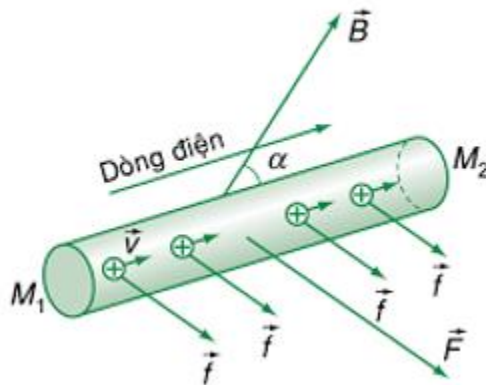


DẠNG BÀI TẬP VỀ LỰC LO – REN – XƠ

1. Lý thuyết

- Mọi hạt điện tích chuyển động trong một từ trường, đều chịu tác dụng của một lực từ, lực từ này gọi là lực lo-ren-xơ (Lorentz).

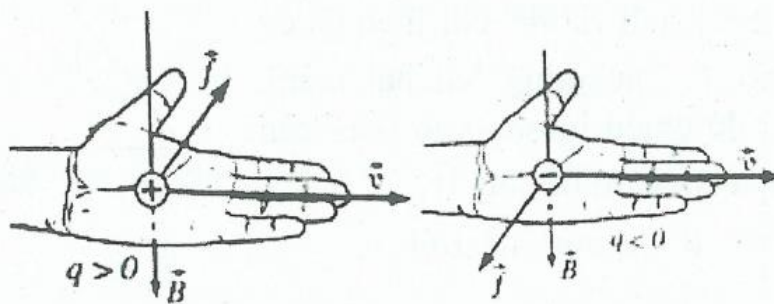
Lực Lo-ren-xơ do từ trường có cảm ứng từ \vec{B} tác dụng lên một hạt điện tích q_0 chuyển động với vận tốc \vec{v} :



+ Điểm đặt trên điện tích.

+ Phương vuông góc với \vec{v} và \vec{B} .

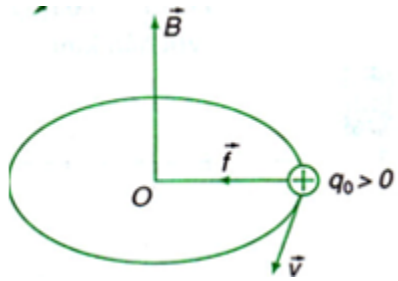
+ Chiều: xác định theo quy tắc bàn tay trái “ Để bàn tay trái mở rộng sao cho các véc tơ \vec{B} hướng vào lòng bàn tay, chiều từ cổ tay đến ngón tay giữa là chiều của \vec{v} , khi đó, ngón cái choãi ra 90° chỉ chiều của lực Lorenxơ nếu hạt mang điện dương; hạt mang điện âm thì lực Lorenxơ có chiều ngược với chiều ngón tay cái”



+ Có độ lớn: $\vec{f}_L = B \cdot v \cdot |q| \sin \alpha$, với $\alpha = (\vec{v}, \vec{B})$

- Chuyển động của hạt điện tích trong từ trường đều

Khi hạt điện tích q khối lượng m bay vào trong từ trường với vận tốc \vec{v} mà chỉ chịu tác dụng của lực Lo-ren-xơ. Khi đó, \vec{f} luôn luôn vuông góc với \vec{v} nên \vec{f} không sinh công, động năng của hạt được bảo toàn nghĩa là độ lớn vận tốc của hạt không đổi, chuyển động của hạt là chuyển động đều.



Chuyển động của hạt điện tích là chuyển động phẳng trong mặt phẳng vuông góc với từ trường.

Trong mặt phẳng đó, lực Lo-ren-xơ \vec{f} luôn vuông góc với vận tốc \vec{v} , nghĩa là đóng vai trò lực hướng tâm:

$$m \frac{v^2}{R} = |q| v B$$

Với R là bán kính cong của quỹ đạo.

