INTRODUÇÃO AS MEDIDAS EM FÍSICA

Aula XII – Novembro 2019

Exp. 7 – Cordas Vibrantes B

Prof. Cristiano L. P. Oliveira
Ed. Basilio Jafet, sala 202
crislpo@if.usp.br

Cordas Vibrantes

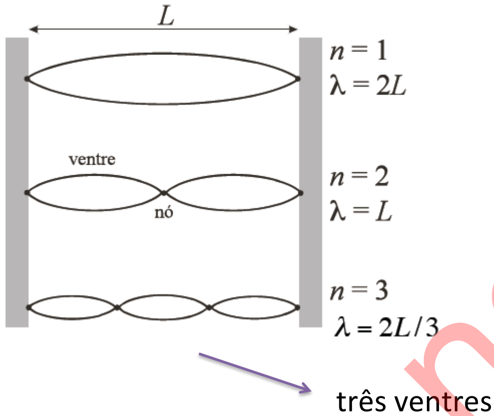
- **Objetivo:** Estudar experimentalmente as freqüências de ressonâncias de um fio tensionado
  - **Obter a relação funcional entre a freqüência de ressonância e os parâmetros experimentais:**

$$f = C p_1^{\alpha} p_2^{\beta} p_3^{\gamma} p_4^{\delta}$$

    - Freqüência de ressonância é determinada pela máxima amplitude de oscilação
    - Análise gráfica (escala logarítmica)

Modos de Vibração de um fio

- Modos normais – são chamados de freqüências de ressonância

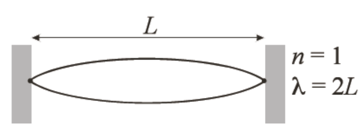


- Cada modo normal tem uma freqüência característica quando o fio é excitado e um a das freqüências características a amplitude de oscilação do fio atinge valore altos (ressonâncias)

As freqüências de ressonância de um fio dependem de quais parâmetros?

- **Comprimento de onda:** $$f = \frac{v}{\lambda}$$
  - **Inversamente proporcional: diminuo o comprimento de onda aumento a freqüência**

- **Comprimento do fio:**



  - **Inversamente proporcional:**

Para um determinado modo de vibração se aumento o comprimento do fio, aumento o comprimento de onda de ressonância e assim diminuo a freqüência

As freqüências de ressonância de um fio dependem de quais parâmetros?

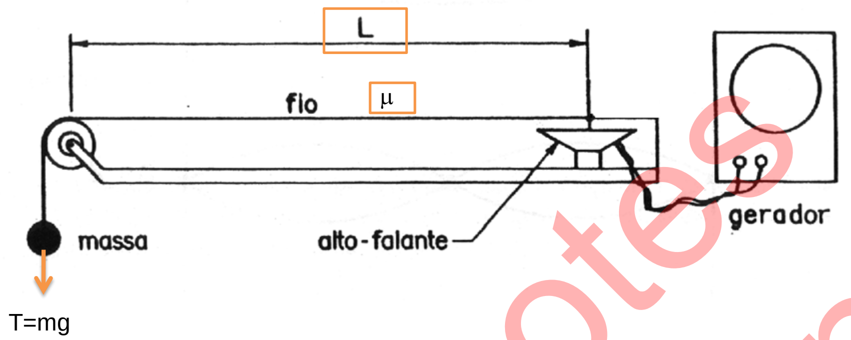
- **Densidade do fio:**
  - **Fios de densidade diferentes vibram em freqüências diferentes (violão, violino)**
- **Tensão aplicada ao fio:**
  - **Quando aplicamos mais tensão a um fio variamos a freqüência (afinar um violão)**

As freqüências de ressonância de um fio dependem de quais parâmetros?

- **Deste modo, os parâmetros são:**
  - **Modo de vibração (n que é o número de harmônicos)**
  - **Comprimento do fio (L)**
  - **Densidade do fio (μ que é a densidade linear = m/L)**
  - **Tensão no fio (T que esta relacionada a massa utilizada no sistema T=mg)**
- **Nas medidas fixaremos todos os parâmetros e apenas um ficará livre, estudaremos a freqüência em função deste parâmetro que esta variando.**

Arranjo Experimental

- **Nas medidas utilizaremos:**



Aula passada

$f_n = K_n n^{\alpha}$

$f_L = K_L L^{\beta}$

Quais valores esperamos obter para α e β ?

Resultados teórico:

$$f_n = \frac{n}{2L}\sqrt{\frac{T}{\mu}} \Rightarrow f_n = \frac{1}{2} n^1 L^{-1} T^{1/2} \mu^{-1/2} \qquad \begin{cases} \alpha = 1 \\ \beta = -1 \end{cases}$$

Aqueles que não obtiveram valores próximos a estes cheque os gráficos e se necessário realizem as medidas novamente

❑ **Primeira medida**

❑Mantenha o valor de comprimento em 1.7m
❑O arranjo esta montado com o fio de diâmetro d. Anotar o diâmetro do fio.
❑ fixamos o número de ventre n = 2
❑Incertezas estimadas

❑ Parâmetro livre massa

$$f_T = K_T T^{\gamma} = K_T (mg)^{\gamma}$$

❑ medir f_T para m=50 a 500 g (5-6 pontos)

❑ Uma das massas DEVE ser de 150g

❑ Segunda medida

❑ Todos os grupos mediram uma distância de L~170cm
❑ Todos mediram uma massa indicada pelo professor ~150g
❑ Todos fixaram n = 2
❑ Com base na planilha online, podemos montar f x μ sem realizar medidas adicionais

