Experimento 4

Introdução

As ondas são pertubações que se propagam no espaço em meios materiais transportando energia, qualquer corpo material que vibra, gera ondas mecânicas no meio em que está imerso. O som é uma onda classificada como longitudinal que se propaga através de pequenas vibrações e como todos os fenômenos ondulatórios, é caracterizado pela velocidade de propagação que depende do meio que o fenômeno observado se propaga.

O estudo da onda se da pela equação:

$$v = \lambda \cdot f$$

em que medindo o comprimento de onda (λ) com uma frequência (f) conhecida, se calcula a velocidade de propagação.

Metodologia.

Os materiais utilizados no experimento foram um tubo de acrílico transparente com extremidade móvel, medidor de frequência, trena, martelo de borracha, termômetro, diapasão com frequência desconhecida, amplificador, e um fone de ouvido.

O experimento foi feito em duas partes, na primeira foi usado o tubo de ressonância de acrílico, e o gerador de função, quando ligado o gerador é emitido para o tubo através de um emissor de autofalante ondas senoidais na frequência calibrada, a onda interage com o tubo. No tubo, contém um êmbolo móvel, que pode variar o comprimento limitando o espaço onde as ondas se propagam. No fundo do tubo estava a trena, sendo possível anotar o comprimento com base no som emitido, em certos pontos se observou o fenômeno da ressonância, foram marcados todas as distâncias que o mesmo som no interior do tubo era emitido. O mesmo processo foi repetido para três frequências diferentes, sendo 354 Hz, 603 Hz e 1228 Hz.

A segunda etapa, tinha como objetivo descobrir a frequência do som emitido pelo diapasão. Substituindo o gerador e o alto falante, foi usado o toque do martelo no diapasão no início do tubo, enquanto ocorria a variação do êmbolo no tubo para se achar os pontos de ressonância, foram anotados as distâncias definidas no tubo nesta parte do experimento. Foi medido a temperatura do ar no ambiente em 24°C.

- Incerteza do termômetro = $\pm 0{,}5°C$
- Incerteza da trena = $\pm 0{,}005$ m
- Incerteza do gerador = ± 1 Hz

Análise de Dados.

Os comprimentos de onda (λ) estão apresentados nas tabelas 1, 2, 3, 4, 5. E foram calculados a partir da equação (2):

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

As extremidades do tubo funcionam como nó de pressão e deslocamento, não ocorrendo a ressonância nesses pontos, sendo então desprezada as medidas nas extremidades.

Com o comprimento de onda e frequência dadas nas tabelas 1, 2, 3, 4 foi possível calcular a velocidade do som a partir da equação (1):

$$v = \lambda \cdot f.$$ para valores de $\bar{v}$ não aprox.

com $\cdot f = 425{,}99\ Hz$ a $\bar{v} = 327\ m/s \rightarrow \bar{v}_1 = 326{,}78 \pm 1{,}612\ m/s$

com $\cdot f = 376{,}34\ Hz$ a $\bar{v} = 327\ m/s \rightarrow \bar{v}_2 = 326{,}72 \pm 1{,}218\ m/s$

com $\cdot f = 479{,}30\ Hz$ a $\bar{v} = 326\ m/s \rightarrow \bar{v}_3 = 326{,}48 \pm 0{,}648\ m/s$

com $\cdot f = 525{,}06\ Hz$ a $\bar{v} = 321\ m/s \rightarrow \bar{v}_4 = 320{,}71 \pm 0{,}718\ m/s$

Assim: $\bar{v}_t = 325{,}14\ m/s \pm 0{,}56\ m/s$

A partir da equação (1) se tem: $\lambda = \frac{4L}{n}$ com isso, traçando o comprimento de onda λ versus $\frac{1}{f}$, se tem o coeficiente angular do gráfico igual a velocidade. Na construção do gráfico foi usado o valor médio de λ para não haver tanto erro, a velocidade encontrada foi de

$v = 339\ m/s$; e o gráfico está em anexo.

Observa-se uma diferença na velocidade de $\bar{v}t = 325\ m/s$ e $v = 339\ m/s$. A velocidade do som no ar à 25°C é de 340 m/s; sendo assim é possível afirmar que o método gráfico foi mais preciso.

Conhecendo os valores de V e λ e substituindo na equação (1), encontra-se a frequência.

