



Física 12.º ano

Prova 315 (teórica)

versão: 1,0

José Pedro do Amaral

29 de maio de 2026

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 $\frac{100}{100}$ 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) Considera estas vinte medições de massas (desordenadas) de esferas em grama (g):

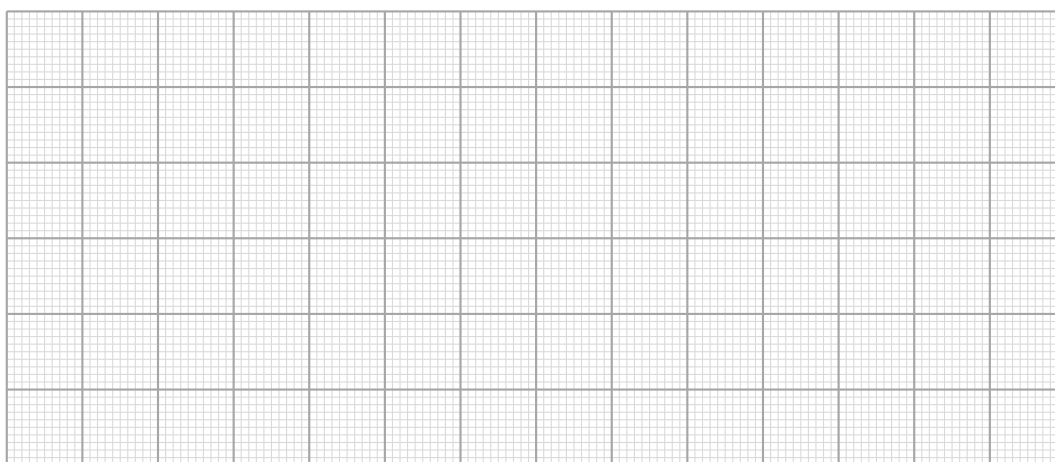
12,4 g, 15,6 g, 13,1 g, 12,4 g, 18,0 g, 14,7 g, 16,2 g, 17,5 g, 12,9 g, 19,3 g, 21,0 g, 16,2 g, 15,6 g, 14,1 g, 20,5 g, 13,8 g, 17,5 g, 22,2 g, 12,4 g, 18,9 g.

- 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: $\bar{x} = \frac{\sum m_i}{20} = 16,215$ 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 .

3. (10 pts. total) Um próton de massa de repouso $m = 1,67 \times 10^{-27}$ kg é acelerado num acelerador linear até atingir a rapidez $v = 0,75c$, onde $c = 3,0 \times 10^8$ m/s é a rapidez da luz no vácuo.

- a) Calcula a energia cinética relativista K_{rel} do próton quando atinge a rapidez $v = 0,75c$, usando

$$K = mc^2 \left(\frac{1}{\sqrt{1 - (v/c)^2}} - 1 \right). (3 \text{ pts.})$$

- b) Calcula a energia cinética clássica correspondente, usando $K_{\text{class}} = \frac{1}{2}mv^2$. (3 pts.)
 c) Compara os dois resultados, determinando: o quociente $K_{\text{rel}}/K_{\text{class}}$; o erro relativo (ε) da expressão clássica, em percentagem, quando aplicada a esta rapidez. (4 pts.)

Indica todas as respostas em joule (J), com três algarismos significativos.

a) $K_{\text{rel}} \approx 7,693 \times 10^{-11}$ J.

b) $K_{\text{class}} \approx 4,227 \times 10^{-11}$ J.

c) $\frac{K_{\text{rel}}}{K_{\text{class}}} \approx 1,820$;

$\varepsilon = \frac{|K_{\text{rel}} - K_{\text{class}}|}{K_{\text{rel}}} \times 100\% \approx 45,053\%$.

4. (10 pts. total) Um foguetão de massa M desloca-se verticalmente para cima com uma rapidez de 1.000 m/s. Quando chega a uma altitude de 1.200 m explode em três fragmentos e o seu motor deixa de funcionar. As forças explosivas são internas ao sistema. Os fragmentos têm todos a mesma massa: $M/3$.

