

PHẦN IV. TỪ TRƯỜNG

I. KIẾN THỨC CƠ BẢN

1. Từ trường

- + Xung quanh mỗi nam châm hay mỗi dòng điện tồn tại một từ trường.
- + Từ trường là một dạng vật chất mà biểu hiện cụ thể là sự xuất hiện lực từ tác dụng lên một nam châm hay một dòng điện đặt trong khoảng không gian có từ trường.
- + Tại một điểm trong không gian có từ trường, hướng của từ trường là hướng Nam - Bắc của kim nam châm nhỏ nằm cân bằng tại điểm đó.
- + Đường sức từ là những đường vẽ ở trong không gian có từ trường, sao cho tiếp tuyến tại mỗi điểm có phương trùng với phương của từ trường tại điểm đó.
- + Các tính chất của đường sức từ:
 - Tại mỗi điểm trong từ trường chỉ vẽ được 1 đường sức từ.
 - Các đường sức từ là các đường cong kín, còn gọi là từ trường xoáy.
 - Nơi nào cảm ứng từ lớn thì các đường sức từ dày hơn, nơi nào cảm ứng từ nhỏ hơn thì đường sức từ ở đó vẽ thưa hơn.

2. Cảm ứng từ

- + Tại mỗi điểm trong không gian có từ trường xác định một véc tơ cảm ứng từ:
 - Có hướng trùng với hướng của từ trường;
 - Có độ lớn bằng $B = \frac{F}{I\ell}$, với F là độ lớn của lực từ tác dụng lên phần tử dòng điện có độ dài ℓ , cường độ I, đặt vuông góc với hướng của từ trường tại điểm đó.
- ☞ Đơn vị cảm ứng từ là tesla (T).
- ☞ Từ trường đều là từ trường mà cảm ứng từ tại mọi điểm đều bằng nhau. Đường sức từ của từ trường đều là các đường thẳng song song, cách đều nhau.

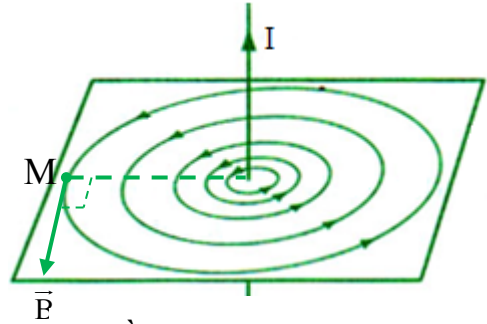
Chuyên đề 1. TỪ TRƯỜNG CỦA DÂY DẪN CÓ HÌNH DẠNG ĐẶC BIỆT.

Dạng 1. Từ trường của dây dẫn có hình dạng đặc biệt

A. Phương pháp giải

1. Từ trường của dòng điện chạy trong dây dẫn thẳng dài vô hạn

- + Đường sức từ của dòng điện thẳng có dạng các đường tròn đồng tâm.
- + Chiều của đường sức từ được xác định theo quy tắc nắm tay phải: “*Đặt bàn tay phải nắm lấy dây dẫn sao cho chiều của ngón cái chỉ chiều dòng điện, khi đó chiều quán của các ngón tay còn lại chỉ chiều đường sức từ*”
- + Độ lớn cảm ứng từ do dòng điện thẳng dài vô hạn gây ra tại một điểm: $B = 2 \cdot 10^{-7} \frac{I}{r}$



Chiều vector \vec{B} tại



Trong đó: B là cảm ứng từ (T), I là cường độ dòng điện chạy trong dây dẫn (A), r là khoảng cách từ dây dẫn đến điểm đang xét.

Cảm ứng từ tại một điểm M cách dây dẫn một đoạn r do dây dẫn điện có:

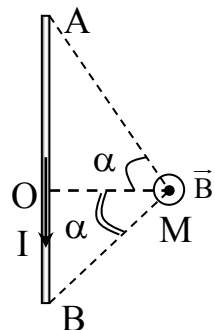
- + Điểm đặt tại M
- + Phương vuông góc với đường tròn (O, r) tại M .
- + Chiều là chiều của đường sức từ.

Quy tắc nắm bàn

Chú ý: Nếu dây dẫn có chiều dài hữu hạn thì cảm ứng từ do dây dẫn gây ra tại M được tính theo công thức:

$$B = 10^{-7} \cdot \frac{I}{r} (\sin \alpha_1 + \sin \alpha_2)$$

Trong đó: $\begin{cases} I: \text{Cường độ dòng điện (A)} \\ r = OM \text{ (m)} - \text{là khoảng cách từ } M \text{ đến dây } AB \\ \alpha_1 = \widehat{AMO}, \alpha_2 = \widehat{BMO} \end{cases}$



☞ Nhận thấy khi $AB = \infty \Rightarrow \alpha_1 = \alpha_2 = \frac{\pi}{2}$

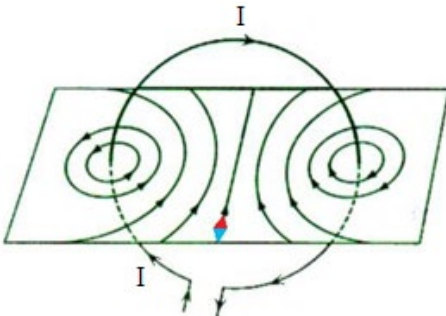
$$\Rightarrow B = 10^{-7} \cdot \frac{I}{r} \left(\sin \frac{\pi}{2} + \sin \frac{\pi}{2} \right) = 2 \cdot 10^{-7} \cdot \frac{I}{r}$$

2. Từ trường của dòng điện chạy trong dây dẫn uốn thành vòng tròn

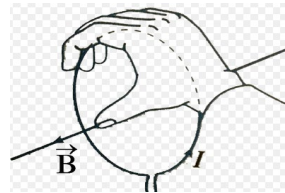
- + Các đường sức từ có chiều được xác định theo quy tắc nắm bàn tay phải: “*Khum bàn tay phải theo chiều dòng điện trong vòng dây, khi đó ngón cái choãi ra chỉ chiều các đường sức từ xuyên qua mặt phẳng dòng điện*”
- + Độ lớn của cảm ứng từ tại tâm vòng dây có độ lớn: $B = 2\pi \cdot 10^{-7} \frac{I}{r}$

Trong đó: r là bán kính của vòng dây (m), I là cường độ dòng điện (A)

- + Nếu khung dây gồm N vòng dây quấn sít thì: $B = 2\pi \cdot 10^{-7} \frac{I \cdot N}{r}$



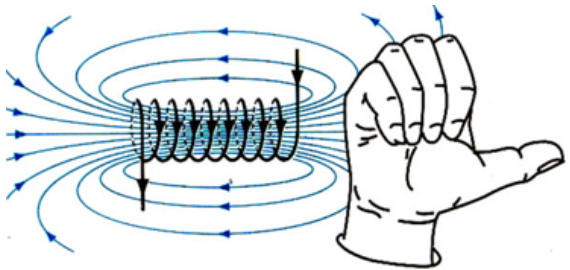
Dạng đường sức dòng



Quy tắc nắm bàn tay phải với dòng điện

3. Từ trường của dòng điện chạy trong ống dây dẫn hình trụ

- + Bên trong ống dây, các đường sức song song với trục ống dây và cách đều nhau (nếu chiều dài ống dây lớn hơn nhiều so với đường kính tiết diện ngang thì từ trường là đều).
- + Chiều của đường sức bên trong ống dây được xác định theo quy tắc nắm tay phải “*đặt bàn tay phải nắm lại dọc theo ống dây, chiều quán của các ngón tay chỉ chiều dòng điện, khi đó chiều tiến của ngón cái chỉ chiều đường sức từ bên trong ống dây*”



- + Độ lớn cảm ứng từ bên trong ống dây: $B = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{N \cdot I}{\ell} = 4\pi \cdot 10^{-7} n \cdot I$

Trong đó: N là số vòng dây trên ống dây, ℓ là chiều dài của ống dây (m), n là mật độ vòng dây (với $n = \frac{N}{\ell}$)

B. VÍ DỤ MẪU

Ví dụ 1: Một dây dẫn thẳng dài vô hạn, dòng điện chạy trong dây có cường độ $I = 10$ A.

- 1) Hãy xác định độ lớn cảm ứng từ do dòng điện trên gây ra tại:
 - a) Điểm M nằm cách dây dẫn 5cm.
 - b) Điểm N nằm cách dây dẫn 8 cm.
- 2) Ở điểm D có cảm ứng từ là $2 \cdot 10^{-5}$ T, điểm D nằm cách dây dẫn 1 đoạn bằng bao nhiêu ?

Hướng dẫn giải

Độ lớn cảm ứng từ do dòng điện thẳng gây ra tại một điểm được xác định theo công thức: $B = 2 \cdot 10^{-7} \cdot \frac{I}{r}$. Như vậy nếu có được cường độ dòng điện và khoảng cách từ điểm đang xét tới dây dẫn chứa dòng điện là ta sẽ giải quyết được bài toán.

1) Xác định độ lớn cảm ứng từ

a) Cảm ứng từ tại M: $B_M = 2 \cdot 10^{-7} \cdot \frac{I}{r} = 2 \cdot 10^{-7} \cdot \frac{10}{0,05} = 4 \cdot 10^{-5}$ (T)

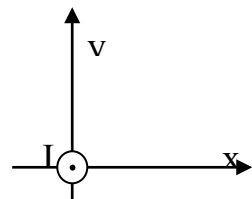
b) Cảm ứng từ tại N: $B_N = 2 \cdot 10^{-7} \cdot \frac{I}{r} = 2 \cdot 10^{-7} \cdot \frac{10}{0,08} = 2,5 \cdot 10^{-5}$ (T)

2) Khoảng cách từ D đến dòng điện

Nếu có cảm ứng từ, yêu cầu tìm khoảng cách thì từ công thức $B = 2 \cdot 10^{-7} \cdot \frac{I}{r}$ ta suy ra r là xong.

Ta có: $B_D = 2 \cdot 10^{-7} \cdot \frac{I}{r} \Rightarrow r = 2 \cdot 10^{-7} \cdot \frac{I}{B} = 0,1(\text{m}) = 10(\text{cm})$

Ví dụ 2: Một dây dẫn thẳng dài vô hạn xuyên qua và vuông góc với mặt phẳng hình vẽ tại điểm O. Cho dòng điện $I = 6$ A có chiều như hình vẽ. Xác định vecto cảm ứng từ tại các điểm: A ($x = 6\text{cm}$; $y = 2\text{cm}$), B ($x = 0\text{cm}$; $y = 5\text{cm}$), C ($x = -3\text{cm}$; $y = -4\text{cm}$), D ($x = 1\text{cm}$; $y = -3\text{cm}$)



Hướng dẫn giải

Để xác định vecto cảm ứng từ tại một điểm do dòng điện thẳng dài vô hạn gây ra tại một điểm ta cần xác định:

- + Điểm đặt (vị trí cần xác định cảm ứng từ).
- + Phương và chiều của nó (áp dụng quy tắc nắm bàn tay phải).
- + Độ lớn. (áp dụng công thức: $B = 2 \cdot 10^{-7} \cdot \frac{I}{r}$)

Sau đây ta sẽ đi vào tìm vecto cảm ứng từ tại 4 điểm theo đề yêu cầu.

a) Vecto cảm ứng từ tại A.

Cảm ứng từ tại A có:

- + Điểm đặt tại A.
- + Phương và chiều theo quy tắc nắm bàn tay phải.

Phương \vec{B}_A vuông góc với IA và chiều theo hướng ngược chiều kim đồng hồ (như hình vẽ).

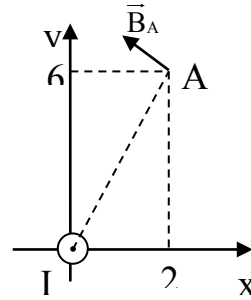
Để tìm độ lớn của \vec{B}_A , trước tiên ta tìm:

- Khoảng cách từ A đến dòng điện:

$$r_A = \sqrt{x_A^2 + y_A^2} = \sqrt{6^2 + 2^2} = 2\sqrt{10} \text{ (cm)}$$

+ Độ lớn cảm ứng từ tại điểm A:

$$B_A = 2 \cdot 10^{-7} \cdot \frac{I}{r_A} = 2 \cdot 10^{-7} \cdot \frac{6}{2\sqrt{10} \cdot 10^{-2}} = 1,9 \cdot 10^{-5} \text{ (T)}$$



b) Vecto cảm ứng từ tại B.

Cảm ứng từ tại B có:

- + Điểm đặt tại B.
- + Phương và chiều theo quy tắc nắm bàn tay phải.

Phương \vec{B}_B vuông góc với IB và chiều theo hướng ngược chiều kim đồng hồ (như hình vẽ).

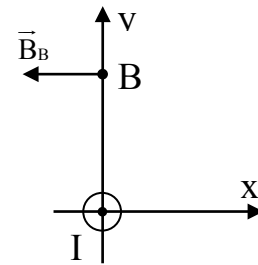
Để tìm độ lớn của \vec{B}_B , trước tiên ta tìm:

- Khoảng cách từ B đến dòng điện:

$$r_B = \sqrt{x_B^2 + y_B^2} = \sqrt{0^2 + 5^2} = 5 \text{ (cm)}$$

+ Độ lớn cảm ứng từ tại điểm B:

$$B_B = 2 \cdot 10^{-7} \cdot \frac{I}{r_B} = 2 \cdot 10^{-7} \cdot \frac{6}{5 \cdot 10^{-2}} = 2,4 \cdot 10^{-5} \text{ (T)}$$



c) Vecto cảm ứng từ tại C.

Cảm ứng từ tại C có:

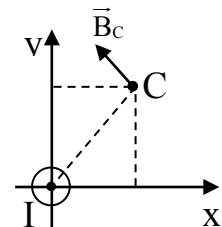
- + Điểm đặt tại C.
- + Phương và chiều theo quy tắc nắm bàn tay phải.

Phương \vec{B}_C vuông góc với IC và chiều theo hướng ngược chiều kim đồng hồ (như hình vẽ).

Để tìm độ lớn của \vec{B}_C , trước tiên ta tìm:

- Khoảng cách từ C đến dòng điện:

$$r_C = \sqrt{x_C^2 + y_C^2} = \sqrt{3^2 + 4^2} = 5 \text{ (cm)}$$



+ Độ lớn cảm ứng từ tại điểm C:

$$B_C = 2 \cdot 10^{-7} \cdot \frac{I}{r_C} = 2 \cdot 10^{-7} \cdot \frac{6}{5 \cdot 10^{-2}} = 2,4 \cdot 10^{-5} \text{ (T)}$$

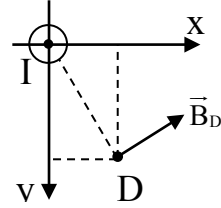
d) Vecto cảm ứng từ tại D.

Cảm ứng từ tại C có:

+ Điểm đặt tại C.

+ Phương và chiều theo quy tắc nắm bàn tay phải.

Phương \vec{B}_D vuông góc với ID và chiều theo hướng ngược chiều kim đồng hồ (như hình vẽ).



Để tìm độ lớn của \vec{B}_D , trước tiên ta tìm:

- Khoảng cách từ D đến dòng điện:

$$r_D = \sqrt{x_D^2 + y_D^2} = \sqrt{1^2 + (-3)^2} = \sqrt{10} \text{ (cm)}$$

+ Độ lớn cảm ứng từ tại điểm D:

$$B_D = 2 \cdot 10^{-7} \cdot \frac{I}{r_D} = 2 \cdot 10^{-7} \cdot \frac{6}{\sqrt{10} \cdot 10^{-2}} = 3,8 \cdot 10^{-5} \text{ (T)}$$

Ví dụ 3: Một khung dây có N vòng dây như nhau dạng hình tròn có bán kính 5cm. Cho dòng điện có cường độ $I = 5 \text{ A}$ chạy qua khung dây. Hãy xác vecto cảm ứng từ tại tâm của khung dây trong các trường hợp:

- Khung dây có 1 vòng dây ($N = 1$)
- Khung dây có 10 vòng dây ($N = 10$)

Hướng dẫn giải

Để xác định vecto cảm ứng từ do dòng điện tròn gây ra tại tâm vòng dây ta cần xác định:

+ Điểm đặt (tâm vòng dây).

+ Phương và chiều của nó (áp dụng quy tắc nắm bàn tay phải).

+ Độ lớn. (áp dụng công thức: $B = 2\pi \cdot 10^{-7} \cdot \frac{I}{r}$)

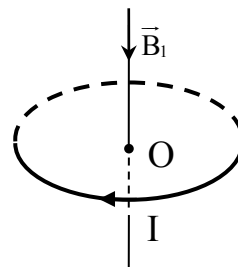
Nếu khung dây gồm N vòng dây thì độ lớn sẽ là: $B = 2\pi \cdot 10^{-7} \cdot \frac{NI}{r}$

Sau đây ta sẽ tìm vecto cảm ứng từ tại tâm khung dây trong hai trường hợp theo đề yêu cầu.

a) Khung dây có 1 vòng dây (N = 1)

Cảm ứng từ tại tâm O có:

+ Điểm đặt tại O.



+ Phương và chiều theo quy tắc nắm bàn tay phải.

Phương \vec{B}_1 vuông góc với mặt phẳng khung dây và chiều hướng xuống (nếu dòng điện cùng chiều kim đồng hồ). (như hình vẽ).

$$+ \text{Độ lớn: } B = 2\pi \cdot 10^{-7} \frac{I}{r} = 2\pi \cdot 10^{-7} \frac{5}{0,05} = 2\pi \cdot 10^{-5} \text{ (T)}$$

b) Khung dây có 10 vòng dây (N = 10)

Cảm ứng từ gây ra tại tâm của khung dây gồm nhiều vòng dây có điểm đặt, phương và chiều giống cảm ứng từ của 1 vòng dây, chỉ khác nhau về độ lớn.

Độ lớn cảm ứng từ của khung dây có 10 vòng dây:

$$B_{10} = 2\pi \cdot 10^{-7} \frac{N \cdot I}{r} = 2\pi \cdot 10^{-7} \frac{10 \cdot 5}{0,05} = 2\pi \cdot 10^{-4} \text{ (T)}$$

$$\text{Hay } B_{10} = N B_1 = 10 B_1 = 2\pi \cdot 10^{-4} \text{ (T)}$$

Ví dụ 4: Dùng một dây đồng đường kính $d = 0,8 \text{ mm}$ có một lớp sơn cách điện mỏng, quấn quanh một hình trụ có đường kính $D = 2 \text{ cm}$, chiều dài 40 cm để làm một ống dây, các vòng dây quấn sát nhau. Muốn từ trường có cảm ứng từ bên trong ống dây bằng $2\pi \cdot 10^{-3} \text{ T}$ thì phải đặt vào ống dây một hiệu điện thế là bao nhiêu. Biết điện trở suất của đồng bằng $1,76 \cdot 10^{-8} \Omega \text{ m}$.

Hướng dẫn giải

+ Gọi N là số vòng dây phải quấn trên ống dây. Đường kính của dây quấn chính là bề dày một vòng quấn, để quấn hết chiều dài ống dây ℓ thì phải cần N vòng quấn

$$\text{nên ta có: } N \cdot d = \ell \Rightarrow \frac{N}{\ell} = \frac{1}{d} \Rightarrow N = \frac{\ell}{d} = 500 \text{ (vòng)}$$

$$+ \text{Ta có: } B = 4\pi \cdot 10^{-7} \cdot \frac{N}{\ell} \cdot I \Rightarrow I = \frac{B}{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot n} = 4 \text{ (A)}$$

$$+ \text{Điện trở của dây quấn: } R = \rho \frac{L}{S} = \rho \frac{L}{\frac{\pi d^2}{4}} \text{ (*)}$$

+ Chiều dài mỗi vòng quấn là chiều dài chu vi vòng tròn: $C = 2\pi r = \pi D$

+ Chiều dài dây quấn: $L = N \cdot C = N \cdot \pi D$

$$\text{Thay vào (*) ta được: } R = \rho \frac{N \cdot \pi D}{\frac{\pi d^2}{4}} = \rho \frac{4N \cdot D}{d^2} = 1,1 \Omega$$

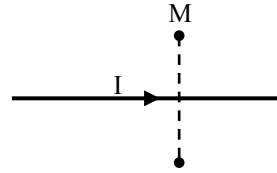
+ Hiệu điện thế ở hai đầu ống dây: $U = IR = 4,4 \text{ V}$

C. BÀI TẬP VẬN DỤNG

Bài 1. Một dây thẳng dài vô hạn mang dòng điện $I = 0,5A$ đặt trong không khí.