- $n = 1$ $A_1)\ v = 325\ m/s \rightarrow f_1 = 675\ Hz$
- $n = 2$ $A_2)\ v = 325\ m/s \rightarrow f_2 = 626\ Hz$
- $n = 3$ $A_3)\ v = 325\ m/s \rightarrow f_3 = 623\ Hz$

$b_1)\ v = 339\ m/s \rightarrow f_1 = 700\ Hz \quad \bar{f}_1 = 687\ Hz$

$b_2)\ v = 339\ m/s \rightarrow f_2 = 653\ Hz \quad \bar{f}_2 = 639\ Hz$

$b_3)\ v = 637\ m/s \rightarrow f_3 = 651\ Hz \quad \bar{f}_3 = 637\ Hz$

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

A velocidade do som a 0°C pode ser calculado pela equação (3) e utilizando a velocidade igual a 332 m/s:

$$V(T) = V_0\sqrt{1+\beta T} \quad (3) \rightarrow V_0 = \frac{332}{\sqrt{1+\frac{24}{273}}} = 318\ m/s$$

↳ deveria ter dado 312 m/s

sendo a velocidade do som a 0°c = 318 m/s

Como se tem duas ondas harmônicas iguais: $y_1 = A\cos(Kx - wt)$ e $y_2 = A\cos(Kx + wt)$. A sobreposição das ondas se dá por: $y = y_1 + y_2 = A\cos(Kx - wt) + A\cos(Kx + wt)$. Então $y = A(\cos Kx \cos wt + \operatorname{sen} Kx \cdot \operatorname{sen} wt + \cos Kx \cdot \cos wt + \operatorname{sen} Kx \cdot \operatorname{sen} wt) = 2A\cos Kx \cos wt \rightarrow A(x) = 2A\cos(Kx)$

no $\cos(kx) = 0$, a amplitude é mínima, com isso, $kx = 0, \pi, \frac{2\pi}{4}, \ldots, \frac{3\pi}{2}$, com $k = \frac{2\pi}{\lambda}$ Assim, $x = \frac{n\pi}{2} \cdot \frac{\lambda}{2\pi} = \frac{n\lambda}{4}$ (2)

Logo, é possível chegar a equação a $\frac{n\lambda}{4}$ através desses passos.

Um outro método mais simples de realizar este experimento seria utilizando a água no lugar das ondas sonoras. No caso o tubo seria fechado e a água funcionário como a parede móvel. Ao se colocar a fonte sonora na outra extremidade, a aparelhagem teria a mesma função

Conclusão

No experimento realizado foi possível observar o fenômeno da ressonância em prática, determinar a velocidade do som através dos pontos de ressonância e obteve-se os resultados próximos dos esperados teoricamente.

Correção:

Sendo $V(T)$ e V_0 a velocidade

Para a velocidade do som a 0°C

$$V(T) = V_0\sqrt{1+\beta T} \rightarrow V_0 = \frac{325}{\sqrt{1+\frac{24}{273}}} \simeq 312 \text{ m/s}$$

1ª parte

Tabela 1 → f = 425,99 Hz

n	med. 1 (m)	med. 2 (m)	med. 3 (m)	média	erro da média	λ (m)
1	0,175	0,185	0,184	0,181	0,007	0,725
3	0,582	0,589	0,587	0,587	0,006	0,781
5	0,997	0,991	0,992	0,992	0,006	0,795

incerteza associada ao λ	V (m/s)	incerteza associada ao V
0,020	309	8
0,007	333	3
0,005	339	2

Tabela 2 → f = 376,34 Hz

n	medida 1 (m)	medida 2 (m)	medida 3 (m)	médias	erro das médias
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

λ (m)	incerteza assoc. ao λ	V (m/s)	incerteza assoc. ao V
0,828	0,020	312	8
0,883	0,007	332	3
0,893	0,005	335,9	2

Tabela 3 → f = 479,30 Hz

n	medida 1 (m)	medida 2 (m)	medida 3 (m)	média	erro da média
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

λ (m)	incerteza assoc ao λ	V (m/s)	incerteza assoc a V
0,648	0,020	311	10
0,695	0,007	333	3
0,701	0,005	335,9	2

Tabela 4 → f = 525,06 Hz

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

λ (m)	incerteza assoc ao λ	V (m/s)	incerteza assoc a V
0,563	0,020	295	5
0,630	0,007	331	4
0,640	0,005	336	3

