

Física 12.º ano
01 Teste
(versão com respostas)

Versão: 1,0

José Pedro do Amaral

16 de outubro de 2025

Nome / Turma / Data:

Instruções

Lê com atenção, responde com *rigor* e apresenta *todas* as etapas de raciocínio. Quando aplicável, usa unidades SI. Justifica as escolhas. Este teste está cotado para $\frac{100}{100} + 5$ pontos.

1. (16 pts. total) Lista e descreve, com *detalhe*, cada um dos passos do método científico.

0) Curiosidade e interesse num aspecto da Ciência (Amor). Identificar um conjunto de fenómenos do qual se goste e começar a formar perguntas.

1) Observação. Identificar discrepâncias entre o que se vê (ou mede) e o que é conhecido. Detecção de um problema.

2) Formulação do Problema. Levantamento de conhecimento prévio (literatura, dados existentes).

3) Proposição de Hipótese. Proposição simples, específica e falsificável que explique o fenómeno. Deduções quantitativas e qualitativas testáveis que decorram da hipótese.

4) Teste da Hipótese (experiência e recolha de dados). Plano com controlo de variáveis: definir variáveis (o que estudar), controlos, procedimentos e instrumentos (e erro inerente).

5) Discussão. Tratamento de dados (estatística descritiva, precisão, exactidão, gráficos), comparação com as previsões. Aceitar provisoriamente ou rejeitar a hipótese; discutir limitações.

6) (Valor heurístico). Repetição (por ti e por pares), revisão por pares, refinamento do modelo.

2. (12 pts. total) Hipóteses científicas. Assinala conforme pedido.

a) (10 pts.) Considera as cinco proposições seguintes sobre fenómenos simples de Física. Marca a resposta correta com ☒ ou ☐:

- ▷ **B** — claramente uma boa hipótese;
- ▷ **P** — parece boa à primeira leitura, mas *não* é uma boa hipótese;
- ▷ **M** — má hipótese (por falhar a falsificabilidade, a simplicidade ou ambas).

- a.1) Sempre que se largar um bloco de aço de 1,0m de altura, ele chegará ao chão em exactamente 0,45s. ☒ **P**
- a.2) Existe uma *força misteriosa* que às vezes atrasa objectos, mas só quando ninguém está a medir. ☒ **M**
- a.3) Se aumentar a massa de um carrinho num plano horizontal sem atrito, a sua aceleração *mantendo a força aplicada* diminui. ☒ **B**
- a.4) Todos os ímanes *em qualquer circunstância* exercem a mesma força a 5 cm de distância. ☒ **M**
- a.5) Uma pessoa cai *mais rapidamente* quando está de bom humor do que quando está triste. ☒ **M**

b) (2 pts.) Justifica *brevemente* as marcações nas **três más** hipóteses (indica: não falsificável / complexa / vaga, etc.).

a.1)** Universal e excessivamente específica; não avança o conhecimento.

a.2) Não falsificável, inescrutável: liga o efeito à ausência de medição.

a.3)** Boa: usa a segunda lei de Newton; permite uma sequência de testes; é simples e falsificável.

a.4) Universal e falsa: ignora tipo de íman, geometria, meio e saturação; demasiado absoluta (*em qualquer circunstância*).

a.5) Vaga, antropomórfica: não operacionaliza «bom humor»; não há mecanismo físico plausível que altere g ; confunde humor com condições aerodinâmicas.

3. (12 pts. total) Considera estas vinte medições de massas (desordenadas) de esferas em grama (g):

