Espectrómetro de Massa

12.º Ano | Física | 4 páginas | 12 exercícios

Competências que desenvolve: Interpretar o funcionamento do espectrómetro de massa com base na caracterização das forças exercidas sobre cargas elétricas em movimento num campo magnético uniforme, pesquisando sobre a sua relevância em aplicações do dia a dia.

Revisão rápida

- **Princípio em duas etapas:** (1) a carga q é *acelerada* por uma diferença de potencial V → $qV = \frac{1}{2}mv^2$ · (2) entra num campo magnético e descreve um arco → $\rho = mv/(qB)$.
- **Expressão de trabalho:** eliminando v chega-se a $\boldsymbol{m = qB^2\rho^2/(2V)}$ — mede-se um *raio* e obtém-se uma *massa*.
- **Separação:** com B e V iguais, partículas de **massas diferentes** atingem raios diferentes e batem em pontos diferentes do detetor — é assim que se separam isótopos.
- **Seletor de velocidades:** campos E e B perpendiculares e cruzados só deixam passar a velocidade $v = E/B$ (forças em equilíbrio).

Exercícios

1. V/F — corrige as falsas: a) «Num espectrómetro, partículas de massa diferente mas mesma carga atingem o mesmo ponto.» ( ) b) «A etapa de aceleração converte energia elétrica em energia cinética.» ( ) c) «O campo magnético não altera a rapidez da partícula.» ( ) d) «Um espectrómetro precisa de operar ao vácuo.» ( )

2. Derivação: parte de $qV = \frac{1}{2}mv^2$ e de $\rho = mv/(qB)$ e chega à expressão $m = qB^2\rho^2/(2V)$. Indica as unidades de cada grandeza e confirma que a equação equilibra.

3. Um protão é acelerado por 1000 V e entra num campo de 0,10 T. a) calcula o raio da sua trajetória b) que acontece ao raio se B passar para 0,20 T?

4. Determinação de uma massa: uma partícula de carga elementar, acelerada por 1000 V em B = 0,10 T, descreve um arco de raio 5,0 cm. a) calcula a massa b) em que unidade se expressa? c) é maior ou menor que a do protão?

© 2026 Estudantices

5. Ajuste do aparelho: queres colocar um protão a 6,0 cm do ponto de entrada usando B = 0,15 T. a) que tensão de aceleração precisas? b) mantendo a mesma tensão, que campo seria necessário para que o raio passasse a 12,0 cm?

6. Isótopos: dois isótopos do carbono (^{12}C e ^{14}C, carga elementar) entram com a mesma tensão e no mesmo campo. a) qual descreve o maior arco? b) por quanto é maior o raio? c) porque é que isso permite datar materiais?

7. Seletor de velocidades: com campos cruzados E = 1,0 × 10^4 V/m e B = 0,10 T, a) que velocidade é deixada passar? b) o que acontece a uma partícula mais lenta ou mais rápida?

8. Leitura de um espectro: o detetor regista três picos com raios de 3,0 · 5,0 e 7,5 cm, todos da mesma carga e do mesmo V e B. a) como se ordenam as massas? b) que razões entre massas obténs? c) o que representa cada pico?

© 2026 Estudantices

9. Aplicações do dia a dia: pesquisa e liga cada aplicação ao que o espectrómetro mede: a) controlo de doping no desporto → __ b) monitorização da qualidade do ar → __ c) datação por carbono-14 em arqueologia → __ d) análise de fármacos em análises clínicas → __

10. Porque ao vácuo? a) o que aconteceria se as partículas colidissem com moléculas de ar? b) qual seria a consequência para o raio medido? c) que erro sistemático introduziria na massa calculada?

11. Sequência do aparelho: reordena as etapas do funcionamento e justifica: (· detetor · filamento · ímãs · campo de aceleração · fonte de íons)

12. Desenvolvimento. Explica como é que um aparelho que só mede distâncias consegue determinar massas de átomos, e porque é que medir um raio é, em essência, medir a razão entre massa e carga.

© 2026 Estudantices

Soluções — Espectrómetro de Massa

1. a) **F** — $\rho = \sqrt{(2mV)/(\ldots)}$ depende de m: atingem pontos diferentes b) **V** — qV é a energia elétrica entregue c) **V** — a força é perpendicular, só desvia d) **V** — colisões com o ar alterariam a trajetória e destruiriam a resolução.

