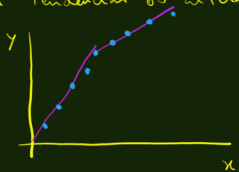
Utilização de gráficos para apresentação e análise de resultados experimentais

Em física experimental os gráficos podem ser usados para:

1. Determinar o valor de uma certa quantidade
(exemplo: o declive e ordenada na origem de uma recta)

2. Detectar tendências ou alterações de comportamentos

Ex.:

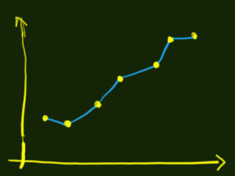


ou para pôr em evidência diferenças entre resultados experimentais e uma curva teórica

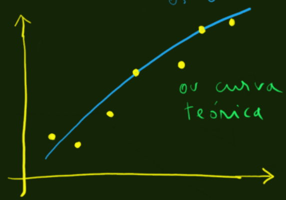
3. Fornecer uma relação empírica entre quantidades

Boas práticas no traçado de gráficos

a) Apresentar pontos discretos



errado
(não se devem unir os ponto experimentais por rectas)



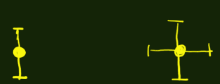
certo
(c/ ou sem a linha guia) ou curva teórica

b) Podem usar-se símbolos diferentes para representar pontos exp. que se referem a diferentes condições ou amostras

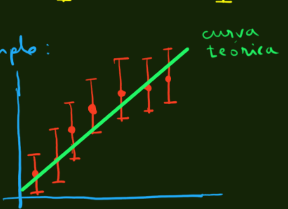
(p. ex.: •, o, ×, Δ)
(ou cores diferentes)

c) Junto aos eixos do gráfico é necessário indicar as grandezas físicas e as respectivas unidades

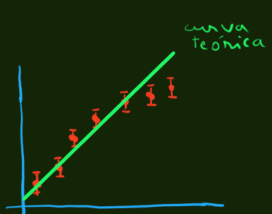
Indicação dos erros nos gráficos: barras de erro



Exemplo:



os desvios em relação à curva teórica não são significativos



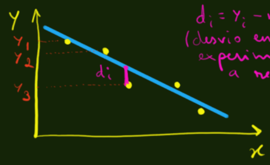
os desvios são significativos

Método dos mínimos quadrados. Regressão linear.

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^{N} (y_i - Y)^2 \quad \text{deve ser mínimo}$$

Y = função de ajuste

Ex.: Regressão linear (a função a ajustar é uma equação do 1º grau (recta))



$d_i = y_i - mx_i - b$ (desvio entre o ponto experimental e a recta ajustada)

declive → m; ordenada na origem → b

$$\chi^2 = \sum_i (y_i \underbrace{- m x_i - b}_{-Y})^2 , \quad \chi^2 \text{ é função de } \underline{m} \text{ e } \underline{b}$$

$$\frac{\partial(\chi^2)}{\partial m} = \sum_{i=1}^{N} 2(y_i - mx_i - b)(-x_i) = 0$$

$$\frac{\partial(\chi^2)}{\partial b} = \sum_{i=1}^{N} 2(y_i - mx_i - b)(-1) = 0$$

sistema de duas equações com as incógnitas $\underline{m}$ e $\underline{b}$

Nota: $\sum_{i=1}^{N} b = Nb$

Resolvendo o sistema obtém-se $\underline{m}$ e $\underline{b}$:

$$m = \frac{N\sum x_i y_i - \sum x_i \sum y_i}{N\sum x_i^2 - (\sum x_i)^2} , \quad b = \frac{\sum y_i \sum x_i^2 - \sum x_i \sum x_i y_i}{N\sum x_i^2 - (\sum x_i)^2}$$

coef. de correlação: $$r = \frac{N\sum_i x_i y_i - \sum_i x_i \sum_i y_i}{\sqrt{\Delta\left(N\sum_i y_i^2 - (\sum_i y_i)^2\right)}} , \quad \Delta = N\sum_i x_i^2 - (\sum_i y_i)^2$$

$r = 1$: correlação é de 100% (ajuste perfeito: todos os pontos experimentais estão sobre a recta)

Incerteza do declive e da ordenada na origem

$$\sigma_m = \sqrt{\frac{1}{N-2}\sum_i (y_i - mx_i - b)^2 \cdot \frac{\sum_i x_i^2}{\Delta}} , \quad \Delta = N\sum x_i^2 - (\sum y_i)^2$$

$$\sigma_b = \sqrt{\frac{1}{N-2}\sum_i (y_i - mx_i - b)^2 \cdot \frac{N}{\Delta}}$$

Alternativa (equivalente)

$$\sigma_m = m\sqrt{\frac{r^{-2} - 1}{N-2}} , \quad \sigma_b = \sigma_m \sqrt{\frac{1}{N}\sum_i x_i^2}$$

(ver J. L. Giordano, Eur. J. Phys., 20, 343 (1999))