- Tính cảm ứng từ tại M cách dòng điện 4 cm.
- Cảm ứng từ tại N bằng $10^{-6}T$. Tính khoảng cách từ N đến dòng điện.

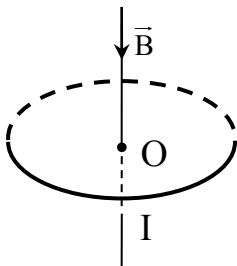
Bài 2. Một dòng điện có cường độ $I = 5A$ chạy trong một dây dẫn thẳng, dài. Xác định cảm ứng từ tại hai điểm M, N. Cho biết M, N và dòng điện nằm trong mặt phẳng hình vẽ và M, N cách dòng điện một đoạn $d = 4\text{ cm}$



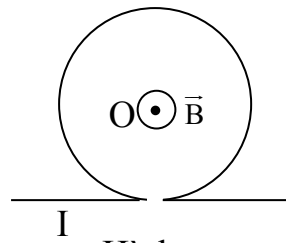
Bài 3. Dòng điện có cường độ 2 A chạy cùng chiều qua hai dây dẫn thẳng song song sát lại. Tính cảm ứng từ do hai dây dẫn gây ra tại nơi cách chúng 5 cm.

Bài 4. Cuộn dây tròn có bán kính $R = 5\text{ cm}$ (gồm 100 vòng dây quấn nối tiếp cách điện nhau) đặt trong không khí có dòng điện I chạy qua mỗi vòng dây, từ trường ở tâm vòng dây là $B = 5 \cdot 10^{-4}\text{ T}$. Tìm I .

Bài 5. Cho các dòng điện tròn có chiều của vector cảm ứng từ tại tâm O có chiều như hình vẽ, hãy xác định chiều các dòng điện trong vòng dây.



Hình



Hình

Bài 6. Dùng 1 dây dẫn uốn thành hình tròn và cho dòng điện có cường độ $I = 10\text{ A}$ chạy qua vòng dây, cảm ứng từ do dòng điện gây ra tại tâm của vòng tròn có giá trị là $4\pi \cdot 10^{-5}\text{ T}$. Hãy xác định bán kính của khung dây trên ?

Bài 7. Cuộn dây tròn dẹt gồm 20 vòng, bán kính là $\pi\text{ cm}$. Khi có dòng điện đi vào thì tại tâm của vòng dây xuất hiện từ trường là $B = 2 \cdot 10^{-3}\text{ T}$. Tính cường độ dòng điện trong cuộn dây.

Bài 8. Cuộn dây tròn bán kính $R = 5\text{ cm}$ gồm 40 vòng dây quấn nối tiếp với nhau, đặt trong không khí có dòng điện I chạy qua mỗi vòng dây.

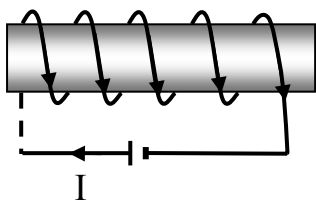
- Từ trường ở tâm O vòng dây là $B = 5\pi \cdot 10^{-4}\text{ T}$. Tính I .
- Nếu dòng điện qua dây tăng lên gấp đôi, bán kính vòng dây giảm đi một nửa. Thì cảm ứng từ tại tâm O có giá trị là bao nhiêu ?

Bài 9. Cuộn dây tròn bán kính $2\pi\text{ cm}$, 100 vòng, đặt trong không khí có dòng điện 2 A chạy qua.

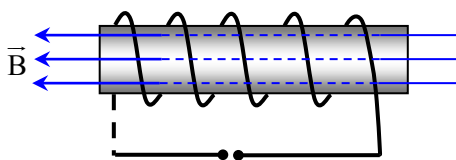
- Tính cảm ứng từ tại tâm vòng dây.

- b) Tăng chu vi của dòng điện tròn lên 2 lần mà vẫn giữ nguyên cường độ dòng điện. Hỏi độ lớn cảm ứng từ tại tâm dòng điện lúc này bằng bao nhiêu?

Bài 10. Hãy xác định chiều của dòng điện hoặc chiều của các đường sức từ bên trong ống dây được cho bởi các hình sau:



Hình



Hình

Bài 11. Một ống dây dài 50 cm, cường độ dòng điện chạy qua mỗi vòng dây là 2A. Cảm ứng từ bên trong ống dây có độ lớn $B = 8\pi \cdot 10^{-4}$. Hãy xác định số vòng dây của ống dây ?

Bài 12. Một ống dây thẳng dài 20 cm, đường kính $D = 2$ cm. Một dây dẫn có vỏ bọc cách điện dài 300 m được quấn đều theo chiều dài ống dây. Ống dây không có lõi sắt và đặt trong không khí. Cường độ dòng điện đi qua dây dẫn là 0,5 A. Tìm cảm ứng từ bên trong ống dây.

Bài 13. Một ống dây hình trụ có chiều dài 1,5m gồm 4500 vòng dây.

- Xác định cảm ứng từ trong lòng ống dây khi cho dòng điện $I = 5A$ chạy trong ống dây ?
- Nếu ống dây tạo ra từ trường có $B = 0,03T$ thì I bằng bao nhiêu?

Bài 14. Một sợi dây đồng có bán kính 0,5 mm. Dùng sợi dây này để quấn một ống dây dài 20 cm. Cho dòng điện có cường độ 5 A chạy qua ống dây. Hãy xác định từ trường bên trong ống dây.

Bài 15. Một ống dây có chiều dài 10 cm, gồm 2000 vòng dây. Cho dòng điện chạy trong ống dây thì thấy cảm ứng từ trong ống dây là $2\pi \cdot 10^{-3}T$.

- Hãy xác định số vòng dây trên 1 m chiều dài ống dây ?
- Cường độ dòng điện bên trong ống dây ?

Bài 16. Một ống dây có chiều dài 20 cm, gồm 500 vòng dây, cho cường độ dòng điện $I = 5A$ chạy trong ống dây.

- Hãy xác định độ lớn cảm ứng từ bên trong ống dây ?
- Nếu đồng thời tăng chiều dài ống dây, số vòng dây và cường độ dòng điện lên 2 lần thì cảm ứng từ bên trong ống dây lúc này có độ lớn là bao nhiêu?
- Cần phải dùng dòng điện có cường độ bao nhiêu để cảm ứng từ bên trong ống dây giảm đi một nửa so với câu a.

Bài 17. Một sợi dây đồng có đường kính 0,8 mm, điện trở $R = 1,1 \Omega$. Dùng sợi dây này để quấn một ống dây dài 40 cm. Cho dòng điện chạy qua ống dây thì cảm ứng từ bên trong ống dây có độ lớn $B = 2\pi \cdot 10^{-3} \text{ T}$. Hãy xác định:

- Số vòng dây trên 1 met chiều dài?
- Hiệu điện thế ở 2 đầu ống dây?

Bài 18. Một dây đồng có đường kính $d = 0,8 \text{ mm}$ có phủ sơn cách điện mỏng quấn quanh một hình trụ đường kính $D = 5 \text{ cm}$ để tạo thành một ống dây. Khi nối ống dây với nguồn $E = 4 \text{ V}$, $r = 0,5 \Omega$ thì cảm ứng từ trong lòng ống dây là $B = 5\pi \cdot 10^{-4} \text{ T}$. Tìm cường độ dòng điện trong ống và chiều dài ống dây, biết điện trở suất của dây quấn là $\rho = 1,76 \cdot 10^{-8} \Omega \cdot \text{m}$.

Bài 19. Một sợi dây đồng có điện trở $R = 1,1 \Omega$, đường kính $D = 0,8 \text{ mm}$, lớp sơn cách điện bên ngoài rất mỏng. Người ta dùng dây đồng này để quấn một ống dây có đường kính $d = 2 \text{ cm}$, dài $l = 40 \text{ cm}$. Hỏi muốn từ trường trong lòng ống dây có cảm ứng từ $B = 6,28 \cdot 10^{-3} \text{ T}$ thì phải đặt ống dây vào hiệu điện thế là bao nhiêu. Cho biết điện trở suất của đồng là $\rho = 1,76 \cdot 10^{-8} \Omega \cdot \text{m}$. Coi rằng các vòng dây quấn sát nhau.

D. HƯỚNG DẪN GIẢI BÀI TẬP VẬN DỤNG

Bài 1.

a) Cảm ứng từ tại điểm M cách dòng điện 4 cm:

$$B = 2 \cdot 10^{-7} \cdot \frac{I}{r} = 2 \cdot 10^{-7} \cdot \frac{0,5}{0,04} = 2,5 \cdot 10^{-6} \text{ (T)}$$

b) Khoảng cách từ điểm N đến dòng điện

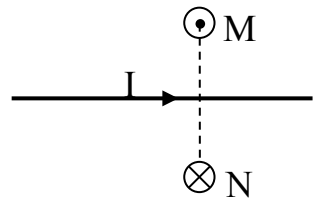
$$\text{Ta có: } B = 2 \cdot 10^{-7} \cdot \frac{I}{r} \Rightarrow r = 2 \cdot 10^{-7} \cdot \frac{I}{B} = 0,1 \text{ (m)} = 10 \text{ (cm)}$$

Bài 2.

+ Vì M và N cùng cách dòng điện một đoạn $d = 4 \text{ cm}$ nên cảm ứng từ do dòng điện gây ra tại M và N có cùng độ lớn.

$$\text{Ta có: } B = 2 \cdot 10^{-7} \cdot \frac{I}{r} = 2 \cdot 10^{-7} \cdot \frac{5}{0,04} = 2,5 \cdot 10^{-5} \text{ (T)}$$

+ Chiều của các vector cảm ứng từ tại M và N được biểu diễn như hình vẽ



Bài 3.

+ Hai dây dẫn có cùng dòng điện $I = 2 \text{ A}$ và cùng chiều, khi đặt sát nhau thì có thể xem như một dây dẫn có dòng điện $I' = 4 \text{ A}$ và có chiều cùng chiều với dòng điện lúc ban đầu nên cảm ứng từ do hai dây gây ra tại điểm M cách chúng 5 cm có độ lớn đúng bằng cảm ứng từ tổng hợp do hai dây gây ra tại M.

$$\text{Do đó: } B_M = 2 \cdot 10^{-7} \cdot \frac{I}{r} = 2 \cdot 10^{-7} \cdot \frac{4}{0,05} = 1,6 \cdot 10^{-5} \text{ (T)}$$

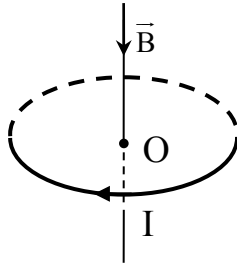
Bài 4.

+ Cảm ứng từ tại tâm của vòng dây gồm N vòng: $B = 2\pi \cdot 10^{-7} \cdot \frac{N \cdot I}{r}$

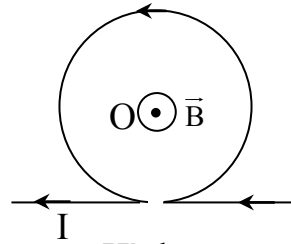
+ Do đó: $I = \frac{R \cdot B}{2\pi \cdot 10^{-7} \cdot N} = \frac{5 \cdot 10^{-2} \cdot 5 \cdot 10^{-4}}{2\pi \cdot 10^{-7} \cdot 100} = 0,4 \text{ (A)}$

Bài 5.

Áp dụng quy tắc nắm bàn tay phải ta xác định được chiều của dòng điện có chiều như hình.



Hình



Hình

Bài 6.

+ Cảm ứng từ tại tâm của

vòng dây: $B = 2\pi \cdot 10^{-7} \frac{I}{r}$

+ Do đó: $r = 2\pi \cdot 10^{-7} \frac{I}{B} = 2\pi \cdot 10^{-7} \frac{10}{4\pi \cdot 10^{-5}} = 0,05 \text{ (m)} = 5 \text{ (cm)}$

Bài 7.

+ Cảm ứng từ tại tâm của vòng dây gồm N vòng: $B = 2\pi \cdot 10^{-7} \cdot \frac{N \cdot I}{r}$

+ Do đó: $I = \frac{r \cdot B}{2\pi \cdot 10^{-7} \cdot N} = \frac{\pi \cdot 10^{-2} \cdot 2 \cdot 10^{-3}}{2\pi \cdot 10^{-7} \cdot 20} = 5 \text{ (A)}$

Bài 8.

a) Cảm ứng từ tại tâm của vòng dây gồm N vòng: $B = 2\pi \cdot 10^{-7} \cdot \frac{N \cdot I}{r}$

Do đó: $I = \frac{B \cdot r}{2\pi \cdot 10^{-7} \cdot N} = 3,125 \text{ (A)}$

b) Từ công thức $B = 2\pi \cdot 10^{-7} \cdot \frac{N \cdot I}{r}$ ta thấy khi I tăng 2 và r giảm đi một nửa thì cảm

ứng từ B tăng 4 lần nên ta có: $B' = 4B = 20\pi \cdot 10^{-4} \text{ T}$

Bài 9.

a) Cảm ứng từ tại tâm của vòng dây gồm N vòng: $B = 2\pi \cdot 10^{-7} \cdot \frac{N \cdot I}{r} = 2 \cdot 10^{-3} \text{ (T)}$

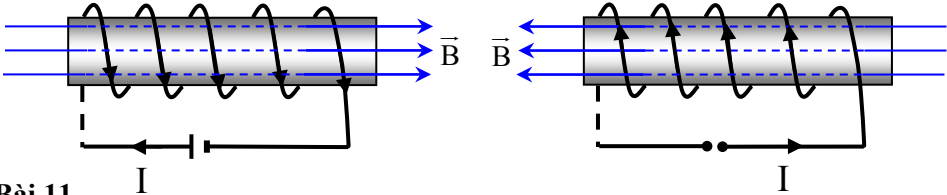
b) Chu vi vòng tròn: $C = 2\pi r \Rightarrow$ khi tăng chi vi 2 lần thì bán kính r cũng tăng 2 nên bán kính mới lúc này là: $r' = 2r$

+ Cảm ứng từ tại tâm của vòng dây gồm N vòng:

$$B' = 2\pi \cdot 10^{-7} \cdot \frac{N \cdot I}{r'} = 2\pi \cdot 10^{-7} \cdot \frac{N \cdot I}{2r} = \frac{B}{2} = 10^{-3} \text{ (T)}$$

Bài 10.

+ Áp dụng quy tắc nắm bàn tay phải ta xác định được chiều của đường sức từ và chiều của dòng điện trong mạch như hình.



Bài 11.

Hình

+ Độ lớn cảm ứng từ bên trong ống dây: $B = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{N \cdot I}{\ell}$

Hình

+ Do đó: $N = \frac{B \cdot \ell}{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot I} = \frac{8\pi \cdot 10^{-4} \cdot 0,5}{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 2} = 500$ vòng

Bài 12.

+ Chiều dài mỗi vòng quấn là chiều dài chu vi vòng tròn: $C = 2\pi R = \pi D$

+ Số vòng quấn được ứng với chiều dài $L = 300$ m là: $N = \frac{L}{C} = \frac{L}{\pi D}$

+ Cảm ứng từ bên trong ống dây: $B = 4\pi \cdot 10^{-7} \cdot \frac{N}{\ell} I = 4\pi \cdot 10^{-7} \cdot \frac{L}{\pi D \cdot \ell} I = 0,015 \text{ (T)}$

Bài 13.

a) Độ lớn cảm ứng từ bên trong ống dây: $B = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{N \cdot I}{\ell} = 0,0188 \text{ (T)}$

b) Dòng điện I trong ống dây: $I = \frac{B \cdot \ell}{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot N} = 7,96 \text{ (A)}$

Bài 14.

+ Gọi N là số vòng dây phải quấn trên ống dây. Đường kính của dây quấn chính là bề dày một vòng quấn, để quấn hết chiều dài ống dây ℓ thì phải cần N vòng quấn

nên ta có: $N \cdot d = \ell \Rightarrow \frac{N}{\ell} = \frac{1}{d} = \frac{1}{2R} \Rightarrow n = \frac{1}{2R} = 1000 \text{ (vòng/m)}$

+ Ta có: $B = 4\pi \cdot 10^{-7} \cdot n \cdot I = 6,28 \cdot 10^{-3} \text{ T}$

Bài 15.

a) Số vòng dây trên 1 mét chiều dài: $n = \frac{N}{\ell} = 2 \cdot 10^4 \text{ (vòng/m)}$

b) Dòng điện chạy trong dây: $I = \frac{B}{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot n} = 0,25 \text{ (A)}$

Bài 16.

a) Độ lớn cảm ứng từ bên trong ống dây: $B = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{N \cdot I}{\ell} = 0,0157(\text{T})$

b) Ta có $B = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{N \cdot I}{\ell}$ nên nếu đồng thời tăng chiều dài ống dây, số vòng dây và cường độ dòng điện lên 2 lần thì cảm ứng từ bên trong ống dây lúc này tăng lên 2 lần. Do đó ta có: $B' = 2B = 0,0314(\text{T})$

c) Ta có $B = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{N \cdot I}{\ell}$ nên để B giảm 2 lần thì I phải giảm 2 lần.

$$\text{Do đó: } I' = \frac{I}{2} = 2,5(\text{A})$$

Bài 17.

a) Gọi N là số vòng dây phải quấn trên ống dây. Đường kính của dây quấn chính là bề dày một vòng quấn, để quấn hết chiều dài ống dây ℓ thì phải cần N vòng quấn nên ta có: $N \cdot d = \ell \Rightarrow \frac{N}{\ell} = \frac{1}{d} \Leftrightarrow n = \frac{1}{d} = 1250$ (vòng/m)

b) Ta có: $B = 4\pi \cdot 10^{-7} \cdot n \cdot I$

+ Dòng điện chạy trong dây: $I = \frac{B}{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot n} = 4(\text{A})$

+ Hiệu điện thế ở hai đầu ống dây: $U = IR = 4,4 \text{ V}$

Bài 18.

+ Mật độ vòng dây: $n = \frac{1}{d} = \frac{1}{0,8 \cdot 10^{-3}} = 1250$ (vòng/m)

+ Cảm ứng từ: $B = 4\pi \cdot 10^{-7} \cdot n \cdot I \Rightarrow I = \frac{B}{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot n} = 1(\text{A})$

+ Lại có: $I = \frac{E}{R + r} \Rightarrow R = \frac{E}{I} - r = 3,5 \Omega$

+ Chiều dài dây dẫn (dây quấn):

$$\ell = \frac{R \cdot S}{\rho} = \frac{R \cdot \left(\pi \frac{d^2}{4} \right)}{\rho} = \frac{3,5 \cdot \left(\pi \frac{(0,8 \cdot 10^{-3})^2}{4} \right)}{1,76 \cdot 10^{-8}} = 99,96(\text{m})$$

+ Số vòng dây: $N = \frac{\ell}{\pi D} = \frac{99,96}{\pi \cdot 0,05} = 636,36$ (vòng)

+ Chiều dài ống dây: $L = \frac{N}{n} = 0,51(\text{m})$

Bài 19.

Điện trở sợi dây đồng: $R = \rho \frac{L}{S} = \rho \frac{L}{\pi \frac{D^2}{4}}$

\Rightarrow Chiều dài sợi dây đồng: $L = \frac{R\pi D^2}{4\rho} = \frac{1,1 \cdot \pi \cdot (0,8 \cdot 10^{-3})^2}{4 \cdot 1,76 \cdot 10^{-8}} = 31,5\text{m}$

Chiều dài mỗi vòng quấn là chiều dài chu vi vòng tròn: $C = 2\pi R = \pi d$

Số vòng dây đồng quấn được trên ống dây: $N = \frac{L}{C} = \frac{31,5}{\pi \cdot 2 \cdot 10^{-2}} = 500$ vũng.