2. De $qV = \tfrac{1}{2}mv^2$ → $v = \sqrt{(2qV/m)}$; substituindo em $\rho = mv/(qB)$: $\rho = m\sqrt{(2qV/m)}/(qB) = \sqrt{(2mV)}/(qB)$ → elevando ao quadrado e resolvendo para m: $\boldsymbol{m = qB^2\rho^2/(2V)}$. Unidades: kg = C · T² · m² / V — como $1\ T = 1\ kg/(C\cdot s)$ e $1\ V = 1\ kg\cdot m^2/(C\cdot s^2)$, os termos reduzem-se a kg ✓.

3. a) $\rho = \sqrt{(2mV)/(qB)} = \sqrt{(2 \times 1{,}67\times10^{-27} \times 1000)/(1{,}60\times10^{-19} \times 0{,}10)} = 5{,}78\times10^{-12}/1{,}60\times10^{-20} =$ **4,57 cm** b) o raio cai para **metade** (≈ 2,28 cm), pois $\rho \propto 1/B$.

4. a) $m = qB^2\rho^2/(2V) = 1{,}60\times10^{-19} \times 0{,}01 \times 0{,}0025 / 2000 = 4{,}0\times10^{-24}/2000 =$ **2,0 × 10⁻²⁷ kg** b) ≈ **2,0 u** c) **maior** que a do protão (1,67 × 10⁻²⁷ kg) — seria, p. ex., um ião diatómico de hidrogénio H_2^+.

5. a) $V = qB^2\rho^2/(2m) = 1{,}60\times10^{-19} \times 0{,}0225 \times 0{,}0036 / (2 \times 1{,}67\times10^{-27}) =$ **3,88 × 10³ V** b) como $\rho \propto 1/B$ à tensão constante, para **dobrar** o raio seria preciso **metade do campo**: $B =$ **0,075 T**.

6. a) o **¹⁴C**, que é mais pesado b) $\rho \propto \sqrt{m}$ → razão $\sqrt{(14/12)} =$ **1,08** (8% de diferença — já suficiente numa câmara longa) c) o material vivo mantém a proporção ¹²C/¹⁴C do ar; ao morrer, deixa de a repor e o ¹⁴C decai — medindo a razão por espectrometria, determina-se a idade da amostra.

7. a) $v = E/B = 1{,}0\times10^{4}/0{,}10 =$ **1,0 × 10⁵ m/s** b) numa partícula mais lenta a força magnética (qvB) vence a elétrica e é desviada para um lado; numa mais rápida a elétrica vence e é desviada para o outro — só a certa passa em linha reta.

8. a) ordem crescente: **3,0 cm < 5,0 cm < 7,5 cm** — quanto maior o raio, maior a massa b) $m \propto \rho^2$ → razões **1 : 2,78 : 6,25** c) cada pico corresponde a uma **espécie distinta** (um ião com uma dada massa) presente na amostra — a altura do pico dá a abundância relativa.

9. a) substâncias proibidas e seus metabolitos (identificação por massa) b) partículas e poluentes pelo tamanho/massa dos iões c) razão ¹⁴C/¹²C — é a própria medida do espetro d) fármacos e seus produtos de degradação.

10. a) as partículas chocariam com moléculas de ar, perdendo energia e mudando de direção ao acaso b) o arco deixa de ser uma circunferência limpa — o ponto de chegada alarga-se ou desloca-se c) obter-se-ia uma massa **incorreta** e uma resolução péssima: as partículas mais pesadas perderiam mais e os picos fundir-se-iam.

11. Sequência correta: **filamento** (fonte de íons) → **campo de aceleração** (dá a energia qV) → **seletor/ímãs** (define a trajetória) → **detetor** (regista onde batem). Justifica-se porque primeiro é preciso *criar* as partículas, depois *dar-lhes energia conhecida*, depois *desviá-las conforme a sua massa* e só então *medir*.

12. (modelo) Toda a informação está na **curvatura**. A força magnética que faz girar a partícula é qvB e é ela que, equilibrada à força centrípeta, fixa $\rho = mv/(qB)$ — ou seja, o raio lê diretamente a razão m/q multiplicada pela velocidade. A etapa de aceleração fixa essa velocidade em função de V, e assim fica tudo determinado por grandezas exteriores ao átomo: B, V e o ρ medido com uma régua. O aparelho não pesa nada — apenas transforma massa em geometria.