

Experimento 4 - Velocidade do som

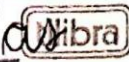
• Introdução

Onda sonora é definida como qualquer onda longitudinal, ou seja, que possuem a mesma direção de vibração de sua trajetória. A trajetória dessa onda implica que há uma velocidade envolvida que depende de algumas propriedades como comprimento de onda λ e frequência f , notados pela seguinte equação

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

Neste experimento, ao emitir som na entrada de um tubo de acrílico cuja frequência é conhecida, algumas ondas sonoras estacionárias podem ser produzidas. Como existe um antinó na extremidade aberta e um nó na extremidade fechada, o modo mais simples (no caso geral) de se obter frequências de ressonância de um tubo de comprimento L com uma extremidade aberta e outra fechada é dado por

$$\lambda = \frac{4L}{n}, \text{ para } n = 1, 3, 5, \dots \quad (2)$$

Assim, somente os harmônicos ímpares podem existir nesse tipo de tubo. Conhecendo o valor do comprimento L e a frequência f é possível determinar o respectivo comprimento de onda λ e ainda conhecer com qual velocidade 

1 / 1

ondas sonoras viajam. O objetivo do experimento, então, será determinar a velocidade do som no ar e a frequência de vibração de um diapasão desconhecido.

• Metodologia

Lista de material:

- Tubo de acrílico transparente com extremidade móvel;
- microfoni;
- Amplificador;
- Fone de ouvido;
- Conjunto de cinco diapasões (4 com frequências conhecidas e um com frequência desconhecida);
- Termômetro ($\pm 0,5^\circ\text{C}$);
- Martelo de borracha;
- Fita ($\pm 0,005\text{ m}$);
- Gradador de frequência ($\pm 1\text{ Hz}$);

Procedimento Experimental:

Posicione-se o diapasão de modo que ele vibre num plano vertical sobre a extremidade aberta do tubo. Variando a posição da extremidade com o auxílio de um imã, vibrou-se o diapasão com o martelo de borracha. Escutando atentamente, variou-se a posição da extremidade móvel do tubo procurando um primeiro nível para o qual ocorra o máximo da intensidade do som (ressonância). Em seguida, realizou-se a

posição da intensidade máxima e mais precisamente possível que foi identificado por A_1 . O comprimento do tubo foi aumentado até localizar um segundo nível A_2 de ressonância, e assim por diante até toda a extensão do tubo. Os valores foram coletados em tabelas para realização das análises.

• Resultados e Discussão

a) Desprezando as medidas das extinções para cada diapasão, determine os comprimentos de onda dos sons examinados, registrando esses valores também na respectiva tabela.

Utilizando a equação (2) calculou-se os valores de comprimento de onda λ que estão na última coluna de cada tabela.

Tabela 1 – Pontos de encontro para frequência de 425,99 Hz.

n	L_1 (m) $\pm 0,005$	L_2 (m) $\pm 0,005$	L_3 (m) $\pm 0,005$	L médio	Erro da média	λ (m)
1	0,175	0,185	0,184	0,181	0,007	0,724
3	0,582	0,589	0,587	0,586	0,006	0,781
5	0,997	0,991	0,992	0,993	0,006	0,794

Tabela 2 – Pontos de encontro para frequência de 376,34 Hz.

n	L_1 (m) $\pm 0,005$	L_2 (m) $\pm 0,005$	L_3 (m) $\pm 0,005$	L médio	Erro da média	λ (m)
1	0,212	0,205	0,204	0,207	0,007	0,828
3	0,665	0,663	0,659	0,662	0,006	0,883
5	1,111	1,119	1,117	1,116	0,007	0,893

Tabela 5 – Pontos de encontro para frequência de 479,30 Hz.

n	L ₁ (m) ± 0,005	L ₂ (m) ± 0,005	L ₃ (m) ± 0,005	L médio	Erro da média	λ (m)
1	0,162	0,161	0,163	0,162	0,005	0,648
3	0,521	0,522	0,520	0,521	0,005	0,695
5	0,872	0,877	0,879	0,876	0,006	0,701

Tabela 4 – Pontos de encontro para frequência de 525,06 Hz.

n	L ₁ (m) ± 0,005	L ₂ (m) ± 0,005	L ₃ (m) ± 0,005	L médio	Erro da média	λ (m)
1	0,140	0,141	0,141	0,141	0,005	0,564
3	0,469	0,471	0,477	0,472	0,006	0,629
5	0,800	0,799	0,801	0,800	0,005	0,640

b) Porque as medidas das extremidades derem ser desprezadas?

