

Relatório 5 = velocidade do som:

Assim como as cordas ou molas, o ar contido dentro de um tubo pode vibrar com frequências sonoras, como em instrumentos musicais. Os tubos podem ser abertos ou fechados. Neste experimento, usar-se-á o último.

As vibrações das colunas gasosas podem ser estudadas como ondas estacionárias resultantes do som enviado na embocadura, com o som refletido na outra extremidade do tubo.

Como uma onda sonora se propagando em meio homogêneo, gera a relação:

$$(1) \quad v = d \cdot f$$

d = comprimento de onda
 f = frequência

sendo possível determinar, assim, velocidades desejadas.

Na prática, o tubo fechado em uma extremidade (devido a diferença de impedância acústica entre água e ar) gera o nodo de deslocamento, enquanto a aberta corresponde a um antinodo.

$$(2) \quad L = \frac{n \cdot d}{4} \quad n = 1, 3, 5, 7, \dots$$

Então, nesse experimento, busca-se determinar a velocidade do som no ar e a frequência de vibração de certa diapasão.

Metodologia =

materiais usados =

- tubo de ressonância, acrílico, com extremidade móvel.
- gerador de função.
- autofalante.

- microfone
- detector de pico
- diapasão de alumínio
- martelo
- trena

Inicialmente, a extremidade fechada do tubo foi variada ao longo do comprimento com um imã. Assim, encontrou-se os locais de ressonância (som em intensidade máxima) que foram marcados com giz e medidos com a trena. As frequências durante todo o processo são dadas pelo gerador de função.

Posteriormente, o microfone e o gerador são substituídos pela diapasão. Usou-se um martelo de borracha para gerar as vibrações de enquanto era posicionado na extremidade aberta e a fechada era variada, como foi feito antes.

As vibrações deveriam ocorrer perpendicularmente a extremidade aberta.

Análise de dados:

Incerteza do termômetro = $\pm 0,5^\circ\text{C}$

Incerteza da trena = $\pm 0,005\text{ m}$

Incerteza do gerador = $\pm 1\text{ Hz}$

Temperatura da sala = $24,0^\circ\text{C}$

1ª parte = alto falante:

* Labela 1 - Pontos de encontro para frequência de $f = 425,99\text{ Hz}$.

n	medida 1(m)	med. 2(m)	med. 3(m)	média	erro da média
1	0,145	0,185	0,184	0,181	0,007
3	0,582	0,589	0,587	0,586	0,006
5	0,997	0,991	0,992	0,993	0,006

n	<u>d(m)</u>	incerteza associada ao d	<u>v(m/s)</u>	incerteza associada ao v
1	0,725	0,020	309	8
3	0,781	0,007	333	3
5	0,795	0,005	339	2

* Tabela 2 - Pontos de encontro para $f = 376,34 \text{ Hz}$

n	medida 1(m)	med. 2(m)	med. 3(m)	média	erro *
1	0,212	0,205	0,204	0,207	0,007
3	0,665	0,663	0,659	0,662	0,006
5	1,111	1,119	1,117	1,116	0,007

n	<u>d(m)</u>	incerteza associada ao d	<u>v(m/s)</u>	incerteza associada ao v
1	0,828	0,020	312	8
3	0,883	0,007	332	3
5	0,893	0,005	335,9	2

* Tabela 3 - $f = 479,30 \text{ Hz}$

n	medida 1(m)	med. 2(m)	med. 3(m)	média	erro
1	0,162	0,161	0,163	0,162	0,005
3	0,521	0,522	0,520	0,521	0,005
5	0,872	0,877	0,879	0,876	0,006

n	<u>d(m)</u>	incerteza associada ao d	<u>v(m/s)</u>	incerteza associada ao v
1	0,648	0,020	311	10
3	0,695	0,007	333	3
5	0,701	0,005	335,9	2

* Tabela 4 - $f = 525,06 \text{ Hz}$

n	medida 1(m)	med. 2(m)	med. 3(m)	média	erro
1	0,140	0,141	0,141	1,41	0,005
3	0,469	0,471	0,477	0,472	0,006
5	0,800	0,799	0,801	0,800	0,005

n	<u>d(m)</u>	incerteza em d	<u>v(m/s)</u>	incerteza de v
1	0,563	0,020	295	5
3	0,630	0,007	331	4
5	0,640	0,005	336	3

2ª parte = diapasão

* Tabela 5 (frequência desconhecida)

n	med. 1(m)	med. 2(m)	med. 3(m)	média	erro	<u>d(m)</u>	incerteza de d
1	0,118	0,126	0,119	0,121	0,007	0,484	0,020
3	0,398	0,389	0,381	0,390	0,010	0,519	0,007
5	0,657	0,656	0,639	0,650	0,010	0,521	0,005

a) Os comprimentos de onda dos sons examinados estão nas tabelas (1, 2, 3, 4, 5).