Cảm ứng từ trong ống dây: $B = 4\pi \cdot 10^{-7} \cdot \frac{N}{l} I$

Dòng điện chạy trong dây: $I = \frac{Bl}{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot N} = \frac{6,28 \cdot 10^{-3} \cdot 0,4}{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 500} = 4(A)$

Hiệu điện thế ở hai đầu ống dây: $U = IR = 4,4\text{ V}$

CHUYÊN ĐỀ 2: LỰC TỪ

Dạng 1. Lực từ tác dụng lên đoạn dây dẫn thẳng

A. Phương pháp giải

Lực từ tác dụng lên đoạn dòng điện đặt trong từ trường đều

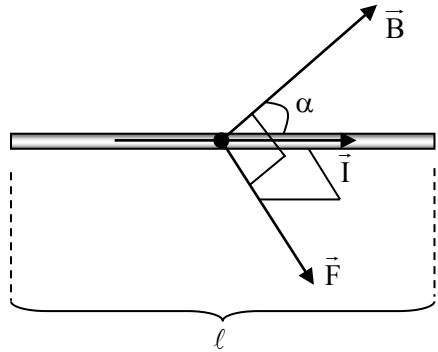
+ Lực từ \vec{F} có đặc điểm:

- Điểm đặt tại trung điểm đoạn dòng điện
- Có phương vuông góc với \vec{I} và \vec{B} , có chiều tuân theo quy tắc bàn tay trái
- Độ lớn: $F = B.I.l.\sin\alpha$ (với α là góc tạo bởi \vec{I} và \vec{B})

Trong đó: B là cảm ứng từ (đơn vị là Tesla – T); I là cường độ dòng điện (A); l là chiều dài của sợi dây (m).

Quy tắc bàn tay trái:

Đặt bàn tay trái xòe rộng, sao cho lòng bàn tay hứng các đường sức từ, chiều từ cổ tay đến các ngón tay giữa chỉ chiều dòng điện, khi đó ngón cái choãi ra 90° chỉ chiều của lực từ.



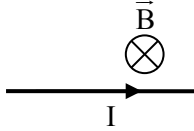
Lưu ý:

- + Chiều của cảm ứng từ \vec{B} bên ngoài nam châm là chiều vào Nam (S) ra Bắc (N)
- + Quy ước:

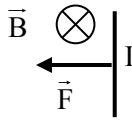
- ⊙ : Có phương vuông góc với mặt phẳng biểu diễn, chiều đi ra.
- ⊗ : Có phương vuông góc với mặt phẳng biểu diễn, chiều đi vào.
- : Có phương, chiều là phương chiều của mũi tên và nằm trên mặt phẳng vẽ nó.

B. VÍ DỤ MẪU

Ví dụ 1: Hãy áp dụng quy tắc bàn tay trái để xác định chiều (của một trong ba đại lượng \vec{F} , \vec{B} , \vec{I}) còn thiếu trong các hình vẽ sau đây:



Hình 1



Hình 2

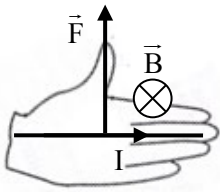


Hình 3

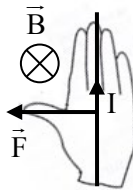
Hướng dẫn giải

Trước tiên ta phát biểu quy tắc bàn tay trái:

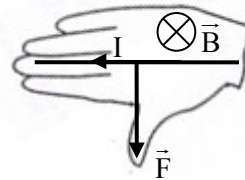
Quy tắc bàn tay trái: Đặt bàn tay trái xòe rộng, sao cho lòng bàn tay hứng các đường sức từ, chiều từ cổ tay đến các ngón tay giữa chỉ chiều dòng điện, khi đó ngón cái choãi ra 90° chỉ chiều của lực từ.



Hình 1

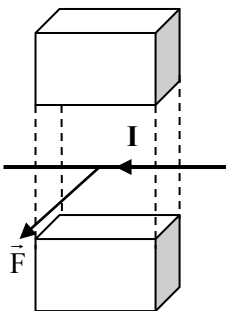


Hình 2

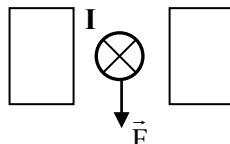


Hình 3

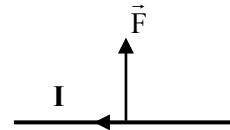
Ví dụ 2: Xác định chiều đường sức từ (ghi tên cực của nam châm)



Hình 1



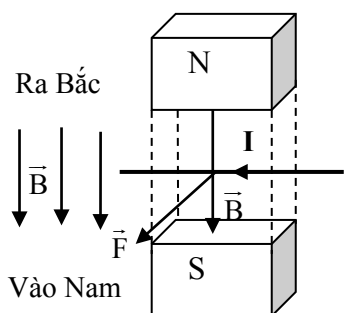
Hình 2



Hình 3

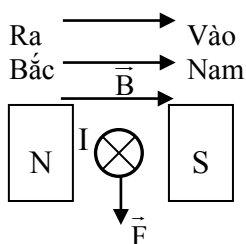
Hướng dẫn giải

Áp dụng quy tắc bàn tay trái ta xác định được các cực và chiều của \vec{B} như sau:



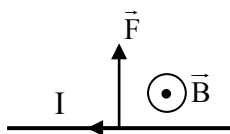
Hình 1

Theo quy tắc bàn tay trái thì vecto cảm ứng từ có phương thẳng đứng và chiều từ trên xuống. Đường sức của vecto cảm ứng từ có chiều vào Nam, ra Bắc nên cực trên của nam châm là Bắc (N) và cực dưới là Nam (S) (như hình 1).



Hình 2

Theo quy tắc bàn tay trái thì vecto cảm ứng từ theo phương ngang và chiều từ trái sang phải. Đường sức của vecto cảm ứng từ có chiều vào Nam, ra Bắc nên cực bên trái của nam châm là Bắc (N) và cực bên phải là Nam (S) (như hình 2).



Hình 3

Theo quy tắc bàn tay trái thì vecto cảm ứng từ có phương vuông góc với mặt phẳng hình vẽ và chiều hướng từ trong ra ngoài (như hình 3).

Ví dụ 3: Một dây dẫn có chiều dài 10 m được đặt trong từ trường đều có $B = 5 \cdot 10^{-2}$ T. Cho dòng điện có cường độ 10 A chạy qua dây dẫn.

- Xác định lực từ tác dụng lên dây dẫn khi dây dẫn đặt vuông góc với \vec{B} .
- Nếu lực từ tác dụng có độ lớn bằng $2,5\sqrt{3}$ N. Hãy xác định góc giữa \vec{B} và chiều dòng điện ?

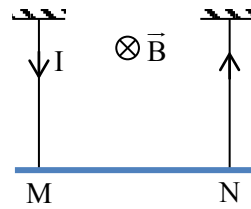
Hướng dẫn giải

a) Lực từ \vec{F} có đặc điểm:

- + Điểm đặt tại trung điểm đoạn dây mang dòng điện
- + Có phương vuông góc với \vec{I} và \vec{B} , có chiều tuân theo quy tắc bàn tay trái
- + Độ lớn: $F = B \cdot I \cdot \ell \cdot \sin \alpha = (5 \cdot 10^{-2}) \cdot 10 \cdot 10 \cdot \sin 90^\circ = 5 \text{ (N)}$

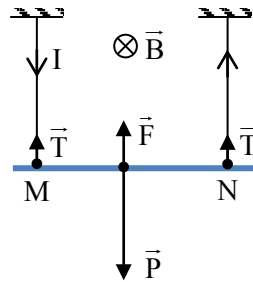
b) Ta có: $F = B.I.l.\sin \alpha \Rightarrow \sin \alpha = \frac{F}{B.I.l} = \frac{2,5\sqrt{3}}{5.10^{-2}.10.10} = \frac{\sqrt{3}}{2} \Rightarrow \alpha = 60^\circ$

Ví dụ 4: Cho đoạn dây MN có khối lượng m, mang dòng điện I có chiều như hình, được đặt vào trong từ trường đều có vectơ \vec{B} như hình vẽ. Biểu diễn các lực tác dụng lên đoạn dây MN (bỏ qua khối lượng dây treo).



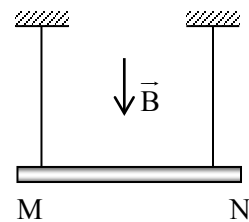
Hướng dẫn giải

+ Các lực tác dụng lên đoạn dây MN gồm: Trọng lực \vec{P} đặt tại trọng tâm (chính giữa thanh), có chiều hướng xuống; Lực căng dây \vec{T} đặt vào điểm tiếp xúc của sợi dây và thanh, chiều hướng lên; Lực từ \vec{F} : áp dụng quy tắc bàn tay trái xác định được \vec{F} có phương thẳng đứng, chiều hướng lên như hình.



+ Các lực được biểu diễn như hình.

Ví dụ 5: Treo đoạn dây dẫn có chiều dài $l = 5$ cm, khối lượng $m = 5$ g bằng hai dây mảnh, nhẹ sao cho dây dẫn nằm ngang. Biết cảm ứng từ của từ trường hướng thẳng đứng xuống dưới, có độ lớn $B = 0,5$ T và dòng điện đi qua dây dẫn là $I = 2$ A. Nếu lấy $g = 10$ m/s² thì góc lệch α của dây treo so với phương thẳng đứng là bao nhiêu.



Hướng dẫn giải

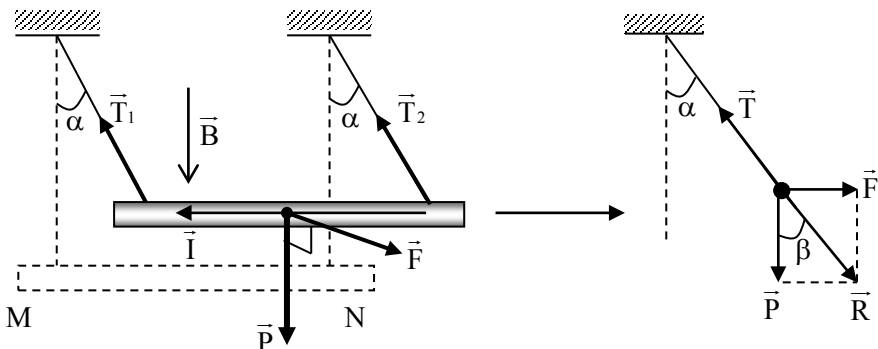
+ Các lực tác dụng lên thanh MN gồm:

Trọng lực \vec{P} có phương thẳng đứng, hướng xuống.

Lực căng dây \vec{T}

Lực từ \vec{F} (dùng quy tắc bàn tay trái xác định chiều của \vec{F})

+ Các lực được biểu diễn như hình



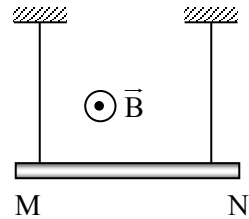
+ Điều kiện cân bằng: $\vec{T} + \vec{F} + \vec{P} = 0 \Rightarrow \vec{T} + \vec{R} = 0 \Rightarrow \vec{T} = -\vec{R} \Rightarrow \beta = \alpha$

+ Từ hình ta có: $\tan \beta = \frac{F}{P} = \frac{BI\ell \cdot \sin 90^\circ}{mg} = \frac{0,5 \cdot 2 \cdot 0,05 \cdot \sin 90^\circ}{0,005 \cdot 10} = 1$

$$\Rightarrow \beta = 45^\circ \Rightarrow \alpha = 45^\circ$$

Ví dụ 6 : Treo đoạn dây dẫn MN có chiều dài $l = 25$ cm, khối lượng của một đơn vị chiều dài là $0,04$ kg/m bằng hai dây mảnh, nhẹ sao cho dây dẫn nằm ngang. Biết cảm ứng từ có chiều như hình vẽ, có độ lớn $B = 0,04$ T. Cho $g = 10$ m/s².

- Xác định chiều và độ lớn của I để lực căng dây bằng 0.
- Cho $I = 16$ A có chiều từ M đến N. Tính lực căng mỗi dây ?



Hướng dẫn giải

a) Lực căng dây bằng 0 nghĩa là dây lơ lửng $\Rightarrow \vec{P} + \vec{F} = 0 \Rightarrow \vec{F} = -\vec{P}$

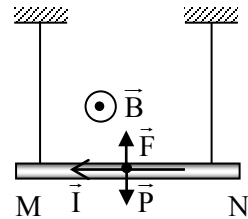
+ Do đó lực từ \vec{F} phải có chiều hướng lên. Áp dụng quy tắc bàn tay trái ta xác định được chiều của dòng điện có chiều từ N đến M.

+ Mặt khác ta cũng có:

$$F = P \Leftrightarrow B \cdot I \cdot \ell \cdot \sin 90^\circ = mg \Rightarrow I = \frac{mg}{B \cdot \ell \cdot \sin 90^\circ}$$

+ Mật độ khối lượng của sợi dây: $d = \frac{m}{\ell}$

$$\Rightarrow \text{Vậy: } I = \frac{d \cdot g}{B \sin 90^\circ} = 10 \text{ (A)}$$

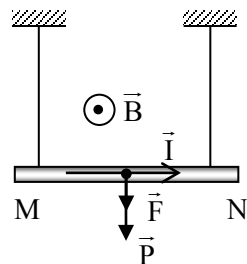


b) Khi dòng điện có chiều từ M đến N thì lực từ \vec{F} có chiều hướng xuống. Do lực căng dây \vec{T} có chiều hướng lên nên: $T = P + F = mg + BI\ell$

$$\Rightarrow T = \ell \left(\frac{mg}{\ell} + BI \right)$$

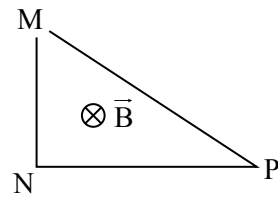
+ Mật độ khối lượng của sợi dây: $d = \frac{m}{\ell}$

$$\Rightarrow \text{Vậy: } T = \ell \left(\frac{mg}{\ell} + BI \right) = \ell (d \cdot g + BI) = 0,26 \text{ (N)}$$



+ Vì có hai sợi dây nên lực căng mỗi sợi là $T_1 = T_2 = \frac{T}{2} = 0,13(N)$

Ví dụ 7: Một dây dẫn được gập thành khung dây dạng tam giác vuông MNP (hình vẽ). Biết $MN = 30\text{ cm}$, $NP = 40\text{ cm}$. Đặt khung dây vào từ trường đều $B = 0,01\text{ T}$ (\vec{B} có phương vuông góc với mặt phẳng hình vẽ, có chiều từ ngoài vào trong như hình). Cho dòng điện $I = 10\text{ A}$ vào khung có chiều MNPM. Lực từ tác dụng vào các cạnh của khung dây là bao nhiêu.



Hướng dẫn giải

Vì \vec{B} vuông góc với mặt phẳng MNP nên \vec{B} vuông góc với tất cả các cạnh của tam giác MNP.

+ Lực từ tác dụng lên đoạn MN

- Có điểm đặt tại trung điểm của MN
- Có phương vuông góc với MN, chiều hướng sang phải như hình
- Có độ lớn: $F_{MN} = B \cdot I \cdot l_{MN} \cdot \sin 90^\circ = 0,01 \cdot 10 \cdot 0,3 = 0,03(N)$

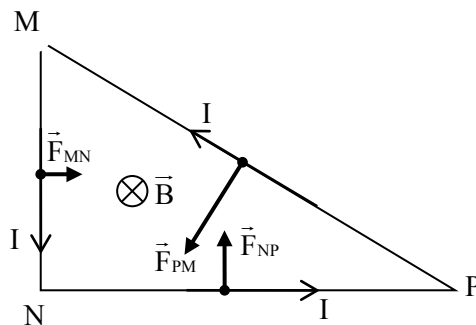
+ Lực từ tác dụng lên đoạn NP

- Có điểm đặt tại trung điểm của NP
- Có phương vuông góc với NP, chiều hướng lên như hình
- Có độ lớn: $F_{NP} = B \cdot I \cdot l_{NP} \cdot \sin 90^\circ = 0,01 \cdot 10 \cdot 0,4 = 0,04(N)$

+ Lực từ tác dụng lên đoạn PM

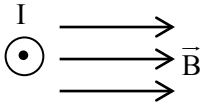
- Có điểm đặt tại trung điểm của PM
- Có phương vuông góc với PM, chiều như hình
- Có độ lớn: $F_{PM} = B \cdot I \cdot l_{PM} \cdot \sin 90^\circ$

$$\Rightarrow F_{PM} = 0,01 \cdot 10 \cdot \sqrt{0,3^2 + 0,4^2} = 0,05(N)$$

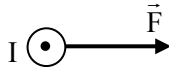


C. BÀI TẬP VẬN DỤNG

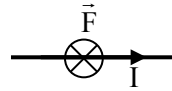
Bài 1. Hãy áp dụng quy tắc bàn tay trái để xác định chiều (của một trong ba đại lượng \vec{F} , \vec{B} , \vec{I}) còn thiếu trong các hình vẽ sau đây:



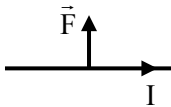
Hình 1



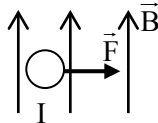
Hình 2



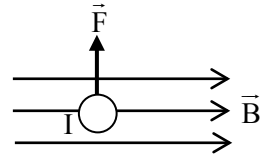
Hình 3



Hình 4

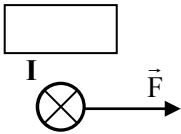


Hình 5

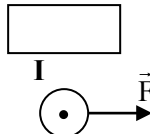


Hình 6

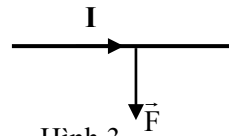
Bài 2. Xác định chiều đường sức từ (ghi tên cực của nam châm)



Hình 1



Hình 2



Hình 3

Bài 3. Một dây dẫn có chiều dài $l = 5\text{m}$, được đặt trong từ trường đều có độ lớn $B = 3 \cdot 10^{-2}\text{ T}$. Cường độ dòng điện chạy trong dây dẫn có giá trị 6A . Hãy xác định độ lớn của lực từ tác dụng lên dây dẫn trong các trường hợp sau đây:

- Dây dẫn đặt vuông góc với các đường sức từ.
- Dây dẫn đặt song song với các đường sức từ.
- Dây dẫn hợp với các đường sức từ một góc 45° .

Bài 4. Một đoạn dây thẳng MN dài 6 cm , có dòng điện 5A , đặt trong từ trường đều có cảm ứng từ $B = 0,5\text{ T}$. Lực từ tác dụng lên đoạn dây có độ lớn $F = 7,5 \cdot 10^{-2}\text{ N}$. Góc hợp bởi dây MN và đường cảm ứng từ là bao nhiêu ?

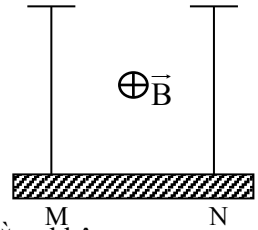
Bài 5. Một dây dẫn mang dòng điện $I = 5\text{A}$, có chiều dài 1m , được đặt vuông góc với cảm ứng từ $B = 5 \cdot 10^{-3}\text{ T}$. Hãy xác định lực từ tác dụng lên dây dẫn ?

Bài 6. Người ta cho dòng điện có cường độ $I = 10\text{ A}$ chạy trong một dây dẫn, đặt dây dẫn vuông góc với các đường cảm ứng từ có $B = 5\text{ mT}$. Lực điện tác dụng lên dây dẫn là $0,01\text{N}$, hãy xác định chiều dài của dây dẫn nói trên ?

Bài 7. Người ta dùng một dây dẫn có chiều dài 2m , đặt vào từ trường đều có $B = 10^{-2}\text{ T}$, dây dẫn được đặt vuông góc với các đường sức, lực từ tác dụng lên dây dẫn là 1N , hãy xác định cường độ dòng điện chạy trong dây dẫn.

Bài 8. Một đoạn dây dẫn dài 5cm đặt trong từ trường đều và vuông góc với vectơ cảm ứng từ. Dòng điện chạy qua dây có cường độ 0,75A. Lực từ tác dụng lên dây có giá trị $3 \cdot 10^{-2}$ N. Hãy xác định cảm ứng từ của từ trường.

