

# Física Geral - Determinação da aceleração da gravidade usando um pêndulo simples (v. 2019)

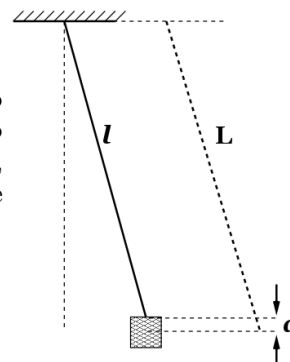
**Tema da prática:** Ajuste linear - técnica de ajuste de funções a conjuntos de pares de variáveis relacionadas por uma dependência funcional.

O objetivo desta prática é obter uma estimativa da aceleração da gravidade  $g$  e de sua incerteza  $\sigma_g$ , via ajuste linear dos dados obtidos para o pêndulo, explorando-se a dependência entre o comprimento e o período de um pêndulo simples.

## O pêndulo simples

Um pêndulo simples consiste de um peso suspenso por um fio de comprimento  $l$  cuja outra extremidade encontra-se fixa a algum ponto, conforme ilustrado na figura ao lado. Para pequenos ângulos ( $< 10^\circ$ ) do fio em relação à normal, a seguinte relação entre o período  $T$  e a distância  $L$  que separa o ponto de fixação do centro de gravidade do peso suspenso é válida:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}} \implies L = g\frac{T^2}{4\pi^2}$$



## Ajuste linear aplicado ao pêndulo simples

Observe que, em um pêndulo simples, as duas grandezas diretamente mensuráveis são o comprimento ( $l$ ) e o período ( $T$ ). Como avaliar a grandeza desejada, a aceleração da gravidade  $g$ , e sua correspondente incerteza  $\sigma_g$ , a partir de um conjunto de medidas  $\{l_i, T_i\}$  destas grandezas?

Reescrevendo de forma conveniente a equação do pêndulo, podemos fazer uma associação à equação de uma reta.

$$L = l + d \implies l = g\left(\frac{T}{2\pi}\right)^2 - d \implies y = ax + b$$

$$l \implies y$$

$$\left(\frac{T}{2\pi}\right)^2 \implies x$$

$$g \implies a$$

$$b \implies -d$$

Desta maneira, a estimativa dos coeficientes angular ( $a$ ) e linear ( $b$ ) é dada pelas relações:

$$a = g = r\frac{\sigma_y}{\sigma_x} = \frac{\sigma_{xy}}{\sigma_x^2}, \quad b = \bar{y} - g\bar{x}$$

e suas incertezas ( $\sigma_g$ ) e ( $\sigma_b$ ) por:

$$\sigma_a = \sigma_g = \frac{1}{\sigma_x} \frac{\epsilon_y}{\sqrt{N}}, \quad \sigma_b = \sigma_g \sqrt{x^2}$$

$$\epsilon_y = \sqrt{\sum_{i=1}^N \frac{[y_i - (a.x_i + b)]^2}{N-2}}, \quad \epsilon_y = \sqrt{\frac{N}{N-2} \left( \sigma_y^2 - \frac{\sigma_{xy}^2}{\sigma_x^2} \right)} = \sigma_y \sqrt{\frac{N}{N-2} (1-r^2)}$$

# Física Geral - Determinação da aceleração da gravidade usando um pêndulo simples (v. 2019)

## Experiência com o Pêndulo

- Montar um pêndulo, usando o peso de 20 gf.
- Realizar 5 baterias de medidas, variando o comprimento do fio no intervalo de 100 cm a 50 cm.
- Fazer em cada bateria uma medida de tempo para 10 períodos do pêndulo.
- Determinar a reta que melhor se ajusta aos dados coletados e representá-la, juntamente com os dados, em um diagrama de dispersão. Estimar o valor de  $g$  e da incerteza  $\sigma_g$ .
- Verificar a compatibilidade com o valor de referência ( $g_{ref} = 9,78789849(14) \text{ m/s}^2$ ).
- Calcular o erro relativo  $\sigma_g/g$ .
- Estimar o comprimento do pêndulo de Foucault, localizado no vão das escadas, e a sua incerteza (se o mesmo estiver em operação).

## Sugestão para a realização do relatório

- Título da experiência.
- Objetivo da experiência.
- Introdução. Faça uma breve introdução ao problema de um pêndulo simples e sobre como obter a aceleração da gravidade.
- Descrição da experiência. Descreva o experimento utilizando um esboço do sistema. Relacione o material utilizado.
- Dados Coletados. Comente os procedimentos de coleta de dados e qualquer outro detalhe que julgar necessário sobre esse processo. Apresente os dados coletados em forma de tabelas.
- Análise dos dados. Desenvolva os cálculos necessários descrevendo cada etapa. Para os cálculos relativos ao ajuste linear, recomenda-se que seja criada uma tabela com uma coluna correspondente a cada variável que aparecer em somatórios nas equações do ajuste linear. Por exemplo:  $x_i$ ,  $y_i$ ,  $x_i^2$ ,  $x_i y_i$ , etc.
- Resultados e conclusões. Com base nos resultados, conclua se o experimento foi bem sucedido ou não. Comente as possíveis causas de eventuais discrepâncias em relação ao esperado.
- Referências.