

Ficha — Espectros e quantização da energia: do fóton às linhas do hidrogénio

10.º Ano Física e Química A 4 páginas 12 exercícios

Objetivo: Relacionar a energia dos fótons com a frequência e o comprimento de onda da luz, situar cada zona do espectro eletromagnético e interpretar o espectro de emissão do hidrogénio a partir da quantização da energia e das transições entre níveis eletrónicos.

Revisão rápida — zonas do espectro e níveis do hidrogénio

Zona	Comprimento de onda	Energia do fóton
Raios gama	< 0,01 nm	> 124 keV
Raios X	0,01 – 10 nm	124 eV – 124 keV
Ultravioleta	10 – 400 nm	3,1 – 124 eV
Visível	400 – 700 nm	1,77 – 3,10 eV
Infravermelhos	700 nm – 1 mm	1,24 meV – 1,77 eV
Micro-ondas	1 mm – 1 m	1,24 µeV – 1,24 meV
Radiofrequência	> 1 m	< 1,24 µeV

Energia do fóton: $E = h \cdot f = h \cdot c \div \lambda$, com $h = 6,626 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$ e $c = 3,0 \times 10^8 \text{ m/s}$. Relação prática: $E(\text{eV}) \times \lambda(\text{nm}) \approx 1240$.

Conversão: $1 \text{ eV} = 1,602 \times 10^{-19} \text{ J}$.

Quantização: o eletrão só ocupa níveis discretos $E_n = -13,6 \div n^2 \text{ eV}$; o nível $n = 1$ é o estado fundamental.

Transição: ao descer de nível, o eletrão emite um fóton de energia $E = E_{\text{superior}} - E_{\text{inferior}}$.

Séries do hidrogénio: Lyman ($n \rightarrow 1$, ultravioleta) · Balmer ($n \rightarrow 2$, visível) · Paschen ($n \rightarrow 3$, infravermelhos).

Exercícios

1. Calcula a energia, em joules e em elétron-volts, de um fóton de frequência $5,00 \times 10^{14} \text{ Hz}$.

2. Expressa $4,00 \times 10^{-19} \text{ J}$ em elétron-volts e indica a que zona do espectro eletromagnético corresponde essa energia.

3. Determina a energia, em joules e em elétron-volts, do fóton emitido por uma fonte de luz verde cujo comprimento de onda é 500 nm .

4. Calcula a frequência da luz de comprimento de onda 400 nm e indica em que zona do espectro ela se situa.

5. Liga cada comprimento de onda à zona do espectro correspondente.

1. $0,005 \text{ nm}$ 2. 550 nm 3. 5 m 4. $0,5 \text{ nm}$ 5. 800 nm

a) visível b) radiofrequência c) raios X d) infravermelhos e) raios gama

6. Verdadeiro ou falso. Corrige as falsas.

- a) O eletrão pode ter qualquer valor de energia situado entre dois níveis. (V/F)
- b) Quando o eletrão desce de um nível de energia para um inferior, emite um fóton. (V/F)
- c) O espectro de emissão do hidrogénio apresenta-se como um arco-íris contínuo. (V/F)
- d) As transições $n \rightarrow 2$, da série de Balmer, produzem fótons na zona visível. (V/F)
- e) O estado fundamental do hidrogénio corresponde ao nível $n = 1$. (V/F)

7. Calcula a energia dos níveis $n = 1$, $n = 2$ e $n = 3$ do hidrogénio e identifica o estado fundamental.

8. Calcula a energia do fóton emitido quando um eletrão do hidrogénio passa de $n = 3$ para $n = 2$.

9. Determina o comprimento de onda do fóton do exercício anterior, usando $E \times \lambda \approx 1240 \text{ eV}\cdot\text{nm}$, e compara com o valor medido para a linha H-alfa, $656,3 \text{ nm}$.

10. Uma das linhas do espetro de emissão do hidrogénio tem $\lambda = 486 \text{ nm}$. Calcula a energia do fóton e identifica a transição que a origina.