❑ Parâmetro livre densidade μ

$$f_{\mu} = K_{\mu} \mu^{\delta}$$

D (mm)	μ (mg/m)
0,20	40,95
0,25	64,10
0,30	88,40
0,40	157,7
0,45	200,3
0,50	250,4
0,60	323,5
0,70	471,3
0,80	596,3
0,90	784,5

Para μ =1 log 1 =0 e f_L=K_L

Problema: para f x μ não temos μ =1, como fazer?

$$f_\mu = K_\mu \mu^\delta$$

$$\log f_\mu = \log K_\mu + \delta \log \mu$$

$$por\ exemplo, tomamos\ \ \mu = 10^{-6}$$

$$\log 10^{-6} = -6$$

$$\log K_\mu = \log f(\mu = 10^{-6}) + 6\delta$$

$$K_\mu = 10^{\log f(\mu=10^{-6})+6\delta}$$

$$Valores\ típicos:$$

$$f(\mu = 10^{-6}) = 230 \Rightarrow \log f(\mu = 10^{-6}) = 2.36$$

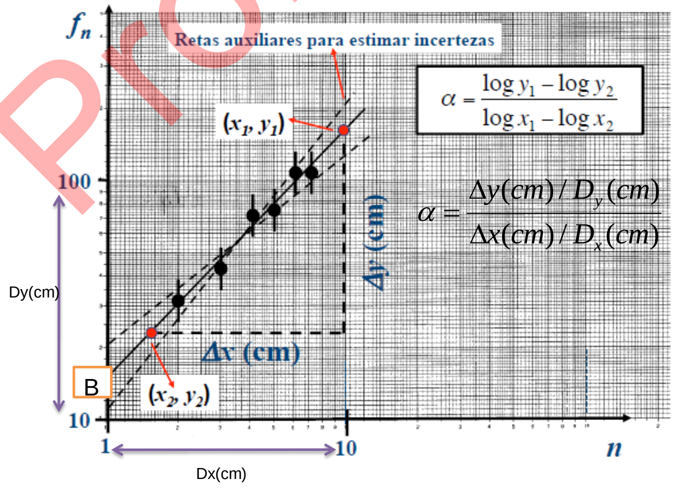
$$6\delta = -2.94$$

$$K_\mu = 10^{2.36-2.94} = 10^{-0.5782} = 0.264$$

$$K_\mu = 0.264$$

Gráfico di-log

É um gráfico com escala logarítmica no eixo-x e no eixo-y.



Se tudo der certo...

Teremos todos os expoentes da fórmula inicial: α γ δ β

$$f = C\, n^{\alpha} T^{\beta} L^{\gamma} \mu^{\delta}$$

Seria possivel obter C de cada uma das 4 constantes *K* :

$$K_n = C\, T^{\beta} L^{\gamma} \mu^{\delta} \quad \Rightarrow C = K_n / (T^{\beta} L^{\gamma} \mu^{\delta})$$

$$K_T = C\, n^{\alpha} L^{\gamma} \mu^{\delta} \quad \Rightarrow C = K_T / (n^{\alpha} L^{\gamma} \mu^{\delta})$$

$$K_L = C\, n^{\alpha} T^{\beta} \mu^{\delta} \quad \Rightarrow C = K_L / (n^{\alpha} T^{\beta} \mu^{\delta})$$

$$K_\mu = C\, n^{\alpha} T^{\beta} L^{\gamma} \quad \Rightarrow C = K_\mu / (n^{\alpha} T^{\beta} L^{\gamma})$$

Os valores dos expoentes foram obtidos experimentalmente. Para o cálculo de *C* em cada caso utiliza-se os valores de *n, T, L* e μ de acordo com o que ficou fixo em cada caso.

Para simplificar os cálculos, o erro em *C* será dado pelo erro relativo de *K* em cada caso:

$$\sigma_C = C\left(\frac{\sigma_{K_i}}{K_i}\right)$$

Outra forma de avaliar a constante C

Variando n e mantendo outros parâmetros fixos

$$B = \frac{C\, T^{\gamma}}{L^{\beta} \mu^{\delta}} \qquad C = \frac{B\, L^{\beta} \mu^{\delta}}{T^{\gamma}}$$

Para evitar derivação (maneira correta), faremos a incert

$$C^{+} = \frac{(B+\sigma B)(L+\sigma L)^{\beta+\sigma\beta}(\mu+\sigma\mu)^{\delta+\sigma\delta}}{(T-\sigma T)^{\gamma-\sigma\gamma}}$$

$$C^{-} = \frac{(B-\sigma B)(L-\sigma L)^{\beta-\sigma\beta}(\mu-\sigma\mu)^{\delta-\sigma\delta}}{(T+\sigma T)^{\gamma+\sigma\gamma}}$$

Entregar no dia da prova

- Resumo do Trabalho
- Introdução ao assunto.
- Descrição do modelo teórico aplicado ao problema
- Descrição detalhada do aparato experimental e procedimento de medida. Descrever as formas de análise dos dados.
- Apresente todos os gráficos Log-Log para a obtenção dos expoentes e constantes K. Utilize o método gráfico para a obtenção destes valores e dos respectivos erros
- Dos valor de Kn obtido, calcule o valor da constante *C* e a incerteza em C atraves da proposição mostrada anteriormente. Recalcule C e a incerteza utilizando os expoentes corretos (teóricos) e veja se o resultado melhora.
- Discuta sobre os resultados obtidos levando em conta o fato de que a fórmula teórica exata é conhecida: $f_n = (1/2)\, n^1 L^{-1} T^{1/2} \mu^{-1/2}$ Se houver discrepâncias entre o valor experimental obtido e a predição teórica, argumente sobre possíveis limitações experimentais.
- Conclua sobre os resultados experimentais, método de medição e resultados obtidos.
- Acrescente referências ao relatório.

Mãos a obra!!!

http://bit.ly/2XsdVSF