

CORDAS VIBRANTES

→ INTRODUÇÃO

Quando um corpo começa a vibrar por influência de outro, na mesma frequência deste, ocorre um fenômeno chamado ressonância. As cordas vibrantes correspondem à fios flexíveis e traionados (tensionados) em seus extremos, utilizados em instrumentos musicais. O comportamento vibracional da corda depende da frequência (~~da corda~~) e das ondas que refletem para frente e para trás a partir das extremidades, levando-se em conta que a ressonância pode ocorrer não apenas em uma única frequência, mas em muitas.

Os harmônicos de uma corda vibrante são as várias possíveis frequências naturais das ondas estacionárias que surgem em cordas tensas (solução de forças tensoras de intensidade F), com massa (da corda) M , comprimento L e densidade linear de massa μ .

Os pontos em que as cordas não se movem são chamados de nós (p) e os pontos em que a corda vibra em sua amplitude máxima são chamados de anti-nós.

→ MATERIAIS E METODOLOGIA

• materiais: suporte de massa com roldana, vibrador mecânico, kit de massa, balança, 3 cordas de diferentes densidades, trena, fonte para alimentar o motor (vibrador mecânico), frequencímetro, balança analítica.

• PARTE 1:

- fixou-se a roldana conforme a Figura 1 e amarrrou o fio mais grosso, procurando manter um comprimento L de 1,5 m

- ajustou-se a frequência do vibrador mecânico em 32 Hz

- determinou-se as massas M (entre 5g e 400) para obter as ondas estacionárias com números de nós variando de 2 a 6 para o fio 1
- repetiu-se para os fios 2 e 3
- preencher-se a Tabela 1 com esses valores

• PARTE 2:

- variou-se o comprimento L para valores próximos de 1,25m, 1,00m, 0,75m e 0,50m
- determinou-se os valores de massa necessários para obter 3 nós
- repetiu-se para os 3 fios e preencher-se a Tabela 2.

• PARTE 3:

- pesou-se os fios na balança analítica e mediu-se os comprimentos com uma trena
- calculou-se a densidade linear (μ).
- preencher-se a Tabela 3

→ RESULTADOS E DISCUSSÃO

a) Primeiramente fez-se 3 gráficos di-log da massa (M em gramas) por $p-1$; (GRÁFICOS 1, 2 e 3). A partir dos valores da Tabela 1, aplicou-se log nos valores de M e $p-1$. Para encontrar o valor do expoente x para cada fio é necessário manipular a equação 1:

$$F = \frac{4\mu L^n}{(p-1)^x} \rightarrow m \cdot g = \frac{4\mu L^n}{(p-1)^x} \rightarrow m = \frac{4\mu L^n}{(p-1)^x \cdot g}$$

• Aplicando log em ambos os lados:

$$\log m = \log \left(\frac{4\mu L^n \delta^2}{g} \right) - \log (p-1)^x$$

$$\log m = -x \log (p-1) + \log \left(\frac{4\mu L^n \delta^2}{g} \right)$$

Portanto o coeficiente angular da reta desse gráfico é $-x$, e assim se obtém o valor do expoente x :

Os valores obtidos de x foram:

• Fio 1: 2,0161

• Fio 2: 2,0169

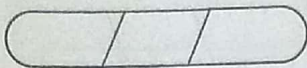
• Fio 3: 2,0365

b) Analogamente, constrói-se 3 gráficos de \log da massa (M em gramas) pelo comprimento (L em metros); (GRÁFICOS 4, 5 e 6). A partir dos dados da Tabela 2, aplicou-se log nos valores de M e L . E para encontrar o valor do expoente n para cada fio, faz-se uma manipulação diferente da equação 1:

$$F = \frac{4\mu L^n \delta^2}{(p-1)^x} \rightarrow m \cdot g = \frac{4\mu L^n \delta^2}{(p-1)^x} \rightarrow m = \frac{4\mu L^n \delta^2}{(p-1)^x \cdot g}$$

• Aplicando log em ambos os lados:

$$\log m = \log L^n + \log \left(\frac{4\mu \delta^2}{(p-1)^x \cdot g} \right)$$



$$\log m = n \log L + \log \left(\frac{4\mu g^2}{(p-1)^2} \right)$$

Portanto o coeficiente angular da reta desse gráfico é n , e assim se obtém o valor do expoente n .