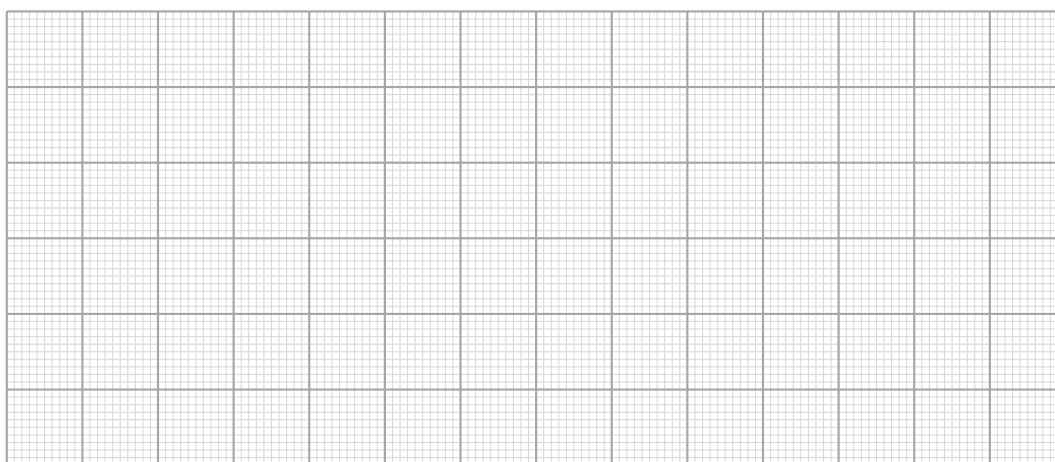
12,4 g, 15,6 g, 13,1 g, 12,4 g, 18,0 g, 14,7 g, 16,2 g, 17,5 g, 12,9 g, 19,3 g, 21,0 g, 16,2 g, 15,6 g, 14,1 g, 20,5 g, 13,8 g, 17,5 g, 22,2 g, 12,4 g, 18,9 g.

- a) (6 pts.) Constrói um **gráfico de frequências** para as massas (escolhe classes adequadas — os contentores — e indica o intervalo de cada classe).

Exemplo de classes (amplitude $\approx 2,0$ g):

[12,0, 14,0) g: 6 valores; [14,0, 16,0) g: 4; [16,0, 18,0) g: 4;

[18,0, 20,0) g: 3; [20,0, 22,5] g: 3.



- b) (1 pts.) Calcula a sua **média**, a(s) **moda(s)** e a **mediana**.

Ordenando e calculando: $\bar{m} = \frac{\sum m_i}{20} = 16,215$ g;

moda = 12,4 g (ocorre 3 vezes);

mediana = $\frac{m_{(10)} + m_{(11)}}{2} = \frac{15,6 + 16,2}{2} = 15,9$ g.

- c) (1 pts.) Poderíamos dizer que esta distribuição é bimodal?

Não. Há uma moda única em 12,4 g; não se observam dois máximos comparáveis.

- d) (2 pts.) Explica, por tuas palavras, a diferença entre **precisão** e **exactidão**. Diz qual parece ser a mais problemática e justifica.

Precisão = repetição-dispersão com valores próximos entre si. **Exactidão** = proximidade ao valor verdadeiro. Ser problemática ou não dependerá da justificação.

- e) (2 pts.) Admitindo que $g_{\text{♂}} = 0,38 g_{\oplus}$, determina o **peso médio** das esferas em Marte a partir das massas dadas (apresenta a expressão e a unidade). Calcula também a sua **massa média** em Marte.

Massa média $\bar{m} = 16,215$ g = 0,016 kg.

Peso médio em Marte: $\bar{W}_{\text{♂}} = \bar{m} g_{\text{♂}} = \bar{m} (0,38 g_{\oplus}) \approx 0,016 \times 0,38 \times 9,81 \text{ m/s}^2 \approx 0,060 \text{ N}$.

Nota: a massa é invariante; o peso depende de g .

4. (10 pts. total) Usando duas células fotoelétricas separadas por $\Delta x = 0,110$ m, largam-se, a partir do repouso imediatamente acima da primeira célula, duas esferas *do mesmo diâmetro* $d = 16$ mm: uma de aço ($m \approx 50$ g) e outra de alumínio ($m \approx 15$ g). Em 30 repetições por material, o valor de g calculado a partir dos tempos médios entre células difere sistematicamente: para a esfera de aço obtém-se $g_{\text{aço}} \approx 9,86 \text{ m s}^{-2}$, enquanto para a de alumínio obtém-se $g_{\text{Al}} \approx 9,72 \text{ m s}^{-2}$. A diferença entre os dois valores de g excede o desvio médio absoluto de cada uma das séries e portanto reflete uma diferença real entre o comportamento de queda das duas esferas.

