

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 :

$$f_n = Bn^\alpha \quad B = c_{\text{onde}} \cdot c_{\text{L}}^\beta T^\gamma \mu^\delta$$

- 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

$$a = \log(B)$$



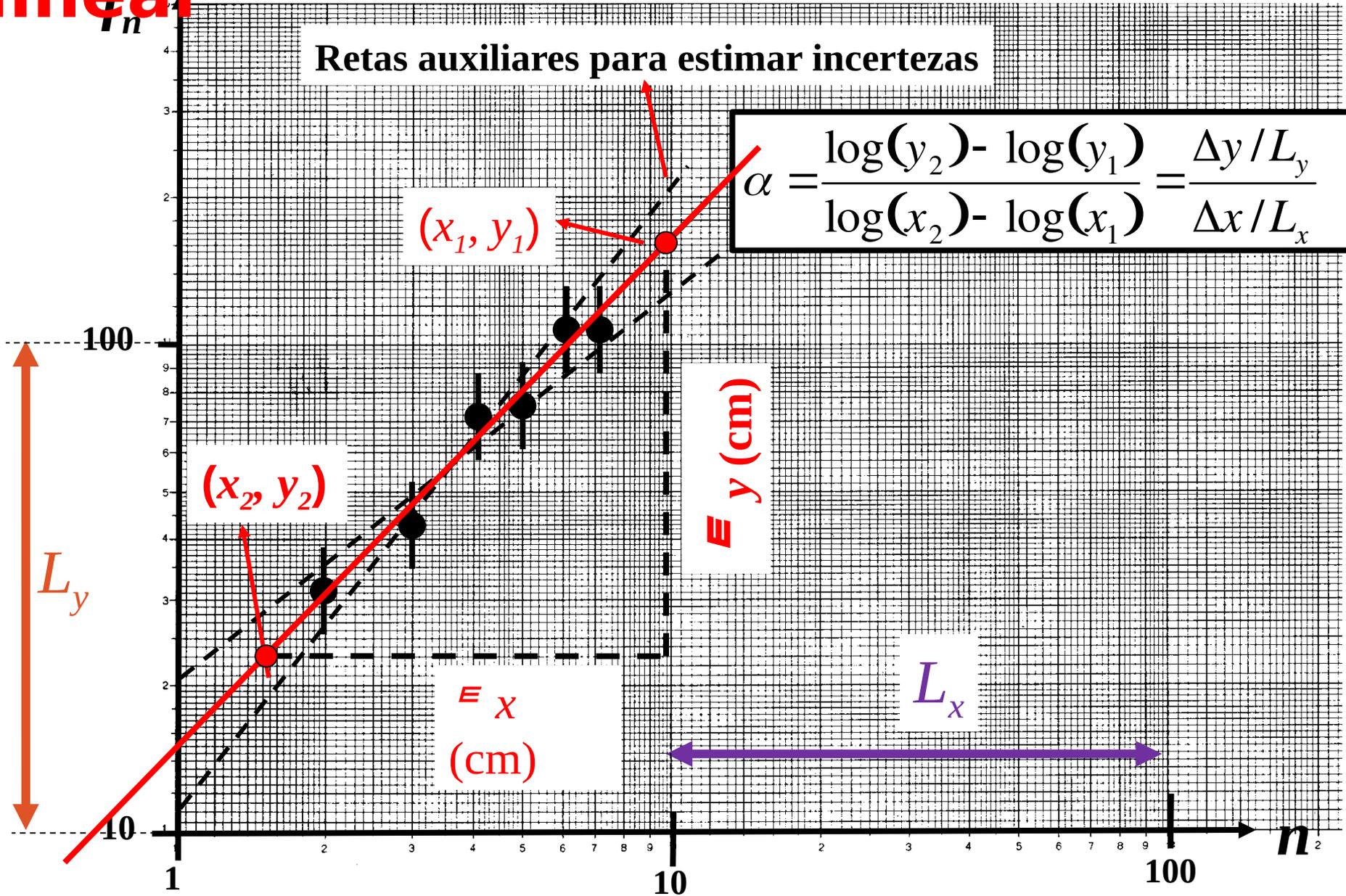
**Coef.
linear**