2ª parte

Tabela 5: uso do diapasão

n	med 1(m)	med 2 (m)	med 3(m)	média	erro da média	λ(m)	incerteza assoc. a λ
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

correção

desvio padrão para ($\bar{v}$) velocidade:

$$DP_1 = \sqrt{\frac{\Sigma(v_i - \bar{v})}{n}} = \sqrt{\frac{(309-326{,}78)^2 + (333-326{,}\ )^2 + (339-326{,}48)^2}{3}} = \sqrt{\frac{(316{,}12)+(49)+(156{,}7)}{3}}$$

$DP_1 = 13{,}18$ //

$$DP_2 = \sqrt{\frac{(312-326{,}78)^2 + (332-326{,}7)^2 + (335{,}9-326{,}4)^2}{3}}$$

$$DP_2 = \sqrt{\frac{218{,}44 + 28{,}09 + 90{,}25}{3}} = 10{,}5$$ //

$$DP_3 = \sqrt{\frac{(331-326{,}78)^2 + (332-326{,}7)^2 + (335{,}9-326{,}4)^2}{3}}$$

$$DP_3 = \sqrt{\frac{(17{,}80) + (39{,}69) + (90{,}25)}{3}} = 11{,}1$$ //

$$DP_4 = \sqrt{\frac{(295-326{,}78)^2 + (331-326{,}7)^2 + (336-326{,}4)^2}{3}}$$

$DP_4 = 19{,}3$ //

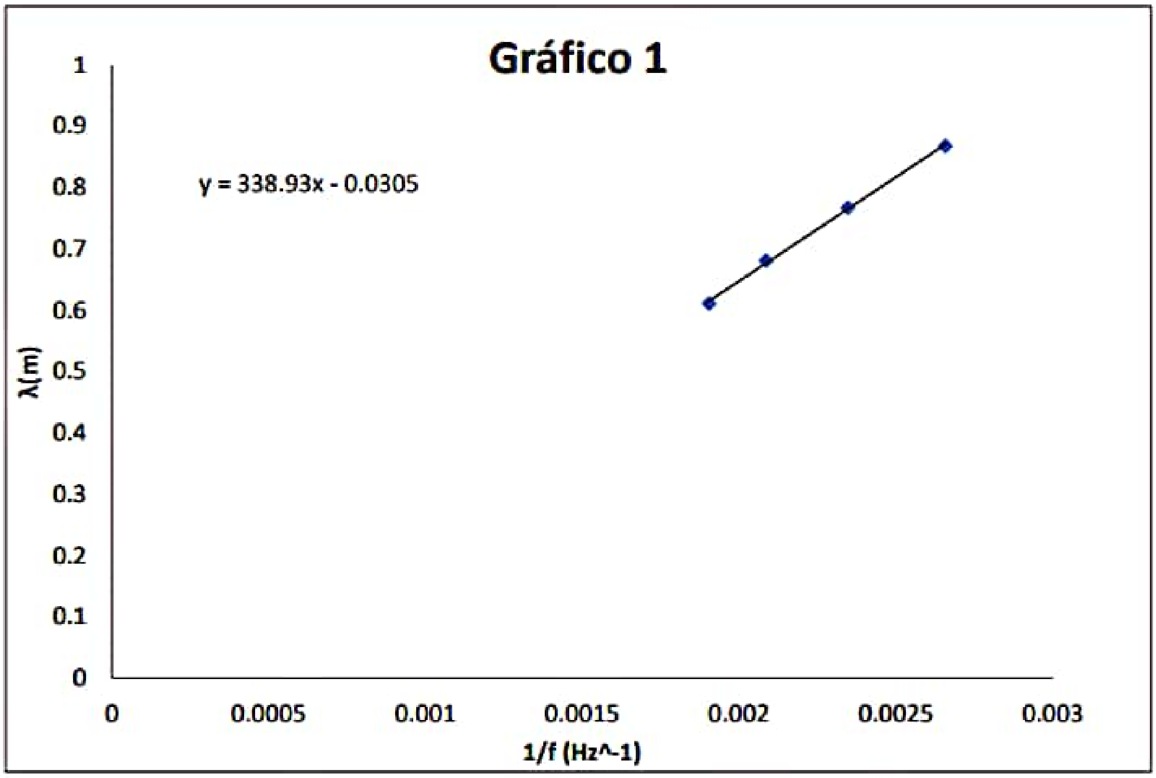
Gráfico 1
y = 338.93x - 0.0305
λ(m)
1
0.9
0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0
0
0.0005
0.001
0.0015
0.002
0.0025
0.003
1/f (Hz^-1)