

Introdução às Medidas em Física (4300152)

Aula 12 (30/06/2023)

Paula R. P. Allegro

paula.allegro@usp.br

Na aula de hoje:

- Conceitos:
 - Análise de dados:
 - Análise Gráfica - escala logarítmica
 - Dedução empírica de uma lei física
- Experiência 7: Cordas vibrantes - Continuação

Referências para a aula de hoje:

- Apostila do curso (página principal do moodle):
 - Experiência VII (aulas 11 e 12) - Cordas Vibrantes .
- Aba Experimento # 7 -Cordas vibrantes:
 - Tabela densidades linear dos fios.

Dependência das frequências de ressonância

- Os parâmetros principais são:
 - Modo de vibração (n)
 - Comprimento do fio (L)
 - Densidade (μ)
 - Vamos usar a densidade linear $\mu = m / L$
 - Tensão aplicada (T)
- Como correlacionar a frequência com esses parâmetros?
 - Estudando a variação da frequência com cada parâmetro

Descrição empírica:

- Como obter uma expressão para a frequência de ressonância?

- Hipótese:

- Supor que a frequência depende de um parâmetro como uma potência deste parâmetro

$$f(x) = A \cdot x^b$$

- No caso dos nossos parâmetros, supor uma combinação de potências

$$f_n = C n^\alpha L^\beta T^\gamma \mu^\delta$$

Descrição empírica:

- Fixar todos os parâmetros e variar somente n :

$$f_n = Bn^\alpha \quad , \text{ onde: } B = cte = CL^\beta T^\gamma \mu^\delta$$

- Como determinar B e α ?
 - Extrair o logaritmo da expressão acima:

$$\log(f_n) = \log(Bn^\alpha)$$

$$\log(f_n) = \log(B) + \alpha \cdot \log(n)$$

$$y = a + b \cdot x$$

$$y = \log(f_n)$$



função

$$x = \log(n)$$



variável

$$a = \log(B)$$



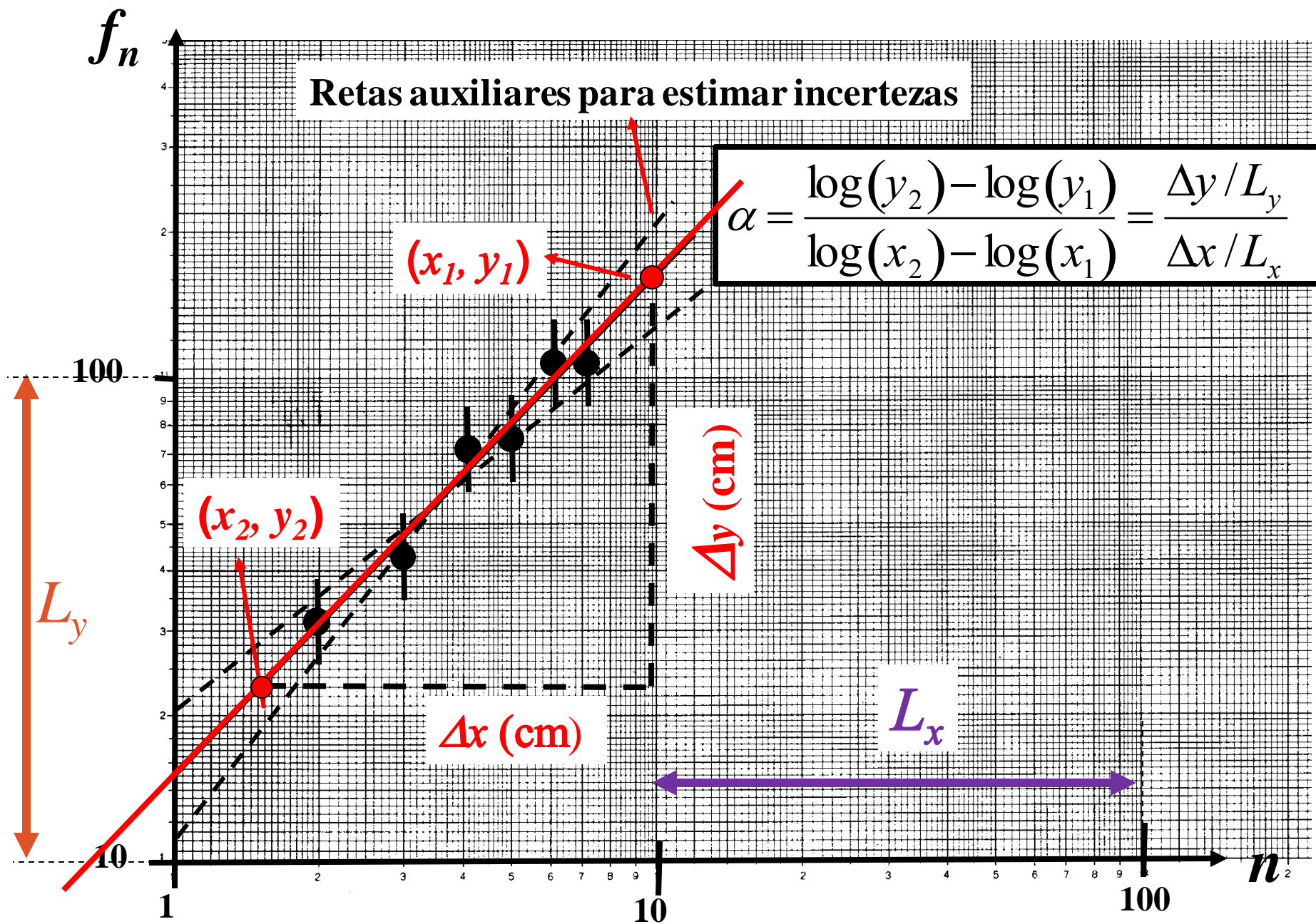
Coef. linear

$$b = \alpha$$

