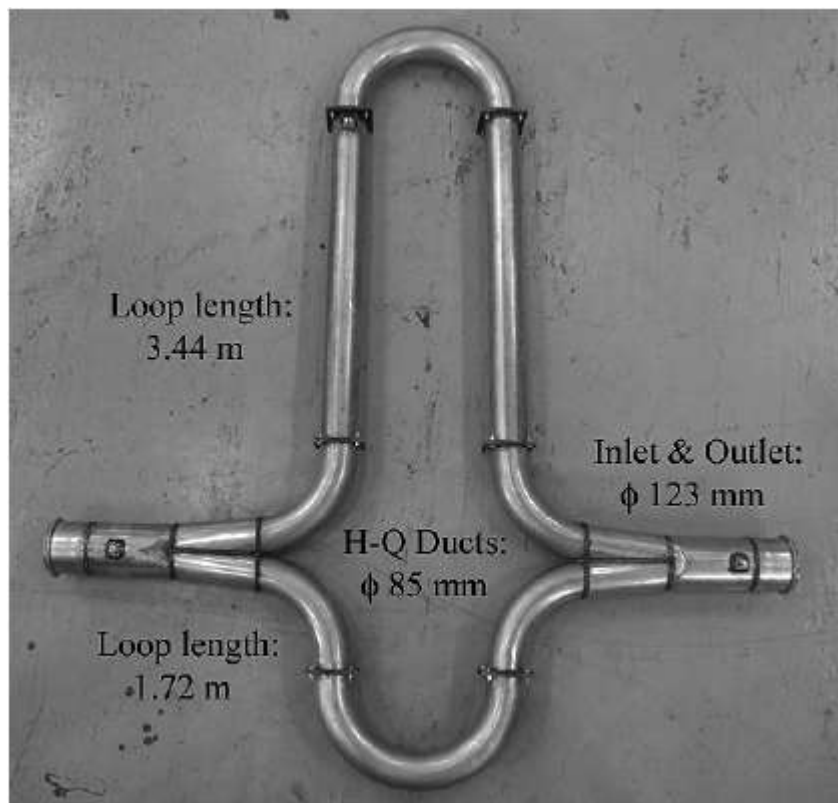
v) Η ένταση του κύματος είναι ανάλογη με το τετράγωνο του πλάτους. Αν A_1 το πλάτος του κύματος που έρχεται από την κοντινή διαδρομή και A_2 το πλάτος του κύματος από τη μακρινή, τότε

$$\frac{(A_1 + A_2)^2}{(A_1 - A_2)^2} = \frac{I_{\max}}{I_{\min}} \Leftrightarrow \left(\frac{A_1 + A_2}{A_1 - A_2} \right)^2 = \frac{0,09}{0,01} \Leftrightarrow \frac{A_1 + A_2}{A_1 - A_2} = 3 \Leftrightarrow$$

$$3A_1 - 3A_2 = A_1 + A_2 \Leftrightarrow 2A_1 = 4A_2 \Leftrightarrow A_1 = 2A_2$$

Σχόλια

Παρακάτω βλέπουμε μια εικόνα ενός σωλήνα Quincke.



Υπάρχουν και άλλοι τύποι ακουστικού συμβολόμετρου.
Στο σχολικό εργαστήριο θα βρούμε το σωλήνα Kundt.



Και ένα βιντεάκι...
<https://youtu.be/HQ94rHcPCQE>

Ανδρέας Ριζόπουλος