O fragmento I continua em ascensão vertical com uma rapidez de 1.100 m/s; o fragmento II desloca-se horizontalmente para Este com uma rapidez de 200 m/s; e o fragmento III tem uma velocidade desconhecida.

- a) Qual é o vector velocidade do fragmento III imediatamente a seguir à explosão? (Indica os componentes vertical e horizontal.) (4 pts.)
 b) Qual é a rapidez do fragmento III imediatamente a seguir à explosão? (3 pts.)
 c) Qual é a posição do centro de massa do sistema em relação ao chão 5,0s após a explosão? (Admite que, depois da explosão, apenas a gravidade actua sobre os fragmentos.) (3 pts.)

a) $\vec{v}_3 = (-200\hat{i} + 1900\hat{j})$ m/s (200 m/s para Oeste, 1900 m/s para cima).

b) $|\vec{v}_3| \approx 1,91 \times 10^3$ m/s.

c) $y_{\text{CM}}(5,0\text{ s}) = 1200 + 1000 \times 5,0 - \frac{1}{2} \times 9,8 \times (5,0)^2 \approx 6,08 \times 10^3$ m.

Contexto geral: nave *CST-Astra*

A nave *CST-Astra* é concebida com:

$$m_{\text{seca}} = 22.000 \text{ kg}, \quad m_{\text{comb},0} = 53.000 \text{ kg}, \quad m_0 = m_{\text{seca}} + m_{\text{comb},0} = 75.000 \text{ kg}.$$

No Problema 6., a nave usa um motor com *velocidade efectiva de exaustão*

$$u = 4.200 \text{ m/s},$$

e realiza a manobra durante

$$\Delta t = 720 \text{ s}.$$

Dados

(Usa estes valores, mesmo que conheças aproximações diferentes.)

Parâmetro gravitacional da Terra	$\mu_{\oplus} = 3,986 \times 10^{14} \text{ m}^3/\text{s}^2$
Raio médio da Terra	$R_{\oplus} = 6,371 \times 10^6 \text{ m}$
Altitude da órbita inicial	$h = 500 \times 10^3 \text{ m}$
1 unidade astronómica	$1 \text{ UA} = 1,496 \times 10^8 \text{ km}$
Raio médio da órbita de Plutão	$R_P = 39,5 \text{ UA}$
Raio médio da órbita de Arrokoth	$R_A = 44,2 \text{ UA}$

Problemas com a CST-Astra

5. Velocidade de fuga (a partir de órbita circular).

A nave encontra-se inicialmente em órbita circular em torno da Terra, a altitude $h = 500 \text{ km}$.

- a) Calcula a velocidade de fuga v_{fuga} no raio $r = R_{\oplus} + h$.
- b) Calcula a velocidade orbital circular v_{orb} no mesmo raio.
- c) Determina o incremento mínimo de velocidade (impulso instantâneo) necessário para passar de órbita circular para trajectória parabólica (fuga): $\Delta v = v_{\text{fuga}} - v_{\text{orb}}$.

a) $r = R_{\oplus} + h = 6,371 \times 10^6 \text{ m} + 5,00 \times 10^5 \text{ m} = 6,871 \times 10^6 \text{ m}$.

Pela conservação da energia (condição de fuga: energia mecânica nula no infinito):

$$\frac{1}{2}v_{\text{fuga}}^2 - \frac{\mu_{\oplus}}{r} = 0 \quad \Rightarrow \quad v_{\text{fuga}} = \sqrt{\frac{2\mu_{\oplus}}{r}}.$$

Logo,

$$v_{\text{fuga}} = \sqrt{\frac{2(3,986 \times 10^{14} \text{ m}^3/\text{s}^2)}{6,871 \times 10^6 \text{ m}}} = 1,077 \times 10^4 \text{ m/s} \approx 10,77 \text{ km/s}.$$

b) Para órbita circular:

$$\frac{v_{\text{orb}}^2}{r} = \frac{\mu_{\oplus}}{r^2} \quad \Rightarrow \quad v_{\text{orb}} = \sqrt{\frac{\mu_{\oplus}}{r}} = 7,62 \text{ km/s}.$$

c) $\Delta v = v_{\text{fuga}} - v_{\text{orb}} \approx 10,77 \text{ km/s} - 7,62 \text{ km/s} = 3,16 \text{ km/s}$.

