

Ficha — Movimento vertical de queda e de ressalto de uma bola

10.º Ano

Física e Química A

4 páginas

12 exercícios

Objetivo: Analisar o movimento vertical de queda (troca $E_p \leftrightarrow E_c$, velocidade e tempo) e o movimento de ressalto, explicando o decrescimento progressivo das alturas pela dissipação de energia a cada impacto.

Revisão rápida

Queda livre (sem ar) — só atua o peso: a E_p converte-se integralmente em E_c , logo E_m constante. Partindo do repouso de uma altura h :

$$v = \sqrt{2 g h} \quad \cdot \quad h = \frac{1}{2} g t^2 \quad \cdot \quad v = g t \quad (g = 9,8 \text{ m/s}^2)$$

A velocidade **não depende da massa** — cai quem cair ao mesmo tempo. No ponto mais alto do lançamento para cima a velocidade é nula e o processo inverte-se: $E_c \rightarrow E_p$.

Ressalto — no impacto com o chão, parte da energia transforma-se em **calor, som e deformação** (forças dissipativas). A bola volta a subir com uma altura **menor** a cada quique, e as alturas sucessivas seguem uma proporção constante:

$$h_{n+1} = r \times h_n \quad (r = \text{razão de restituição}^2, 0 < r < 1)$$

Grandeza no ressalto	Relação
Altura após n quiques	$h_n = h_0 \times r^n$
Energia restante	proporcional à altura ($E_p = mgh$)
Velocidade	$v = \sqrt{2 g h} \rightarrow \text{razão} = \sqrt{r}$

Estratégia: identificar o ponto → escolher o referencial → aplicar a conservação $E_p \leftrightarrow E_c$ (sem ar) ou contabilizar as perdas por impacto (ressalto) → converter entre alturas, velocidades e tempos pelas relações acima → conferir ordem de grandeza.

Exercícios

1. Completar: numa queda livre sem ar, a energia _____ converte-se em _____; a velocidade ao pé depende apenas da _____ e não da _____.

2. Uma bola é largada do repouso e cai durante 1,00 s. Que distância percorre e que velocidade atinge ($g = 9,8 \text{ m/s}^2$)?

3. Calcula a velocidade ao tocar o solo de um objeto largado de 45,0 m (sem resistência do ar) e o tempo de queda.

4. Duas bolas, uma de 0,10 kg e outra de 0,50 kg, são largadas ao mesmo tempo da mesma altura. Que afirmação é correta: «chegam juntas» ou «a mais pesada chega primeiro»? Justifica pela energia ou pelas equações.

5. Um objeto cai 2,0 m. Calcula a sua velocidade ao fim desse trecho e a velocidade ao tocar o solo (queda a partir do repouso de 2,0 m).

6. Uma bola cai de 1,50 m e, após o primeiro quique, só atinge 1,125 m. Determina a razão entre as alturas e a percentagem de energia perdida no impacto.

7. Calcula a velocidade imediatamente antes do primeiro impacto e imediatamente depois (para subir até 1,125 m) e comenta a razão entre ambas.

8. Com a mesma razão de alturas ($r = 0,75$), que altura é atingida após o 3.º quique, partindo de 1,50 m? Que percentagem da energia inicial resta?

9. Explica, ao nível das energias, por que razão cada quique é mais baixo que o anterior e por que razão a bola acaba por parar.

10. Verdadeiro ou falso. Corrige as falsas.

- a) Na queda livre a energia mecânica é constante. (V/F)
- b) A velocidade de uma bola em queda depende da sua massa. (V/F)
- c) No ponto mais alto do ressalto a energia cinética é nula e toda a energia é potencial. (V/F)
- d) Com resistência do ar, a bola cai com aceleração constante igual a g . (V/F)
- e) A razão entre velocidades de subida e de descida num quique é a raiz quadrada da razão de alturas. (V/F)

11. Uma bola de ténis deixa cair de 1,20 m e quica três vezes. Estima a altura do 3.º quique usando $r = 0,75$ e explica porque é que uma bola bem inflada quica mais alto.