A partir da equação (2):

$$L = \frac{d \cdot n}{4} \rightarrow d = \frac{4L}{n}$$

b) As extremidades aberta e fechada agem como um nó de pressão e deslocamento, respectivamente, assim nas extremidades não ocorre ressonância, podemos desprezar as medidas delas.

c) Como conhecemos os comprimentos de onda (λ) e as frequências dadas nas tabelas 1, 2, 3 e 4:

calcula-se a velocidade do som, pela

equação (1) $\Rightarrow v = d \cdot f$

$f = 425,99 \text{ Hz} \Rightarrow \bar{v} = 327 \text{ m/s}$ $f = 479,30 \text{ Hz} \Rightarrow \bar{v} = 326 \text{ m/s}$

$f = 376,34 \text{ Hz} \Rightarrow \bar{v} = 327 \text{ m/s}$ $f = 525,06 \text{ Hz} \Rightarrow \bar{v} = 324 \text{ m/s}$
 Assim, $\bar{v}_x = 325 \text{ m/s}$

d) Como pela equação (1), tem-se $d = \frac{v}{f}$. Desse modo,

traçando d versus $1/f$, o coeficiente angular do gráfico é numericamente igual a velocidade. Para a construção do gráfico, visando diminuir erros, usou-se o valor médio de d .

$v = 339 \text{ m/s}$

e) Observa-se uma diferença entre as duas velocidades. A velocidade do som a 25°C é aproximadamente 340 m/s , assim, o método gráfico foi mais preciso. Uma justificativa, para isso, é que no item c, usamos todos os valores de d para determinar a velocidade. Já no d, com o gráfico, a reta tende a minimizar os erros das medidas, de forma a gerar um resultado melhor.

f) Como sabemos o valor de v ($v \Rightarrow 325 \text{ m/s}$ e $v \Rightarrow 339 \text{ m/s}$) e d (tabelas)

$n = 1$:	a) $v = 325 \text{ m/s} \Rightarrow f_{1a} = 675 \text{ Hz}$	} $\bar{f}_1 = 687 \text{ Hz}$ $\bar{f}_2 = 639 \text{ Hz}$ $\bar{f}_3 = 637 \text{ Hz}$
$n = 2$:	a) $v = 325 \text{ m/s} \Rightarrow f_{2a} = 626 \text{ Hz}$	
$n = 3$:	a) $v = 325 \text{ m/s} \Rightarrow f_{3a} = 623 \text{ Hz}$	
$n = 1$:	b) $v = 339 \text{ m/s} \Rightarrow f_{1b} = 700 \text{ Hz}$	}
$n = 2$:	b) $v = 339 \text{ m/s} \Rightarrow f_{2b} = 653 \text{ Hz}$	
$n = 3$:	b) $v = 339 \text{ m/s} \Rightarrow f_{3b} = 651 \text{ Hz}$	

$\Rightarrow$ frequência média $\bar{f} = 654 \text{ Hz}$

g) Usando a equação $v(T) = v_0 \sqrt{1 + \beta \cdot T}$ e $T = 24^\circ\text{C}$
e $v = 332 \text{ m/s}$ (a média dos valores do item c e d):

$$v_0 = \frac{332}{\sqrt{\frac{1 + 24}{273}}} = 318 \text{ m/s}$$

h) Como trata-se de duas ondas harmônicas iguais =

$$y_1 = A \cdot \cos(Kx - \omega t)$$

$$y_2 = A \cdot \cos(Kx + \omega t)$$

A superposição das ondas é descrita como $y = y_1 + y_2 =$
 $A \cos(Kx - \omega t) + A \cos(Kx + \omega t)$.

$$\text{Então, } y = A (\cos Kx \cdot \cos \omega t + \sin Kx \cdot \sin \omega t + \cos Kx \cdot \cos \omega t - \sin Kx \cdot \sin \omega t) = 2A \cos(Kx) \cdot \cos(\omega t)$$

Como a frequência angular é igual, $A_y = 2A \cos(Kx)$

Quando $\cos(Kx) = 0$, a amplitude é mínima,
assim, $Kx = 0, \pi, \frac{2\pi}{2}, \dots, \frac{n\pi}{2}$, com $K = \frac{2\pi}{\lambda}$

$$\text{Assim, } x = \frac{n\pi}{2} \cdot \frac{\lambda}{2\pi} = \frac{n\lambda}{4} \quad (2)$$

i) Outro método mais simples e mais barato de realizar seria usar água que se comunica com um tubo. A água funcionará como a parede móvel que determina o comprimento do tubo. Se colocar a fonte sonora na outra extremidade, a aparelhagem terá a mesma função.

Obs: a água deve envolver apenas uma extremidade do tubo.

Conclusão =

correção =

cálculo dos desvios-padrão para a determinação da velocidade (letra c):

$$DP_1 = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n}} = \sqrt{\frac{(309-327)^2 + (333-327)^2 + (339-327)^2}{3}}$$

$$DP_1 = 12,9$$

$$DP_2 = \sqrt{\frac{(312-326,6)^2 + (332-326,6)^2 + (335,9-326,6)^2}{3}}$$

$$DP_2 = 10,5$$

$$DP_3 = \sqrt{\frac{(311-326,6)^2 + (333-326,6)^2 + (335,9-326,6)^2}{3}}$$

$$DP_3 = 11,1$$

$$DP_4 = \sqrt{\frac{(295-320,6)^2 + (331-320,6)^2 + (336-320,6)^2}{3}}$$

$$DP_4 = 18,3$$

20320

Através desse experimento, conseguiu-se visualizar e desenvolver diferentes métodos para calcular a velocidade do som, como graficamente ou por cálculos de fórmulas. E, em ambos, alcançou-se resultados esperados, considerando os erros experimentais já esperados. Ademais, também foi possível calcular uma frequência desconhecida da diapasão, sendo útil para futuras necessidades.