Bài 9. Một dây dẫn thẳng MN chiều dài l , khối lượng của một đơn vị dài của dây là $D = 0,04\text{kg/m}$. Dây được treo bằng hai dây dẫn nhẹ thẳng đứng và đặt trong từ trường đều có \vec{B} vuông góc với mặt phẳng chứa MN và dây treo, $B = 0,04\text{T}$. Cho dòng điện I qua dây.

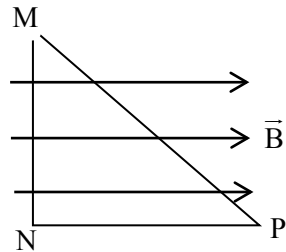


- a) Định chiều và độ lớn của I để lực căng của các dây treo bằng không.
 b) Cho $MN = 25\text{cm}$, $I = 16\text{A}$ có chiều từ N đến M.
 Tính lực căng của mỗi dây.

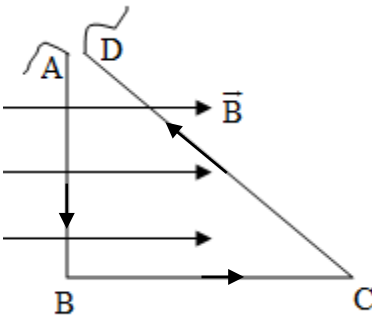
Bài 10. Giữa hai cực nam châm có cảm ứng từ \vec{B} nằm ngang, $B = 0,01\text{T}$ người ta đặt một dây dẫn có chiều dài l nằm ngang vuông góc với \vec{B} . Khối lượng của một đơn vị chiều dài là $d = 0,01 \text{ kg/m}$. Tìm cường độ dòng điện I qua dây để dây nằm lơ lửng không rơi. Cho $g = 10 \text{ m/s}^2$.

Bài 11. Hai thanh ray nằm ngang, song song và cách nhau đoạn $l = 0,3 \text{ cm}$, một thanh kim loại đặt lên hai thanh ray. Cho dòng điện $I = 50\text{A}$ chạy qua thanh kim loại với thanh ray. Biết hệ số ma sát giữa thanh kim loại với thanh ray là $\mu = 0,2$ và khối lượng thanh kim loại $m = 0,5\text{kg}$. Hãy tìm điều kiện về độ lớn của cảm ứng từ B để thanh có thể chuyển động (\vec{B} vuông góc với mặt phẳng hai thanh ray).

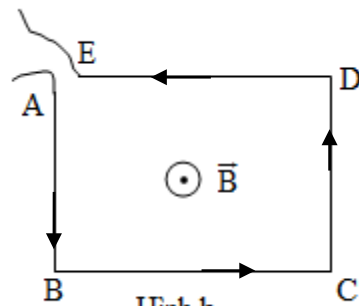
Bài 12. Một dây dẫn được gập thành khung dây dạng tam giác vuông cân MNP. $MN = NP = 10 \text{ cm}$. Đặt khung dây vào từ trường $B = 10^{-2} \text{ T}$ có chiều như hình vẽ. Cho dòng điện $I = 10\text{A}$ vào khung có chiều MNPM. Lực từ tác dụng vào các cạnh của khung dây là bao nhiêu ?



Bài 13. Xác định lực từ tác dụng lên các cạnh của khung (hình vẽ). Biết chiều của vectơ cảm ứng từ \vec{B} và chiều dòng điện được cho như mỗi hình vẽ.



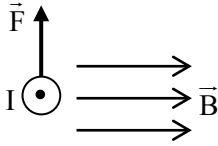
Hình a



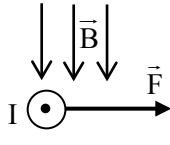
Hình b

D. HƯỚNG DẪN GIẢI BÀI TẬP VẬN DỤNG

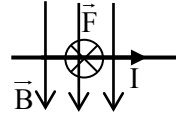
Bài 1.



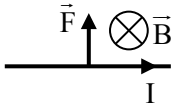
Hình 1



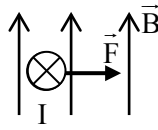
Hình 2



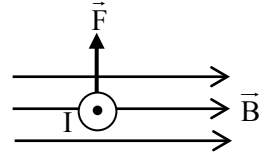
Hình 3



Hình 4



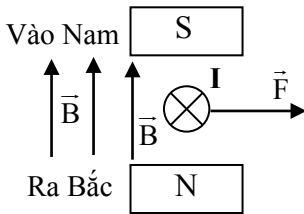
Hình 5



Hình 6

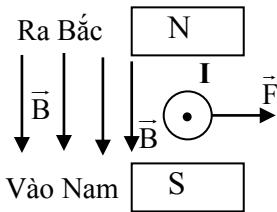
Bài 2.

Áp dụng quy tắc bàn tay trái ta xác định được các cực và chiều của \vec{B} như sau:



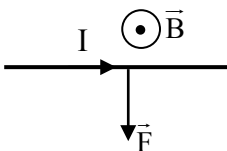
Hình 1

Theo quy tắc bàn tay trái thì vectơ cảm ứng từ có phương thẳng đứng và chiều từ dưới lên. Đường sức của vectơ cảm ứng từ có chiều vào Nam, ra Bắc nên cực trên của nam châm là Nam (S) và cực dưới là Bắc (N) (như hình 1).



Hình 2

Theo quy tắc bàn tay trái thì vectơ cảm ứng từ có phương thẳng đứng và chiều từ trên xuống. Đường sức của vectơ cảm ứng từ có chiều vào Nam, ra Bắc nên cực trên của nam châm là Bắc (N) và cực dưới là Nam (S) (như hình 2).



Hình 3

Theo quy tắc bàn tay trái thì vectơ cảm ứng từ có phương vuông góc với mặt phẳng hình vẽ và chiều hướng từ trong ra ngoài (như hình 3).

Bài 3.

a) Khi dây đặt vuông góc với các đường sức từ thì $\alpha = 90^\circ$

+ Lực từ tác dụng lên đoạn dây lúc này có độ lớn: $F = B.I.l.\sin 90^\circ = 0,9(\text{N})$

b) Khi dây đặt song song với các đường sức từ thì $\alpha = 0^\circ$

+ Lực từ tác dụng lên đoạn dây lúc này có độ lớn: $F = B.I.l.\sin 0^\circ = 0$

c) Khi dây đặt tạo với các đường sức từ thì $\alpha = 45^\circ$

+ Lực từ tác dụng lên đoạn dây lúc này có độ lớn: $F = B.I.l.\sin 45^\circ = 0,64(\text{N})$

Bài 4.

Ta có: $F = BI\ell \sin \alpha \Rightarrow \sin \alpha = \frac{F}{BI\ell} = \frac{7,5 \cdot 10^{-2}}{0,5 \cdot 5 \cdot 0,06} = 0,5 \Rightarrow \alpha = 30^\circ$

Bài 5.

Ta có: $F = BI\ell \sin \alpha = 5 \cdot 10^{-3} \cdot 5 \cdot 1 \cdot \sin 90^\circ = 25 \cdot 10^{-3} (\text{N})$

Bài 6.

Ta có: $F = BI\ell \sin \alpha \Rightarrow \ell = \frac{F}{B.I \sin \alpha} = \frac{0,01}{5 \cdot 10^{-3} \cdot 10 \cdot \sin 90^\circ} = 0,2(\text{m}) = 20(\text{cm})$

Bài 7.

Ta có: $F = BI\ell \sin \alpha \Rightarrow I = \frac{F}{B\ell \sin \alpha} = \frac{1}{10^{-2} \cdot 2 \cdot \sin 90^\circ} = 50(\text{A})$

Bài 8.

Ta có: $F = BI\ell \sin \alpha \Rightarrow B = \frac{F}{I\ell \sin \alpha} = \frac{3 \cdot 10^{-2}}{0,75 \cdot 0,05 \cdot \sin 90^\circ} = 0,8(\text{T})$

Bài 9.

a) Chiều và độ lớn của I

– Để lực căng của dây treo bằng không thì trọng lực và lực từ tác dụng lên dây dẫn thẳng MN phải bằng nhau và lực từ phải hướng lên trên. Theo quy tắc bàn tay trái thì cường độ dòng điện I phải có chiều từ M đến N:

$$\vec{P} + \vec{F} = \vec{0} \Rightarrow F = P \Leftrightarrow BI\ell \sin \alpha = mg$$

$$\Leftrightarrow BI\ell = Dlg \Rightarrow I = \frac{Dg}{B} = \frac{0,04 \cdot 10}{0,04} = 10\text{A}$$

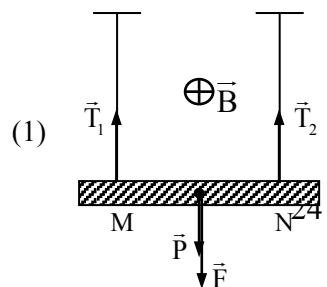
Vậy: Dòng điện I phải có chiều từ M đến N và có độ lớn $I = 10\text{A}$.

b) Lực căng của mỗi dây

Lực từ tác dụng lên MN:

$$F = BI\ell \sin \alpha = 0,04 \cdot 10 \cdot 0,25 = 0,16\text{N}$$

Khi MN nằm cân bằng thì: $\vec{F} + \vec{P} + 2\vec{T} = \vec{0}$



Chiều (1) lên phương của \vec{P} : $F + P - 2T = 0$

$$\Rightarrow T = \frac{F + P}{2} = \frac{0,16 + Dlg}{2} = \frac{0,16 + 0,04 \cdot 0,25 \cdot 10}{2} = 0,13\text{N}$$

Vậy: Lực căng của mỗi dây là $T = 0,13\text{N}$.

Bài 10.

+ Các lực tác dụng lên sợi dây gồm trọng lực \vec{P} và lực từ \vec{F} .

+ Điều kiện để sợi dây nằm cân bằng là:

$$\vec{P} + \vec{F} = 0 \Rightarrow \vec{F} = -\vec{P}$$

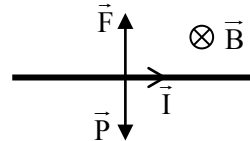
+ Do đó lực từ \vec{F} phải có chiều hướng lên

+ Mặt khác ta cũng có:

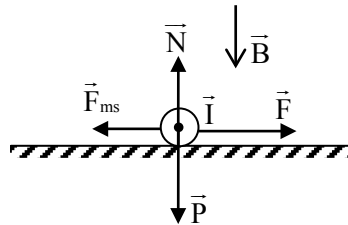
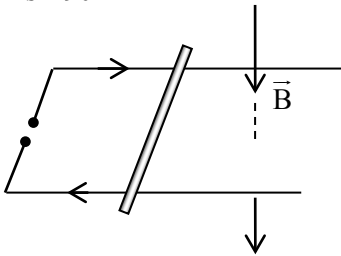
$$F = P \Leftrightarrow B \cdot I \cdot \ell \sin 90^\circ = mg \Rightarrow I = \frac{mg}{B \cdot \ell \sin 90^\circ}$$

+ Mật độ khối lượng của sợi dây: $d = \frac{m}{\ell}$

+ Vậy: $I = \frac{d \cdot g}{B \sin 90^\circ} = 10(\text{A})$



Bài 11.



+ Giả sử cảm ứng từ \vec{B} có chiều từ trên xuống khi đó chiều của lực từ được xác định như hình. Dưới tác dụng của lực từ thanh kim loại sẽ chuyển động trên mặt ngang hai thanh ray. Khi đó lực ma sát sẽ ngược chiều với lực từ \vec{F} .

+ Điều kiện để thanh kim loại có thể chuyển động là :

$$F > F_{ms} \Leftrightarrow BI \ell \cdot \sin 90^\circ > \mu N$$

+ Vì trên mặt ngang nên: $N = P = mg \Rightarrow BI \ell > \mu mg \Rightarrow B > \frac{\mu mg}{I \ell} = \frac{20}{3}(\text{T})$

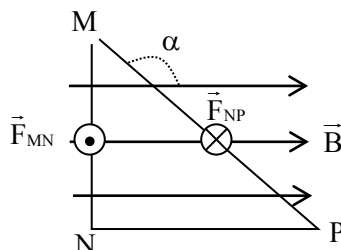
Bài 12.

+ Vì MN vuông với \vec{B} nên:

$$F_{MN} = BI \ell \sin 90^\circ = 10^{-2}(\text{N})$$

+ Vì NP song song \vec{B} nên:

$$F_{NP} = BI \ell \sin 0^\circ = 0$$



+ Từ hình ta thấy \overline{PM} tạo với \vec{B} một góc:

$$\alpha = 180 - 45 = 135^\circ$$

Do đó lực tác dụng lên đoạn PM là:

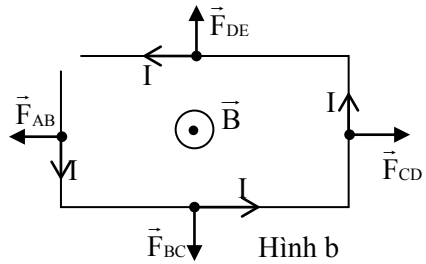
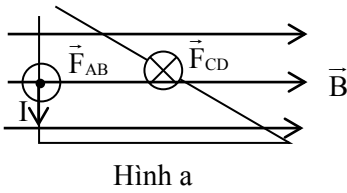
$$F_{PM} = BI\ell \sin 135^\circ = 10^{-2} \text{ (N)}$$

Bài 13.

+ Các cạnh có dòng điện có phương của vectơ cảm ứng từ \vec{B} thì không chịu tác dụng của lực từ.

+ Để xác định lực từ tác dụng lên các cạnh còn lại ta áp dụng quy tắc bàn tay trái.

+ Áp dụng quy tắc bàn tay trái ta xác định được chiều của lực từ tác dụng lên các cạnh của khung như hình.



Dạng 2. SỰ TƯƠNG TÁC GIỮA CÁC DÒNG ĐIỆN THẲNG SONG SONG

A. KIẾN THỨC CƠ BẢN

+ Khi cho dòng điện chạy qua hai dây dẫn thẳng song song thì hai dòng điện tương tác với nhau.

- Nếu hai dòng điện cùng chiều thì chúng hút nhau.
- Nếu hai dòng điện ngược chiều thì chúng đẩy nhau.

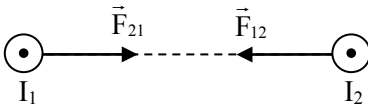
+ Độ lớn của lực từ tác dụng lên **một đơn vị chiều dài** của dây: $F_0 = 2 \cdot 10^{-7} \cdot \frac{I_1 \cdot I_2}{r}$

Trong đó: I_1 và I_2 là cường độ dòng điện chạy qua các dây, đơn vị là ampe (A); r là khoảng cách giữa hai dòng điện, đơn vị là mét (m).

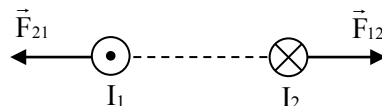
Lưu ý:

+ Lực hút hay lực đẩy giữa hai dòng điện có phương nằm trên đường nối hai dòng điện

+ Nếu tính cho dây có chiều dài l thì: $F = F_0 \cdot l = 2 \cdot 10^{-7} \cdot \frac{I_1 \cdot I_2}{r} \cdot l$



Hai dòng điện cùng chiều



Hai dòng điện ngược chiều

+ khi có nhiều dòng điện tác dụng lên nhau thì ta áp dụng nguyên lý chồng chất:

$$F = F_1 + F_2 + F_3 + \dots$$

B. VÍ DỤ MẪU

Ví dụ 1: Hai dây dẫn thẳng dài, đặt song song với nhau và cách nhau 10 cm đặt trong không khí. Dòng điện chạy trong dây dẫn có cường độ là $I_1 = 1$ A, $I_2 = 5$ A.

- Tính lực từ tác dụng lên một đơn vị chiều dài của dây
- Tính lực từ tác dụng lên một đoạn có chiều dài 2 m của mỗi dây

Hướng dẫn giải

a) Lực tác dụng lên một đơn vị chiều dài của dây:

$$F_0 = 2 \cdot 10^{-7} \cdot \frac{I_1 \cdot I_2}{r} = 2 \cdot 10^{-7} \cdot \frac{1 \cdot 5}{0,1} = 10^{-5} \text{ N}$$

b) Lực từ tác dụng lên một đoạn có chiều dài 2m của mỗi dây:

$$F = 2 \cdot 10^{-7} \cdot \frac{I_1 \cdot I_2}{r} \cdot L = 2 \cdot 10^{-7} \cdot \frac{2 \cdot 5}{0,1} \cdot 2 = 2 \cdot 10^{-5} \text{ N}$$

Ví dụ 2: Dây dẫn thẳng dài có dòng $I_1 = 15 \text{ A}$ đi qua, đặt trong chân không.

- Tính cảm ứng từ tại điểm cách dây 15 cm.
- Tính lực từ tác dụng lên 1 m dây của dòng $I_2 = 10 \text{ A}$ đặt song song cách I_1 đoạn 15 cm. Cho biết lực đó là lực hút hay lực đẩy. Biết rằng I_1 và I_2 ngược chiều nhau.

Hướng dẫn giải

a) Cảm ứng từ do dòng điện I_1 gây ra tại điểm M cách dây đoạn 15 cm là:

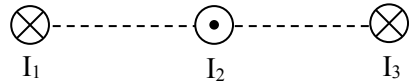
$$B = 2.10^{-7} \frac{I_1}{r} = 2.10^{-7} \frac{15}{0,15} = 2.10^{-5} \text{ (T)}$$

b) Lực từ do dòng I_1 tác dụng lên 1m dây dòng I_2 :

$$F = 2.10^{-7} \frac{I_1.I_2}{r} = 2.10^{-7} \frac{15.10}{0,15} = 2.10^{-4} \text{ (N)}$$

+ Vì hai dòng điện ngược chiều nên lực là lực đẩy

Ví dụ 3: Ba dây dẫn thẳng dài mang dòng điện I_1, I_2, I_3 theo thứ tự đó, đặt song song cách đều nhau, khoảng cách giữa 2 dây là $a = 4 \text{ cm}$. Biết rằng chiều của I_1 và I_3 hướng vào, I_2 hướng ra mặt phẳng hình vẽ, cường độ dòng điện $I_1 = 10 \text{ A}, I_2 = I_3 = 20 \text{ A}$. Xác định \vec{F} tác dụng lên 1 mét của dòng I_1 .



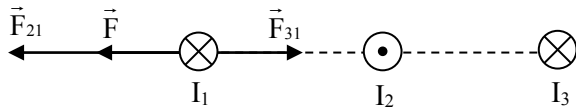
Hướng dẫn giải

+ Dòng I_1 sẽ chịu tác dụng của hai dòng điện I_2 và I_3 .

+ Gọi $\vec{F}_{21}, \vec{F}_{31}$ lần lượt là lực do dòng điện I_2 và dòng điện I_3 tác dụng lên 1m dây của dòng điện I_1

+ Ta có:
$$\begin{cases} F_{21} = 2.10^{-7} \cdot \frac{I_1.I_2}{r_{21}} = 2.10^{-7} \cdot \frac{10.20}{0,04} = 10^{-3} \text{ N} \\ F_{31} = 2.10^{-7} \cdot \frac{I_1.I_3}{r_{13}} = 2.10^{-7} \cdot \frac{10.20}{0,08} = 5.10^{-4} \text{ N} \end{cases}$$

+ Vì hai dòng điện I_1 và I_3 cùng chiều nên lực tương tác giữa chúng là lực hút. Còn hai dòng điện I_1 và I_2 ngược chiều



nên lực tương tác giữa chúng là lực đẩy.

+ Các vectơ lực được biểu diễn như hình

+ Lực tổng hợp tác dụng lên một đơn vị chiều dài của dây mang dòng điện I_1 là:

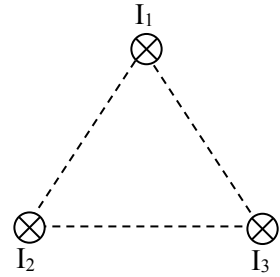
$$\vec{F} = \vec{F}_{31} + \vec{F}_{21}$$

+ Vì \vec{F}_{31} cùng phương ngược chiều với \vec{F}_{21} nên: $F = |F_{31} - F_{21}| = 5.10^{-4} \text{ N}$

+ Vận lực \vec{F} có phương vuông góc với sợi dây mang I_1 và có chiều hướng về bên trái (vì $F_{21} > F_{31}$) như hình vẽ, có độ lớn $F = 5.10^{-4} \text{ N}$

Ví dụ 4: Ba dây dẫn thẳng dài và song song cách đều nhau một khoảng $a = 20 \text{ cm}$ (hình vẽ). Cường độ dòng điện chạy trong 3 dây lần lượt là $I_1 = 50\text{A}$, $I_2 = I_3 = 20\text{A}$.

