INTRODUÇÃO AS MEDIDAS EM FÍSICA

Aula XI – Novembro 2019

Exp. 7 – Cordas Vibrantes

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

Experiência VII: Cordas Vibrantes

- Objetivos:
  - Estudar os modos de vibração de uma corda presa em suas extremidades. Um exemplo de sistemas como esse são os instrumentos musicais de corda
  - Análise de dados
    - Análise gráfica – escala logarítmica
    - Dedução empírica de uma lei física

Vibração de uma corda

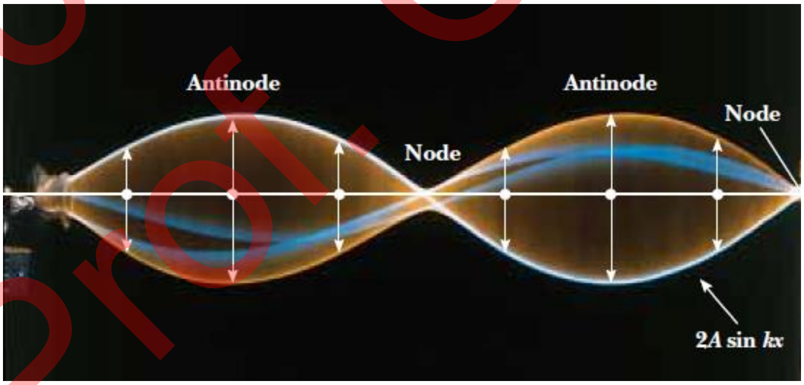
- Talvez um dos primeiros estudos experimentais da natureza registrado na história da civilização ocidental

  Monocórdio de Pitágoras

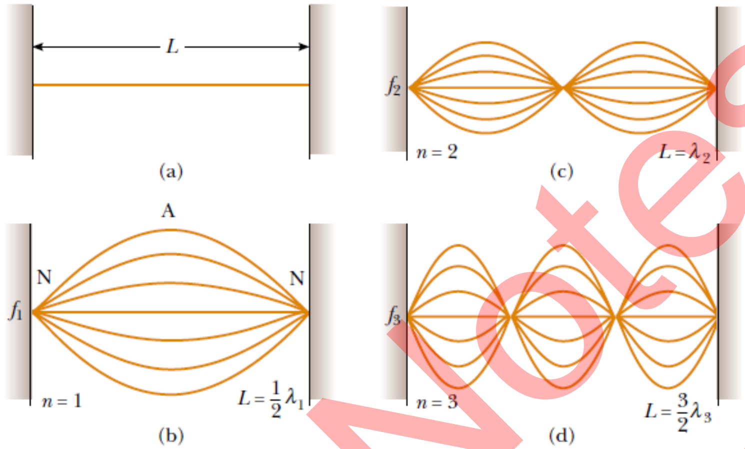
  – Pitágoras estudou a dependência de diferentes fatores no som de uma corda tensionada

Seja uma corda ou um fio preso em suas extremidades (como uma corda de violão). Ao puxarmos essa corda, como ela deverá vibrar?

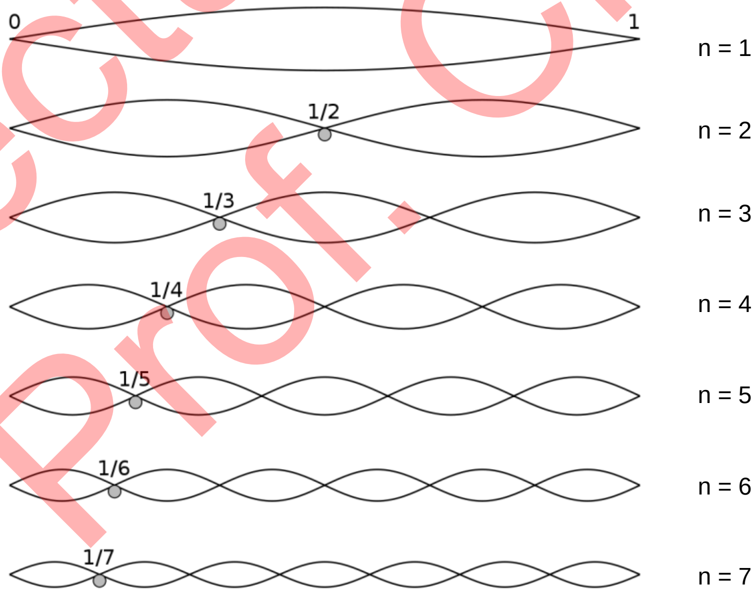
Quais características da corda e da forma como ela está presa determinam a maneira como ela vibrará?