As medidas das extremidades são desprezadas pelo fato de que as ondas ali presentes não apresentam ressonância, mas somente as ondas que se distribuem ao longo do tubo de arútilo.

c) Utilizando as frequências conhecidas dos diapasones e os resultados anteriores, determine a velocidade do som e sua média.

→ Para isso, utilizou-se o valor médio de cada comprimento de onda para as diferentes frequências.

Tabela 5 – Velocidade do som para cada frequência utilizada

Frequência (Hz)	Velocidade do Som (m/s)
425,99	326,45
376,34	326,66
479,30	326,56
525,06	320,81

tilibra

Valor médio: 325,12 m/s

d) Determine graficamente a velocidade do som no ar. Qual é o gráfico que deve ser montado?

Pela equação (1), substituindo λ por $4L/n$, chega-se em uma equação para extrair diretamente a velocidade.

$$v = \frac{4Lf}{n} \quad (3)$$

Desse modo, construindo um gráfico de $4Lf$ versus n , o coeficiente angular da equação da reta será então o valor da velocidade do som.

A tabela a seguir apresenta os valores de n que equivalem à velocidade do som v .

Tabela 6 – Velocidade do som para cada frequência utilizada encontrada graficamente pelo coeficiente angular $v = 4Lf/n$

Frequência (Hz)	Velocidade do Som (m/s)
425,99	345,9
376,34	342,7
479,30	342,2
525,06	346,0

Valor médio = 344,20 m/s

///

e) Discussão dos resultados dos itens c) e d)

Comparando os resultados obtidos pelo método direto (aplicação da equação) e graficamente, os que foram obtidos por este último foram mais precisos e próximos do valor esperado para $T = 20^\circ\text{C}$ que era de $v = 343 \text{ m/s}$ (um desvio de 0,35%, considerável pelo fato de que a 24°C a velocidade do som seria maior que o valor de literatura, ou seja, são valores precisos e válidos). Como para o método gráfico os pontos foram todos distribuídos e não se trabalhou com valor médio, o procedimento foi mais preciso.

f) Determine a frequência do diapasão de frequência desconhecida

→ Utilizou-se a velocidade do som $v = 344,20 \text{ m/s}$, $\lambda = 5,10, 6,50 \text{ m}$
→ Através da equação 3 isolando f chega-se em:

$$f = \frac{v_n}{4L} \quad (4)$$

Distância L (m)					
n	Medida 1	Medida 2	Medida 3	Média	Erro da média
1	0,118	0,126	0,119	0,121	0,007
3	0,398	0,389	0,381	0,39	0,01
5	0,657	0,656	0,639	0,65	0,01

Logo, a frequência encontrada foi de $f = 661,92 \text{ Hz}$

g) Determinar velocidade do som a 0°C .

Com $V(T) = 325,12 \text{ m/s}$

$$V_0 = \frac{325,12}{\sqrt{1 + \frac{24}{273}}} \Rightarrow V_0 = 311,7 \text{ m/s}$$

Com $V(T) = 344,20 \text{ m/s}$

$$V_0 = \frac{344,20}{\sqrt{1 + \frac{24}{273}}} \Rightarrow V_0 = 330,01 \text{ m/s}$$

Para $V(T) = 344,20 \text{ m/s}$ chegou-se no valor esperado de $V = 330 \text{ m/s}$, enquanto que para $V(T) = 325,12 \text{ m/s}$ o valor foi estritamente menor, tratando-se de um valor cuja velocidade foi obtida por um método menos preciso.

h) Demonstração da equação (2)

$$\lambda = 4L \rightsquigarrow \text{modo mais simples}$$

$$\lambda = 4L/3 \rightsquigarrow 2^\circ \text{ modo mais simples}$$

$$\text{Logo } \Rightarrow L = \frac{3\lambda}{4} = \frac{\lambda}{4} + \frac{n\lambda}{2}$$

/ /

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

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

∴ $\lambda = \frac{4L}{2n+1}$ admite apenas números ímpares, logo:

$$\lambda = \frac{4L}{n}$$

com $n=1,3,5,\dots$

i) Uma forma simples, limpa e mais barata de realizar este experimento

- Balde com água com cano de PVC, cujo comprimento da coluna de ar pode ser variado facilmente possibilitando detectar os pontos de ressonância.