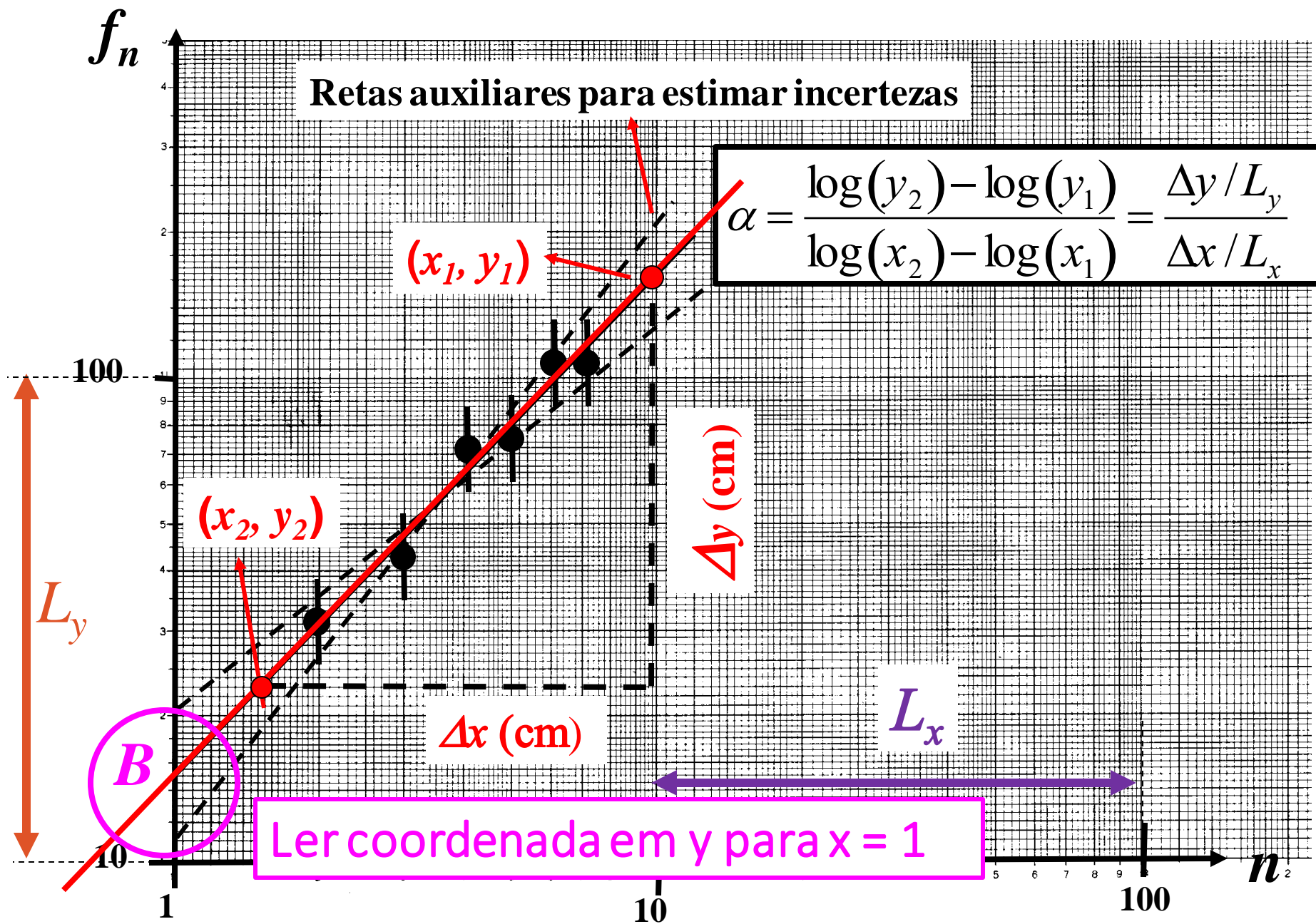


Coef. ang

Dilog: Coeficientes angular e linear



Dilog: Coeficientes angular e linear



Dilog: Coeficiente linear

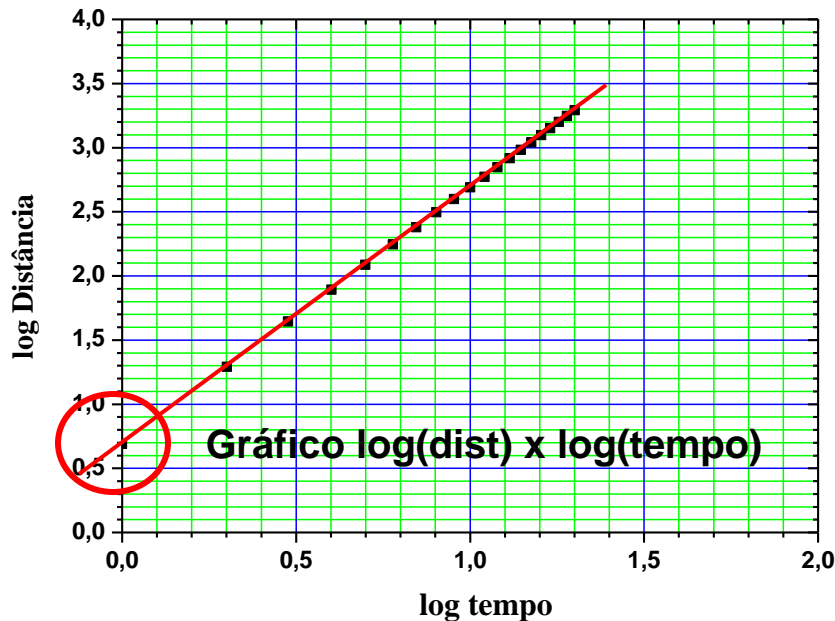
Função: $d = \frac{1}{2}gt^2$

Linearização:

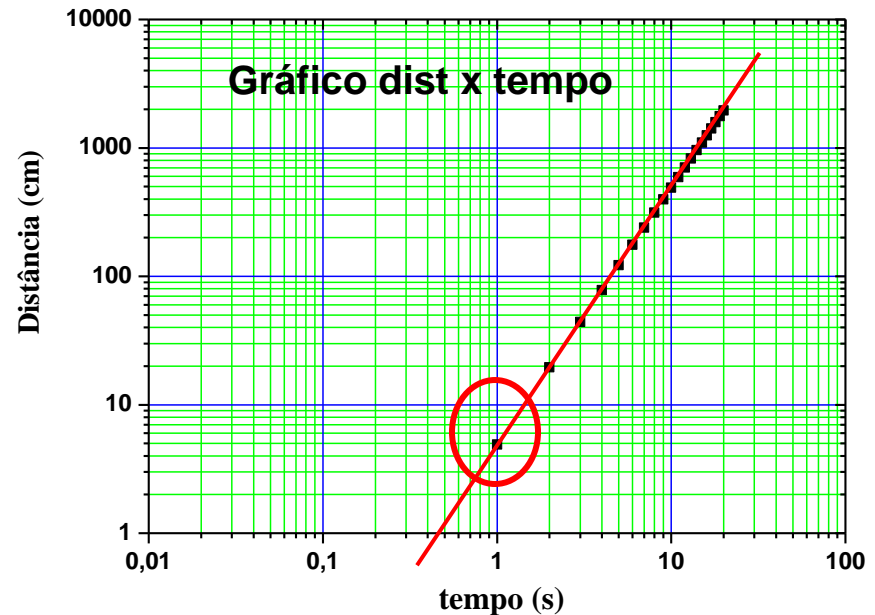
$$\log(d) = \log\left(\frac{1}{2}g\right) + 2\log(t)$$
$$y = a + b x$$

Coef. linear = log da constante multiplicativa

Log (dist) x log (t) - milimetrado



Dist x t - di-log



Valor $\log(y)$ para $\log(x) = 0$

Esc. logarítmica $\log(x) = 0$ para $x = 1$

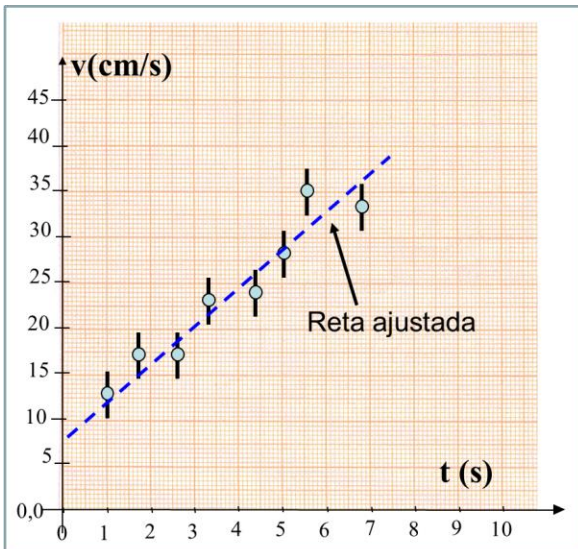
Unidades dos coeficientes angular e linear