$$b = \alpha$$



**Coef.
ang**

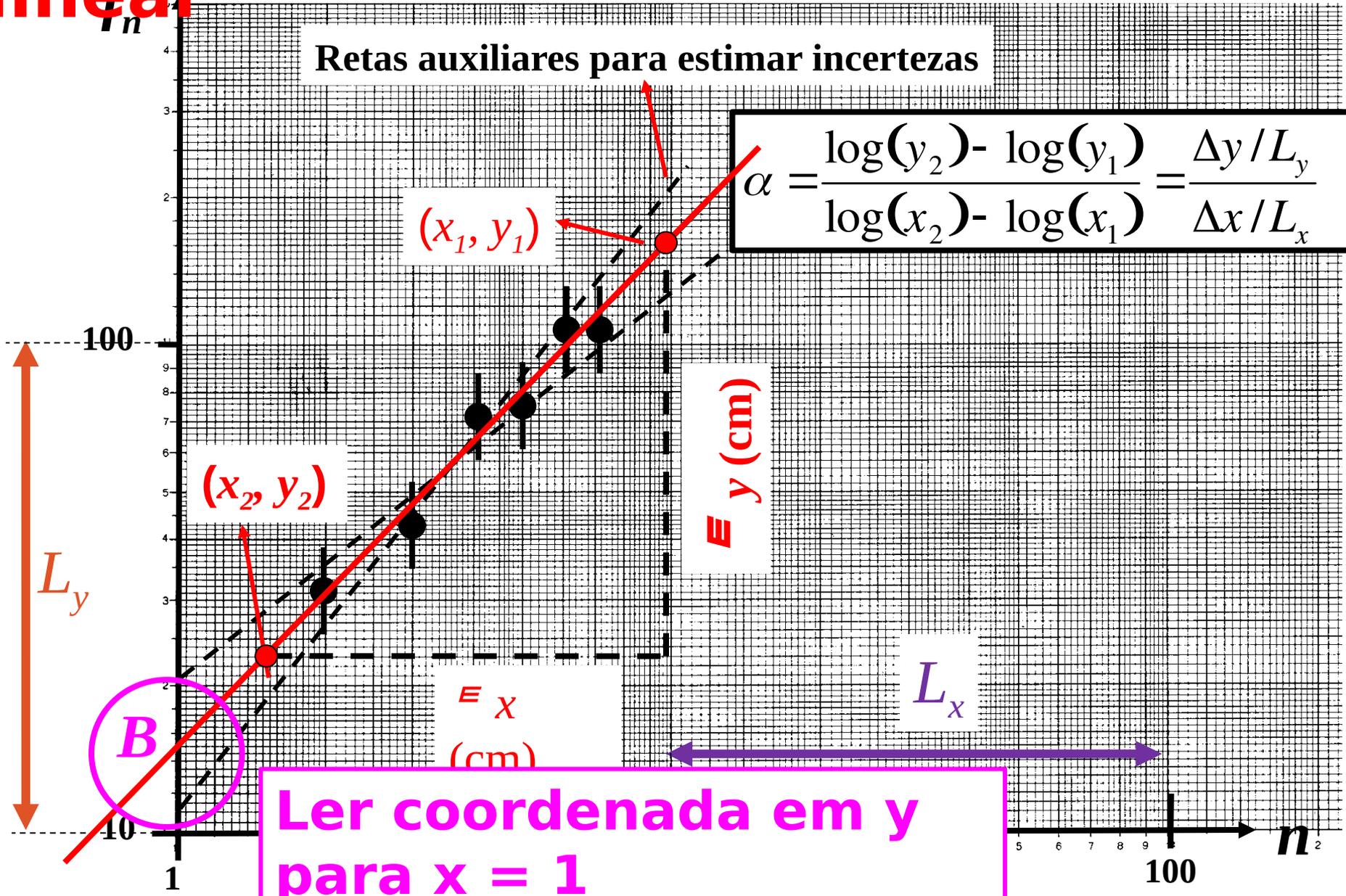
Dilog: Coeficientes angular e linear



Dilog: Coeficientes angular e linear

Retas auxiliares para estimar incertezas

$$\alpha = \frac{\log(y_2) - \log(y_1)}{\log(x_2) - \log(x_1)} = \frac{\Delta y / L_y}{\Delta x / L_x}$$