- As diapasões são substituídas por um programa de computador que gera áudios

- Após do som produzido, a uma determinada frequência é possível variar o comprimento da coluna de ar até um valor total que ocorra a ressonância devido à reflexão das ondas na superfície líquida.



Conclusão

O objetivo do experimento foi concluído e pôde-se assim estudar os fenômenos envolvidos por trás da propagação de ondas mecânicas sonoras. Os valores encontrados de velocidade do som foram próximos da esperado, e tratando de um experimento prático, possíveis erros sistemáticos são inerentes, entretanto, não invalidam o procedimento.

Referências

- HALLIDAY. Fundamentos de Física, volume 2: Gravitação, ondas e termodinâmica; 9ª edição, Rio de Janeiro - LTC, 2013
- SILVA, Wilton Pereira da et al. Velocidade do som no ar: um experimento caseiro com microcomputador e balde d'água. Rev. Bras. Ensino Fís., São Paulo, v. 25, n. 1, p. 1-80, 2003.

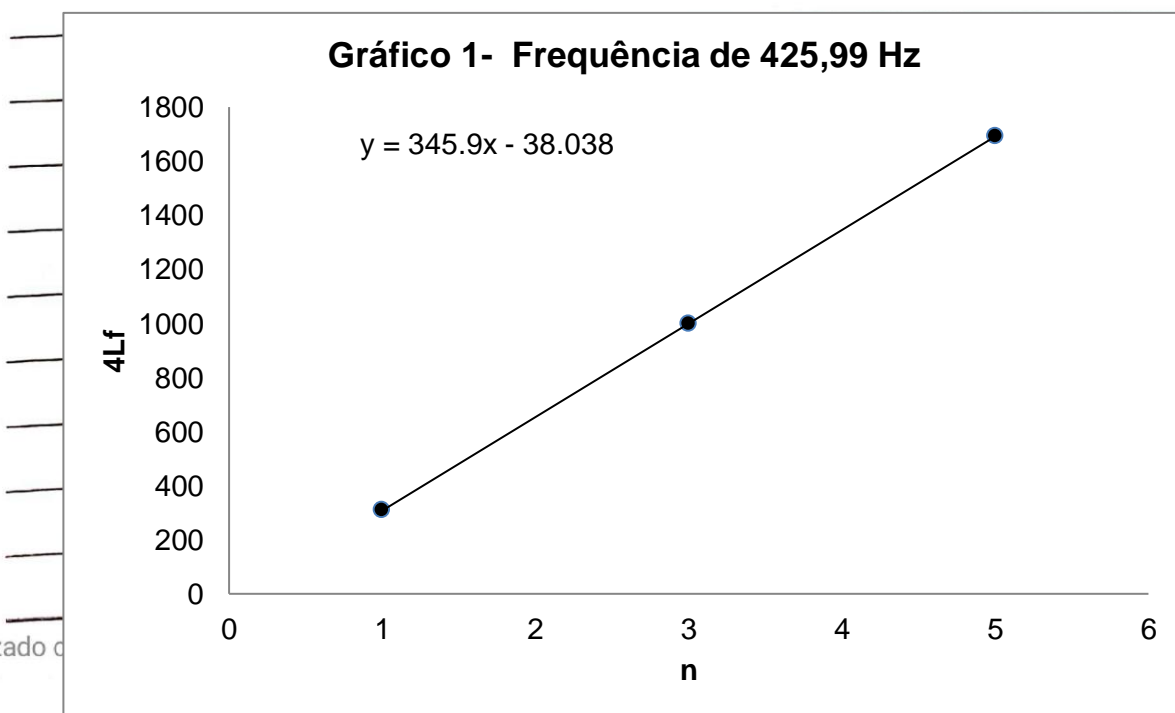


Gráfico 2- Frequência de 376,34 Hz

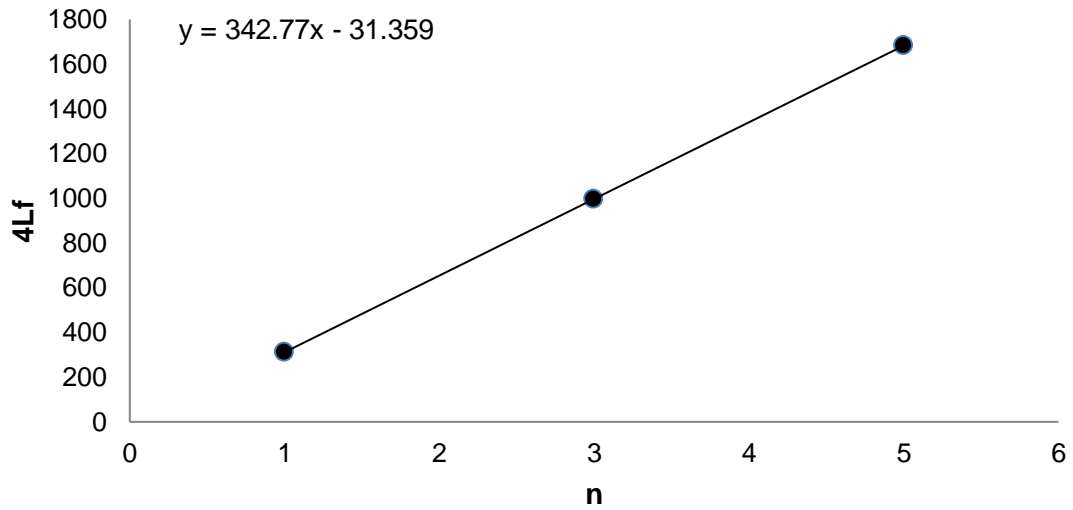


Gráfico 3- Frequência de 479,30 Hz

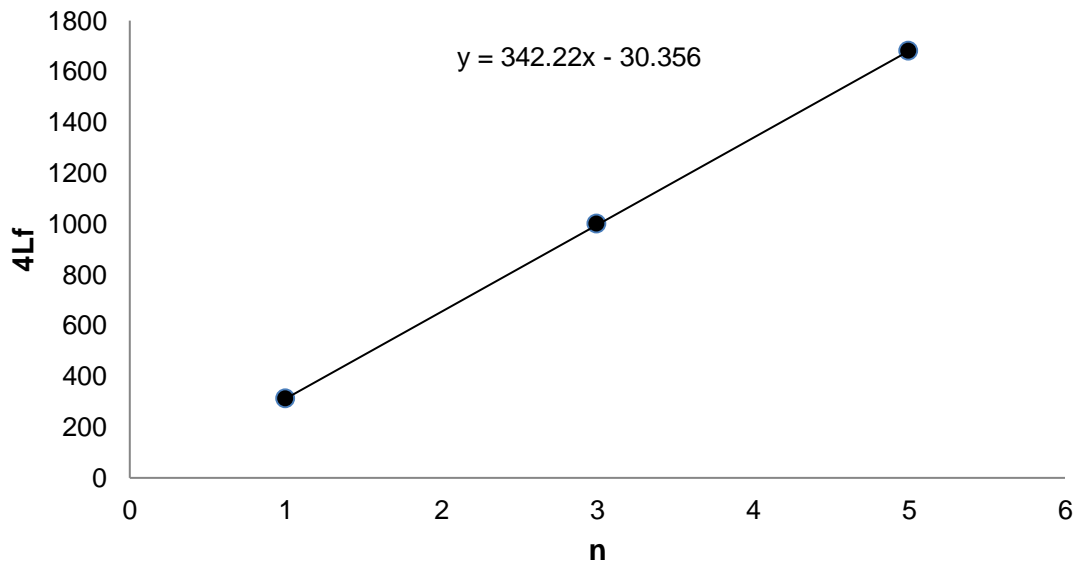


Gráfico 4- Frequência de 525,06 Hz

