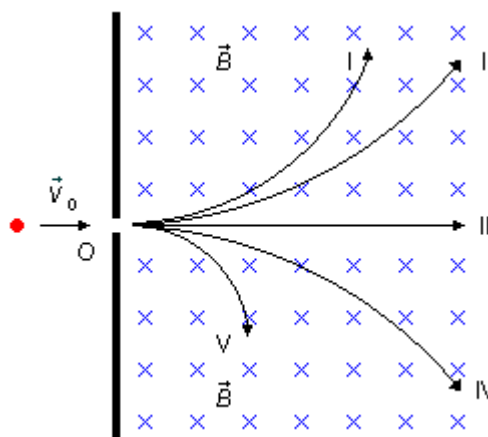


Na região da figura, tem-se um campo magnético uniforme $\vec{B}$. Cinco partículas são lançadas neste campo no ponto O , todas com velocidade inicial $\vec{v}_0$. As partículas são: próton, átomo neutro de sódio, elétron, dêuteron e íon negativo de flúor. Caracterize as trajetórias descritas pelas partículas. Dados: o dêuteron é uma partícula constituída de um próton e um nêutron; a massa do íon de flúor é maior que a do elétron e tem a mesma carga.



Dados do problema

- como o dêuteron é constituído por um próton (carga positiva, $q_p > 0$) e um nêutron (sem carga, $q_n = 0$), a carga do dêuteron é positiva: $q_d > 0$;
- massa do íon de flúor é maior que a do elétron: $m_F > m_e$;
- carga do íon de flúor: $q_F < 0$;
- carga do elétron: $q_e < 0$.

Solução

Quando a partícula entra na região do campo magnético ela passa a sentir a ação da força magnética sobre ela, para determinarmos a direção e o sentido desta força vamos aplicar a *regra da mão esquerda* a uma partícula atravessando a região do campo magnético.

O módulo da força magnética é dada pela seguinte expressão

$$F = q \cdot v \cdot B \cdot \sin\theta \quad (I)$$

onde $\sin\theta$ é o ângulo formado entre o vetor campo magnético $\vec{B}$ e o vetor velocidade $\vec{v}_0$ no nosso caso. Pelo esquema fornecido no problema vemos que a direção da velocidade das partículas é perpendicular a direção do campo magnético (formam um ângulo de 90°), como $\sin 90^\circ = 1$, a expressão da força reduz-se a

$$F = q \cdot v \cdot B \quad (II)$$

A figura 1, ao lado, nos mostra a situação do problema visto de uma perspectiva um pouco diferente. Pelo esquema dado no enunciado do problema o campo magnético tem direção perpendicular a folha e está no sentido "para dentro da folha", a velocidade tem direção horizontal e sentido da esquerda para a direita.

Para aplicarmos a regra da mão esquerda colocamos o dedo indicador no sentido do vetor campo

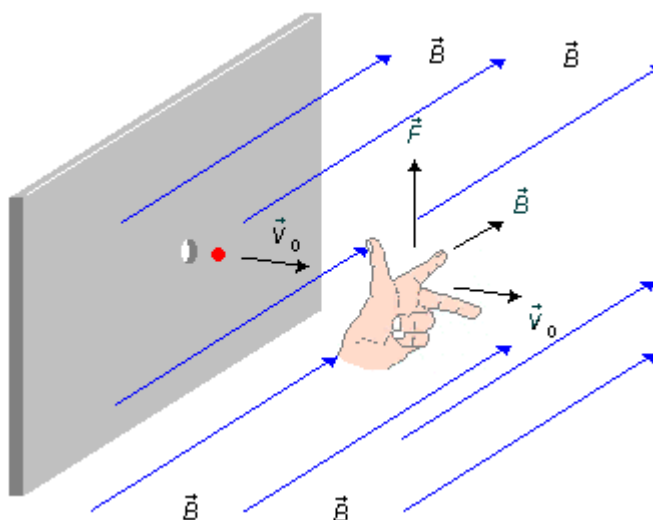


figura 1

elétrico e o dedo médio no sentido da velocidade, assim o polegar nos fornece a direção e sentido da força magnética, que aqui será vertical e "para cima".

Esta força é válida para as partículas de carga elétrica positiva ($q > 0$), para as partículas negativas ($q < 0$) basta invertermos o sentido da força, a direção será vertical e de sentido "para baixo". As partículas sem carga elétrica não sentem a ação da força.

Então da discussão acima temos de imediato que trajetória (III) é do átomo neutro de sódio que passa direto pelo campo sem sofrer desvio.

As demais partículas sofrem desvios com raios de curvatura variados nas suas trajetórias, a seguinte expressão

$$R = \frac{m \cdot v}{q \cdot B} \quad (\text{III})$$

nos fornece o raio da trajetória da partícula como função da massa (m), da velocidade (v), da carga (q) e da intensidade do campo magnético (B), analisando esta expressão para as várias partículas podemos identificar suas trajetórias.

Da discussão sobre a *regra da mão direita* sabemos que as partículas (I) e (II) têm carga elétrica positiva, que no problema são o próton e o dêuteron, escrevendo a expressão (III) para elas temos

$$R_p = \frac{m_p \cdot v_0}{q_p \cdot B} \quad (\text{IV}) \quad \text{e} \quad R_d = \frac{m_d \cdot v_0}{q_d \cdot B} \quad (\text{V})$$

Como as cargas elétricas do próton e do dêuteron são iguais e positivas ($q_p = q_d > 0$) e como a massa do dêuteron é maior que a massa do próton ($m_d > m_p$), temos que o numerador da expressão (V) é maior que o numerador da expressão (IV), então concluímos que $R_d > R_p$, logo a trajetória (I), raio menor, é do próton e a trajetória (II), raio maior, pertence ao dêuteron.

As partículas (IV) e (V) se desviam para baixo, possuem cargas negativas, escrevendo a expressão (III) para o elétron e para o íon de flúor, obtemos

$$R_e = \frac{m_e \cdot v_0}{q_e \cdot B} \quad (\text{VI}) \quad \text{e} \quad R_F = \frac{m_F \cdot v_0}{q_F \cdot B} \quad (\text{VII})$$

Suas cargas são iguais e negativas ($q_e = q_F < 0$) e a massa do íon de flúor é maior que a do elétron, segundo o enunciado, logo o numerador da expressão (VII) é maior que o numerador da expressão (VI), e o raio da trajetória do íon de flúor será maior que o raio da trajetória do elétron, $R_F > R_e$, a trajetória (IV) será do íon negativo de flúor e a trajetória (V) pertencerá ao elétron.

Resumindo

trajetória (I) = **próton**;
 trajetória (II) = **dêuteron**;
 trajetória (III) = **átomo neutro de sódio**;
 trajetória (IV) = **íon negativo de flúor**;
 trajetória (V) = **elétron**.