Dilog: Coeficiente linear

Função: $d = \frac{1}{2}gt^2$

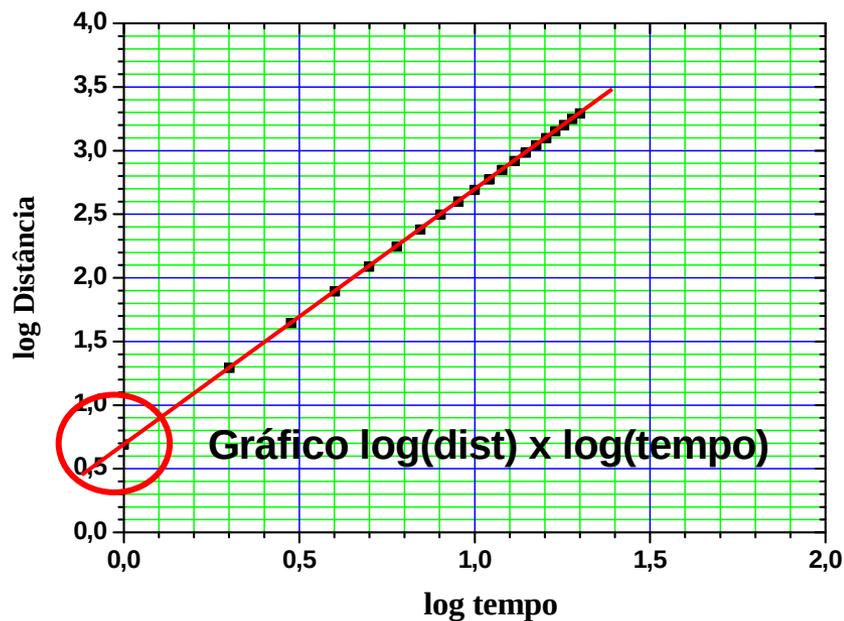
Linearização:

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

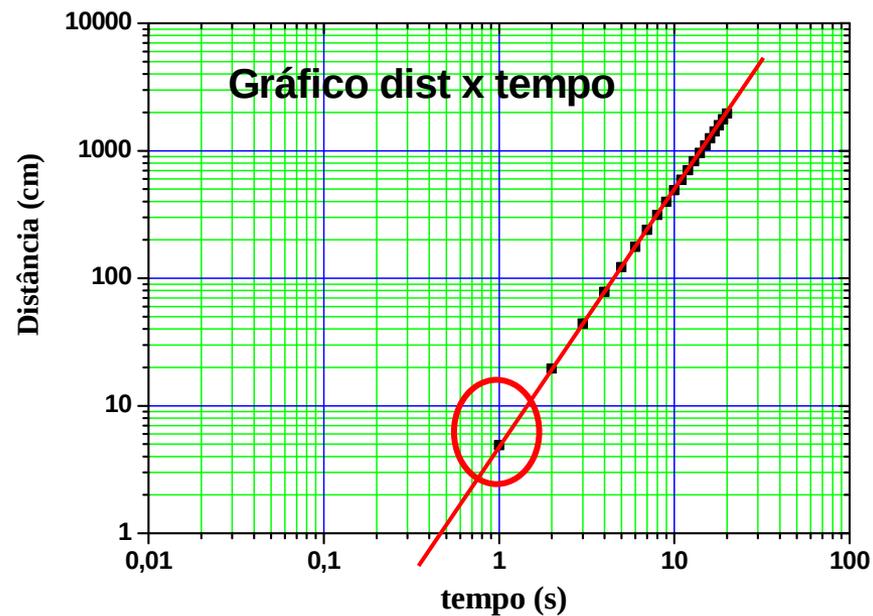
$$y = a + b x$$

Coef. linear = log da constante multiplicati

Log (dist) x log (t) - milimetrado



Dist x t - di-log

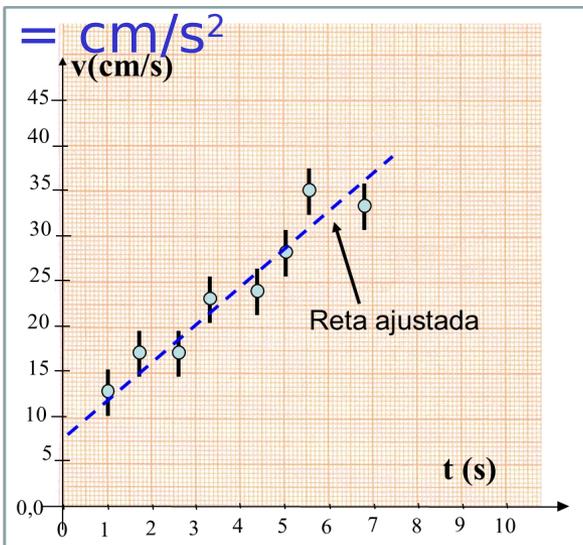


Valor log(y) para log(x) = 0. Esc. logarítmica log(x) = 0 para x

Unidades dos coeficientes angular e linear

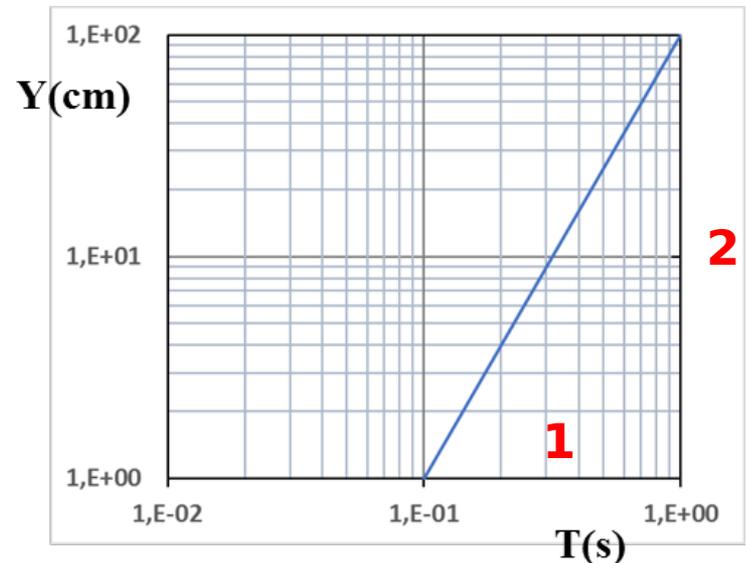
Papel Milimetrado

- [coef ang.] = Unid Y / unid X
 - [coef linear] = Unid Y
- $$V(t) = v_0 + g t$$
- $[v_0] = \text{cm/s}$ $[g] = (\text{cm/s})/\text{s}$