- a) (2 pts.) Explica, em 3–5 linhas, *porque* é que esta observação revela um **problema científico** face à previsão do modelo de queda livre estudado nas aulas.

No modelo ideal de queda livre (sem resistência do ar), a aceleração é g e é *independente da massa/composição*. Como d é igual, o arrasto aerodinâmico tem a mesma secção e coeficiente; logo, a esfera mais *massiva* deveria aproximar-se mais de g real. A discrepância sistemática ($g_{\text{aço}} > g_{\text{Al}}$) indica que *forças não modeladas* (arrasto, «atrito») afectam de modo diferente as duas esferas, logo o modelo usado para reduzir tempos a g é **inadequado** nas condições do ensaio.

- b) (2 pts.) Escreve uma **hipótese** concreta, *simples* e *falsificável*, que possa explicar a discrepância observada.

Hipótese: A resistência do ar (força de arrasto) reduz a aceleração efectiva, e esse efeito é menor na esfera de aço porque a razão peso/área frontal (mg/A) é maior.

- c) (6 pts.) Desenha um **teste experimental** para pôr à prova a tua hipótese. Especifica o que manténs constante, o que variarias, que grandezas medes e que *resultado* esperas em cada caso para aceitar ou rejeitar essa hipótese.

Protocolo:

Constantes: diâmetro d , forma (esferas lisas), Δx , altura de largada, alinhamento das células, pressão-temperatura ambiente.

Variável: massa-densidade (aço vs alumínio; e esferas ocas cheias com chumbo-areia para alterar m mantendo d).

Medidas: tempos t_1 (entre células) $\Rightarrow v$ médio e estimativa de g_{eff} por cinemática; repetir $N \geq 30$ e comparar médias-intervalos.

Teste 1 (pressão): Repetir no **vácuo** (câmara de baixo vácuo) ou em caixa com ar rarefeito; **esperado:** $g_{\text{aço}} \approx g_{\text{Al}}$ (diferença desaparece).

Teste 2 (viscosidade-área): Repetir com d menor mantendo razão m/A aproximadamente constante; **esperado:** discrepância diminui com A .

Critério: Se a diferença $g_{\text{aço}} - g_{\text{Al}}$ cair para zero ao reduzir o arrasto (vácuo, d menor), *aceita-se* a hipótese; se persistir, *rejeita-se* e investiga-se erro sistemático (gatilho óptico, *timing*, rotação, efeito de borda).

5. (10 pts. total) Na figura 2D abaixo (Fig. 1) estão assinalados os *centroides* dos blocos geométricos simples que a compõem. Considera densidade superficial (ρ) uniforme.

- a) (4 pts.) Identifica a decomposição usada (lista as peças e as respectivas áreas, usando sinal negativo para «buracos»). Calcula a área total (A).

$$\begin{aligned} A_R &= W H = 8 \times 6 = 48 \text{ m}^2, \\ A_{\text{anel}} &= \pi (R_2^2 - R_1^2) = \pi (1,5^2 - 1,0^2) = 1,25\pi = -3,93 \text{ m}^2, \\ A_{SS} &= \frac{1}{2}\pi R_s^2 = \frac{1}{2}\pi (2,0)^2 = 2\pi = 6,28 \text{ m}^2, \\ A &= A_R - A_{\text{anel}} + A_{SS} = 48 - 3,93 + 6,28 = 50,35 \text{ m}^2. \end{aligned}$$

- b) (6 pts.) Calcula as coordenadas do **centro de massa** (CM) global ($\bar{x}, \bar{y}$) pela regra das áreas ponderadas. Indica a resposta final com três algarismos significativos e unidades coerentes.

$$\begin{aligned} \bar{x} &= \frac{A_R \cdot 4 - A_{\text{anel}} \cdot 2 + A_{SS} \cdot 4}{A} = \frac{48 \cdot 4 - 3,93 \cdot 2 + 6,28 \cdot 4}{50,35} = 4,156 \text{ m}, \\ \bar{y} &= \frac{A_R \cdot 3 - A_{\text{anel}} \cdot 3 + A_{SS} \cdot -0,849}{A} = \frac{48 \cdot 3 - 3,93 \cdot 3 + 6,28 \cdot -0,849}{50,35} = 2,520 \text{ m}. \end{aligned}$$

