Orientação da Força Magnética e Espectrómetro

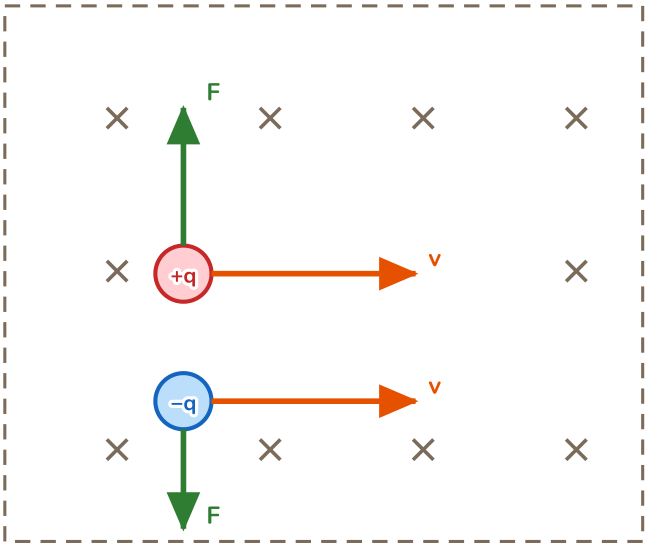
12.º Ano | Física | 4 páginas | 12 exercícios

Competências que desenvolve: determinar o sentido e o módulo da força magnética sobre cargas em movimento com a regra da mão esquerda, relacionar o movimento circular com o raio da trajetória e interpretar o funcionamento de um espectrómetro de massa.

Revisão rápida

- **Força magnética:** $F = q \cdot v \cdot B \cdot sen\ \theta$ — sempre **perpendicular** a v e a B (módulo máximo com θ = 90°, zero com $v \parallel B$). Com $q < 0$, o sentido inverte-se.
- **Regra da mão esquerda** (carga +): indicador = B (para dentro) · meio = v · polegar = F.
- **Movimento circular:** $F \perp v \Rightarrow$ só muda a direção → trajetória circular com $qvB = mv^2/r$ → $\boldsymbol{r = mv/(qB)}$ (raio ∝ momento/carga).
- **Espectrómetro:** mede r (entrada → detetador a $2r$) e, conhecendo B e q, determina o momento da partícula — massas diferentes caem em pontos diferentes.

(a) Orientação de F = q·v × B
× = B (para dentro) · mesma v nas duas cargas



(b) Espectrómetro — semicírculo em B
B = 0,50 T para dentro · escala 60 px = 2,1 mm

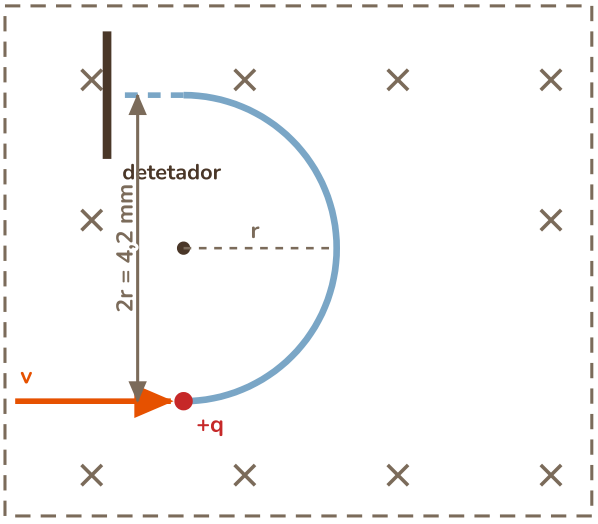


Figura 1 — (a) duas cargas com a mesma v em B para dentro: F sobe em $+q$ e desce em $-q$ — regra da mão esquerda: indicador = B, meio = v, polegar = F. (b) Espectrómetro: a carga $+q$ descreve um semicírculo de **r = 60 px = 2,1 mm** em B = 0,50 T e bate no detetador a $2r$ da entrada (proton: m = 1,67×10⁻²⁷ kg, v = 1,0×10⁶ m/s).

Exercícios — leitura dos diagramas

1. V/F — justifica com a Figura 1: a) Em ambos os painéis o campo B está para dentro do papel (×). ( ) b) Sobre $-q$ o sentido de F é oposto ao de $+q$. ( ) c) Os vetores v, B e F são perpendiculares dois a dois. ( ) d) Se v fosse paralelo a B, o módulo de F mantinha-se. ( )

2. Regra da mão esquerda: aplica a regra ao painel (a) para $+q$ (indicador = B para dentro, meio = v para a direita): o polegar aponta ____ — confirma o desenho. E para $-q$: o que tens de inverter?

3. Módulo da força: com q = 1,6×10⁻¹⁹ C, v = 1,0×10⁵ m/s e B = 0,50 T (θ = 90°): F = qvB = ____ N. Em que direção atua essa força em relação a v?

4. Inclinação: se v fizer 30° com B, F = qvB·sen 30° = ____ N. E com v paralelo a B? ____ — o que o corpo faria nesse caso?

5. Porque é circular: F é sempre perpendicular a v — o que é que isso implica sobre o módulo de v e sobre a direção? Iguala F = qvB à força centrípeta mv^2/r e deduz r = ____.

6. Raio da trajetória: r = mv/(qB) = (1,67×10⁻²⁷ × 1,0×10⁵)/(1,6×10⁻¹⁹ × 0,50) = ____ m = ____ mm — confirma a escala do painel (b).

