

4. Tub de Kundt

Objectius

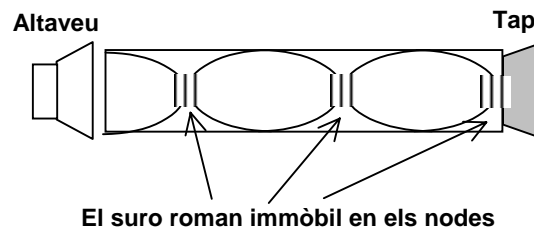
- Observar la formació d'ones sonores estacionàries.
- Mesurar la velocitat del so en l'aire i en altres medis gasosos.

Introducció

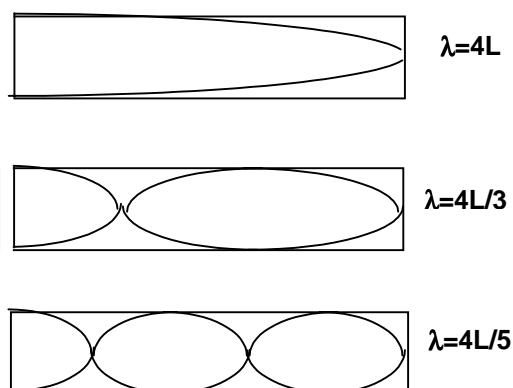
La vibració de l'altaveu que porta en un extrem el tub de Kundt provoca una ona sonora que en reflectir-se a l'altre extrem genera una ona estacionària amb màxims i mínims de pressió.

Les serradures de suro de dins del tub també es distribueixen formant màxims i mínims. Els màxims corresponen a zones on aquestes no vibren i els mínims són zones on les serradures vibren al màxim.

La zona on s'observa un màxim de serradures correspon a una zona on hi ha un mínim de pressió i viceversa.



Normalment l'extrem de l'altaveu es comporta com un màxim a baixes freqüències i com un mínim a freqüències altes. L'extrem del tap és sempre un mínim. Segons això la primera ressonància ($n=1$) observada serà a una freqüència tal que la longitud del tub sigui igual a $\lambda/4$, on λ representa la longitud d'ona. A la ressonància següent ($n=2$) hi haurà una semilongitud d'ona i un quart de longitud d'ona: $\lambda/2 + \lambda/4$, a continuació dues semilongituds d'ona i un quart: $2\lambda/2 + \lambda/4$; tres semilongituds d'ona i un quart: $3\lambda/2 + \lambda/4$. A partir d'aquí el quart de longitud d'ona deixa de ser visible i només hi ha semilongituds d'ona: $4\lambda/2$, $5\lambda/2$, $6\lambda/2$,... fins a $12\lambda/2$.



Ressonàncies en un tub de longitud L per $n=1$, $n=2$ i $n=3$
A l'esquerra l'altaveu i a la dreta el tap.

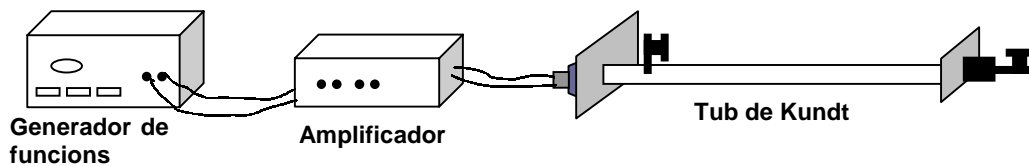
Material

- Tub de Kundt amb el corresponent carregador i serradures fines de suro	- Amplificador
- Generador de funcions o de baixa freqüència	- Cinta mètrica

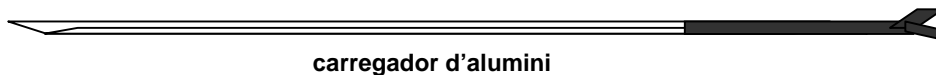
Procediment

Muntatge i execució de l'experiència

1. Connecta la sortida del generador de funcions a l'entrada de l'amplificador i la sortida d'aquesta a l'altaveu del tub de Kundt, tal com es veu a la figura.



2. Carrega el suro al tub. Pren el carregador i reparteix sobre ell el suro uniformement fins a la zona pintada de negre. No convé posar-n'hi massa quantitat.



3. Introdueix el carregador amb compte en el tub de Kundt, gira'l cap avall i retira'l sense tocar el suro.
4. Un cop hi ha el suro dins del tub, tapa'l amb el tap i tanca les pinces Hoffman.
5. Selecciona una freqüència de 150 Hz en el generador, engega l'amplificador i ajusta el volum.
6. Vés augmentant la freqüència fins a aconseguir la primera ressonància en la qual el suro es mourà amb la màxima amplitud.
7. Repeteix-ho fins arribar a la segona i a la tercera ressonància.