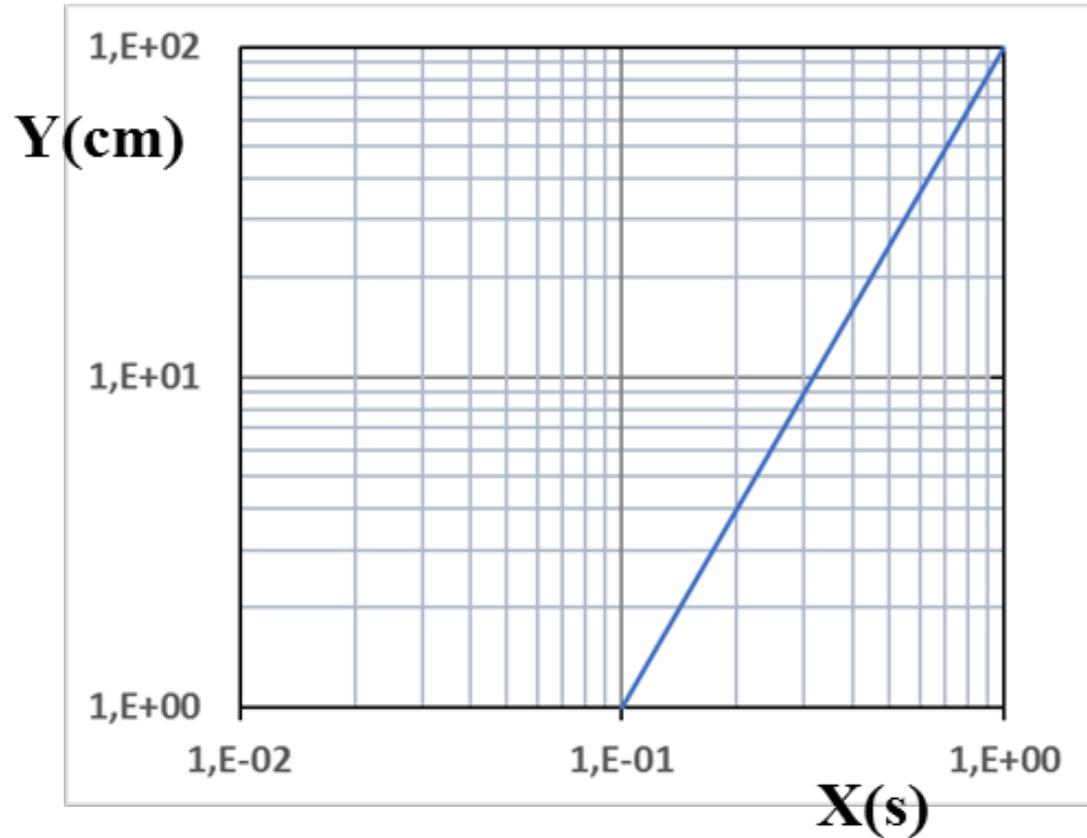
Dilog

- [coef ang.] = sem unidade
 - [coef linear] = Unid Y / Unid X^{expoente}
- $$Y = \frac{1}{2} g T^2$$
- Expoente = 2
 $[g] = \text{cm} / \text{s}^2$



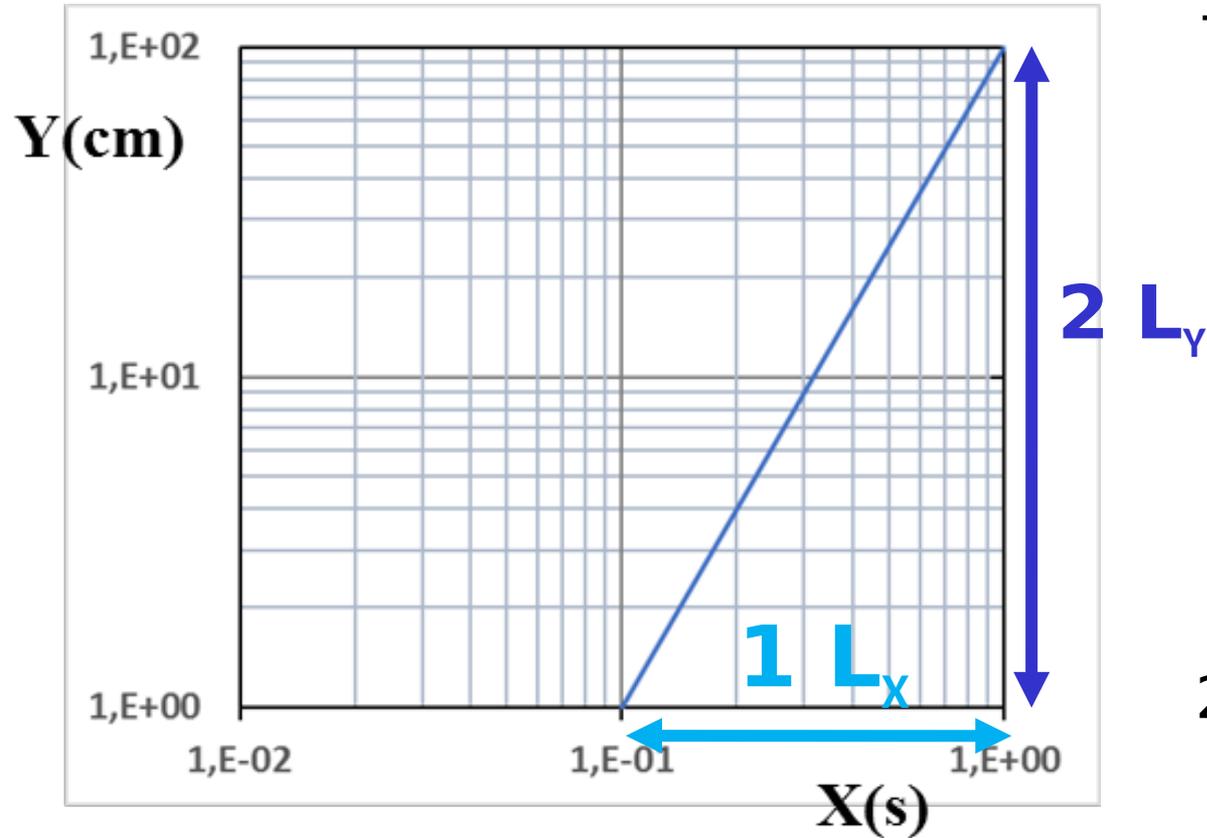
Exercício em aula

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:

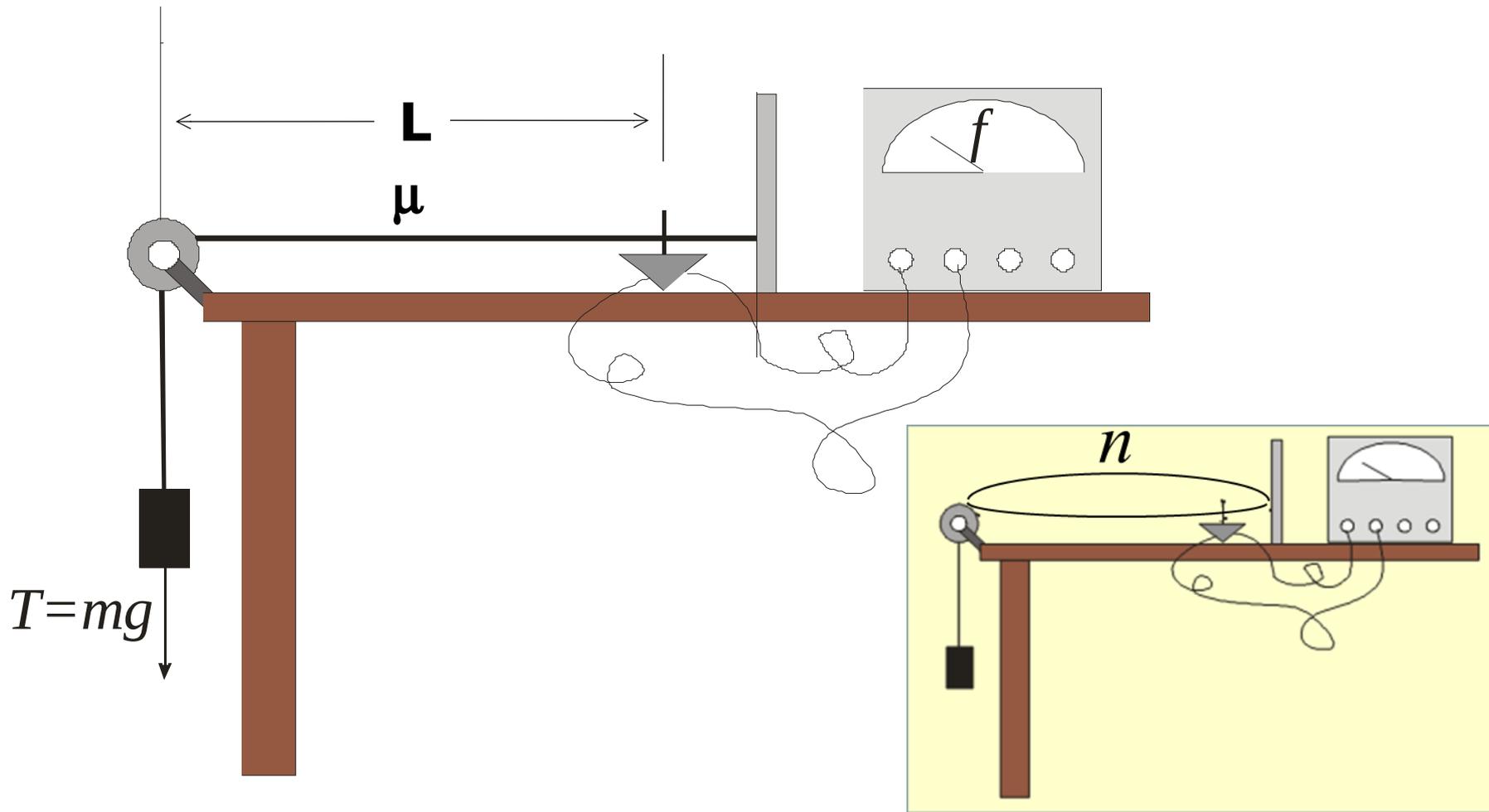
$$\text{EXP} = 2$$

- 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) Aula de hoje
 - Fixos: μ do fio de nylon, comprimento do fio e n (2)
- Dependência da frequência com μ
 - 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 $f = B n^\alpha$

dilog:

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

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

Incerteza de C ():

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: $\sigma \mu = 0,02 \mu$

Discussão

- Comparação dos valores obtidos com a fórmula proposta (fator Z - usar valores dos expoentes obtidos nas duas aulas):
- 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 (**um por grupo**)
- No moodle (aba Experimento # 7 – Cordas Vibrantes):
 - Exercício **individual**.
- Lembrando: **dia 07/07/23 PROVA 02**