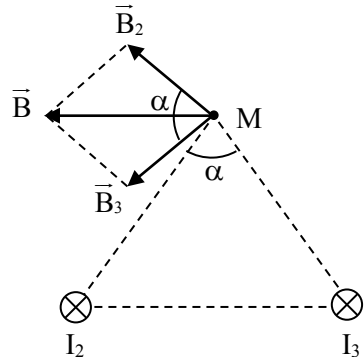
- 1) Xác định cảm ứng từ B tại điểm cách dây 2 và dây 3 một khoảng $a = 20 \text{ cm}$ (tại I_1)
- 2) Xác định phương chiều và độ lớn của lực từ tác dụng lên 1m của dây 1 bằng 2 cách:
 - a) Dựa vào cảm ứng từ B vừa tính câu a.
 - b) Tính trực tiếp.



Hướng dẫn giải

1) Gọi \vec{B}_1, \vec{B}_2 lần lượt là cảm ứng từ do dòng điện I_2 và I_3 gây ra tại M. Áp dụng quy tắc nắm bàn tay phải xác định được chiều của \vec{B}_2, \vec{B}_3 như hình.

+ Ta có:
$$\begin{cases} B_2 = 2.10^{-7} \cdot \frac{I_2}{r_2} = 2.10^{-5} \text{ (T)} \\ B_3 = 2.10^{-7} \cdot \frac{I_3}{r_3} = 2.10^{-5} \text{ (T)} \end{cases}$$



+ Cảm ứng từ tổng hợp tại M: $\vec{B} = \vec{B}_2 + \vec{B}_3$

+ Gọi α là góc tạo bởi \vec{B}_2 và \vec{B}_3 .

Từ hình vẽ ta có: $\alpha = \widehat{I_2MI_3} = 60^\circ$.

+ Vậy cảm ứng từ tổng hợp tại M là:

$$B = \sqrt{B_1^2 + B_2^2 + 2B_1B_2 \cos \alpha} = 2\sqrt{3}.10^{-5} \text{ (T)}$$

2) Tính lực từ tác dụng lên 1m của dòng điện I_1

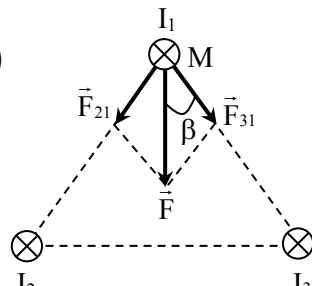
a) Khi đặt dòng điện I_1 vào M thì dòng I_1 sẽ chịu tác dụng của lực từ của từ trường tổng hợp \vec{B} , được tính theo công thức:

$$F = BI_1\ell = 2\sqrt{3}.10^{-5}.50.1 = \sqrt{3}.10^{-3} \text{ N}$$

b) Gọi $\vec{F}_{21}, \vec{F}_{31}$ lần lượt là lực do dòng điện I_2 và I_3 tác dụng lên dòng I_1 . Vì dòng điện I_1 cùng chiều với I_2 và I_3 nên lực $\vec{F}_{21}, \vec{F}_{31}$ là lực hút (hình vẽ)

+ Ta có:
$$\begin{cases} r_{21} = r_{31} = a = 0,2 \text{ (m)} \\ I_2 = I_3 \Rightarrow F_{21} = F_{31} = 2.10^{-7} \cdot \frac{I_2.I_1}{r_{21}} = 10^{-3} \text{ (N)} \end{cases}$$

+ Gọi \vec{F} là hợp lực do I_2 và I_3 tác dụng lên I_1



+ Ta có: $\vec{F} = \vec{F}_{21} + \vec{F}_{31}$

+ Vì $F_{13} = F_{23}$ nên $F = 2F_{13} \cos \beta$ (với $\beta = \frac{\alpha}{2} = 30^\circ$)

Hay: $F = 2 \cdot 10^{-3} \cdot \cos 30^\circ = \sqrt{3} \cdot 10^{-3} \text{ (N)}$

Ví dụ 5: Hai dòng điện thẳng đặt song song cách nhau 40 cm mang hai dòng điện cùng chiều $I_1 = I_2 = 10 \text{ A}$, dòng điện thứ 3 đặt song song với hai dòng điện trên và thuộc mặt phẳng trung trực của 2 dòng I_1, I_2 . Biết $I_3 = 10 \text{ A}$, ngược chiều với I_1 và I_3 cách mặt phẳng chứa (I_1, I_2) đoạn d .

a) Tính lực từ tác dụng lên 1 m dòng I_3 nếu $d = 20 \text{ cm}$.

b) Tìm d để lực từ tác dụng lên 1 m dòng I_3 đạt cực đại, cực tiểu.

Hướng dẫn giải

a) Gọi $\vec{F}_{13}, \vec{F}_{23}$ lần lượt là lực do dòng điện I_1 và I_2 tác dụng lên dòng I_3 . Vì dòng điện I_3 ngược chiều với I_1 và I_2 nên lực $\vec{F}_{13}, \vec{F}_{23}$ là lực đẩy (hình vẽ)

+ Ta có: $r_{13} = r_{23} = \sqrt{\left(\frac{I_1 I_2}{2}\right)^2 + d^2} = \sqrt{0,2^2 + 0,2^2} = 0,2\sqrt{2} \text{ (m)}$

+ Vì: $I_1 = I_2 \Rightarrow F_{13} = F_{23} = 2 \cdot 10^{-7} \cdot \frac{I_1 \cdot I_3}{r_{13}} = \frac{\sqrt{2}}{2} \cdot 10^{-4} \text{ (N)}$

+ Gọi \vec{F} là hợp lực do I_1 và I_2 tác dụng lên I_3

+ Ta có: $\vec{F} = \vec{F}_{13} + \vec{F}_{23}$

+ Vì $F_{13} = F_{23}$ nên $F = 2F_{23} \cos \beta$

(với $\beta = \widehat{F_{23} I_3 F} \Rightarrow \cos \beta = \frac{d}{I_2 I_3} = \frac{0,2}{0,2\sqrt{2}} = \frac{1}{\sqrt{2}}$)

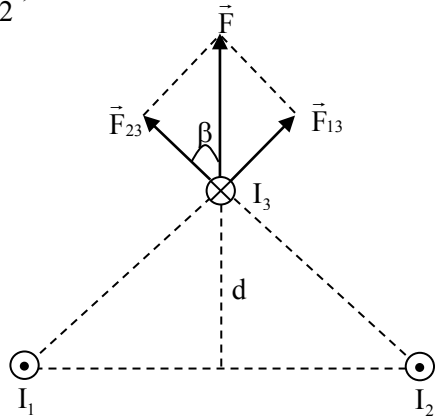
Hay: $F = 2 \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} \cdot 10^{-4} \cdot \frac{1}{\sqrt{2}} = 10^{-4} \text{ (N)}$

Chú ý: Có thể tính F bằng cách khác như sau

+ Gọi α là góc tạo bởi $\vec{F}_{13}, \vec{F}_{23}$, theo định lí hàm số cos ta có:

$$\cos \alpha = \frac{(0,2\sqrt{2})^2 + (0,2\sqrt{2})^2 - 0,4^2}{2 \cdot (0,2\sqrt{2})^2} = 0$$

+ Lại có: $F = \sqrt{F_{13}^2 + F_{23}^2 + 2F_{13}F_{23} \cos \alpha}$. Thay số: $F = 10^{-4} \text{ (N)}$



b) Vì $F_{13} = F_{23}$ ta có: $F = 2F_{23} \cos\beta$

$$\text{với: } \begin{cases} \beta = \widehat{F_{23} I_3 F} \Rightarrow \cos\beta = \frac{d}{I_2 I_3} = \frac{d}{\sqrt{d^2 + 0,2^2}} \\ F_{13} = 2 \cdot 10^{-7} \cdot \frac{I_1 \cdot I_3}{r_{13}} = 2 \cdot 10^{-7} \cdot \frac{10 \cdot 10}{\sqrt{d^2 + 0,2^2}} = \frac{2 \cdot 10^{-5}}{\sqrt{d^2 + 0,2^2}} \end{cases}$$

$$\text{Do đó: } F = 2 \frac{2 \cdot 10^{-5}}{\sqrt{d^2 + 0,2^2}} \frac{d}{\sqrt{d^2 + 0,2^2}} = 4 \cdot 10^{-5} \left(\frac{d}{d^2 + 0,2^2} \right) = 4 \cdot 10^{-5} \left(\frac{1}{d + \frac{0,2^2}{d}} \right)$$

***Tìm d để F = max**

+ Nhận thấy $F = \max$ khi và chỉ khi $\left(d + \frac{0,2^2}{d} \right) = \min$

+ Theo Cô-si: $\left(d + \frac{0,2^2}{d} \right) \geq 2\sqrt{d \cdot \frac{0,2^2}{d}} = 0,4 \Rightarrow \left(d + \frac{0,2^2}{d} \right)_{\min} = 0,4$

+ Vậy $F_{\max} = 4 \cdot 10^{-5} \left(\frac{1}{0,4} \right) = 10^{-4} \text{ (N)}$

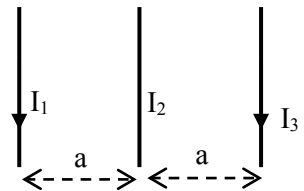
+ Dấu = xảy ra khi: $d = \frac{0,2^2}{d} \Rightarrow d = 0,2 \text{ (m)}$

***Tìm d để F = min**

+ Nhận thấy $F_{\min} = 0$ khi $d = 0$, lúc này I_3 nằm tại trung điểm đường nối I_1 và I_2

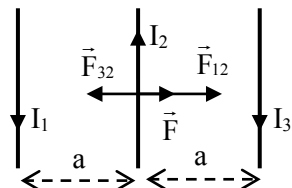
Ví dụ 6: Ba dây dẫn thẳng dài đặt song song trong cùng một mặt phẳng thẳng đứng có khoảng cách $a = 5 \text{ cm}$ như hình vẽ. Dây 1 và 3 được giữ cố định, có cường độ dòng điện $I_1 = 2I_3 = 4\text{A}$ đi qua như hình vẽ. Dây 2 tự do có dòng $I_2 = 5\text{A}$ đi qua. Tìm chiều di chuyển của dây 2 và lực từ tác dụng lên 1m dây 2 khi nó bắt đầu chuyển động nếu I_2 có chiều dòng điện:

- Đi lên
- Đi xuống



Hướng dẫn giải

a) Khi dòng điện qua I_2 có chiều từ dưới lên, lúc này I_1 sẽ đẩy I_2 một lực \vec{F}_{12} còn I_2 sẽ đẩy I_2 một lực \vec{F}_{32}



$$+ \text{Ta có: } \begin{cases} F_{12} = 2 \cdot 10^{-7} \frac{I_1 \cdot I_2}{r_{12}} = 2 \cdot 10^{-7} \frac{4.5}{0,05} = 8 \cdot 10^{-5} \text{ N} \\ F_{32} = 2 \cdot 10^{-7} \frac{I_3 \cdot I_2}{r_{32}} = 2 \cdot 10^{-7} \frac{2.5}{0,05} = 4 \cdot 10^{-5} \text{ N} \end{cases}$$

+ Lực tổng hợp tác dụng lên mỗi đơn vị chiều dài của dây mang I_2 là:

$$\vec{F} = \vec{F}_{12} + \vec{F}_{32}$$

+ Vì \vec{F}_{12} và \vec{F}_{32} cùng phương, ngược chiều nhau và $F_{12} > F_{32}$ nên:

$$F = F_{12} - F_{32} = 4 \cdot 10^{-5} \text{ N}$$

+ Vector \vec{F} có phương vuông góc với sợi dây I_2 và có chiều hướng sang phải (như hình vẽ) nên sợi dây mang I_2 sẽ dịch chuyển sang bên phải đến khi cân bằng được thiết lập thì dừng lại.

b) Khi dòng điện qua I_2 có chiều từ trên xuống, lúc này I_1 sẽ hút I_2 một lực \vec{F}_{12} còn I_2 sẽ hút I_2 một lực \vec{F}_{32}

$$+ \text{Ta có: } \begin{cases} F_{12} = 2 \cdot 10^{-7} \frac{I_1 \cdot I_2}{r_{12}} = 2 \cdot 10^{-7} \frac{4.5}{0,05} = 8 \cdot 10^{-5} \text{ N} \\ F_{32} = 2 \cdot 10^{-7} \frac{I_3 \cdot I_2}{r_{32}} = 2 \cdot 10^{-7} \frac{2.5}{0,05} = 4 \cdot 10^{-5} \text{ N} \end{cases}$$

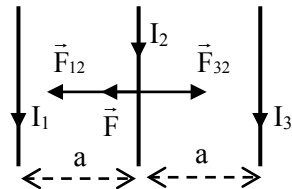
+ Lực tổng hợp tác dụng lên mỗi đơn vị chiều dài của dây mang I_2 là:

$$\vec{F} = \vec{F}_{12} + \vec{F}_{32}$$

+ Vì \vec{F}_{12} và \vec{F}_{32} cùng phương, ngược chiều nhau và

$F_{12} > F_{32}$ nên: $F = F_{12} - F_{32} = 4 \cdot 10^{-5} \text{ N}$

Vector \vec{F} có phương vuông góc với sợi dây I_2 và có chiều hướng sang trái (như hình vẽ) nên sợi dây mang I_2 sẽ dịch chuyển sang bên trái đến khi cân bằng được thiết lập thì dừng lại.



Ví dụ 7: Hai dòng điện thẳng dài vô hạn đặt song song cách nhau 30 cm mang hai dòng điện cùng chiều $I_1 = 20\text{A}$, $I_2 = 40\text{A}$. Xác định vị trí đặt dòng I_3 để lực từ tác dụng lên I_3 là bằng không.

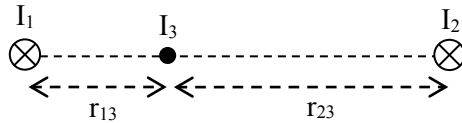
Hướng dẫn giải

Gọi \vec{F}_{13} , \vec{F}_{23} lần lượt là lực do dòng I_1 và I_2 tác dụng lên dòng I_3

$$+ \text{Ta có: } \vec{F}_{13} + \vec{F}_{23} = 0 \Rightarrow \vec{F}_{13} = -\vec{F}_{23} \Rightarrow \begin{cases} \vec{F}_{13} \uparrow \downarrow \vec{F}_{23} & (1) \\ F_{13} = F_{23} & (2) \end{cases}$$

$$+ \text{Từ (2) suy ra: } \frac{I_1}{r_{13}} = \frac{I_2}{r_{23}} \Rightarrow \frac{r_{23}}{r_{13}} = \frac{I_2}{I_1} = 2 \Rightarrow r_{23} = 2r_{13} \quad (4)$$

- + Vì hai dòng điện I_1 và I_3 cùng chiều nên từ (1) suy ra: dòng I_3 phải ở bên trong khoảng giữa hai dòng I_1 và I_3 . Do đó ta có: $r_{23} + r_{13} = 30$ (5)
- + Giải (4) và (5) ta có: $r_{13} = 10$ cm và $r_{23} = 20$ cm
- + Vậy để lực từ tác dụng lên dòng I_3 bằng 0 thì dòng I_3 phải đặt cách dòng I_1 đoạn 10 cm hay đặt cách dòng I_2 đoạn 20 cm (hình vẽ).



C. BÀI TẬP VẬN DỤNG

Bài 1. Hai dây dẫn thẳng dài, song song được đặt trong không khí. Cường độ trong hai dây bằng nhau và bằng $I = 1$ A. Lực từ tác dụng lên mỗi đơn vị chiều dài của dây bằng $2 \cdot 10^{-5}$ N. Hỏi hai dây đó cách nhau bao nhiêu.

Ta có: $F = 2 \cdot 10^{-7} \frac{I_1 \cdot I_2}{r} \Rightarrow r = 2 \cdot 10^{-7} \frac{I_1 \cdot I_2}{F} = 0,01(\text{m}) = 1(\text{cm})$

Bài 2. Một dây dẫn dài vô hạn, có cường độ $I_1 = 6\text{A}$ đặt tại điểm A.

- Hãy tính độ lớn cảm ứng từ do dây dẫn trên gây ra tại điểm B nằm cách A đoạn 6 cm ?
- Nếu tại B đặt một dây dẫn thứ 2 song song với dây thứ nhất. Cho dòng điện $I_2 = 3\text{A}$, chạy cùng chiều với dòng điện thứ nhất, hãy xác định lực từ do I_1 tác dụng lên mỗi mét dây dẫn của I_2 , cho biết chúng đẩy hay hút nhau?

a) Cảm ứng từ do dòng điện thẳng dài vô hạn gây ra tại B:

$$B_1 = 2 \cdot 10^{-7} \cdot \frac{I_1}{r} = 2 \cdot 10^{-7} \cdot \frac{6}{0,06} = 2 \cdot 10^{-5} (\text{T})$$

b) Vì hai dây dẫn có dòng điện cùng chiều nên lực tương tác giữa chúng là lực hút.

+ Độ lớn của lực tương tác: $F = 2 \cdot 10^{-7} \cdot \frac{I_1 \cdot I_2}{r} = 6 \cdot 10^{-5} (\text{N})$

Bài 3. Hai dây dẫn đặt cách nhau 2cm trong không khí, dòng điện trong 2 dây có cùng giá trị cường độ, lực tương tác từ giữa 2 dây là lực hút và có độ lớn $F = 2,5 \cdot 10^{-2}$ N. Hai dòng điện trên cùng chiều hay ngược chiều ? Tìm cường độ dòng điện trong mỗi dây ?