Uma onda estacionária é um padrão com perfil estacionário que resulta da superposicao de duas ondas idênticas viajando em direcoes opostas



L
(a)
A
N
N
f_1
$n = 1$
$L = \frac{1}{2}\lambda_1$
(b)
f_2
$n = 2$
$L = \lambda_2$
(c)
f_3
$n = 3$
$L = \frac{3}{2}\lambda_3$
(d)



0
1
n = 1
1/2
n = 2
1/3
n = 3
1/4
n = 4
1/5
n = 5
1/6
n = 6
1/7
n = 7

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:**

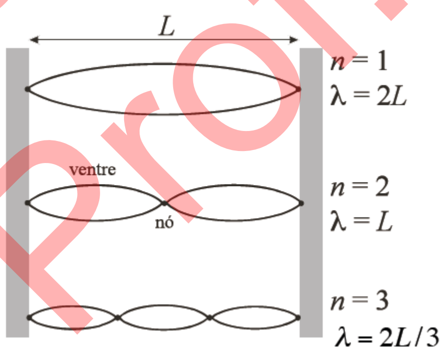
$$f = Cp_1^{\alpha}\, p_2^{\beta}\, p_3^{\gamma}\, p_4^{\delta}$$

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

Equacao de Lagrange

Modos de Vibração de um fio

- Modos normais – são chamados de freqüências de ressonância



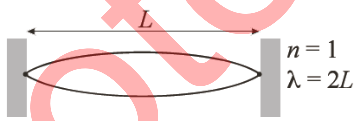
três ventres

- Cada modo normal tem uma freqüência característica. Quando o fio é excitado em uma 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)**

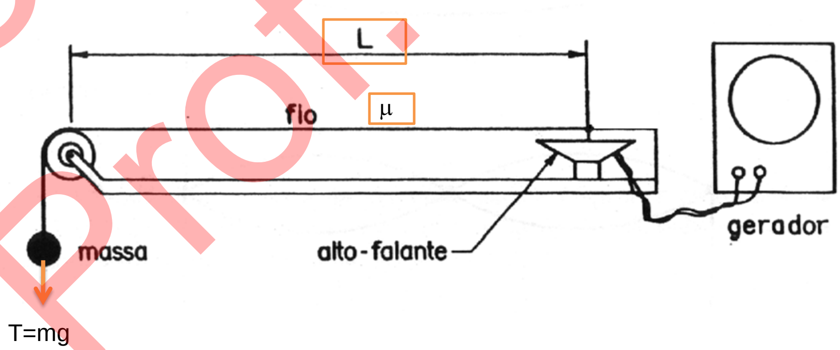
As freqüências de ressonância de um fio dependem de quais parâmetros?

- **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:**



Experimento

Fixamos os parâmetros e liberamos um de cada vez

- **Primeira medida**

- O arranjo esta montado com o fio de diametro d. Anotar o diametro do fio.
- colocamos uma massa ~ de 100 - 250g
- Montamos no comprimento máximo
- incertezas estimadas

- Parâmetro livre n

$$f_n = K_n n^{\alpha}$$

- medir f_n para ressonâncias n=1....8

Experimento

- Segunda medida

- Os arranjos estão montados com fios de diversos diâmetros. Não alterar o diâmetro dos fios, nem cortar nem dar nó no mesmo.
- colocamos uma massa ~100g
- fixamos o número de ventre n = 2
- incertezas estimadas

