



Física 12.º ano
Quinto teste — Onda-partícula.
Teoria atômica. Radioactividade

versão: 1,0

José Pedro do Amaral

15 de março de 2026

Nome / Turma / Data:

Instruções

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

Em todos os problemas (perguntas que não são de escolha múltipla), justifica com equações e unidades e desenha um rectângulo à volta de cada resposta numérica final dada.

Usa um máximo de **três** (3) casas decimais nas respostas.

Em caso de engano, indica claramente a nova escolha.

Boa sorte.

Constantes e relações úteis

$$c = 3,00 \times 10^8 \text{ m/s}, \quad h = 6,626 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}, \quad \hbar = \frac{h}{2\pi} = 1,055 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s},$$

$$|e| = 1,60 \times 10^{-19} \text{ C}, \quad m_e = 9,11 \times 10^{-31} \text{ kg}, \quad m_p = 1,67 \times 10^{-27} \text{ kg}, \quad R_H = 1,097 \times 10^7 \text{ m}^{-1},$$

$$1 \text{ eV} = 1,60 \times 10^{-19} \text{ J}, \quad \frac{h}{m_e c} = 2,43 \times 10^{-3} \text{ nm} \quad (\text{comprimento de onda de Compton}).$$

1. (5 pts.) Um fóton tem comprimento de onda $\lambda = 620 \text{ nm}$. Qual é a sua energia em eV?
- a) 4,00 eV
 - b) 0,500 eV
 - c) $3,21 \times 10^{-19} \text{ eV}$
 - d) 2,00 eV
 - e) 1,00 eV
2. (5 pts.) Qual das afirmações seguintes descreve correctamente o efeito fotoeléctrico?
- a) Abaixo da frequência limite, nenhum electrão é emitido independentemente da intensidade da radiação incidente.
 - b) Aumentar a intensidade da luz aumenta a energia cinética máxima dos fotoelectrões emitidos.
 - c) A emissão de electrões depende apenas da intensidade da luz; frequências mais baixas produzem electrões mais energéticos.
 - d) A energia cinética dos fotoelectrões é independente da frequência da radiação.
 - e) A emissão fotoeléctrica é explicada pela natureza ondulatória da luz.
3. (5 pts.) Um electrão e um protão têm a mesma energia cinética K . Qual é a razão dos respectivos comprimentos de onda de de Broglie, λ_e/λ_p ?
- a) $\lambda_e/\lambda_p = 1$
 - b) $\lambda_e/\lambda_p = \sqrt{m_p/m_e} \approx 42,8$
 - c) $\lambda_e/\lambda_p = m_p/m_e \approx 1836$
 - d) $\lambda_e/\lambda_p = m_e/m_p \approx 5,45 \times 10^{-4}$
 - e) $\lambda_e/\lambda_p = (m_p/m_e)^2 \approx 3,37 \times 10^6$
4. (5 pts.) No efeito de Compton, um fóton de raios X colide com um electrão em repouso e é disperso com ângulo $\theta = 90^\circ$. Qual é a variação de comprimento de onda $\Delta\lambda$?
- a) $\Delta\lambda = 4,86 \times 10^{-3} \text{ nm}$
 - b) $\Delta\lambda = 0$
 - c) $\Delta\lambda = -2,43 \times 10^{-3} \text{ nm}$
 - d) $\Delta\lambda$ depende do comprimento de onda inicial
 - e) $\Delta\lambda = 2,43 \times 10^{-3} \text{ nm}$

5. (5 pts.) No modelo de Bohr do hidrogénio, qual é a energia do nível $n = 3$?
- a) $-1,51 \text{ eV}$
 - b) $-13,6 \text{ eV}$
 - c) $-3,40 \text{ eV}$
 - d) $-0,85 \text{ eV}$
 - e) $-6,80 \text{ eV}$
6. (5 pts.) Um núcleo de $^{226}_{88}\text{Ra}$ emite uma partícula alfa. Quais são o número atómico Z e o número de massa A do núcleo filho?
- a) $Z = 88, \quad A = 222$
 - b) $Z = 86, \quad A = 226$
 - c) $Z = 86, \quad A = 222$
 - d) $Z = 90, \quad A = 230$
 - e) $Z = 84, \quad A = 222$
7. (5 pts.) Uma amostra radioactiva tem período de semi-desintegração $T_{1/2} = 5,0 \text{ h}$. Qual a fracção de núcleos que **permanece** após $20,0 \text{ h}$?
- a) $1/4$
 - b) $1/16$
 - c) $1/8$
 - d) $1/2$
 - e) $1/32$

8. (15 pts.) Efeito fotoelétrico — a constante de Planck.

Uma superfície de **potássio** tem função de trabalho $\phi = 2,30$ eV. É iluminada com quatro comprimentos de onda diferentes; os potenciais de paragem medidos são indicados na tabela:

λ (nm)	V_s (V)
200	3,91
250	2,66
350	1,25
450	0,46

Formulário:

$$E = \frac{hc}{\lambda}, \quad K_{\max} = hf - \phi = eV_s, \quad f = \frac{c}{\lambda}, \quad f_c = \frac{\phi}{h}, \quad \lambda_c = \frac{hc}{\phi}.$$

- a) Para $\lambda = 250$ nm, calcula a energia do fotão em eV e verifica a consistência com o valor de V_s dado.
- b) Para $\lambda = 450$ nm, calcula $K_{\max}$ e confirma o valor de V_s .
- c) Determina a frequência limite f_c e o comprimento de onda limite λ_c para o potássio.