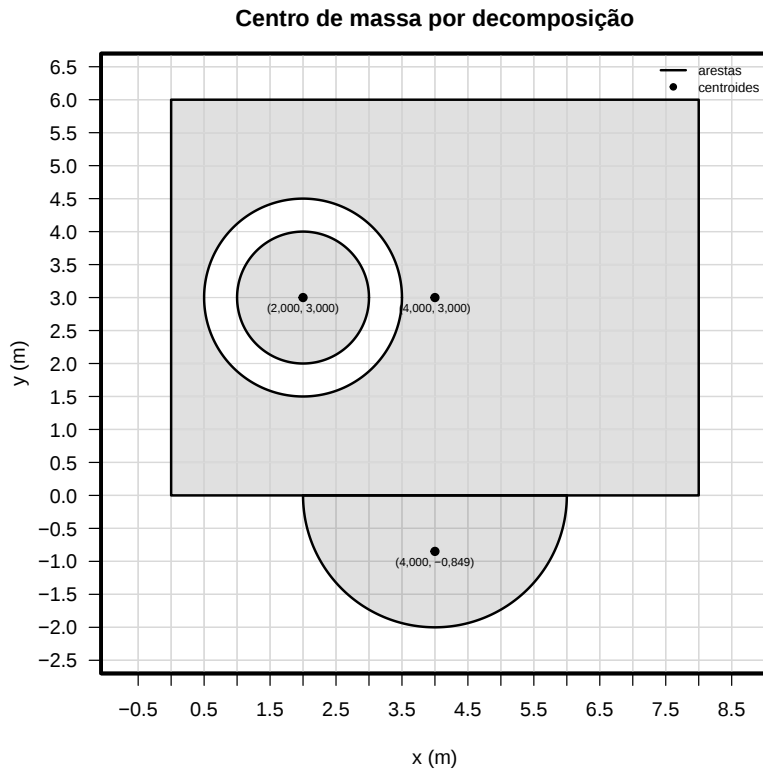


Figura 1. Figura de forma composta. A área **A** está indicada a cinzento e o vazio a branco; os centroides **c** são os pontos pretos. As arestas das figuras componentes sugeridas são as linhas pretas. O objectivo é calcular e marcar centroide exacto da figura.

6. (8 pts. total) Na Figura 2 estão representadas as distribuições de quatro lotes de sementes de alfarroba, *Ceratonia siliqua*. Considerando os gráficos dessa figura, responde ao seguinte:

- a) (2 pts.) Identifica no gráfico uma mediana, um conjunto de quartis (25% e 75%) e um alcance.

Na caixa de bigodes, a **mediana** é a linha horizontal *dentro* da caixa; os **quartis** são as arestas inferior (Q1, 25%) e superior (Q3, 75%) da caixa; o **alcance** (amplitude total) é a distância entre o mínimo e o máximo *nos bigodes*.

- b) (2 pts.) Compara as dispersões do grupo A e do D.

O lote **A** apresenta *menor dispersão* do que o **D** pois a caixa é mais baixa e os bigodes são mais curtos. Logo, a variabilidade em $A < D$.

- c) (2 pts.) Interpreta a assimetria à volta da mediana do grupo A.

O grupo **A** é *assimétrico*: a mediana não está centrada na caixa e um dos bigodes é mais comprido do que o outro. Isso indica que cerca de metade dos valores tiveram um valor muito próximo.

- d) (2 pts.) Qual dos grupos tem menor *precisão*?

O lote com *menor precisão* é o **D** (caixa maior e bigodes maiores); o **A** é o mais preciso (caixa minúscula e bigodes curtos).