- Parâmetro livre L

$$f_L = K_L L^{\beta}$$

- medir L para valores entre 40cm até o máximo valor

Para L =1 log 1 =0 e f_L=K_L

- **Use como ultimo valor de L, o valor L=1.7m**

Análise de dados

- Modelo estudado me diz que (Equacao de Lagrange):

$$f = Cp_1^{\alpha} p_2^{\beta} p_3^{\gamma} p_4^{\delta} \quad \boxed{\Rightarrow f = Cn^{\alpha} L^{\beta} T^{\gamma} \mu^{\delta}}$$

- Temos dados do parâmetro modo de ressonância livre f_n x n:

$$f_n = K_n n^{\alpha}$$

- Temos dados do parâmetro comprimento livre f_L x L

$$f_L = K_L L^{\beta}$$

Análise de dados

$$f = Cn^{\alpha} L^{\beta} T^{\gamma} \mu^{\delta}$$

- Dos dados como obter os parâmetros ?

$\boxed{f_n \text{ x n}}$

$$f_n = K_n n^{\alpha} \qquad K_n = cte = CL^{\beta} T^{\gamma} \mu^{\delta}$$

$\boxed{f_L \text{ x L}}$

$$f_L = K_L L^{\beta} \qquad K_L = cte = Cn^{\alpha} T^{\gamma} \mu^{\delta}$$

- Função do tipo: $f(x) = Ax^B$

Análise de dados

- Como obter os parâmetros A e B ?

$$f(x) = Ax^B$$

- Linearizar a função:
  - Fazer o logaritmo

$$\log f(x) = \log A + B \log x$$
$$\underline{y \quad = \quad a \quad + \quad b \;\; x}$$

$\rightarrow$ É uma reta

Análise de dados

- Como obter os parâmetros A e B ?

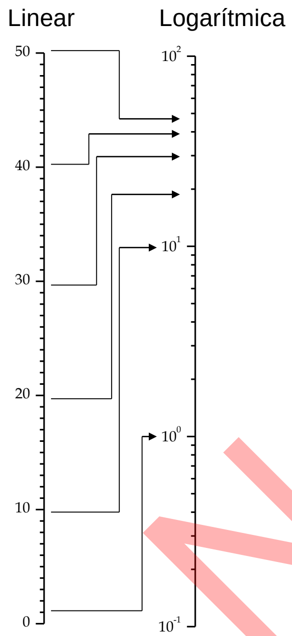
$$f(x) = Ax^B \left\{ \begin{array}{l} f_n = K_n n^\alpha \\ \\ f_L = K_L L^\beta \end{array} \right.$$

- Linearizar a função:
  - Fazer o logaritmo

$$\log f_n = \log K_n + \alpha \log n$$
$$y = a + bx$$

$\rightarrow$ É uma reta

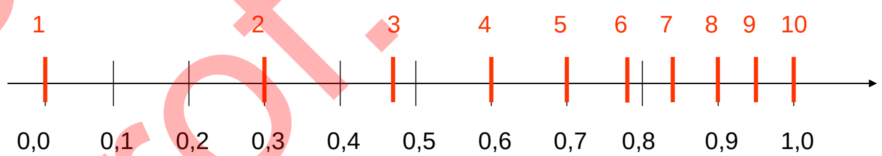
$$\left\{ \begin{array}{l} y = \log f_n \\ b = \alpha \\ a = \log K_n \\ x = \log n \end{array} \right.$$



De novo escala logarítmica

Papel di-log
(dois eixos são log)