6. Empuxo (thrust) do motor e consumo de combustível. A nave realiza a manobra de fuga do Problema 1 com um motor de velocidade efectiva de exaustão $u = 4.200 \text{ m/s}$ durante $\Delta t = 720 \text{ s}$.

- Usando a equação de Tsiolkovsky, $\Delta v = u \ln\left(\frac{m_0}{m_1}\right)$, calcula a massa final m_1 após a manobra.
- Calcula a massa de propelente consumida, $m_{\text{comb,cons}} = m_0 - m_1$, e a massa de combustível restante.
- Calcula a taxa média de escoamento de massa $\dot{m}$ e o empuxo médio $F = \dot{m} u$ (despreza o termo de pressão).

Do Problema 1, $\Delta v = 3,16 \times 10^3 \text{ m/s}$.

a) Pela equação de Tsiolkovsky:

$$\Delta v = u \ln\left(\frac{m_0}{m_1}\right) \Rightarrow m_1 = m_0 e^{-\Delta v/u}.$$

$$m_1 = 75.000 \text{ kg} \exp\left(-\frac{3.155 \text{ m/s}}{4.200 \text{ m/s}}\right) \approx 3,54 \times 10^4 \text{ kg}.$$

b) Consumo:

$$m_{\text{comb,cons}} = m_0 - m_1 \approx 75.000 \text{ kg} - 35.385 \text{ kg} = 39.615 \text{ kg}.$$

Combustível restante:

$$m_{\text{comb,1}} = m_1 - m_{\text{seca}} \approx 35.385 \text{ kg} - 22.000 \text{ kg} = 13.385 \text{ kg}.$$

c) Taxa média:

$$\dot{m} = \frac{m_{\text{comb,cons}}}{\Delta t} \approx \frac{39.615 \text{ kg}}{720 \text{ s}} = 55,0 \text{ kg/s}.$$

Empuxo:

$$F = \dot{m} u \approx (55,0 \text{ kg/s})(4.200 \text{ m/s}) = 2,31 \times 10^5 \text{ N} \approx 231 \text{ kN}.$$

Acabou a secção da CST-Astra

7. (15 pts.) Faraday-Lenz: barra para a **esquerda**, Φ_B a **diminuir**. Considera dois carris paralelos ligados por uma resistência R à esquerda e uma barra condutora vertical que desliza nos carris. A distância entre carris é L . $\vec{B} = \odot$ (a sair do papel), $L = 0,30$ m, $B = 0,50$ T, $R = 0,60$ Ω . Agora a barra move-se **para a esquerda** com $v = 1,5$ m/s.

Fórmulas úteis (neste problema $\theta = 0$):

$$A = Lx, \quad \Phi_B = BA \cos \theta, \quad \varepsilon = -\frac{d\Phi_B}{dt}, \quad |\varepsilon| = BLv, \quad |I| = \frac{|\varepsilon|}{R}.$$

Lei de Lenz: a corrente induzida cria $\vec{B}_{\text{ind}}$ que **se opõe** à variação de Φ_B . **Regra da mão direita:** anti-horária $\Rightarrow \vec{B}_{\text{ind}} = \odot$; horária $\Rightarrow \vec{B}_{\text{ind}} = \otimes$.

$$F_{\text{mag}} = BIL \quad (\text{sentido: opõe-se ao movimento}).$$

- Calcula $|\varepsilon|$ e $|I|$.
- Indica o **sentido** da corrente (horária/anti-horária).
- Indica o **sentido** da força magnética sobre a barra (para a esquerda ou para a direita).

(a) $|\varepsilon| = BLv = (0,50)(0,30)(1,5) = 0,225$ V.

$$|I| = \frac{|\varepsilon|}{R} = \frac{0,225}{0,60} = 0,375$$
 A.