Papel Milimetrado

- [coef ang.] = Unid Y / unid X
- [coef linear] = Unid Y

$$v(t) = v_0 + g \cdot t$$

$$[v_0] = \text{cm/s} \quad [g] = (\text{cm/s})/\text{s} = \text{cm/s}^2$$



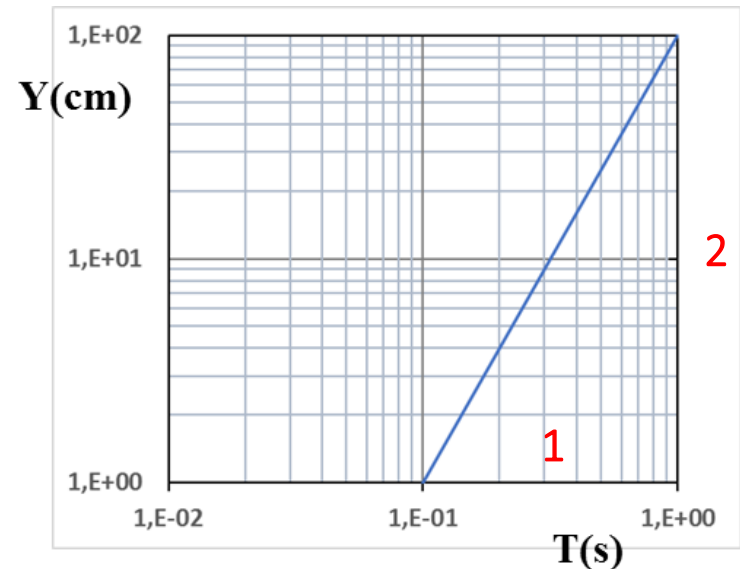
Dilog

- [coef ang.] = sem unidade
- [coef linear] = Unid Y / Unid X^{expoente}

$$Y = \frac{1}{2} g T^2$$

