

# Queda Livre

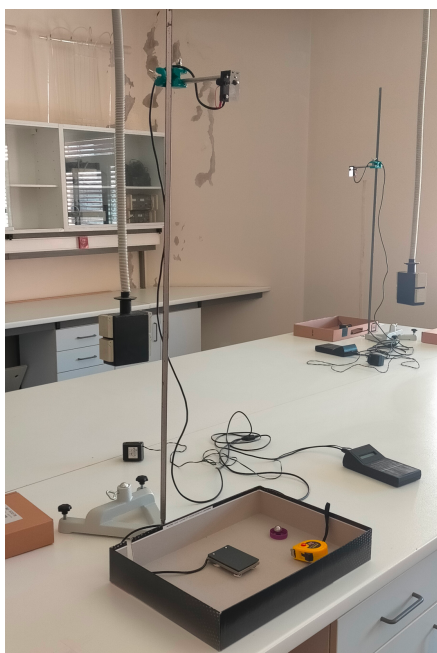
Guia de Laboratório para cursos de Ciências Exactas e Engenharia

José Mariano

Departamento de Física, FCT

Universidade do Algarve

jmariano@ualg.pt



## 1 Objectivo

Pretende-se com este trabalho prático verificar experimentalmente a validade da lei da queda dos graves e determinar experimentalmente o valor local da aceleração da gravidade.

## 2 Fundamento Teórico

Considere-se uma esfera metálica de massa  $m$  que é largada na vertical de uma altura inicial  $h_0$ . Quando se despreza o efeito da resistência do ar e da sua impulsão no movimento de queda da esfera, a única força que sobre ela actua é o seu peso. As leis de Newton do

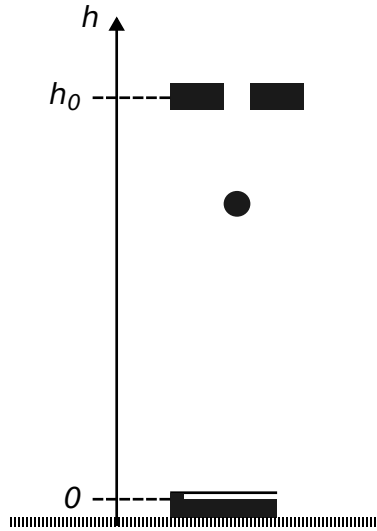


Figura 1: Queda livre

movimento permitem escrever a equação diferencial que relaciona a distância percorrida a partir do ponto de largada,  $s$ , com o tempo necessário para a queda,  $t$ :

$$m \frac{d^2 s}{dt^2} = mg \quad (1)$$

cuja solução, quando a esfera parte sem velocidade inicial, é:

$$s(t) = \frac{1}{2}gt^2 \quad (2)$$

Na equação,  $g$  representa a *aceleração gravítica*, ou seja, a aceleração com que se dá o movimento de queda de um corpo sujeito unicamente à acção do campo gravítico. O valor de  $g$  é uma característica do campo gravítico, não depende do corpo que se movimenta, variando de ponto para ponto sobre a superfície terrestre. O valor aceite para 45° de latitude e ao nível do mar é de  $g = 9.7991 \text{ ms}^{-2}$ .

Num determinado instante  $t$ , a altura  $h$ , medida a partir da base, a que se encontra a esfera largada da altura  $h_0$ , será dada por  $h(t) = h_0 - s(t)$ . Substituindo a eq. 2 nesta equação e igualando a zero vem que, o tempo  $t$  necessário para que a esfera largada da altura  $h_0$  atinja a base, é dado por:

$$h_0 = \frac{1}{2}gt^2 \quad (3)$$

ou seja

$$t = \sqrt{\frac{2h_0}{g}} \quad (4)$$

### 3 Material utilizado

Esfera metálica, relógio electrónico, régua graduada, craveira, disparador mecânico, prato interruptor, bases e suportes, fios de ligação.

## 4 Procedimento experimental e análise dos resultados

Tenha o cuidado de anotar as incertezas de leitura das escala associadas a todos os aparelhos de medida que usar. Encontre um método expedito e preciso de realizar as medições das alturas, sabendo que o que importa conhecer é a distância percorrida pelo centro de massa da esfera. Justifique no relatório a validade da metodologia que encontrou.

Proceda da seguinte forma:

1. Determine a altura de queda mínima, que é a menor altura onde a esfera ainda faz actuar o prato interruptor;
2. Determine a altura de queda máxima, afastando o suporte de largada da esfera do prato-interruptor;
3. Determine 10 alturas diferentes igualmente espaçadas entre a altura máxima e a mínima;
4. Deixe cair a esfera 10 vezes da primeira altura  $h_0$ . De cada vez o relógio medirá automaticamente o tempo  $t$  associado ao movimento de queda.
5. Repita o procedimento anterior para as restantes alturas previamente determinadas, prefazendo um total de 10 alturas de queda.

## 5 Análise dos resultados

O processamento dos dados deve ser realizado no computador, utilizando o Excel ou um programa semelhante.

1. Construa uma folha de cálculo com entradas para os valores de  $h_0$ ,  $t$ , o valor médio de  $t$  ( $\bar{t}$ ) e o seu quadrado ( $\bar{t}^2$ ), este último necessário à linearização do gráfico. Indique também as incertezas associadas a cada uma destas grandezas;
2. A partir dos dados anteriormente obtidos construa, no Excel, um gráfico de  $h_0$  em função de  $\bar{t}^2$ , não esquecendo as barras de erro <sup>1</sup>;
3. Obtenha a recta de regressão linear e os correspondentes parâmetros  $m$  e  $b$  <sup>2</sup>;
4. Determine, por intermédio do Excel, a incerteza de  $m$  e  $b$ , respectivamente  $u(m)$  e  $u(b)$ ;
5. Calcule o valor de  $g$  a partir do valor de  $m$  anteriormente determinado, assim como a incerteza de  $g$ ,  $u(g)$ ;
6. Compare o valor  $g$  experimentalmente determinado como valor aceite para Faro e comente.

---

<sup>1</sup>Normalmente, num gráfico experimental, representa-se a variável independente (a que é controlada pelo experimentador) em abcissas e a variável dependente (a que decorre do resultado da experiência) em ordenadas. Neste caso, excepcionalmente, troca-se os eixos por forma a tornar o cálculo de  $g$  mais directo.

<sup>2</sup>Considera-se aqui que a equação de uma reta se escreve como  $y = mx + b$ .

## Referências

- [1] José Mariano, *Fundamentos de Análise de Dados*, Departamento de Física, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade do Algarve.