9. (20 pts.) Átomo de hidrogénio — espectro de emissão e absorção.

Considera o modelo de Bohr do átomo de hidrogénio.

Formulário:

$$E_n = -\frac{13,6}{n^2} \text{ eV}, \quad \Delta E = hf = \frac{hc}{\lambda}, \quad \frac{1}{\lambda} = R_H \left(\frac{1}{n_f^2} - \frac{1}{n_i^2} \right), \quad E_{\text{ion}} = -E_n.$$

- a) Calcula as energias dos níveis $n = 1$, $n = 2$, $n = 3$ e $n = 5$.
- b) Um electrão transita de $n_i = 5$ para $n_f = 1$ (série de Lyman). Calcula a energia do fóton emitido, a sua frequência e o seu comprimento de onda. Indica a que região do espectro electromagnético pertence.
- c) Usando a fórmula de Rydberg, determina o comprimento de onda da transição $n_i = 4 \rightarrow n_f = 2$ (série de Balmer) e indica a região espectral.
- d) Um átomo de hidrogénio no estado fundamental absorve um fóton de 12,09 eV. Para que nível n transita o electrão? O átomo fica ionizado? Justifica.

10. (20 pts.) Radioactividade — lei de desintegração e actividade.

O isótopo $^{198}_{79}\text{Au}$ (ouro-198) tem período de semi-desintegração $T_{1/2} = 2,69$ dias e é usado em medicina nuclear. Uma amostra contém inicialmente $N_0 = 3,0 \times 10^{15}$ núcleos.

Formulário:

$$\lambda = \frac{\ln 2}{T_{1/2}}, \quad N(t) = N_0 e^{-\lambda t} = N_0 \left(\frac{1}{2}\right)^{t/T_{1/2}}, \quad A = \lambda N, \quad 1 \text{ Bq} = 1 \text{ desintegração/s.}$$

- a) Determina a constante de desintegração λ em s^{-1} .
- b) Calcula a actividade inicial A_0 da amostra em becquerel.
- c) Calcula o número de núcleos que permanecem após 8,07 dias e a fracção da amostra que se desintegrou nesse período.
- d) O $^{198}_{79}\text{Au}$ sofre desintegração β^- . Escreve a equação nuclear completa e indica o número atómico e o número de massa do núcleo filho.

11. (2 pts.) A equação de Dirac, formulada em 1928, foi uma extensão relativista da mecânica quântica. Qual foi a sua consequência mais notável?
- a) Demonstrou que os electrões não têm spin.
 - b) Estabeleceu o princípio de exclusão que impede dois fermões de ocupar o mesmo estado quântico.
 - c) Previu a existência de antimatéria, nomeadamente do positrão como antipartícula do electrão.
 - d) Provou que a velocidade da luz é o limite máximo para qualquer partícula com massa.
 - e) Explicou a estabilidade dos núcleos atômicos através da força nuclear forte.
12. (2 pts.) Qual das seguintes afirmações sobre o princípio de incerteza de Heisenberg é correcta?
- a) É uma limitação tecnológica que desaparece com instrumentos suficientemente precisos.
 - b) Aplica-se apenas a partículas com massa, não a fotões.
 - c) Afirma que é impossível conhecer simultaneamente a energia e a carga de uma partícula.
 - d) Só é relevante a temperaturas próximas do zero absoluto.
 - e) Resulta da natureza ondulatória da matéria: localizar espacialmente uma partícula exige um pacote de ondas com grande dispersão em quantidade de movimento.
13. (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) A energia libertada na desintegração compensa a variação de massa.
 - c) O antineutrino emitido transporta o número de massa em excesso.
 - d) Um neutrão converte-se num protão: o número total de nucleões no núcleo não se altera, pois um nucleão substitui outro.
 - e) A conserva-se porque a carga total do sistema se mantém constante.
14. (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) A carga do núcleo do átomo envolvido.
 - c) A intensidade do campo magnético externo aplicado.
 - d) O número de electrões que participam simultaneamente na transição.
 - e) O número quântico final n_f para o qual o electrão transita.

15. (2 pts.) De acordo com a hipótese de de Broglie, a uma partícula com quantidade de movimento p está associado um comprimento de onda $\lambda = h/p$. Qual das seguintes afirmações descreve correctamente a consequência desta relação?
- a) Quanto maior for a quantidade de movimento da partícula, maior será o comprimento de onda associado e mais evidentes serão os efeitos ondulatórios.
 - b) Quanto maior for a quantidade de movimento da partícula, menor será o comprimento de onda associado, tornando os efeitos ondulatórios difíceis de observar.
 - c) A relação aplica-se apenas a fótons, não a partículas com massa.
 - d) O comprimento de onda associado depende da carga da partícula, não da sua quantidade de movimento.
 - e) Partículas com massa não podem manifestar difracção, independentemente do valor de λ .