© 2026 Estudantices

7. Cota da figura: a distância da entrada ao ponto de batida no detetador é ____ r = ____ mm. Porque é que esse valor permite obter o momento da partícula?

8. Período e frequência: T = 2πm/(qB) = 2π × 1,67×10⁻²⁷/(1,6×10⁻¹⁹ × 0,50) = ____ s · f = 1/T = ____ Hz. Repara: T não depende de v — porque não?

9. Variações: com o dobro da velocidade, o raio passa a ____ mm. Com o dobro da massa (mesma v, q e B): r = ____ mm. O que é que cada variação diz sobre r = mv/(qB)?

10. Função do espectrómetro (AE): explica como é que um espectrómetro identifica espécies diferentes: o que é que o detetador mede, o que se conhece (q, B) e o que se deduz (momento → massa, se v for conhecida).

11. Íon duplamente carregado: uma partícula com q = 3,2×10⁻¹⁹ C (mesma massa e velocidade, mesmo B) tem r = ____ m = ____ mm — bate mais perto ou mais longe do detetador que o proton?

12. Desenvolvimento. Liga os dois painéis numa narrativa: como a regra da mão esquerda decide o sentido de F, porque é que F perpendicular a v dá uma trajetória circular de raio r = mv/(qB), e porque é que isso transforma o esquema de (b) num instrumento capaz de separar massas.

© 2026 Estudantices

Soluções — Orientação da Força Magnética e Espectrómetro

1. a) **V** — os ✕ em ambos os painéis representam campo perpendicular saindo do papel (para dentro). b) **V** — mesma v e mesmo B, mas carga de sinal oposto: F inverte o sentido (para baixo em $-q$). c) **V** — $F \perp v$ e $F \perp B$, com $v \perp B$: os três mutuamente perpendiculares. d) **F** — com $v \parallel B$, sen θ = 0 ⇒ $F = 0$ (o módulo não se mantém, desaparece).

2. Indicador para dentro (B), meio para a direita (v) ⇒ polegar para **cima** ✓ = seta verde de $+q$. Para $-q$ inverte-se: ou se usa o sentido do movimento dos portadores de corrente contrário (a carga negativa a mover-se para a direita = corrente para a esquerda) ou mantém-se a regra e troca-se o sentido do polegar — dá **para baixo** ✓.

3. F = 1,6×10⁻¹⁹ × 1,0×10⁵ × 0,50 = **8,0×10⁻¹⁵ N** · direção: **perpendicular a v (e a B)** — para cima, no plano do papel.

4. F = 8,0×10⁻¹⁵ × 0,5 = **4,0×10⁻¹⁵ N**. Com v paralelo a B: F = **0** — o corpo seguiria em movimento retilíneo uniforme (nada o desvia).

5. A força ⊥ a v não altera o módulo (trabalho nulo) — só muda a direção ⇒ trajetória circular. $qvB = mv^2/r$ (um v cancela-se) ⇒ r = **mv/(qB)**.

6. r = 1,67×10⁻²²/8,0×10⁻²⁰ = **2,09×10⁻³ m ≈ 2,1 mm** ✓ — exatamente os 60 px da escala do painel (b).

7. A cota é **2r = 4,2 mm** (entrada e detetador são pontos diametralmente opostos do semicírculo). Conhecendo B e q: de $r = mv/(qB)$ vem $p = mv = qB{\cdot}r$ — ou seja, medir a distância de entrada ao detetador (2r) é medir diretamente o **momento** da partícula; e com v conhecida, obter a massa.

8. T = 1,049×10⁻²⁶/8,0×10⁻²⁰ = **1,31×10⁻⁷ s** · f = 1/T = **7,6×10⁶ Hz** (≈ 7,6 MHz). T não depende de v porque partículas mais rápidas percorrem círculos maiores exatamente na mesma razão: mais distância, mais velocidade, mesmo tempo (é a base dos ciclotrons).

9. Dobrar v ⇒ r = 2 × 2,1 = **4,2 mm** ($r \propto v$) · dobrar m ⇒ r = **4,2 mm** ($r \propto m$) — o raio é proporcional ao momento mv e inversamente proporcional a qB.

10. O detetador regista **onde** a partícula bate (= 2r). Conhece-se B (ímã) e q (carga da espécie) → de $r = mv/qB$ deduz-se o **momento** mv; se v for conhecida (selector de velocidades), obtém-se a **massa** — massas diferentes deixam impressões em pontos diferentes do detetador, como num espetro de massas.

11. r = 1,67×10⁻²²/(3,2×10⁻¹⁹ × 0,5) = 1,67×10⁻²²/1,6×10⁻¹⁹ = **1,04×10⁻³ m ≈ 1,0 mm** — com o dobro da carga, metade do raio: bate **mais perto** da entrada.

12. (modelo) A regra da mão esquerda fixa o sentido: com B para dentro e v para a direita, F sobe para carga positiva (e desce para negativa) — é o triângulo ortogonal de (a). Esse F é sempre ⊥ a v: não dá velocidade, só curva — daí a trajetória circular, com o equilíbrio qvB = mv²/r a dar r = mv/(qB). O painel (b) é a aplicação: a carga entra, gira meio círculo e bate no detetador a 2r da entrada; como r depende do momento (e de q), massas diferentes atingem pontos diferentes — é essa separação geométrica que transforma o esquema num espectrómetro, o instrumento que identifica espécies pela posição de batida.

© 2026 Estudantices