⇒ Quỹ đạo của một hạt điện tích trong một từ trường đều, với điều kiện vận tốc ban đầu vuông góc với từ trường là một đường tròn nằm trong mặt phẳng vuông góc với từ trường, có bán kính:

$$R = \frac{m \cdot v}{|q| \cdot B}$$

2. Phương pháp

- Áp dụng công thức lực Lo-ren-xơ để giải bài toán

$$f = B \cdot v \cdot |q| \sin \alpha \Rightarrow \begin{cases} B = \frac{f}{v \cdot |q| \sin \alpha} \\ v = \frac{f}{B \cdot |q| \sin \alpha} \\ |q| = \frac{f}{B v \sin \alpha} \\ \sin \alpha = \frac{f}{|q| B v} \end{cases}$$

- Khi góc $\alpha = 90^\circ$ thì hạt chuyển động tròn đều. Lúc này Lorenxơ đóng vai trò lực

hướng tâm nên: $m \frac{v^2}{R} = |q| v B \Rightarrow R = \frac{m \cdot v}{|q| \cdot B}$

+ Lực hướng tâm: $F_{ht} = m a_{ht} = m \frac{v^2}{R}$

+ Với chuyển động tròn đều thì ta có: $T = \frac{2\pi R}{v} = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{1}{f}$

- Khi điện tích chuyển động điện trường \vec{B} và cường độ điện trường \vec{E} thì điện tích chịu tác dụng đồng thời hai lực: lực điện \vec{F}_d , và lực từ \vec{F}_t .

+ Khi electron được gia tốc bởi hiệu điện thế U thì nó sẽ có động năng:

$$W_d = \frac{1}{2} m v^2 = |e| U$$

3. Ví dụ minh họa

Ví dụ 1: Hãy cho biết:

a) Một electron chuyển động với vận tốc đầu $v_0 = 10^7$ m/s, trong từ trường đều $B = 0,1$ T, sao cho \vec{v}_0 hợp với \vec{B} một góc 30° . Tính lực Lorenxơ tác dụng lên electron.

b) Giá trị của góc α ? Biết một điện tích $q = 10^{-4}$ C, chuyển động với vận tốc

$v_0 = 20 \text{ m/s}$ trong một từ trường đều $B = 0,5 \text{ T}$, sao cho \vec{v}_0 hợp với đường sức từ một góc α . Lực Lorenxơ tác dụng lên điện tích có độ lớn $5 \cdot 10^{-4} \text{ N}$.

c) Giá trị của v_0 để điện tích chuyển động thẳng đều? Biết điện tích điểm $q = 10^{-4} \text{ C}$, khối lượng $m = 1 \text{ g}$ chuyển động với vận tốc đầu \vec{v}_0 , theo phương ngang trong một từ trường đều $B = 0,1 \text{ T}$ có phương nằm ngang và vuông góc với \vec{v}_0 .

Hướng dẫn giải

a) Độ lớn của lực Lorenxơ tác dụng lên hạt:

$$f_L = Bvq \sin \alpha = 0,1 \cdot 10^7 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \cdot \sin 30^\circ = 8 \cdot 10^{-14} \text{ (N)}$$

b) Gọi α là góc tạo bởi vector \vec{v} và \vec{B} .

$$\text{Ta có: } f_L = Bvq \sin \alpha \Rightarrow \sin \alpha = \frac{f_L}{Bvq} = \frac{5 \cdot 10^{-4}}{0,5 \cdot 20 \cdot 10^{-4}} = 0,5 \Rightarrow \alpha = 30^\circ$$

c) Khi q chuyển động thẳng đều khi $f_L = P$

$$+ \text{ Ta có: } f_L = P \Leftrightarrow Bvq \sin \alpha = mg \Rightarrow v = \frac{mg}{B \cdot q \cdot \sin \alpha} = 1000 \text{ (m / s)}$$

Ví dụ 2: Hãy cho biết:

a) Giá trị của B . Biết một electron có khối lượng $m = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$, chuyển động với vận tốc ban đầu $v_0 = 10^7 \text{ m/s}$, trong một từ trường đều B sao cho \vec{v}_0 vuông góc với các đường sức từ. Quỹ đạo của electron là một đường tròn bán kính $R = 20 \text{ mm}$.

b) Thời gian để điện tích quay được một vòng bằng một chu kì chuyển động. Biết một điện tích $q = 10^{-6} \text{ C}$, khối lượng $m = 10^{-4} \text{ g}$, chuyển động với vận tốc đầu \vec{v}_0 đi vào trong một từ trường đều có cảm ứng từ $B = 0,2 \text{ T}$ sao cho \vec{v}_0 vuông góc với các đường sức từ.

c) Một proton có khối lượng $m = 1,67.10^{-27}$ kg chuyển động theo một quỹ đạo tròn bán kính 7 cm trong một từ trường đều cảm ứng từ $B = 0,01\text{T}$. Xác định vận tốc và chu kỳ quay của proton.

d) Một electron có vận tốc ban đầu bằng 0, được gia tốc bằng một hiệu điện thế $U = 500\text{ V}$, sau đó bay vào theo phương vuông góc với đường sức từ. Cảm ứng từ của từ trường là $B = 0,2\text{T}$. Bán kính quỹ đạo của electron.