12. Desenha (em palavras) o gráfico $E_c(t)$ e $E_p(t)$ durante uma queda livre e explica o que se observa na soma.

Soluções — Queda e ressalto de uma bola

10.º Ano

Física e Química A

Resolução completa

1. E_p converte-se em E_c . A velocidade final depende da **altura** (e de g) e **não da massa**.

2. $h = \frac{1}{2} g t^2 = \frac{1}{2} \times 9,8 \times 1,00^2 = \mathbf{4,90 \text{ m}}$; $v = g t = 9,8 \times 1,00 = \mathbf{9,80 \text{ m/s}}$. (Repara: os dois números são iguais a g e a $\frac{1}{2}g$ — consequência de partir do repouso.)

3. $v = \sqrt{2 \times 9,8 \times 45,0} = \sqrt{882} = \mathbf{29,7 \text{ m/s}}$. Tempo: $t = \sqrt{2h/g} = \sqrt{90 \div 9,8} = \mathbf{3,03 \text{ s}}$. Confirmação: $v = g t = 9,8 \times 3,03 \approx 29,7 \checkmark$

4. **Chegam juntas**. Pela conservação: $mgh = \frac{1}{2}mv^2$ — a massa cancela-se nos dois lados, logo $v = \sqrt{2gh}$ é o mesmo. Pelas equações: $h = \frac{1}{2}gt^2$ também não tem massa. É a experiência de Galileu (e a da Lua, onde uma pena e um martelo caem juntos).

5. Passando por $h = 2,0 \text{ m}$ do repouso: $v = \sqrt{2 \times 9,8 \times 2,0} = \sqrt{39,2} = \mathbf{6,26 \text{ m/s}}$ — é a velocidade tanto ao fim desse trecho como ao tocar o solo (é o fim do trecho!).

6. Razão: $1,125 \div 1,50 = \mathbf{0,75}$. Como $E_p = mgh$, a energia também fica a 75 % $\rightarrow$ perda de **25 %** da energia no impacto (calor, som e deformação).

7. Antes: $v = \sqrt{2 \times 9,8 \times 1,50} = \sqrt{29,4} = \mathbf{5,42 \text{ m/s}}$. Depois (para subir a 1,125 m): $v' = \sqrt{2 \times 9,8 \times 1,125} = \sqrt{22,05} = \mathbf{4,70 \text{ m/s}}$. Razão: $4,70 \div 5,42 = 0,866 = \sqrt{0,75}$ — confirma que a velocidade segue a **raiz** da energia perdida.

8. $h_3 = 1,50 \times 0,75^3 = 1,50 \times 0,422 = \mathbf{0,633 \text{ m}}$. Energia restante é proporcional: **42,2 %** da inicial (57,8 % já virou calor, som e deformação).

9. A cada impacto, as forças dissipativas convertem parte da E_c em **calor e som** e deformam a bola — a energia mecânica diminui de quique para quique, logo a altura seguinte ($h = E_m/mg$) é menor. Como cada quique repete a perda, a energia vai-se esgotando até ficar **nenhuma**: a bola para — a energia final está toda distribuída como energia interna no chão, na bola e no ar.

10. a) **V** — só o peso atua (sem ar). b) **F** — a massa cancela-se: qualquer objeto cai igual. c) **V** — no topo $v = 0$, logo $E_c = 0$. d) **F** — com ar a resultante é menor que o peso: a aceleração é menor que g e não é constante. e) **V** — $v \propto \sqrt{h}$, logo a razão de velocidades é $\sqrt{r}$.

11. $h_3 = 1,20 \times 0,75^3 = 1,20 \times 0,422 \approx \mathbf{0,51 \text{ m}}$. Uma bola bem inflada é mais elástica: deforma menos, devolve mais energia ao chão no impacto — a razão r é maior, os quiques são mais altos e duram mais tempo.

12. Na queda, $E_c(t)$ parte de zero e **umenta quadraticamente** ($\propto t^2$); $E_p(t)$ parte de mgh e **diminui quadraticamente**. As duas curvas são simétricas: quando uma cresce X , a outra desce X — e a **soma é uma reta horizontal** (E_m constante), que é a prova gráfica da conservação.

Nota: queda livre = conservação pura; ressalto = conservação com perdas marcadas a cada impacto. Nas contas, $v = \sqrt{2gh}$ resolve quase tudo — e a massa nunca entra.