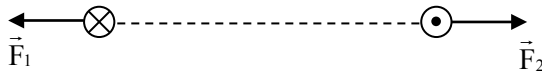
+ Vì lực tương tác là lực hút nên hai dòng điện cùng chiều

$$+ \text{Ta có: } F = 2.10^{-7} \cdot \frac{I_1 \cdot I_2}{r} = 2.10^{-7} \cdot \frac{I^2}{r} \Rightarrow I = \sqrt{\frac{F \cdot r}{2.10^{-7}}} = 50(\text{A})$$

Bài 4. Hai dây dẫn dài vô hạn đặt cách nhau 4cm, cho 2 dòng điện chạy ngược chiều nhau trong 2 dây dẫn, 2 dòng điện có cùng cường độ $I = 5\text{A}$. Hãy cho biết:

- Hai dây dẫn trên có tương tác lực từ với nhau không? Nếu có thì chúng đẩy hay hút nhau? Vẽ hình?
- Hãy tính lực từ tương tác trên mỗi mét chiều dài của mỗi sợi dây?

a) Vì hai dây dẫn đều mang dòng điện nên chúng sẽ tương tác với nhau bằng lực từ. Vì hai dòng điện ngược chiều nên chúng sẽ đẩy nhau



b) Lực tương tác giữa hai dây dẫn: $F = 2.10^{-7} \frac{I_1 \cdot I_2}{r} = 1,25.10^{-4} (\text{N})$

Bài 5. Ba dòng điện cùng chiều cùng cường độ 10A chạy qua ba dây dẫn thẳng đặt đồng phẳng và dài vô hạn. Biết rằng khoảng cách giữa dây 1 và 2 là 10cm dây 2 và 3 là 5cm và dây 1 và 3 là 15cm . Xác định lực từ do:

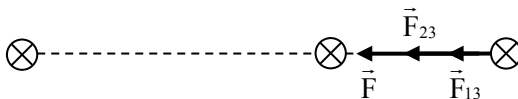
- Dây 1 và dây 2 tác dụng lên dây 3
- Dây 1 và dây 3 tác dụng lên dây 2

a) Vì dòng điện I_1 và I_3 cùng chiều nên I_1 hút I_3 một lực :

$$F_{13} = 2.10^{-7} \frac{I_1 \cdot I_3}{r_{13}} = \frac{1}{7500} (\text{N}) \approx 13,33.10^{-5} (\text{N})$$

+ Vì dòng điện I_2 và I_3 cùng chiều nên I_2 hút I_3 một lực:

$$F_{23} = 2.10^{-7} \frac{I_2 \cdot I_3}{r_{23}} = 4.10^{-4} (\text{N})$$

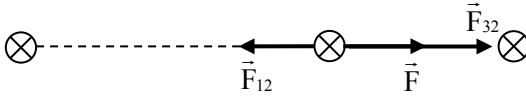


+ Lực từ do dây 1 và dây 2 tác dụng lên dây 3: $\vec{F} = \vec{F}_{13} + \vec{F}_{23}$

+ Vì $\vec{F}_{13} \uparrow \vec{F}_{23}$ nên: $F = F_{13} + F_{23} = 5,33.10^{-4} (\text{N})$

b) Vì dòng điện I_1 và I_2 cùng chiều nên I_1 hút I_2 một lực:

$$F_{12} = 2 \cdot 10^{-7} \frac{I_1 \cdot I_2}{r_{12}} = 2 \cdot 10^{-4} \text{ (N)}$$



+ Vì dòng điện I_3 và I_2 cùng chiều nên I_3 hút I_2 một lực:

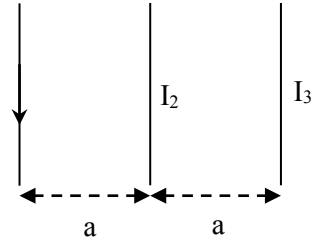
$$F_{32} = 2 \cdot 10^{-7} \frac{I_2 \cdot I_3}{r_{23}} = 4 \cdot 10^{-4} \text{ (N)}$$

+ Lực từ do dây 1 và dây 2 tác dụng lên dây 3: $\vec{F} = \vec{F}_{13} + \vec{F}_{23}$

+ Vì $\vec{F}_{13} \uparrow \vec{F}_{23}$ nên: $F = F_{32} - F_{12} = 2 \cdot 10^{-4} \text{ (N)}$

Bài 6. Ba dây dẫn thẳng dài được đặt song song trong cùng một mặt phẳng thẳng đứng như trong hình vẽ. Dây 1 và dây 3 được giữ cố định có dòng điện chạy xuống và $I_1 > I_3$. Xác định chiều của dòng I_2 nếu:

- Dây 2 bị dịch sang phải
- Dây 2 bị dịch sang trái



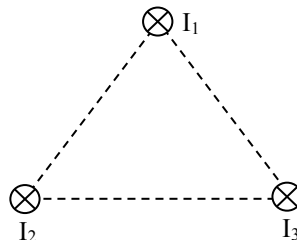
+ Các lực do dòng điện I_1 và I_3 tác dụng lên dòng I_2 là:

$$\begin{cases} F_{12} = 2 \cdot 10^{-7} \cdot \frac{I_1 \cdot I_2}{a} \\ F_{32} = 2 \cdot 10^{-7} \cdot \frac{I_3 \cdot I_2}{a} \end{cases} \xrightarrow{I_1 > I_3} F_{12} > F_{32}$$

a) Muốn cho dây 2 dịch sang phải thì \vec{F}_{12} phải hướng sang phải. Tức là lực \vec{F}_{12} là lực đẩy \Rightarrow hai dòng điện I_1 và I_2 phải ngược chiều nhau \Rightarrow dòng I_2 phải hướng lên.

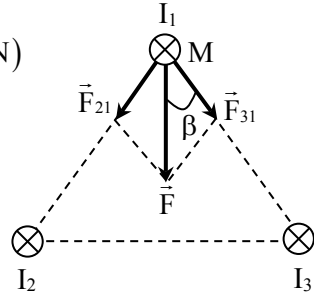
b) Muốn cho dây 2 dịch sang trái thì \vec{F}_{12} phải hướng sang trái. Tức là lực \vec{F}_{12} là lực hút \Rightarrow hai dòng điện I_1 và I_2 phải cùng chiều nhau \Rightarrow dòng I_2 phải hướng xuống.

Bài 7. Ba dây dẫn thẳng dài và song song cách đều nhau một khoảng $a = 10 \text{ cm}$ (hình vẽ). Cường độ dòng điện chạy trong 3 dây lần lượt là $I_1 = 25 \text{ A}$, $I_2 = I_3 = 10 \text{ A}$. Xác định phương chiều và độ lớn của lực từ tác dụng lên 1 m của dây I_1 .



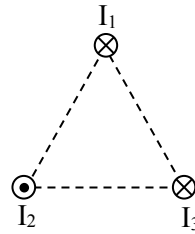
Gọi $\vec{F}_{21}, \vec{F}_{31}$ lần lượt là lực do dòng điện I_2 và I_3 tác dụng lên dòng I_1 . Vì dòng điện I_1 cùng chiều với I_2 và I_3 nên lực $\vec{F}_{21}, \vec{F}_{31}$ là lực hút (hình vẽ)

+ Ta có:
$$\begin{cases} r_{21} = r_{31} = a = 0,1(\text{m}) \\ I_2 = I_3 \Rightarrow F_{21} = F_{31} = 2 \cdot 10^{-7} \cdot \frac{I_2 \cdot I_1}{r_{21}} = 5 \cdot 10^{-4} (\text{N}) \end{cases}$$



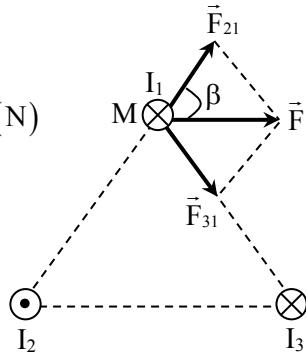
- + Gọi \vec{F} là hợp lực do I_2 và I_3 tác dụng lên I_1
- + Ta có: $\vec{F} = \vec{F}_{21} + \vec{F}_{31}$
- + Vì $F_{13} = F_{23}$ nên $F = 2F_{13} \cos \beta$ (với $\beta = 30^\circ$)
- + Hay: $F = 2 \cdot (5 \cdot 10^{-4}) \cdot \cos 30^\circ = 5\sqrt{3} \cdot 10^{-4} (\text{N})$
- + Vì $F_{21} = F_{31}$ nên \vec{F} là phân giác góc M $\Rightarrow \vec{F}$ hướng đến $I_2 I_3$

Bài 8. Ba dây dẫn thẳng dài và song song cách đều nhau một khoảng $a = 10 \text{ cm}$, dòng điện I_1 và I_3 cùng chiều, dòng điện I_2 ngược chiều với hai dòng còn lại (hình vẽ). Biết cường độ dòng điện chạy trong 3 dây lần lượt là $I_1 = 25\text{A}$, $I_2 = I_3 = 10\text{A}$. Xác định phương chiều và độ lớn của lực từ tác dụng lên 1 m của dây I_1 .



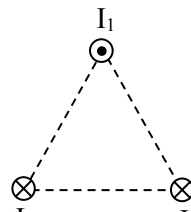
Gọi $\vec{F}_{21}, \vec{F}_{31}$ lần lượt là lực do dòng điện I_2 và I_3 tác dụng lên dòng I_1 . Vì dòng điện I_1 cùng chiều với I_3 và ngược chiều với dòng I_2 nên lực \vec{F}_{31} là lực hút còn lực \vec{F}_{21} là lực đẩy (hình vẽ)

+ Ta có:
$$\begin{cases} r_{21} = r_{31} = a = 0,1(\text{m}) \\ I_2 = I_3 \Rightarrow F_{21} = F_{31} = 2 \cdot 10^{-7} \cdot \frac{I_2 \cdot I_1}{r_{21}} = 5 \cdot 10^{-4} (\text{N}) \end{cases}$$



- + Gọi \vec{F} là hợp lực do I_2 và I_3 tác dụng lên I_1
- + Ta có: $\vec{F} = \vec{F}_{21} + \vec{F}_{31}$
- + Vì $F_{13} = F_{23}$ nên $F = 2F_{12} \cos \beta$ (với $\beta = 60^\circ$)
- Hay: $F = 2 \cdot (5 \cdot 10^{-4}) \cdot \cos 60^\circ = 5 \cdot 10^{-4} (\text{N})$

Bài 9. Ba dây dẫn thẳng dài và song song cách đều nhau một khoảng $a = 10 \text{ cm}$, dòng điện I_1



và I_3 cùng chiều, dòng điện I_2 ngược chiều với hai dòng còn lại (hình vẽ). Biết cường độ dòng điện chạy trong 3 dây lần lượt là $I_1 = 25A$, $I_2 = I_3 = 10A$. Xác định phương chiều và độ lớn của lực từ tác dụng lên 1 m của dây I_1 .

+ Gọi $\vec{F}_{21}, \vec{F}_{31}$ lần lượt là lực do dòng điện I_2 và I_3 tác dụng lên dòng I_1 .

+ Vì dòng điện I_1 ngược chiều với I_2 và I_3 nên lực $\vec{F}_{21}, \vec{F}_{31}$ là lực đẩy (hình vẽ)

+ Ta có: $r_{21} = r_{31} = a = 0,1(m)$

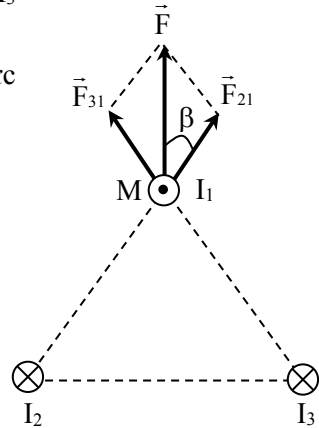
$$\Rightarrow I_2 = I_3 \Rightarrow F_{21} = F_{31} = 2.10^{-7} \cdot \frac{I_2 \cdot I_1}{r_{21}} = 5.10^{-4} (N)$$

+ Gọi \vec{F} là hợp lực do I_2 và I_3 tác dụng lên I_1

+ Ta có: $\vec{F} = \vec{F}_{21} + \vec{F}_{31}$

+ Vì $F_{13} = F_{23}$ nên $F = 2F_{12} \cos \beta$ (với $\beta = 30^\circ$)

$$\text{Hay: } F = 2.(5.10^{-4}).\cos 30^\circ = 5\sqrt{3}.10^{-4} (N)$$



Bài 10. Ba đỉnh tam giác đều ABC đặt ba dây dẫn thẳng dài vuông góc với ABC, có các dòng $I = 5A$ cùng chiều đi qua. Hỏi cần đặt một dòng điện thẳng dài có độ lớn và hướng thế nào, ở đâu để hệ bốn dòng điện ở trạng thái cân bằng.

Bài giải

Vì vai trò của I_1, I_2, I_3 như nhau nên để hệ 4 dòng điện ở trạng thái cân bằng, ta chỉ cần xét sự cân bằng của I_3 và I_4 .

- Lực từ do I_1, I_2 tác dụng lên một mét chiều dài dòng I_3 :

$$F_{13} = F_{23} = 2.10^{-7} \cdot \frac{I_1 I_3}{a} = 2.10^{-7} \cdot \frac{I^2}{a}$$

$$\text{Vì } (\vec{F}_{13}, \vec{F}_{23}) = 60^\circ \Rightarrow F' = 2 \cdot \frac{F_{13} \sqrt{3}}{2} = F_{13} \sqrt{3}$$

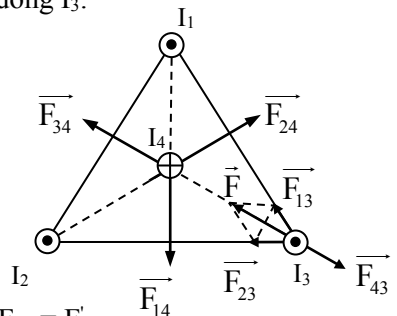
- Để dòng I_3 nằm cân bằng thì:

$$\vec{F}_{13} + \vec{F}_{23} + \vec{F}_{43} = \vec{0} \Rightarrow \vec{F}' + \vec{F}_{43} = \vec{0}$$

$$\Rightarrow \vec{F}_{43} = -\vec{F}' \Rightarrow I_4 \text{ phải ngược chiều với } I_3 \text{ và } F_{43} = F'$$

$$\Leftrightarrow 2.10^{-7} \cdot \frac{I_4 I_3}{R} = 2.10^{-7} \cdot \frac{I^2 \sqrt{3}}{a}$$

$$\Leftrightarrow \frac{I_4}{R} = \frac{I\sqrt{3}}{a} \quad (1)$$



- Để I_4 nằm cân bằng thì I_4 phải đặt ở tâm tam giác:

$$R = \frac{2}{3} \cdot \frac{a\sqrt{3}}{2} = \frac{a\sqrt{3}}{3} \quad (2)$$

- Thay (2) vào (1): $I_4 = \frac{I\sqrt{3} \cdot \frac{a\sqrt{3}}{3}}{a} = I = 5A$.

Vậy: Để hệ 4 dòng điện ở trạng thái cân bằng, ta phải đặt dòng $I_4 = 5A$ qua tâm tam giác, song song ngược chiều với dòng điện ở các đỉnh.

Dạng 3. KHUNG DÂY CÓ DÒNG ĐIỆN ĐẶT TRONG TỪ TRƯỜNG
A. KIẾN THỨC CƠ BẢN

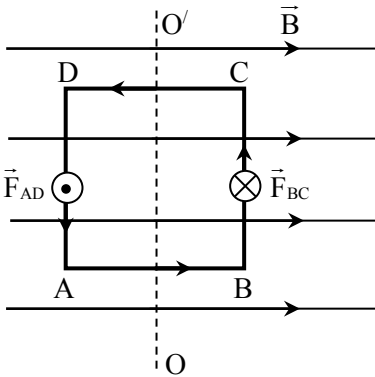
1. Lực từ tác dụng lên khung dây có dòng điện

a. Đường sức từ nằm ngang trong mặt phẳng khung

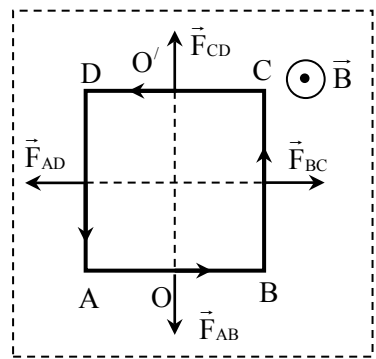
- + Lực từ tác dụng lên hai đoạn dây AB và CD bằng 0 (vì AB và CD song song với đường sức từ).
- + Áp dụng quy tắc bàn tay trái ta thấy các lực từ tác dụng lên hai đoạn dây BC và DA như hình vẽ a. Hai lực này hợp thành một ngẫu lực và làm cho khung dây quay quanh trục OO'.

b. Đường sức từ vuông góc với mặt khung

- + Áp dụng quy tắc bàn tay trái ta thấy các lực từ tác dụng lên khung dây như hình vẽ b. Các lực này không có tác dụng làm cho khung quay.



Hình a



Hình b

2. Mô men ngẫu lực (lực từ)

- + Gọi d là khoảng cách giữa 2 đường tác dụng của 2 lực \vec{F}_{AD} và \vec{F}_{BC} (cũng là chiều dài các cạnh AB và CD) thì đại lượng: $M = F_{BC} \cdot d$ gọi là momen ngẫu lực từ.
- + Ta lại có: $F = BIl \Rightarrow M = BIl^2 = BIS$ (1)

⚡ Chú ý:

- + Công thức (1) áp dụng cho các đường sức từ nằm trong mặt phẳng khung dây. Trong trường hợp các đường sức từ không nằm trong mặt phẳng khung dây thì momen ngẫu lực từ được tính theo công thức:
 $M = BIS \sin \theta$ $\theta = (\vec{B}, \vec{n})$, \vec{n} là vecto pháp tuyến của khung dây
- + Khung dây có N vòng và cảm ứng từ tạo với vecto pháp tuyến của khung dây một góc là θ thì: $M = NBIS \sin \theta$ $\theta = (\vec{B}, \vec{n})$

B. VÍ DỤ MẪU

Ví dụ 1: Khung dây hình chữ nhật có diện tích $S = 25 \text{ cm}^2$ gồm có 10 vòng nối tiếp có cường độ dòng điện $I = 2\text{A}$ đi qua mỗi vòng dây. Khung dây đặt thẳng đứng trong từ trường đều có $B = 0,3 \text{ T}$. Tính momen lực từ đặt lên khung dây khi:

- Cảm ứng từ \vec{B} song song với mặt phẳng khung dây.
- Cảm ứng từ \vec{B} vuông góc với mặt phẳng khung dây.

Hướng dẫn giải

+ Momen ngẫu lực từ tác dụng lên khung dây N vòng là: $M = NBIS \sin \theta$

a) Khi cảm ứng từ \vec{B} song song với mặt phẳng khung dây thì góc $\theta = 90^\circ$ nên:

$$M = NBIS = 15 \cdot 10^{-3} \text{ (N.m)}$$

b) Khi cảm ứng từ \vec{B} vuông góc với mặt phẳng khung dây thì góc $\theta = 0^\circ$ nên:

$$M = NBIS \cdot \sin 0^\circ = 0$$

Ví dụ 2: Một khung dây có kích thước $2\text{cm} \times 3\text{cm}$ đặt trong từ trường đều. Khung dây gồm 200 vòng. Cho dòng điện có cường độ $0,2\text{A}$ đi vào khung dây. Momen ngẫu lực từ tác dụng lên khung có giá trị lớn nhất bằng $24 \cdot 10^{-4} \text{ Nm}$. Hãy tính cảm ứng từ của từ trường.

Hướng dẫn giải

+ Momen ngẫu lực từ tác dụng lên khung dây N vòng là: $M = NBIS \sin \theta$

Trong biểu thức trên ta thấy:

- N là số vòng dây luôn không đổi.
- B là từ trường đều và cũng không đổi trong quá trình khung quay.
- I là cường độ dòng điện chạy trong khung và được giữ cố định nên cũng không đổi.

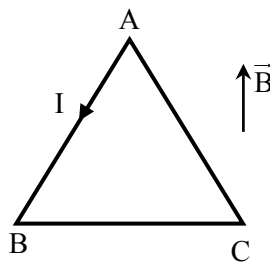
- S là diện tích khung dây và diện tích này cũng không đổi khi khung quay.

- $\theta = (\widehat{\vec{B}, \vec{n}})$ là góc hợp bởi giữa vecto cảm ứng từ và vecto pháp tuyến của mặt phẳng khung dây. Trong quá trình khung quay thì chỉ đại lượng này thay đổi vì thế M_{\max} khi và chỉ khi $\sin \theta = 1$ nghĩa là $\theta = (\widehat{\vec{B}, \vec{n}}) = 90^\circ$.

Từ những lý luận trên ta có: $M_{\max} = NBIS$

$$\Rightarrow B = \frac{M_{\max}}{NIS} = \frac{24 \cdot 10^{-4}}{200 \cdot 0,2 \cdot 6 \cdot 10^{-4}} = 0,1 \text{ (T)}$$

Ví dụ 3: Cho một khung dây có dạng hình tam giác đều ABC (hình vẽ). Khung dây được đặt trong từ trường đều sao cho các đường sức từ song song với mặt phẳng khung dây và vuông góc với cạnh BC của khung dây. Cho biết cạnh của khung dây bằng a và dòng điện trong khung có cường độ I. Hãy chỉ ra các lực từ tác dụng lên các cạnh của khung dây và thành lập công thức momen ngẫu lực từ tác dụng lên khung.

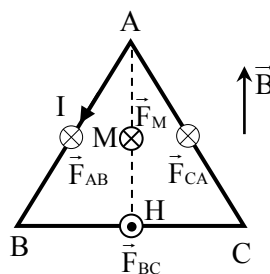


Hướng dẫn giải

+ Ta thấy rằng góc hợp bởi dòng điện \vec{I}_{AB} và vecto \vec{B} bằng 150° , góc hợp bởi dòng điện \vec{I}_{BC} và vecto \vec{B} bằng 90° , góc hợp bởi dòng điện \vec{I}_{CA} và vecto \vec{B} bằng 30° .