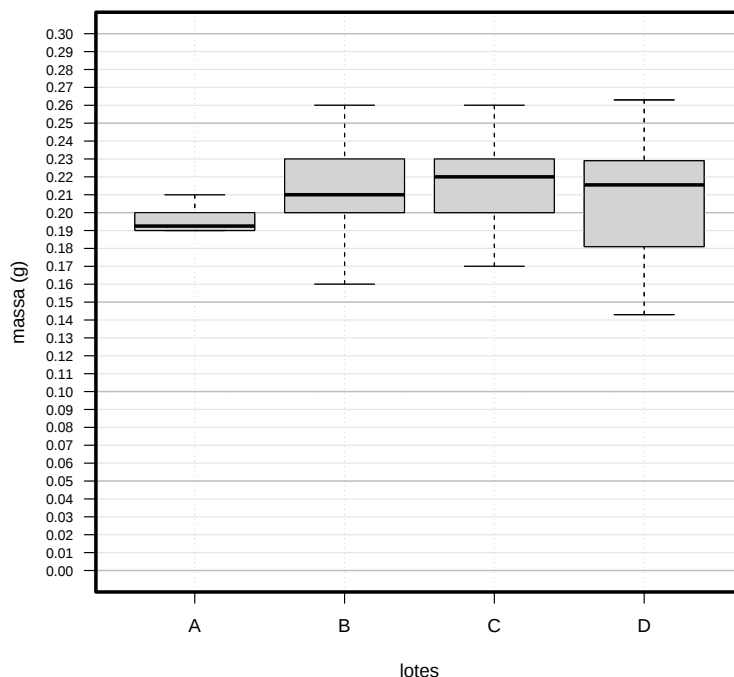


Figura 2. Distribuição das massas de sementes de alfarroba em quatro lotes. Os lotes diferem pela balança usada para determinar as massas. Os significados das componentes das caixas e bigodes são os significados-padrão.

7. (12 pts. total) Definições de gravidade. Define gravidade de acordo com:

a) (6 pts.) Newton

Gravidade (Newton): Para Newton, a gravidade é uma força atractiva entre massas, dirigida ao longo da linha que as une, que podemos descrever por um campo gravitacional. Um corpo sujeito apenas a essa força acelera segundo a segunda lei de Newton; assim, a órbita planetária é a trajectória gerada por uma força central que mantém o planeta sempre a acelerar em direcção à estrela.

b) (6 pts.) Einstein

Gravidade (Einstein): Gravidade é curvatura do espaço-tempo causada por matéria e energia; os corpos em queda livre seguem geodésicas dessa geometria. Não é uma força adicional: o que sentimos como peso resulta de estarmos impedidos de seguir a queda livre.

8. (10 pts. total) O *arroco* (jerk) é $j(t) = \frac{da}{dt} = 5 - t$ (SI). Condições iniciais: $a(0) = 0,25 \text{ m/s}^2$ e $v(0) = 0 \text{ m/s}$.

a) (4 pts.) Obtém $a(t)$ a partir de $j(t)$.

Integrar $j(t)$: $a(t) = \int (5 - t) dt = 5t - \frac{1}{2}t^2 + C_a$.

Usando $a(0) = 0,25$: $C_a = 0,25$.

Logo $a(t) = 0,25 + 5t - \frac{1}{2}t^2 \text{ (m/s}^2\text{)}.$

b) (4 pts.) Obtém $v(t)$ sabendo que $\frac{dv}{dt} = a(t)$.

$v(t) = \int a(t) dt = \int (0,25 + 5t - \frac{1}{2}t^2) dt = 0,25t + \frac{5}{2}t^2 - \frac{1}{6}t^3 + C_v$.

Com $v(0) = 0 \Rightarrow C_v = 0$.

Logo $v(t) = 0,25t + \frac{5}{2}t^2 - \frac{1}{6}t^3 \text{ (m/s)}.$

c) (2 pts.) Calcula $a(2 \text{ s})$ e $v(2 \text{ s})$.

$a(2) = 0,25 + 5(2) - \frac{1}{2}(2)^2 = 0,25 + 10 - 2 = 8,25 \text{ m/s}^2$.

$v(2) = 0,25(2) + \frac{5}{2}(4) - \frac{1}{6}(8) = 0,5 + 10 - \frac{8}{6} \approx 9,17 \text{ m/s}$.

⁰Este problema foi levantado na aula com a questão do «inverso» da derivada — a anti-derivada — e permite-me usar a palavra *arroco* ainda mais umas vezes.