Hướng dẫn giải

a) Khi electron chuyển động vào từ trường với vận tốc ban đầu vuông góc với cảm ứng từ \vec{B} thì electron sẽ chuyển động tròn đều, do đó lực Lorenxơ là lực hướng tâm nên ta có:

$$m \frac{v^2}{R} = B.v.|q| \Rightarrow B = m \frac{v}{R.|q|} = 2,84.10^{-3} (\text{T})$$

b) Khi hạt mang điện chuyển động vào từ trường với vận tốc ban đầu vuông góc với cảm ứng từ \vec{B} thì nó sẽ chuyển động tròn đều, do đó lực Lorenxơ là lực hướng tâm nên ta có:

$$m \frac{v^2}{R} = B.v.|q|$$

$$+ \text{ Vì chuyển động tròn đều nên: } T = \frac{2\pi R}{v} \Rightarrow v = \frac{2\pi R}{T}$$

$$\Rightarrow m \frac{\left(\frac{2\pi R}{T} \right)^2}{R} = B.|q| \Rightarrow T = \frac{2\pi.m}{B.|q|} = \pi (\text{s}) = 6,55.10^{-6} (\text{m} / \text{s})$$

c) Vì proton chuyển động với quỹ đạo tròn nên lực Lorenxơ là lực hướng tâm, do đó ta có:

$$m \frac{v^2}{R} = B.v.|q|$$

+ Vì chuyển động tròn đều nên: $T = \frac{2\pi R}{v} \Rightarrow v = \frac{2\pi R}{T}$

$$\Rightarrow m \frac{\left(\frac{2\pi R}{T}\right)}{R} = B \cdot |q| \Rightarrow T = \frac{2\pi \cdot m}{B \cdot |q|} = 6,56 \cdot 10^{-6} \text{ (s)}$$

+ Vận tốc chuyển động của proton trên quỹ đạo tròn: $v = \frac{2\pi R}{T} = 6,71 \cdot 10^4 \text{ (m/s)}$

d) Theo định lý động năng ta có: $W_{d2} - W_{d1} = A_{\text{ngoại lực}}$

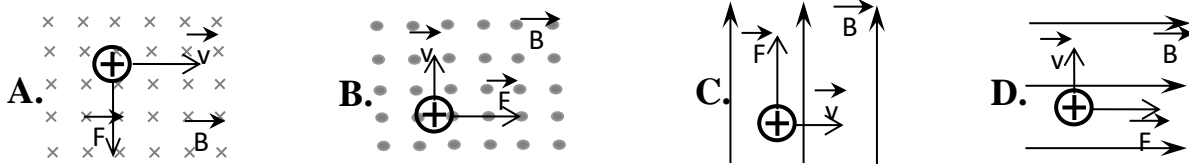
$$\Rightarrow \frac{1}{2}mv^2 - 0^2 = |q|U \Rightarrow v = \sqrt{\frac{2|q|U}{m}}$$

+ Vì proton chuyển động với quỹ đạo tròn nên lực Lorenxơ là lực hướng tâm, do đó ta có:

$$m \frac{v^2}{R} = B \cdot v \cdot |q| \Rightarrow R = \frac{mv}{B|q|} = \frac{m \sqrt{\frac{2|q|U}{m}}}{B|q|} = \frac{1}{B} \sqrt{\frac{2U \cdot m}{|q|}} = 3,77 \cdot 10^{-3} \text{ (m)} = 3,77 \text{ (mm)}$$

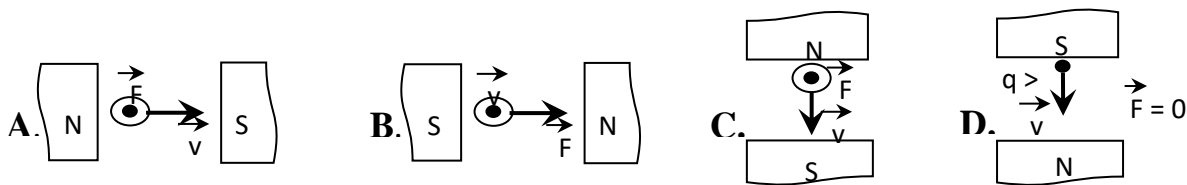
4. Bài tập vận dụng

Bài 1: Hình nào chỉ đúng hướng của lực Lorenxơ tác dụng lên hạt mang điện dương chuyển động trong từ trường đều:



Đáp án: B

Bài 2: Trong hình vẽ sau hình nào chỉ đúng hướng của lực Lorenxơ tác dụng lên hạt mang điện dương chuyển động trong từ trường đều:



