

AL 3.2 — Movimento vertical de queda e de ressalto de uma bola

10.º Ano

Física e Química A

3 páginas

Atividade laboratorial

Objetivo: Analisar experimentalmente a queda livre de uma bola (verificação de $v = \sqrt{2gh}$) e a cadeia de ressaltos, determinando a razão entre alturas sucessivas e explicando o decrescimento das alturas pela dissipação de energia a cada impacto.

Material e reagentes

- Bola de ténis ou de borracha (massa medida na balança: $m \approx 0,100$ kg)
- Régua ou caixa métrica de 2,0 m fixada na parede (marcações a cada 5 cm)
- Cronómetro de vídeo (60 fps) ou sensor de queda/luz cortada
- Marcas de giz ou fita para registar as alturas de ressalto
- Nível de bolha (chão plano) e esquadro para leituras à altura dos olhos

Normas de segurança

- Soltar a bola sempre da mesma posição, a partir do repouso — não lançar para baixo.
- Manter os pés fora da zona de queda e observar sem agachar (leitura à altura dos olhos evita erro de paralaxe).
- Trabalhar sobre chão liso e plano; a bola não pode saltar para fora da zona marcada.
- Não usar bolas pesadas ou rígidas: a caída pode magoar os pés ou danificar o pavimento.

Cuidado experimental: as alturas medem-se do *centro* da bola até à marca mais alta do ressalto — misturar referências (base vs centro) distorce a razão entre alturas. E registar sempre a *primeira* altura de cada quique: a olho nu perdem-se as seguintes.

Procedimento

- Medir a massa** da bola e fixar a régua vertical na parede (zero no chão).
- Queda:** segurar o centro da bola a $h_0 = 1,50$ m, soltar do repouso e cronometrar a queda (vídeo) — ou derivar v de $v = \sqrt{2gh}$.
- Ressaltos:** repetir a soltura e registar as alturas máximas sucessivas h_1, h_2, h_3 (e h_4 se possível).
- Repetir 3 vezes** a cadeia inteira e calcular as médias de cada altura.
- Calcular a razão $r = h_{n+1}/h_n$ entre quiques consecutivos (3 razões) e a média.
- Calcular a energia potencial inicial $E_{p0} = m \cdot g \cdot h_0$ e as energias restantes ($m \cdot g \cdot h_n$).
- Calcular a velocidade antes do impacto ($v = \sqrt{2gh_0}$) e a de subida após o 1.º quique ($v = \sqrt{2gh_1}$) — comparar as razões.
- Construir o gráfico h_n contra n (número do quique) e interpretar.

Registo de dados

Tabela 1 — Parâmetros

Grandeza	Símbolo	Valor
Massa da bola	m	kg ($\approx 0,100$)
Altura de soltura	h_0	1,50 m
Aceleração da gravidade	g	9,8 m/s ²

Tabela 2 — Alturas de ressalto (médias de 3 ensaios; exemplo)

Quique n	h_n medida (m)	h_n teórica ($r = 0,75$) (m)	$E_p = m \cdot g \cdot h_n$ (J)	Energia restante (%)
0 (soltura)	1,48	1,500	1,47	100
1	1,11	1,125	1,10	75,0
2	0,83	0,844	0,83	56,3
3	0,62	0,633	0,62	42,2

As colunas «medida» e «teórica» diferem pelo erro de leitura (± 1 cm) e pela dispersão dos ensaios. Confirma: $E_p = 0,100 \times 9,8 \times 1,50 = 1,47$ J.

Tratamento de resultados

(a) Queda livre — velocidade no fim da queda e tempo:

$$v = \sqrt{2 \, g \, h_0} = \sqrt{2 \times 9,8 \times 1,50} = 5,42 \, \text{m/s} \quad \cdot \quad t = \sqrt{2h/g} = 0,553 \, \text{s}$$

Se o cronómetro de vídeo indicar $\approx 0,55$ s, a queda é compatível com aceleração constante g.

(b) Razão entre alturas (com as medidas):

$$r_1 = 1,11/1,48 = 0,750 \cdot r_2 = 0,83/1,11 = 0,748 \cdot r_3 = 0,62/0,83 = 0,747 \rightarrow \tilde{r} \approx 0,75$$

(c) Energia por quique — a razão de alturas é a razão de energias (m·g cancela-se): a cada impacto perde-se **25 %** da energia (100 → 75 → 56,3 → 42,2 %).

(d) Velocidades antes/depois do impacto:

$$v_{antes} = 5,42 \, \text{m/s} \cdot v_{depois} = \sqrt{2 \times 9,8 \times 1,11} = 4,66 \, \text{m/s} \rightarrow \text{razão} = 0,86 = \sqrt{0,75}$$

Análise e conclusão

- 1. O gráfico h_n contra n tem que forma? O que representa a inclinação da cadeia de picos?
- 2. Porque é que as alturas medidas ficam sistematicamente um pouco abaixo das teóricas? Identifica as duas causas principais (leitura e dissipação extra).
- 3. A razão r é constante ao longo dos quiques? O que significaria um r a aumentar?
- 4. Explica, ao nível das energias, por que razão a bola nunca volta à altura inicial — para onde foi a diferença (100 % $\rightarrow$ 42,2 % após 3 quiques)?
- 5. Porque é que a razão de velocidades (0,86) é a raiz quadrada da razão de alturas (0,75)?
- 6. Comunica a conclusão da atividade numa frase, indicando r , a perda percentual por quique e o destino da energia perdida.

Leitura dos resultados: $r \approx 0,75$ constante e h_n decrescendo geometricamente confirmam que **cada impacto perde a mesma fração** de energia — não a mesma quantidade. A dissipação é proporcional à energia disponível, e é por isso que a cadeia de quiques decai de forma exponencial até à paragem.

Fontes de erro sistemático

Falha experimental	Efeito nos dados	Melhoria
Leitura com paralaxe (olhos abaixo/além da marca)	alturas sistemáticas a mais ou a menos	leitura à altura do centro da bola; esquadro
Soltura com impulso para baixo	$v_0 \neq 0$; alturas superiores às previstas	soltar do repouso, sem rolar os dedos
Piso irregular / com poeira	razões inconsistentes entre ensaios	mesmo ponto, piso limpo; 3 ensaios + média
Perder quiques pequenos na observação	cadeia truncada, r superestimado	vídeo 60 fps e leitura quadro a quadro
Bola a perder pressão durante a série	r decrescente ao longo dos ensaios	verificar pressão antes e depois; ordem aleatória

Ligação à ficha de teoria: esta atividade executa a análise da ficha «Movimento vertical de queda e de ressalto de uma bola» — lá estão $v = \sqrt{(2gh)}$ e a cadeia $h_n = h_0 \cdot r^n$; aqui recolhem-se as alturas e comprova-se a dissipação.