9. (10 pts. total) Uma partícula de massa $m = 2,0 \text{ kg}$ move-se numa trajetória curva. A força tangencial é $F_t(t) = 4 - 2t \text{ (N)}$ e a normal é constante $F_n = 20 \text{ (N)}$. Em $t = 0$, a rapidez é $v_0 = 0$.

a) (1 pts.) Calcula $a_t(t) = F_t/m$ e $a_n = F_n/m$.

$$a_t(t) = \frac{4 - 2t}{2} = 2 - t \text{ (m/s}^2\text{)}; \quad a_n = \frac{20}{2} = 10 \text{ (m/s}^2\text{)}.$$

b) (8 pts.) Usa $\frac{dv}{dt} = a_t(t)$ para obter $v(t)$. Indica quando o movimento acelera ($a_t > 0$) e quando trava ($a_t < 0$). Em que instante $v(t)$ volta a zero?

Integrar: $v(t) = \int (2 - t) dt = 2t - \frac{1}{2}t^2 + C$, com $v(0) = 0 \Rightarrow C = 0$.

Acelera se $a_t > 0 \Leftrightarrow 2 - t > 0 \Rightarrow t < 2 \text{ s}$; **trava** se $t > 2 \text{ s}$.

Zera quando $v(t) = 0 \Rightarrow t(2 - \frac{1}{2}t) = 0 \Rightarrow t = 0$ ou $t = 4 \text{ s}$.

Logo $v(t) = 2t - \frac{1}{2}t^2$ e v volta a zero em 4 s.

c) (1 pts.) Escreve o raio de curvatura $R(t) = \frac{v(t)^2}{a_n}$ e calcula $R(2 \text{ s})$.

$$R(t) = \frac{(2t - \frac{1}{2}t^2)^2}{10}.$$

$$\text{Em } t = 2 \text{ s: } v(2) = 2 \text{ m/s, logo } R(2) = \frac{2^2}{10} = 0,40 \text{ m}.$$

10. (5 pts.) (**Crédito extra**) Qual foi o tema de Física Quântica que deu o Prémio Nobel a John Clarke, Michel H. Devoret e John M. Martinis?

Prémio Nobel da Física 2025: Tunnelling (tunelização?) *John Clarke, Michel H. Devoret e John M. Martinis*, «pela descoberta do *tunnelling* quântico macroscópico e da quantização de energia num circuito elétrico (junções de **Josephson**)», trabalho que lançou a base dos *qubits supercondutores* e *circuit quantum electrodynamics*.

Formulário

Tabela 1. Exemplos de derivadas aplicáveis aos problemas da disciplina.

Função $f(x)$	Derivada $f'(x)$	Condições-Observações
c	0	c constante
nx	n	
x^n	$n x^{n-1}$	$n \in \mathbb{R}$
$\sqrt{x} = x^{1/2}$	$\frac{1}{2\sqrt{x}}$	$x > 0$
$ x $	$\frac{x}{ x }$	$x \neq 0$; não derivável em $x = 0$
e^x	e^x	
a^x	$a^x \ln a$	$a > 0, a \neq 1$

Nota: conforme mencionado na aula, as derivadas permitem-nos calcular outras grandezas sabendo qual é o modelo matemático do movimento.

Tabela 2. Ordens de derivação aplicáveis ao modelo da Fig. ?? e seus nomes.

Ordem	Nome / Símbolo	Expressão
0	Posição $x(t)$	$4t^3$
1	Velocidade $v(t) = \dot{x}$	$12t^2$
2	Aceleração $a(t) = \ddot{x}$	$24t$
3	Arroco $j(t) = \dddot{x}$	24
4	Solicitação $s(t) = x^{(4)}$	0
5	Crepação $c(t) = x^{(5)}$	0
6	Estalido $p(t) = x^{(6)}$	0

Nota: até ao arroco, inclusivé, estas ordens de derivação têm um interesse prático. Contudo, o interesse das outras acima é quase exclusivamente computacional. Por exemplo, o arroco tem relevância nos cálculos de conforto e durabilidade do equipamento.

Decomposição em formas simples (média ponderada pelas áreas)

$$\bar{x} = \frac{\sum_k A_k x_k}{\sum_k A_k}, \quad \bar{y} = \frac{\sum_k A_k y_k}{\sum_k A_k}$$

A área de um círculo é $A = \pi \cdot r^2$.

A área de um rectângulo é $A = b \cdot h$.