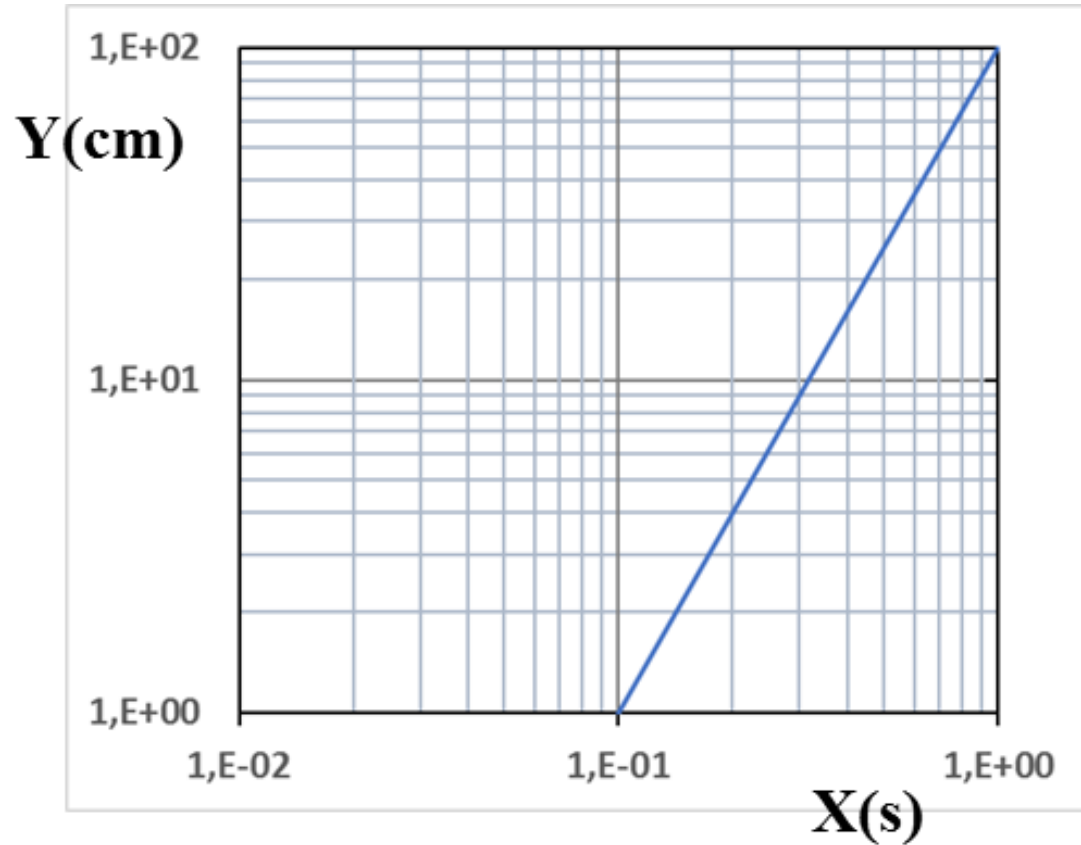
Expoente = 2

$$[g] = \text{cm} / \text{s}^2$$



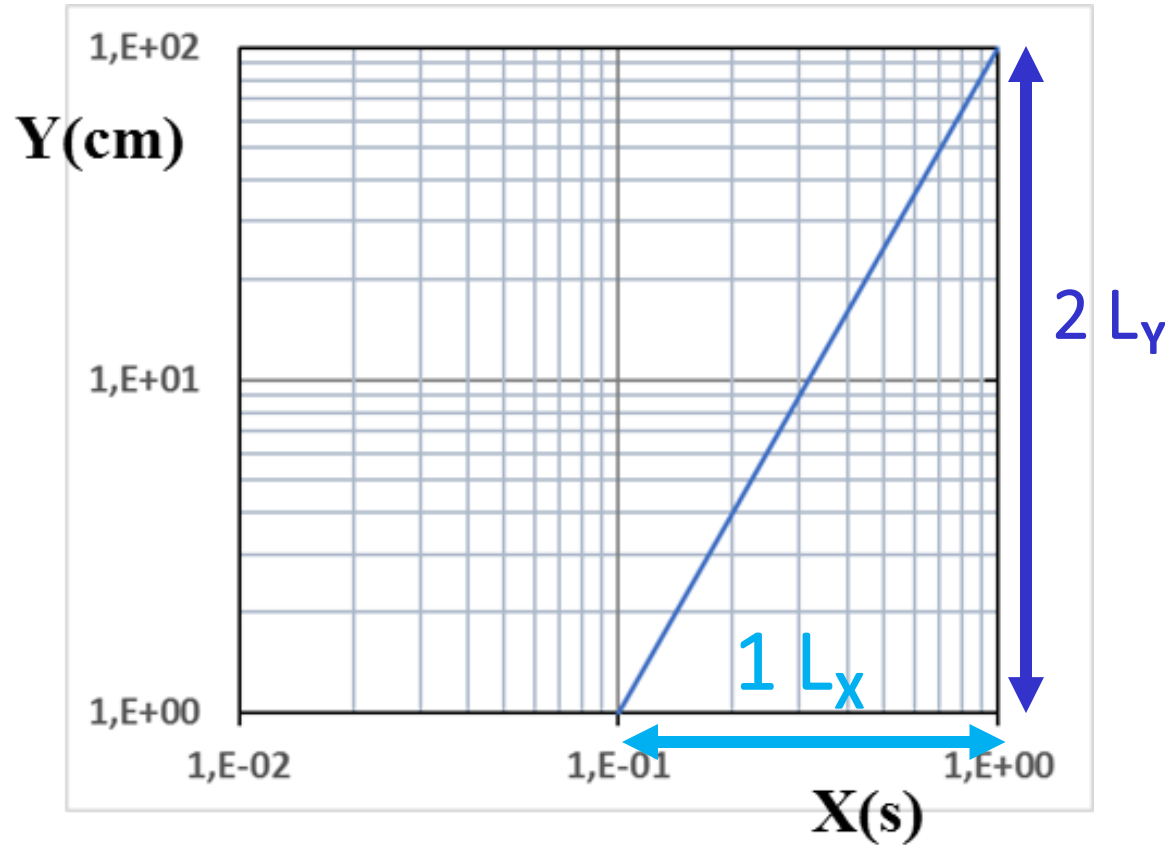
Exercício em aula

Avalie a unidade do coeficiente linear (a) da expressão: $Y=aX^b$



Exercício em aula

Avalie a unidade do coeficiente linear (a) da expressão: $Y=aX^b$



- 1) Determinar o expoente através de:

$$EXP = \frac{\Delta Y / L_y}{\Delta X / L_x}$$

$$EXP = \frac{N \text{ décadas em } y}{N \text{ décadas em } X}$$

$$EXP = 2$$

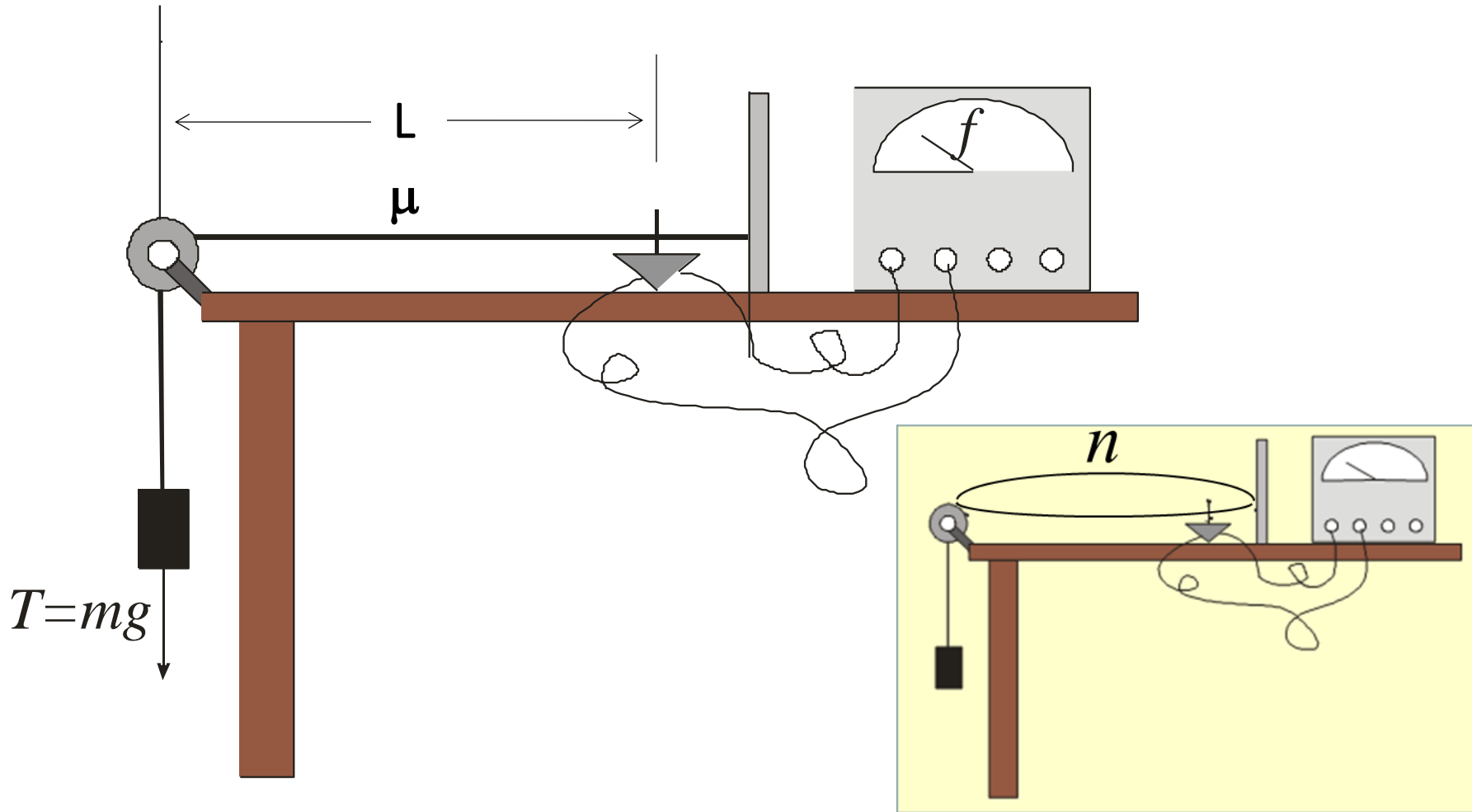
- 2) Definir a unidade de a:

$$Un(a) = \frac{Un(Y)}{Un(X)^b}$$

$$[a] = \text{cm/s}^2$$

Atividade prática

Arranjo experimental



Procedimento

- Quatro parâmetros a serem estudados: n , L , μ e T

- Obter dados da dependência da frequência

- *Frequência em função de um parâmetro*
- *Manter outros 3 parâmetros fixos.*

- Medidas

- Dependência da frequência com n

Aula anterior

- Fixos: μ do fio de nylon, comprimento do fio e massa

- Dependência da frequência com T (massa)

- Fixos: μ do fio de nylon, comprimento do fio e n (2)

- Dependência da frequência com μ

Aula de hoje

- Fixos: massa, comprimento do fio e n (2)

- Dependência da frequência com L

- Fixos: μ do fio de nylon, massa e n (2)

Análise dos dados – aula de hoje

- Fazer o gráfico di-log das frequências de ressonância como função dos parâmetros medidos:
 - *Gráfico 1: f vs comprimento do fio (L)*
 - *Gráfico 2: f vs densidade linear (μ)*
- Grupos de 2 alunos: aluno 1 faz o gráfico 1.
aluno 2 faz o gráfico 2.
- Grupos de 3 alunos: aluno 1 faz o gráfico 1.
aluno 2 faz o gráfico 2.
aluno 3 também faz o gráfico 1.
- Os dados realmente são uma reta no papel di-log?
 - Calcular os coeficientes angulares (com incerteza) para os dados acima.

Análise dos dados – relatório

- Apresentar o gráfico di-log das frequências de ressonância como função dos parâmetros medidos:
 - f vs modo de vibração (n)
 - f vs tensão no fio (m)
 - f vs comprimento do fio (L)
 - f vs densidade linear (μ)
- Ajuste de reta no papel di-log:
 - Todos os gráficos: calcular os coeficientes angulares
 - Gráfico f vs modo de vibração (n): calcular também o coeficiente linear
 - Calcular o valor da constante C

Não esqueça de avaliar as incertezas (graficamente) para todos os gráficos!

Incerteza do valor de C

Função original: $f = C n^\alpha L^\beta T^\gamma \mu^\delta$ Fixos para essas medidas

Ajuste no gráfico dilog: $f = B n^\alpha$

$$\text{Coef linear} = B = C L^\beta T^\gamma \mu^\delta \Rightarrow C = \frac{B}{L^\beta T^\gamma \mu^\delta}$$

Cálculo de C: Utilizar Parâmetros no SI e $g = (9,7865 \pm 0,0001) \text{ m/s}^2$

Incerteza de C (σ_C):

Sem considerar as incertezas dos expoentes :

$$\frac{\sigma C}{C} = \sqrt{\left(\frac{\sigma B}{B}\right)^2 + \left(\beta \frac{\sigma L}{L}\right)^2 + \left(\gamma \frac{\sigma m}{m}\right)^2 + \left(\delta \frac{\sigma \mu}{\mu}\right)^2}$$

Utilizar: $\sigma \mu = 0,2 \text{ mg/m}$

Discussão

- Comparação dos valores obtidos com a fórmula proposta (fator Z – usar valores dos expoentes obtidos nas duas aulas):

$$f = \frac{1}{2} \frac{n}{L} \sqrt{\frac{T}{\mu}}$$

- Ajuste de reta foi a melhor opção nos gráficos dilog?
 - Pontos realmente estão alinhados?
- Avaliação das incertezas e método
 - Arranjo ou procedimento precisa ser melhorado?

Para o dia 07/07:

- Entrega do Relatório parte 2 (**um por grupo**). Entregar junto a parte 1 que foi devolvida corrigida durante a semana.
- No moodle (aba Experimento # 7 – Cordas Vibrantes):
 - Exercício **individual**.
- Lembrando: **dia 07/07/23 PROVA 02**