Logo, $|\varepsilon| = 0,225$ V e $|I| = 0,375$ A.

(b) A barra vai para a esquerda $\Rightarrow A = Lx$ diminui $\Rightarrow \Phi_B (\odot)$ diminui. Pela lei de Lenz, $\vec{B}_{\text{ind}}$ deve ser $\odot$ para contrariar a diminuição, logo a corrente é **anti-horária**.

(c) A força magnética na barra **opõe-se ao movimento**; como a barra se move para a esquerda, a força é **para a direita**.

8. (5 pts.) A lei de Faraday-Lenz para uma bobina com N espiras é

$$\varepsilon = -N \frac{d\Phi_B}{dt}.$$

Considera $N = 200$ e que o fluxo passa de $\Phi_i = 3,0 \times 10^{-3}$ Wb para $\Phi_f = 1,0 \times 10^{-3}$ Wb em $\Delta t = 0,050$ s. Qual é a magnitude $|\varepsilon|$?

- 8,0 V
- 0,40 V
- 80 V
- 4,0 V
- 0 V

$$|\Delta\Phi_B| = |\Phi_f - \Phi_i| = |1,0 - 3,0| \times 10^{-3} = 2,0 \times 10^{-3}$$
 Wb

$$|\varepsilon| = N \frac{|\Delta\Phi_B|}{\Delta t} = 200 \frac{2,0 \times 10^{-3}}{0,050} = 8,000$$
 V.

Logo, $|\varepsilon| = 8,000$ V e a opção correcta é **(a)**.

9. (2 pts.) Na desintegração β^- , o número de massa A conserva-se mas o número atómico Z aumenta por 1. Qual é a razão correcta para esta conservação de A ?

- a) O electrão emitido é absorvido pelo núcleo, compensando a perda de um neutrão.
- b) Um neutrão converte-se num protão: o número total de nucleões no núcleo não se altera, pois um nucleão substitui outro.
- c) A energia libertada na desintegração compensa a variação de massa.
- d) O antineutrino emitido transporta o número de massa em excesso.
- e) A conserva-se porque a carga total do sistema se mantém constante.

b)

10. (2 pts.) A série de Lyman, a série de Balmer e a série de Paschen diferem entre si. Qual é a característica que as distingue?

- a) O número quântico inicial n_i da transição.
- b) O número quântico final n_f para o qual o electrão transita.
- c) A carga do núcleo do átomo envolvido.
- d) A intensidade do campo magnético externo aplicado.
- e) O número de electrões que participam simultaneamente na transição.

b) Lyman: $n_f = 1$; Balmer: $n_f = 2$; Paschen: $n_f = 3$.

11. (15 pts.) A posição de um electrão é conhecida com incerteza $\Delta x = 1,0 \times 10^{-10}$ m. Pelo princípio de incerteza de Heisenberg, qual é a incerteza mínima na sua quantidade de movimento, $\Delta p_{\min}$? $\Delta p_{\min} = \frac{\hbar}{2\Delta x}$

- a) $1,05 \times 10^{-24}$ kg · m/s
- b) $5,27 \times 10^{-25}$ kg · m/s
- c) $3,31 \times 10^{-24}$ kg · m/s
- d) $2,63 \times 10^{-25}$ kg · m/s
- e) $5,27 \times 10^{-19}$ kg · m/s

b) $\Delta p_{\min} = \hbar/(2\Delta x) = 1,055 \times 10^{-34}/(2 \times 1,0 \times 10^{-10}) = 5,27 \times 10^{-25}$ kg · m/s.

12. (5 pts.) Numa cavidade óptica de um laser, a função dos espelhos é, essencialmente:

- a) reflectir os fótons repetidamente através do meio activo, aumentando o número de eventos de emissão estimulada e amplificando a luz coerente.
- b) absorver os fótons emitidos espontaneamente para reduzir o ruído de fundo.
- c) filtrar os comprimentos de onda indesejados, deixando passar apenas a frequência laser.
- d) gerar emissão térmica adicional que ajude a excitar o meio activo.
- e) proteger o operador da radiação intensa produzida pelo meio activo.

a).