Observacions qualitatives

Observar el tub de costat quan hi ha ressonància: el suro salta a més altura com més a prop està del màxim.

Conclusions

Anàlisi de les dades

1. Anota les freqüències de ressonància (primera, segona, etc) que pots llegir en el generador.
2. Mesura una semilongitud d'ona amb la cinta mètrica en el tub en cadascuna de les ressonàncies. Pots fer diverses mesures i fer la mitjana.
3. Calcula la velocitat del so utilitzant $v=\lambda \cdot f$

Qüestionari

1. La velocitat del so en un gas es calcula: $v = \sqrt{\frac{\gamma RT}{M}}$, on γ és la constant adiabàtica (C_p/C_v), R la constant del gasos ($R= 8,31\text{J}\cdot\text{K}^{-1}\text{mol}^{-1}$) i M la massa molecular del gas. Sabent que per l'aire $\gamma=1,40$ i $M=0,0288 \text{ kg}\cdot\text{mol}^{-1}$, calcula en les condicions del laboratori la velocitat del so en l'aire.
2. Compara el resultat que has calculat de manera teòrica a la qüestió anterior amb l'obtingut en l'experiència del tub de Kundt.
3. Un cop assolida una de les ressonàncies què passarà si augmenta la temperatura? Pots comprovar-ho escalfant el tub de Kundt amb un eixugador de cabells.

Tub de Kundt

Material per al professorat

Orientacions didàctiques

Temporització

- 1 hora per a l'experimentació, les conclusions i el qüestionari

Alumnes als quals s'adreça l'experiència

Alumnes de batxillerat

Propostes de recerca

Mesura de la velocitat del so en el butà

El butà té una massa molecular doble que l'aire i per tant la velocitat del so és més petita que en l'aire (uns 225 m/s). D'altra banda és un gas fàcilment assequible.

Afluixar les pinces de Hoffman i connectar el tub de goma del tap a una bombona de butà (es pot fer traient el cremador d'un llum o d'un fogó de càmping) i quan es veu o s'olora que surt butà per l'altre extrem es tanquen les pinces. La pressió no afecta a la velocitat però no convé deformar la membrana que hi ha entre l'altaveu i el tub.

Sabent que $\gamma=1,093$ i $M=0,058 \text{ Kg.mol}^{-1}$, calcular la velocitat i comparar-la amb el valor mesurat.

De la mateixa manera es pot fer en qualsevol altre gas.

Orientacions tècniques

El tub de Kundt que es descriu en aquesta experiència està a la disposició del professorat en els Centre de Recursos Pedagògics (CRP).

Les freqüències poden llegir-se directament en el generador de funcions o mesurar-se amb un oscil·loscopi o amb un polímetre que disposi de freqüencímetre digital.

Conclusions

Resultats esperats

La concordança entre els valors mesurats per la velocitat del so i els calculats per la fórmula és de l'ordre del 5%.

Respostes al qüestionari

1. La velocitat del so en un gas es calcula: $v = \sqrt{\frac{\gamma RT}{M}}$, on γ és la constant adiabàtica (C_p/C_v), R la constant del gasos ($R= 8,31 \text{ J.K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$) i M la massa molecular del gas. Sabent que per l'aire $\gamma=1,40$ i $M=0,0288 \text{ kg.mol}^{-1}$, calcula en les condicions del laboratori la velocitat del so en l'aire.

Si la temperatura és de $20^\circ\text{C}=293\text{K}$

$$v = \sqrt{\frac{1,40.8,31 \frac{J}{Kmol} 293K}{0,0288 \frac{kg}{mol}}} = 344 \frac{m}{s}$$

2. **Compara el resultat que has calculat de manera teòrica a la qüestió anterior amb l'obtingut en l'experiència del tub de Kundt.**

S'ha d'esperar una concordança de l'ordre del 5%.

3. **Un cop assolida una de les ressonàncies què passarà si augmenta la temperatura? Pots comprovar-ho escalfant el tub de Kundt amb un eixugador de cabells.**

En augmentar la temperatura varia la velocitat del so i per tant la freqüència de ressonància, en conseqüència el suro deixa de moure's. Per aconseguir de nou la ressonància cal augmentar una mica més la freqüència. Es pot observar l'efecte invers en refredar-se el tub.