+ Lực từ tác dụng lên các cạnh AB, BC, CA là:

$$\begin{cases} F_{AB} = BIa \cdot \sin 150^\circ = 0,5BIa \\ F_{BC} = BIa \cdot \sin 90^\circ = BIa \\ F_{CA} = BIa \cdot \sin 30^\circ = 0,5BIa \end{cases}$$



+ Theo quy tắc bàn tay trái thì phương và chiều của các lực \vec{F}_{AB} , \vec{F}_{BC} , \vec{F}_{CA} được xác định như hình vẽ.

+ Gọi \vec{F}_M là lực tổng hợp của 2 lực \vec{F}_{AB} , \vec{F}_{CA} thì:

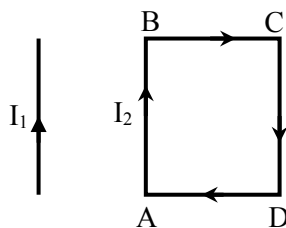
$$F_M = F_{AB} + F_{CA} = BIa$$

và \vec{F}_M có điểm đặt trung điểm M của AH và có chiều như hình. Vậy \vec{F}_M và \vec{F}_{BC} tạo thành một cặp ngẫu lực tác dụng lên khung.

+ Momen của ngẫu lực tác dụng lên khung dây không phụ thuộc vào việc chọn trục quay. Do đó ta có thể chọn trục quay đi qua H, khi đó momen của ngẫu lực tác dụng lên khung lúc đó là:

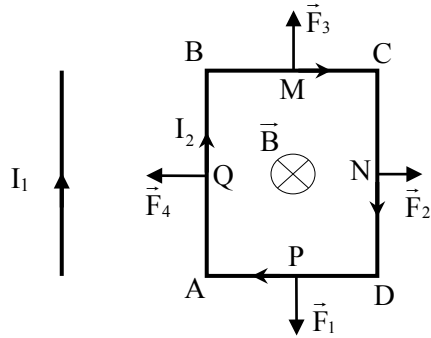
$$M = F_M \cdot MH = BIa \cdot \frac{AH}{2} = BIa \cdot \frac{a\sqrt{3}}{4} = BI \frac{a^2\sqrt{3}}{4}$$

Ví dụ 4: Khung dây hình chữ nhật ABCD có cạnh $AB = CD = a = 10 \text{ cm}$, $AD = BC = b = 5 \text{ cm}$, có dòng $I_2 = 2 \text{ A}$ đi qua. Một dòng điện thẳng dài $I_1 = 4 \text{ A}$ nằm trong mặt phẳng ABCD cách AB một khoảng $d = 5 \text{ cm}$ như hình vẽ. Tính lực từ tổng hợp do I_1 tác dụng lên khung dây.



Hướng dẫn giải

- + Từ trường do dòng I_1 gây nên tại các vị trí nằm trên cạnh khung dây có chiều hướng vào mặt phẳng hình vẽ.
- + Lực từ tác dụng lên mỗi cạnh của khung dây được xác định theo quy tắc bàn tay trái.
- + Các lực từ nói trên nằm trong mặt phẳng khung dây nên không gây ra momen làm cho khung quay.
- + Hợp lực tác dụng lên khung dây:



$$\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 + \vec{F}_4$$

- + Do tính chất đối xứng nên cảm ứng từ do I_1 gây nên tại M và P bằng nhau, nên F_1 và F_3 trực đối $\Rightarrow \vec{F}_1 + \vec{F}_3 = 0$

- + Vậy hợp lực viết gọn lại như sau: $\vec{F} = \vec{F}_2 + \vec{F}_4$

$$+ \text{Ta có: } \begin{cases} F_2 = 2 \cdot 10^{-7} \left(\frac{I_1 I_2}{d+b} \right) a = 1,6 \cdot 10^{-6} \text{ (N)} \\ F_4 = 2 \cdot 10^{-7} \left(\frac{I_1 I_2}{d} \right) a = 3,2 \cdot 10^{-6} \text{ (N)} \end{cases}$$

- + Vì $\vec{F}_2 \uparrow \vec{F}_4 \downarrow \Rightarrow F = |F_2 - F_4| = 1,6 \cdot 10^{-6} \text{ (N)}$

C. BÀI TẬP VẬN DỤNG

Bài 1. Khung dây hình chữ nhật kích thước $AB = a = 10 \text{ cm}$, $BC = b = 5 \text{ cm}$ gồm có 20 vòng nối tiếp có thể quay quanh cạnh AB thẳng đứng. Khung dây có dòng $I = 1 \text{ A}$ chạy qua và đặt trong từ trường đều có \vec{B} nằm ngang, $(\vec{B}, \vec{n}) = 30^\circ$, $B = 0,5 \text{ T}$. Tính momen lực từ đặt lên khung dây.

Bài 2. Một khung dây tròn bán kính 5 cm gồm 75 vòng được đặt trong từ trường đều có cảm ứng từ 0,25 T. Mặt phẳng của khung dây hợp với đường sức từ một góc 60° . Tính momen ngẫu lực từ tác dụng lên khung dây. Cho biết mỗi vòng dây có cường độ dòng điện 8 A chạy qua.

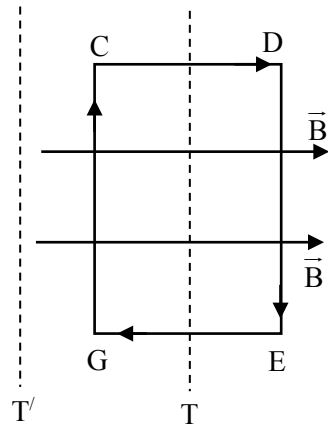
Bài 3. Một khung dây hình chữ nhật ABCD đặt trong từ trường đều cảm ứng từ $B = 5 \cdot 10^{-2} \text{ T}$. Cạnh AB của khung dài 3 cm, cạnh BC dài 5 cm. Dòng điện trong khung có cường độ 2 A. Tính giá trị lớn nhất của momen ngẫu lực từ tác dụng lên khung trong 2 trường hợp:

- a) Cạnh AB của khung vuông góc còn cạnh BC song song với đường sức từ.

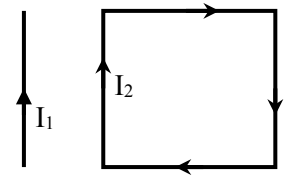
b) Cạnh BC của khung vuông góc còn cạnh AB song song với đường sức từ

Bài 4. Một khung dây hình vuông CDEG, $CD = a$ được giữ trong từ trường đều như hình vẽ. Vecto cảm từ \vec{B} song song với các cạnh CD, EG, dòng điện trong khung có cường độ I .

- Xác định các lực từ tác dụng lên các cạnh của khung
- Tính momen của các lực từ tác dụng lên khung CDEG đối với trục T đi qua tâm hình vuông và song song với cạnh DE. Sau đó tính momen của các lực đối với trục T' bất kì song song với T .



Bài 5. Khung dây hình vuông ABCD có cạnh $a = 4$ cm có dòng $I_2 = 20$ A đi qua, một dòng điện thẳng $I_1 = 15$ A nằm trong mặt phẳng ABCD cách AD một khoảng $d = 2$ cm như hình vẽ. Tính lực từ tổng hợp do I_1 tác dụng lên khung dây.



D. HƯỚNG DẪN GIẢI BÀI TẬP VẬN DỤNG

Bài 1.

Momen ngẫu lực từ tác dụng lên khung dây:

$$M = NBIS \sin \theta = 20.0,5.1.(10.5.10^{-4}).\sin 30^\circ = 0,025(\text{Nm})$$

Bài 2.

Vì mặt phẳng khung dây hợp với \vec{B} một góc 60° nên ta có $\theta = 90^\circ - 60^\circ = 30^\circ$

Momen ngẫu lực từ tác dụng lên khung dây:

$$M = NBIS \sin \theta = 75.0,25.8.(\pi.0,05^2).\sin 30^\circ = 0,059(\text{Nm})$$

Bài 3.

Ta có: $M = BIS \sin \theta \Rightarrow M_{\max}$ khi và chỉ khi $\sin \theta = 1$ nên momen ngẫu lực từ tác dụng lên khung dây trong 2 trường hợp đều bằng nhau:

$$M = BIS = 1,5.10^{-4}(\text{Nm})$$

Bài 4.

a) $GE \parallel CD \parallel \vec{B}$ nên $F_{CD} = F_{GE} = 0$

$$F_{CG} = F_{DE} = B.I.a$$

b) Đối với trục T , 2 lực \vec{F}_{CG} và \vec{F}_{DE} làm khung quay cùng chiều (chiều quay quanh trục T) nên:

$$M_T = F_{CG} \cdot \frac{a}{2} + F_{DE} \cdot \frac{a}{2} = B I a^2$$

c) Đối với trục T' 2 lực \vec{F}_{CG} và \vec{F}_{DE} làm khung quay ngược (chiều quay quanh trục T) chiều nên: $M_{T'} = F_{DE} \cdot (d + a) - F_{CG} \cdot d = B I a^2$

Bài 5.

+ Từ trường do dòng I_1 gây nên tại các vị trí nằm trên cạnh khung dây có chiều hướng vào mặt phẳng hình vẽ.

+ Lực từ tác dụng lên mỗi cạnh của khung dây được xác định theo quy tắc bàn tay trái.

+ Các lực từ nói trên nằm trong mặt phẳng khung dây nên không gây ra momen làm cho khung quay.

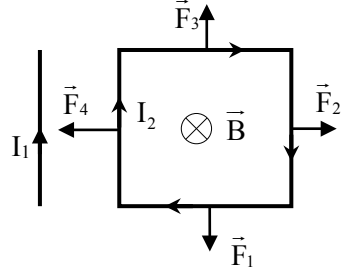
+ Hợp lực tác dụng lên khung dây: $\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 + \vec{F}_4$

+ Do tính chất đối xứng nên cảm ứng từ do I_1 gây nên tại M và P bằng nhau, nên F_1 và F_3 trực đối $\Rightarrow \vec{F}_1 + \vec{F}_3 = 0$

+ Vậy hợp lực viết gọn lại như sau: $\vec{F} = \vec{F}_2 + \vec{F}_4$

+ Ta có:
$$\begin{cases} F_2 = 2 \cdot 10^{-7} \left(\frac{I_1 I_2}{d + a} \right) a = 4 \cdot 10^{-5} \text{ (N)} \\ F_4 = 2 \cdot 10^{-7} \left(\frac{I_1 I_2}{d} \right) a = 12 \cdot 10^{-5} \text{ (N)} \end{cases}$$

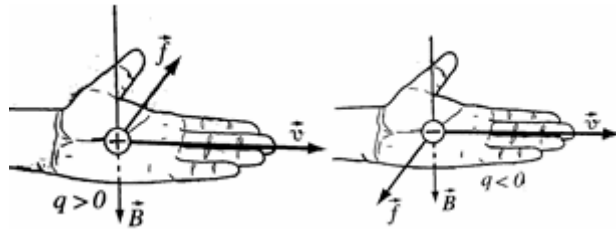
+ Vì $\vec{F}_2 \uparrow \vec{F}_4 \downarrow \Rightarrow F = |F_2 - F_4| = 8 \cdot 10^{-5} \text{ (N)}$



Dạng 4. LỰC LORENXO
A. KIẾN THỨC CƠ BẢN

Lực Lorenxơ \vec{f}_L :

- Có điểm đặt trên điện tích.
- Có phương vuông góc với \vec{v} và \vec{B}
- Có chiều: xác định theo qui tắc bàn tay trái “*đặt bàn tay trái mở rộng để các vec 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: $f_L = B.v.|q|\sin\alpha$, với $\alpha = (\vec{v}, \vec{B})$



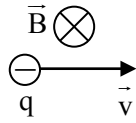
Lưu ý:

- + Lực hướng tâm: $F_{ht} = ma_{ht} = m \frac{v^2}{R}$
- + Khi góc $\alpha = 90^\circ$ thì hạt chuyển động tròn đều. Lúc này Lorenxơ đóng vai trò lực hướng tâm nên: $m \frac{v^2}{R} = |q|vB \Rightarrow R = \frac{m.v}{|q|.B}$
- + 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{E} 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 điện tích chuyển động thẳng đều thì hợp lực tác dụng lên điện tích bằng không.
- + Khi electron được gia tốc bởi hiệu điện thế U thì nó sẽ có động năng

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

B. VÍ DỤ MẪU

Ví dụ 1: Cho điện tích $q < 0$ bay vào trong từ trường \vec{B} , chiều của các vectơ \vec{B} và \vec{v} được biểu diễn như hình. Hãy vận dụng quy tắc bàn tay trái xác định chiều của lực Lorenxơ.



Hướng dẫn giải

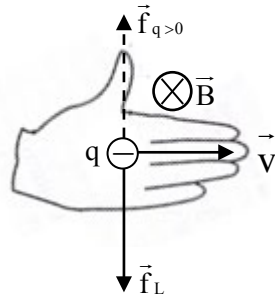
+ Khi vận dụng quy tắc bàn tay trái để xác định chiều của lực Lorenxơ ta cần lưu ý:

Khi $q > 0$ thì chiều của lực Lorenxơ là chiều của ngón tay cái.

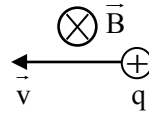
Khi $q < 0$ thì chiều của lực Lorenxơ là chiều ngược lại với chiều của ngón tay cái.

+ Đặt bàn tay trái xòe rộng, sao cho các đường cảm ứng từ \vec{B} xuyên qua lòng bàn tay, chiều từ cổ tay đến ngón tay giữa trùng với chiều của vectơ \vec{v} , ngón cái choãi ra 90° , khi đó chiều của lực Lorenxơ ngược chiều với chiều chỉ của ngón cái.

+ Chiều của vectơ lực Lorenxơ \vec{f}_L hướng từ trên xuống (như hình).

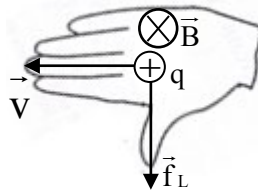


Ví dụ 2: Cho điện tích $q > 0$ bay vào trong từ trường \vec{B} , chiều của các vectơ \vec{B} và \vec{v} được biểu diễn như hình. Hãy vận dụng quy tắc bàn tay trái xác định chiều của lực Lorenxơ.



Hướng dẫn giải

+ Đặt bàn tay trái xòe rộng, sao cho các đường cảm ứng từ \vec{B} xuyên qua lòng bàn tay, chiều từ cổ tay đến ngón tay giữa trùng với chiều của vectơ \vec{v} , ngón cái choãi ra 90° chính là chiều của lực Lorenxơ.



Ví dụ 3: Một proton bay vào trong từ trường đều theo phương hợp với đường sức từ một góc α . Vận tốc ban đầu của proton $v = 3 \cdot 10^7$ m/s và từ trường có cảm ứng từ $B = 1,5$ T. Biết proton có điện tích $q = 1,6 \cdot 10^{-19}$ (C). Tính độ lớn của lực Lo-ren-xơ trong các trường hợp sau:

a) $\alpha = 0^\circ$

b) $\alpha = 30^\circ$

c) $\alpha = 90^\circ$

Hướng dẫn giải

Độ lớn của lực Lorenxơ: $f_L = Bv|q|\sin \alpha$

a) Khi $\alpha = 0 \Rightarrow f_L = Bv|q|\sin 0 = 0$

b) Khi $\alpha = 30^\circ \Rightarrow f_L = Bv|q|\sin 30^\circ = 0,5Bv|q|$

Thay số: $f_L = 0,5 \cdot 1,5 \cdot 3 \cdot 10^7 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} = 3,6 \cdot 10^{-12} \text{ (N)}$

c) Khi $\alpha = 90^\circ \Rightarrow f_L = Bv|q|\sin 90^\circ = Bv|q|$

Thay số: $f_L = 1,5 \cdot 3 \cdot 10^7 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} = 7,2 \cdot 10^{-12} \text{ (N)}$

Ví dụ 4: Một electron bay vào trong từ trường đều. Mặt phẳng quỹ đạo của hạt vuông góc với các đường sức từ. Nếu hạt chuyển động với vận tốc $v_1 = 1,8 \cdot 10^6 \text{ m/s}$ thì lực Lo-ren-xơ tác dụng lên hạt có độ lớn $f_1 = 2 \cdot 10^{-6} \text{ N}$. Hỏi nếu hạt chuyển động với vận tốc $v_2 = 4,5 \cdot 10^7 \text{ m/s}$ thì lực Lo-ren-xơ tác dụng lên hạt có độ lớn bao nhiêu.

Hướng dẫn giải

Độ lớn của lực Lorenxơ: $f_L = Bv|q|\sin \alpha$

Vì hạt chuyển động vuông góc với từ trường nên $\alpha = (\widehat{\vec{v}, \vec{B}}) = 90^\circ \Rightarrow \sin \alpha = 1$

Vậy độ lớn của lực Lorenxơ là: $f_L = Bv|q|$

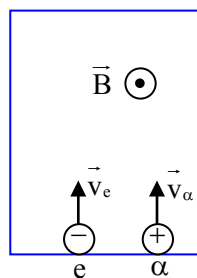
Khi hạt chuyển động với vận tốc v_1 thì: $f_{L1} = Bv_1|q|$ (1)

Khi hạt chuyển động với vận tốc v_2 thì: $f_{L2} = Bv_2|q|$ (2)

Từ (1) và (2) $\Rightarrow \frac{f_{L1}}{f_{L2}} = \frac{v_1}{v_2} \Rightarrow f_2 = \frac{v_2}{v_1} f_1 = \frac{4,5 \cdot 10^7}{1,8 \cdot 10^6} \cdot 2 \cdot 10^{-6} = 5 \cdot 10^{-5} \text{ (N)}$

Ví dụ 4: Một electron và một hạt alpha sau khi được tăng tốc bởi hiệu điện thế $U = 1000 \text{ V}$, bay vào trong từ trường đều (có cảm ứng từ $B = 2 \text{ T}$) theo phương vuông góc với các đường sức từ như hình vẽ. Hỏi ngay sau khi bay vào trong từ trường các hạt sẽ bay lệch về phía nào. Tính lực lo-ren-xơ tác dụng lên các

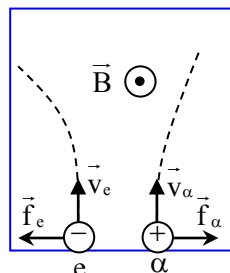
hạt đó. Biết: $\begin{cases} e = -1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}, q_\alpha = 3,2 \cdot 10^{-19} \text{ C} \\ m_\alpha = 6,67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}, m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg} \end{cases}$



Hướng dẫn giải

+ Áp dụng quy tắc bàn tay trái ta xác định được chiều của lực Lorenxơ tác dụng lên các hạt có chiều như hình vẽ. Do đó hạt electron lệch sang bên trái, hạt alpha lệch sang bên phải.

+ Áp dụng định lý động năng ta tính được tốc độ của electron và của hạt alpha:



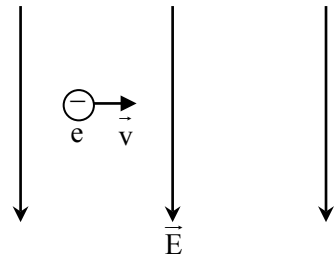
$$|e|U = \frac{1}{2}mv^2 \Rightarrow v = \sqrt{\frac{2|e|U}{m}}$$

$$\Rightarrow \begin{cases} v_e = \sqrt{\frac{2|e|U}{m_e}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 1000}{9,1 \cdot 10^{-31}}} = 1,9 \cdot 10^7 \text{ (m/s)} \\ v_\alpha = \sqrt{\frac{2|q_\alpha|U}{m_\alpha}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 3,2 \cdot 10^{-19} \cdot 1000}{6,67 \cdot 10^{-27}}} = 3,1 \cdot 10^5 \text{ (m/s)} \end{cases}$$

+ Độ lớn của lực Lorenxơ tác dụng lên các hạt:

$$\begin{cases} f_e = Bv|e| = 2,1 \cdot 9 \cdot 10^7 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} = 6 \cdot 10^{-12} \text{ (N)} \\ f_\alpha = Bv|q_\alpha| = 2,3 \cdot 1 \cdot 10^5 \cdot 3,2 \cdot 10^{-19} = 1,98 \cdot 10^{-13} \text{ (N)} \end{cases}$$

Ví dụ 5: Một electron có vận tốc $v = 2 \cdot 10^5$ m/s đi vào trong điện trường đều \vec{E} vuông góc với đường sức điện. Cường độ điện trường là $E = 10^4$ V/m. Để cho electron chuyển động thẳng đều trong điện trường, ngoài điện trường còn có từ trường. Hãy xác định vector cảm ứng từ. Biết chiều của các vector \vec{v} và \vec{E} được cho như hình vẽ.