11. Completa a tabela das séries do hidrogénio.

Série	Nível inferior	Menor energia da série	Onde se situa
Lyman	1	_____	_____
Balmer	2	_____	_____
Paschen	3	_____	_____

12. Escreve um parágrafo curto (4 a 5 linhas) que explique porque é que o hidrogénio emite uma série de linhas definidas em vez de um espetro contínuo, recorrendo à quantização da energia e ao valor dos níveis eletrónicos.

Soluções — Espetros e quantização da energia

10.º Ano

Física e Química A

Resolução completa

1. $E = h \cdot f = (6,626 \times 10^{-34}) \times (5,00 \times 10^{14}) = 3,31 \times 10^{-19} \text{ J}$. Em elétron-volts: $(3,31 \times 10^{-19}) \div (1,602 \times 10^{-19}) = 2,07 \text{ eV}$.

2. $(4,00 \times 10^{-19}) \div (1,602 \times 10^{-19}) = 2,50 \text{ eV}$. Como a zona visível corresponde a 1,77 – 3,10 eV, este fotão situa-se na zona **visível**.

3. $E = h \cdot c \div \lambda = (6,626 \times 10^{-34} \times 3,0 \times 10^8) \div (500 \times 10^{-9}) = 3,98 \times 10^{-19} \text{ J}$. Em elétron-volts: $3,98 \times 10^{-19} \div 1,602 \times 10^{-19} = 2,48 \text{ eV}$.

4. $f = c \div \lambda = (3,0 \times 10^8) \div (400 \times 10^{-9}) = 7,50 \times 10^{14} \text{ Hz}$. Os 400 nm correspondem ao limite do violeta, ou seja à zona **visível**.

5. 1 — **e** (0,005 nm, raios gama); 2 — **a** (550 nm, visível); 3 — **b** (5 m, radiofrequência); 4 — **c** (0,5 nm, raios X); 5 — **d** (800 nm, infravermelhos).

6. a) **F** — a energia é quantizada: só existem valores discretos, correspondentes aos níveis permitidos. b) **V** — a diferença de energia é libertada sob a forma de um fotão. c) **F** — o espetro é discreto, constituído por linhas bem definidas. d) **V** — as quatro primeiras linhas de Balmer (656,5 nm; 486,3 nm; 434,2 nm e 410,3 nm) caem entre 400 e 700 nm. e) **V** — é o nível de menor energia, $-13,6 \text{ eV}$.

7. $E_1 = -13,6 \div 1^2 = -13,6 \text{ eV}$; $E_2 = -13,6 \div 4 = -3,4 \text{ eV}$; $E_3 = -13,6 \div 9 = -1,511 \text{ eV}$. O estado fundamental é $n = 1$, o nível de energia mais baixa.

8. $\Delta E = E_3 - E_2 = -1,511 - (-3,4) = 1,89 \text{ eV}$. O fotão emitido tem essa energia.

9. $\lambda = 1240 \div 1,89 = 656 \text{ nm}$. O valor medido é 656,3 nm: a diferença de cerca de 0,2 nm deve-se ao arredondamento de $-13,6 \text{ eV}$ no cálculo dos níveis. A linha situa-se na região vermelha do espetro visível.

10. $E = 1240 \div 486 = 2,55 \text{ eV}$. Procurando a transição com esta diferença de energia: $E_4 - E_2 = -0,85 - (-3,4) = 2,55 \text{ eV}$, logo trata-se da transição **4 → 2**.

11. Lyman: menor energia $10,2 \text{ eV}$ (transição 2 → 1), **ultravioleta**. Balmer: menor energia $1,89 \text{ eV}$ (transição 3 → 2), **visível**. Paschen: menor energia $0,66 \text{ eV}$ (transição 4 → 3), **infravermelhos**.

12. Exemplo de resposta: *Os níveis de energia do hidrogénio são quantizados, ou seja, o eletrão só pode ocupar valores fixos dados por $E_n = -13,6 \div n^2 \text{ eV}$, não havendo energias intermédias. Quando o eletrão salta de um nível superior para um inferior, emite um fotão cuja energia é exatamente a diferença entre os dois níveis. Como existem apenas diferenças definidas entre níveis, obtêm-se apenas comprimentos de onda definidos — as linhas do espetro — e não um espetro contínuo.* (Resposta possível — a correção valoriza a ligação entre quantização, diferença de energia e linhas definidas.)