Escala Logarítmica



Log(1)=0,0 Log(2)=0,3 Log(3)=0,47 Log(10)=1,0

Log(4)=0,6 Log(6)=0,78

Log(5)=0,7 Log(8)=0,90

Log(7)=0,84

Log(9)=0,95

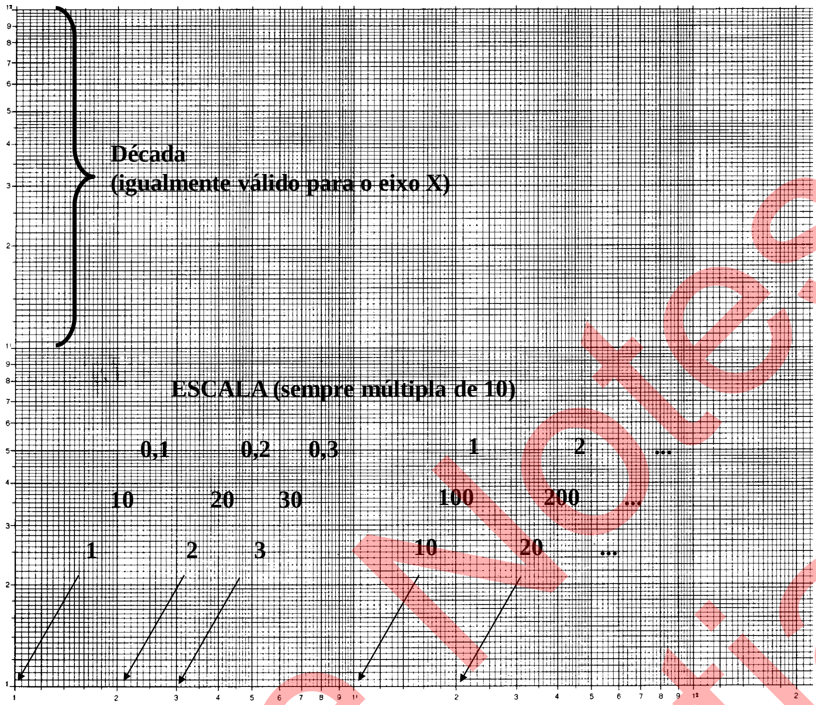
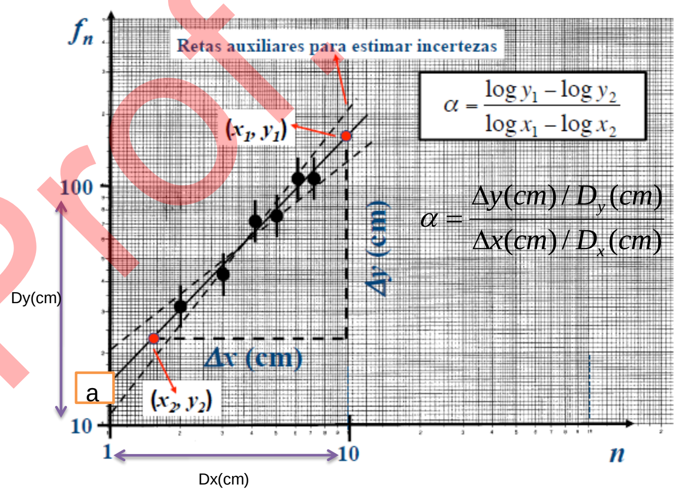


Gráfico di-log

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



Análise dos dados

- Fazer o gráfico di-log para:

$\boxed{f_n \text{ x } n}$ $\log f_n = \log K_n + \alpha \log n$

$\boxed{f_L \text{ x } L}$ $\log f_L = \log K_L + \beta \log L$

- Os dados são realmente lineares no papel di-log?
- Traçar a reta principal aos dados e as retas R+ e R– para determinar a incerteza
- Determinar os coeficientes angulares (e os lineares)

$$b = \alpha \qquad a = \log K_n$$
$$ou \qquad ou$$
$$b = \beta \qquad a = \log K_L$$

$$\boxed{\begin{array}{l} n = 1 \\ \log f_n = \log K_n \\ f_n = K_n = a \end{array}} \qquad \boxed{\begin{array}{l} L = 1 \\ \log f_L = \log K_L \\ f_L = K_L = a \end{array}}$$

Planilha Online

https://bit.ly/2q6KLwa

Mãos a obra!!!