Os valores obtidos de n foram:

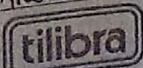
- Fio 1: 1,9916
- Fio 2: 2,2874
- Fio 3: 2,5520

c) De acordo com a teoria, ambos os valores de x e n deveriam ser próximos de 2. O Fio 1 foi o que apresentou os valores mais precisos. Se tirarmos a média dos valores, o valor médio de x é 2,0232; e de n é 2,2770; uma diferença de 0,0232 e 0,2770 respectivamente. Essa diferença é relativamente pequena, se levamos em conta os desvios de idealidade e os erros experimentais.

d) Os valores experimentais da densidade dos fios são obtidos pela fórmula $\mu = \frac{M}{L}$ com M em gramas e L em metros. Utilizando os dados da Tabela 3, os valores obtidos são:

- Fio 1: $\mu = 0,6012 \text{ g/m}$
- Fio 2: $\mu = 0,3580 \text{ g/m}$
- Fio 3: $\mu = 0,2077 \text{ g/m}$

Agora para descobrir os valores de μ_2 e μ_3 pelo método gráfico, primeiramente é necessário encontrar a frequência do vibrador. Para isso, utiliza-se a equação obtida anteriormente:



$$\log M = -x \log(p-1) + \log \left(\frac{4 \mu L^n f^2}{g} \right)$$

Então conclui-se que os coeficientes lineares dos Gráficos 1, 2 e 3 são iguais a $\log \left(\frac{4 \mu L^n f^2}{g} \right)$

E para o Eio 1, utilizando $\mu_1 = 0,6012 \text{ g/m}$, $L = 1,50 \text{ m}$, $n = 1,9916$, $g = 9,8 \text{ m/s}^2$ e o coeficiente linear igual a 2,5971:

$$2,5971 = \log \left(\frac{4 \cdot 0,6012 \cdot 1,5^{1,9916} \cdot f^2}{9,8} \right)$$

$$2,5971 = \log(0,5502 \cdot f^2)$$

$$2,5971 = \log(0,5502) + \log(f^2)$$

$$2,5971 = -0,2595 + 2 \log f$$

$$\log f = 1,4283$$

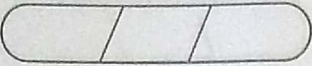
$$f = 26,81 \text{ Hz}$$

Encontrou-se a frequência do vibrador: $f = 26,81 \text{ Hz}$

Agora pode-se obter o valor de μ_2 e μ_3 , utilizando os coeficientes lineares dos Gráficos 2 e 3; os expoentes n obtidos anteriormente, e a mesma equação:

$$\text{Eio 2: } 2,3789 = \log \left(\frac{4 \cdot \mu_2 \cdot 1,5^{2,2874} \cdot 26,81^2}{9,8} \right)$$

Que resulta em $\mu_2 = 0,3226 \text{ g/m}$


$$\text{Fio 3: } 2,1191 = \log \left(\frac{4 \cdot \mu_2 \cdot 1,5 \cdot 26,81^2}{9,8} \right)^{2,5520}$$

Que resulta em $\mu_3 = 0,1593 \text{ g/m}$

Comparando os valores, a frequência real do aparelho é 30 Hz , uma diferença de $3,19$ do valor calculado. E para as densidades dos fios, uma diferença de $0,0354$ para o Fio 2, e $0,0484$ para o Fio 3; o cálculo para o Fio 2 foi ligeiramente mais preciso. Porém, como já discutido no item c, se forem levados em conta os erros experimentais, os resultados se mostram precisos e comprovam a validade da metodologia utilizada.

→ CONCLUSÃO

Através das análises feitas com base no experimento, foi possível compreender o comportamento de ondas estacionárias. Com base nos dados experimentais, foi possível encontrar os expoentes x e n através da análise gráfica e dos coeficientes angulares. Além disso, esses valores obtidos foram comparados aos teóricos, mostrando uma maior precisão ligada ao Fio 1 e uma menor para o Fio 3. Portanto, considerando os erros experimentais e os desvios de idealidade, a validade da metodologia usada é comprovada, indicando um experimento bem aprofundado.