Đáp án: D

Bài 3: Một electron bay vuông góc với các đường sức vào một từ trường đều độ lớn 100 mT thì chịu một lực Lo – ren – xơ có độ lớn $1,6 \cdot 10^{-12}$ N. Vận tốc của electron là

A. 10^9 m/s.

B. 10^8 m/s.

C. $1,6 \cdot 10^6$ m/s.

D. $1,6 \cdot 10^9$ m/s.

Đáp án: B

Bài 4: Một điện tích 10^{-6} C bay với vận tốc 10^4 m/s xiên góc 30° so với các đường sức từ vào một từ trường đều có độ lớn 0,5 T. Độ lớn lực Lo – ren – xơ tác dụng lên điện tích là

A. 2,5 mN.

B. $25\sqrt{2}$ mN.

C. 25 N.

D. 2,5 N.

Đáp án: A

Bài 5: Một hạt mang điện tích $q = 4 \cdot 10^{-10}$ C, chuyển động với vận tốc $2 \cdot 10^5$ m/s trong từ trường đều. Mặt phẳng quỹ đạo của hạt vuông góc với vector cảm ứng từ.

Lực Lo-ren-xơ tác dụng lên hạt là $4 \cdot 10^{-5}$ N. Độ lớn cảm ứng từ B của từ trường là:

A. 0,05T.

B. 0,5T.

C. 0,02T.

D. 0, 2T.

Đáp án: B

Bài 6: Một electron chuyển động với vận tốc $2 \cdot 10^6$ m/s vào trong từ trường đều

$B = 0,01$ T chịu tác dụng của lực Lorenxơ $16 \cdot 10^{-16}$ N. Góc hợp bởi vectơ vận tốc và hướng đường sức từ trường là

A. 60° .

B. 30° .

C. 90° .

D. 45° .

Đáp án: B

Bài 7: Một hạt mang điện $3,2 \cdot 10^{-19} \text{C}$ được tăng tốc bởi hiệu điện thế 1000V rồi cho bay vào trong từ trường đều theo phương vuông góc với các đường sức từ. Tính lực Lorenxơ tác dụng lên nó biết $m = 6,67 \cdot 10^{-27} \text{kg}$, $B = 2 \text{T}$, vận tốc của hạt trước khi tăng tốc rất nhỏ.

A. $1,2 \cdot 10^{-13} \text{N}$

B. $1,98 \cdot 10^{-13} \text{N}$

C. $3,21 \cdot 10^{-13} \text{N}$

D. $3,4 \cdot 10^{-13} \text{N}$

Đáp án: B

Bài 8: Một electron bay vào trong từ trường đều $B = 1,2 \text{ T}$. Lúc lọt vào từ trường, vận tốc của electron là 10^7 m/s và vectơ vận tốc hợp với vectơ cảm ứng từ một góc $\alpha = 30^\circ$. Điện tích của electron là $-1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$. Bán kính quỹ đạo (hình lò xo) của electron là

A. $2,37 \cdot 10^{-5} \text{ m}$.

B. $5,9 \cdot 10^{-5} \text{ m}$.

C. $8,5 \cdot 10^{-5} \text{ m}$.

D. $8,9 \cdot 10^{-5} \text{ m}$.

Đáp án: A

Bài 9: Một proton chuyển động theo một quỹ đạo tròn bán kính 5 cm trong một từ trường đều $B = 10^{-2} \text{ T}$. Cho khối lượng của proton là $1,72 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$. Vận tốc của proton là

A. $3,45 \cdot 10^4 \text{ m/s}$.

B. $3,245 \cdot 10^4 \text{ m/s}$.

C. $4,65 \cdot 10^4 \text{ m/s}$.

D. $4,985 \cdot 10^4 \text{ m/s}$.

Đáp án: C

Bài 10: Hạt proton có khối lượng $m_p = 1,672 \cdot 10^{-27}$ kg chuyển động theo quỹ đạo tròn bán kính 5 m dưới tác dụng của một từ trường đều vuông góc với mặt phẳng quỹ đạo và có độ lớn $B = 10^{-2}$ T. Tốc độ và chu kì của proton lần lượt là

A. $4,78 \cdot 10^8$ m/s và $6,6 \mu\text{s}$.

B. $4,78 \cdot 10^8$ m/s và $5,6 \mu\text{s}$.

C. $4,87 \cdot 10^8$ m/s và $6,6 \mu\text{s}$.

D. $4,87 \cdot 10^8$ m/s và $5,6 \mu\text{s}$.

Đáp án: A