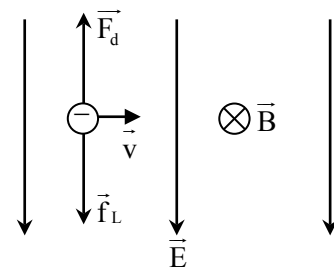


Hướng dẫn giải

+ Trong điện trường electron chịu tác dụng của lực điện: $\vec{F}_d = q\vec{E} = e\vec{E}$

+ Vì điện tích $e < 0 \Rightarrow$ lực điện \vec{F}_d ngược chiều với điện trường \vec{E} (hình vẽ)

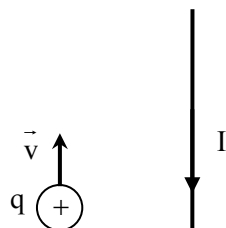
+ Để electron chuyển động thẳng đều thì hợp lực tác dụng lên electron phải bằng 0. Do đó lực từ (lực Lorenxơ) phải cân bằng với lực điện trường. Suy ra lực Lorenxơ phải ngược chiều với lực điện \vec{F}_d (hình vẽ).



+ Áp dụng quy tắc bàn tay trái suy ra chiều của cảm ứng từ \vec{B} có chiều từ ngoài vào trong mặt phẳng hình vẽ (như hình)

+ Mặt khác ta cũng có: $f_L = F_d \Leftrightarrow Bv|q| = |q|E \Rightarrow B = \frac{E}{v} = 5 \cdot 10^{-2} \text{ (T)}$

Ví dụ 6: Hạt mang điện $q > 0$ chuyển động vào từ trường của một dòng điện như hình vẽ, dòng điện chạy trong dây dẫn thẳng dài vô hạn, có cường độ $I = 20\text{A}$, hạt mang điện chuyển động theo song song với dây dẫn, cách dây dẫn một đoạn là 5cm .



- Hãy xác định B do dòng điện gây ra tại điểm mà hạt mang điện đi qua.
- Nếu hạt mang điện chuyển động với vận tốc $v = 2000\text{ m/s}$, lực từ tác dụng lên hạt là 4.10^{-5} N . Hãy xác định độ lớn điện tích của hạt.
- Giả sử hạt mang điện có điện tích là 2.10^{-8} C , và chuyển động với vận tốc 2500 m/s , hãy xác định vector lực từ tác dụng lên hạt mang điện nói trên.

Hướng dẫn giải

a) Cảm ứng từ \vec{B} do dòng điện gây ra tại điểm hạt mang điện:

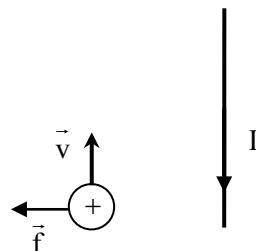
$$B = 2.10^{-7} \cdot \frac{I}{r} = 8.10^{-5} \text{ (T)}$$

b) Khi hạt mang điện bay qua thì sẽ chịu tác dụng của từ trường \vec{B} do dòng điện gây ra tại điểm đó, do đó ta có: $f = Bvq \Rightarrow q = \frac{f}{Bv} = 2.10^{-5} \text{ (C)}$

c) Áp dụng quy tắc nắm bàn tay phải suy ra chiều của cảm ứng từ tại vị trí của điện tích có chiều hướng từ ngoài vào trong.

+ Lực Lo-ren-xơ tác dụng lên điện tích có:

- Điểm đặt trên điện tích
- Phương: vuông góc với dây dẫn
- Chiều: ra xa dây dẫn
- Độ lớn: $f = Bvq = 4.10^{-9} \text{ (N)}$



Ví dụ 7: Một electron bay với vận tốc \vec{v} vào trong từ trường đều có cảm ứng từ \vec{B} theo phương hợp với đường cảm ứng từ một góc α . Xác định quỹ đạo chuyển động của hạt và đặc điểm của quỹ đạo trong các trường hợp:

- $\alpha = 0^\circ$
- $\alpha = 90^\circ$
- $\alpha \neq 0^\circ$ và $\alpha \neq 90^\circ$

Hướng dẫn giải

a) Khi $\alpha = 0$

+ Lực từ tác dụng lên hạt electron: $f_L = Bv \sin 0 = 0$

+ Hạt electron chuyển động thẳng đều với vận tốc theo phương của \vec{B}

b) Khi $\alpha = 90^\circ$

+ Lực từ tác dụng lên hạt electron: $f_L = Bv \sin 90 = Bve$

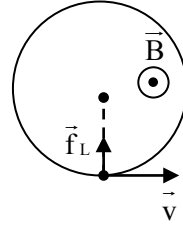
+ Áp dụng quy tắc bàn tay trái suy ra chiều của lực từ

\vec{f}_L như hình vẽ

+ Vì $\vec{f}_L \perp \vec{v}$ nên electron chuyển động tròn đều suy ra

f_L là lực hướng tâm nên:

$$f_L = F_{ht} \Leftrightarrow Bv|e| = m \frac{v^2}{R} \Rightarrow R = \frac{mv}{B|e|}$$



Trong đó:

R là bán kính quỹ đạo tròn, đơn vị là m

m là khối lượng electron

e là điện tích của electron

c) Khi $\alpha \neq 0^\circ$ và $\alpha \neq 90^\circ$

+ Vận tốc \vec{v} được phân tích thành hai thành phần: $\begin{cases} \vec{v}_1 \perp \vec{B} \\ \vec{v}_2 // \vec{B} \end{cases}$

+ Thành phần \vec{v}_1 làm electron chuyển động tròn đều với bán kính:

$$R = \frac{mv_1}{B|e|} = \frac{m \cdot v \cdot \sin \alpha}{B|e|}$$

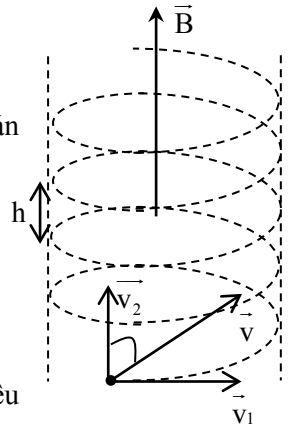
+ Thời gian đi hết một vòng là: $t = \frac{2\pi R}{v_1} = \frac{2\pi m}{|e|B}$

+ Thành phần \vec{v}_2 làm cho electron chuyển động thẳng đều với vận tốc $v_2 = v \cos \alpha$ dọc theo từ trường \vec{B}

+ Trong thời gian t nó đi được đoạn đường: $h = v_2 t = \frac{2\pi m}{|e|B} \cdot v \cdot \cos \alpha$

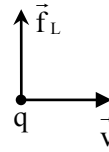
+ Do tham gia đồng thời hai chuyển động nói trên nên hạt electron chuyển động

theo đường xoắn ốc với bước xoắn ốc $h = v_2 t = \frac{2\pi m}{|e|B} \cdot v \cdot \cos \alpha$

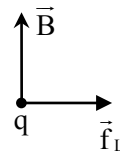


C. BÀI TẬP VẬN DỤNG

Bài 1. Cho điện tích $q > 0$ bay vào trong từ trường \vec{B} , chiều của các vectơ vận tốc \vec{v} và lực Lorenxơ \vec{f}_L được biểu diễn như hình. Hãy vận dụng quy tắc bàn tay trái xác định chiều của cảm ứng từ \vec{B} .



Bài 2. Cho điện tích $q < 0$ bay vào trong từ trường \vec{B} , chiều của các vectơ cảm ứng từ \vec{B} và lực Lorenxơ \vec{f}_L được biểu diễn như hình. Hãy vận dụng quy tắc bàn tay trái xác định chiều của vectơ vận tốc \vec{v} .



Bài 3. Một electron bay vào trong từ trường đều với vận tốc ban đầu vuông góc với \vec{B} . Tính độ lớn của \vec{f}_L nếu $v = 2.10^5$ m/s và $B = 0,2$ T. Cho biết electron có độ lớn $e = 1,6.10^{-19}$ C.

Bài 4. Một electron có khối lượng $m = 9,1.10^{-31}$ kg, chuyển động với vận tốc ban đầu $v_0 = 10^7$ m/s, trong một từ trường đều \vec{B} sao cho \vec{v}_0 vuông góc với các đường sức từ. Quỹ đạo của electron là một đường tròn bán kính $R = 20$ mm. Tìm độ lớn của cảm ứng từ B .

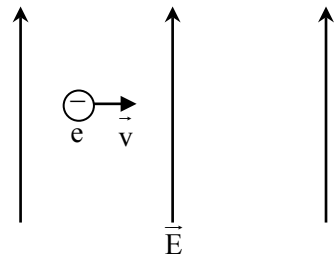
Bài 5. Một proton có khối lượng $m = 1,67.10^{-27}$ kg chuyển động theo một quỹ đạo tròn bán kính 7 cm trong một từ trường đều cảm ứng từ $B = 0,01$ T. Xác định vận tốc và chu kì quay của proton.

Bài 6. Một electron có vận tốc ban đầu bằng 0, được gia tốc bằng một hiệu điện thế $U = 500$ V, sau đó bay vào theo phương vuông góc với đường sức từ. Cảm ứng từ của từ trường là $B = 0,2$ T. Bán kính quỹ đạo của electron.

Bài 7. Một hạt điện tích $q = 1,6.10^{-18}$ C chuyển động theo quỹ đạo tròn trong từ trường đều với bán kính quỹ đạo là 5 m, dưới tác dụng của từ trường đều $B = 4.10^{-2}$ T, hãy xác định :

- Tốc độ của điện tích nói trên.
- Lực từ tác dụng lên điện tích.
- Chu kì chuyển động của điện tích. Cho biết khối lượng của hạt điện tích $3,28.10^{-26}$ kg.

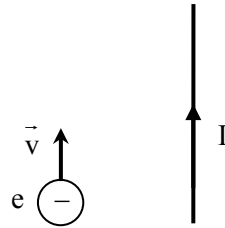
Bài 8. Một electron có vận tốc $v = 2.10^5$ m/s đi vào trong điện trường đều \vec{E} vuông góc với đường sức điện. Để cho electron chuyển động thẳng đều trong điện trường, ngoài điện trường còn có từ trường. Hãy xác định vectơ cảm ứng từ.



Biết chiều của các vectơ \vec{v} và \vec{E} được cho như hình vẽ.

Bài 9. Một hạt tích điện âm được bắn vào điện trường đều có $E = 10^3 \text{ V/m}$ theo phương vuông góc với các đường sức điện với $v = 2 \cdot 10^6 \text{ m/s}$. Để hạt chuyển động thẳng đều đồng thời với điện trường nói trên và từ trường đều thì phương, chiều và như độ lớn của cảm ứng từ phải như thế nào.

Bài 10. Sau khi được gia tốc bởi hiệu điện thế $U = 150 \text{ V}$, người ta cho electron chuyển động song song với một dây dẫn dài vô hạn, có cường độ $I = 10 \text{ A}$, cách dây dẫn 5 mm (hình vẽ). Chiều chuyển động của electron cùng chiều dòng điện. Xác định lực Lo-ren-xơ (phương, chiều và độ lớn) tác dụng lên electron. Biết độ lớn điện tích và khối lượng của electron lần lượt là: $|e| = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ (C)}$; $m = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ (kg)}$.



Bài 11. Một electron được gia tốc bởi hiệu điện thế $U = 2000 \text{ V}$, sau đó bay vào từ trường đều có cảm ứng từ $B = 10^{-3} \text{ T}$ theo phương vuông góc với đường sức từ của từ trường. Biết khối lượng và điện tích của electron là m và e mà

$$\frac{m}{|e|} = 5,6875 \cdot 10^{-12} \text{ (kg / C)}. \text{ Bỏ qua vận tốc của electron khi mới bắt đầu được gia}$$

tốc bởi hiệu điện thế U . Tính:

- Bán kính quỹ đạo của electron.
- Chu kì quay của electron.

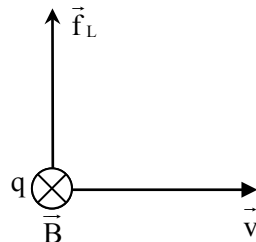
Bài 12. Một chùm hạt α có vận tốc ban đầu không đáng kể được tăng tốc bởi hiệu điện thế $U = 10^6 \text{ V}$. Sau khi tăng tốc, chùm hạt bay vào từ trường đều cảm ứng từ $B = 1,8 \text{ T}$. Phương bay của chùm hạt vuông góc với đường cảm ứng từ.

- Tìm vận tốc của hạt α khi nó bắt đầu bay vào từ trường. $m = 6,67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$; cho $q = 3,2 \cdot 10^{-19} \text{ C}$.
- Tìm độ lớn lực Lo-ren-xơ tác dụng lên hạt.

D. HƯỚNG DẪN GIẢI BÀI TẬP VẬN DỤNG

Bài 1.

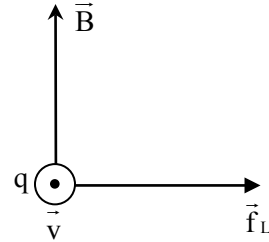
+ Đặt bàn tay trái xòe rộng, sao cho chiều từ cổ tay đến ngón tay giữa trùng với chiều của vectơ \vec{v} , ngón cái choãi ra 90° chỉ theo chiều của lực Lorenxơ \vec{f}_L tác dụng lên hạt mang điện tích q . Khi đó chiều hướng vào lòng bàn tay là chiều của vectơ cảm ứng từ \vec{B} .



+ Chiều của vectơ \vec{B} hướng từ ngoài vào trong như hình.

Bài 2.

+ Đặt bàn tay trái xòe rộng, sao cho các đường cảm ứng từ \vec{B} xuyên qua lòng bàn tay, ngón cái choãi ra 90° , chiều của lực Lorenxơ \vec{f}_L lúc này ngược chiều với chiều của ngón cái. Khi đó vectơ vận \vec{v} có chiều từ trong ra ngoài như hình vẽ.



+ Chiều của vectơ vận tốc \vec{v} hướng từ trong ra ngoài mặt phẳng hình vẽ (như hình).

Bài 3.

Độ lớn của lực Lorenxơ tác dụng lên hạt:

$$f_L = Bvq \sin \alpha = 0,2 \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \cdot \sin 90^\circ = 6,4 \cdot 10^{-15} \text{ (N)}$$

Bài 4.

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:

$$m \frac{v^2}{R} = B \cdot v \cdot |q| \Rightarrow B = m \frac{v}{R \cdot |q|} = 2,84 \cdot 10^{-3} \text{ (T)}$$

Bài 5.

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

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

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

$$\Rightarrow m \frac{\left(\frac{2\pi R}{T}\right)^2}{R} = B \cdot |q| \Rightarrow T = \frac{2\pi \cdot m}{B \cdot |q|} = \pi \text{ (s)} = 6,55 \cdot 10^{-6} \text{ (m/s)}$$

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

Bài 6.

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

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

+ Vì proton chuyển động với quỹ đạo tròn nên lực Lorenxơ là lực hướng tâm, do đó ta có: $m \frac{v^2}{R} = B.v.|q|$

$$\Rightarrow R = \frac{mv}{B|q|} = \frac{m\sqrt{2|q|U}}{B|q|} = \frac{1}{B}\sqrt{\frac{2U.m}{|q|}} = 3,77.10^{-3} \text{ (m)} = 3,77 \text{ (mm)}$$

Bài 7.

a) Vì electron bay vào từ trường và chuyển động trên quỹ đạo tròn nên lực Lorenxơ là lực hướng tâm, do đó ta có:

$$Bvq = m \frac{v^2}{r} \Rightarrow v = \frac{Bqr}{m} = 9,76.10^6 \text{ (m/s)}$$

b) Độ lớn lực Lorenxơ tác dụng lên hạt: $f = Bvq = 6,24.10^{-13} \text{ (N)}$

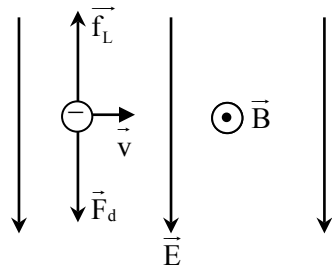
c) Chu kì quay của electron: $T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi r}{v} = 3,22.10^{-6} \text{ (s)}$

Bài 8.

+ Trong điện trường electron chịu tác dụng của lực điện: $\vec{F}_d = q\vec{E} = e\vec{E}$

+ Vì điện tích $e < 0 \Rightarrow$ lực điện \vec{F}_d ngược chiều với điện trường \vec{E} (hình vẽ)

+ Để electron chuyển động thẳng đều thì hợp lực tác dụng lên electron phải bằng 0. Do đó lực từ (lực Lorenxơ) phải cân bằng với lực điện trường. Suy ra lực Lorenxơ phải ngược chiều với lực điện \vec{F}_d (hình vẽ).



+ Áp dụng quy tắc bàn tay trái suy ra chiều của cảm ứng từ \vec{B} có chiều từ trong ra ngoài mặt phẳng hình vẽ (như hình)

Bài 9.

+ Muốn hạt chuyển động thẳng thì hợp lực tác dụng lên hạt phải bằng 0.

+ Gọi \vec{F}, \vec{f} lần lượt là lực điện trường và lực từ (lực Lorenxơ) tác dụng lên hạt mang điện.

+ Ta có: $\vec{F} + \vec{f} = 0 \Rightarrow \begin{cases} \vec{F} \uparrow \vec{f} \downarrow \\ F = f \end{cases}$

+ Vì $\vec{B} \perp \vec{f}$ mà $\vec{F} \uparrow \downarrow \vec{f} \Rightarrow \vec{B} \perp \vec{F} \Rightarrow \vec{B} \perp \text{mp}(\vec{v}, \vec{E})$

+ Lại có: $F = f \Leftrightarrow Bv|e| = |e|E \Rightarrow B = \frac{E}{v} = 5.10^{-4} \text{ (T)}$

Bài 10.

+ Áp dụng định lí động năng ta tính được tốc độ của electron:

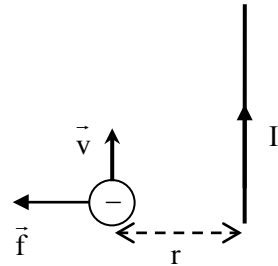
$$|e|U = \frac{1}{2}mv^2 \Rightarrow v = \sqrt{\frac{2|e|U}{m}} \approx 7,263.10^6 \text{ (m/s)}$$

+ Cảm ứng từ do dòng điện chạy trong dây dẫn thẳng dài vô hạn gây ra tại vị trí electron bay vào có chiều hướng từ trong ra ngoài, có độ lớn:

$$B = 2.10^{-7} \frac{I}{r} = 4.10^{-4} \text{ (T)}$$

+ Lực Lo-ren-xơ tác dụng lên electron có:

- Điểm đặt trên electron
- Phương: vuông góc với dây dẫn
- Chiều: ra xa dây dẫn
- Độ lớn : $F = Bv|e| = 4,65.10^{-16} \text{ N}$



Bài 11.

+ Công của electron khi được gia tốc bởi hiệu điện thế U: $A = qU = |e|U$

+ Theo định lý biến thiên động năng ta có: $W_{đ2} - W_{đ1} = A$

+ Vì bỏ qua vận tốc của electron khi mới bắt đầu được gia tốc bởi hiệu điện thế U

nên $W_{đ1} = 0 \Rightarrow \frac{1}{2}mv^2 = |e|U \Rightarrow v = \sqrt{\frac{2|e|U}{m}}$

a) Vì electron bay vào từ trường có $\vec{v} \perp \vec{B}$ nên lực Lo-ren-xơ là lực hướng tâm,

nên ta có: $Bv|e| = m \frac{v^2}{r} \Rightarrow r = \frac{mv^2}{Bv|e|} = \frac{mv}{B|e|} = \frac{1}{B} \sqrt{\frac{2mU}{|e|}} = 0,15 \text{ (m)} = 15 \text{ (cm)}$

b) Chu kì quay của electron: $T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi r}{v} = \frac{2\pi m}{eB} = 3,57.10^{-8} \text{ (s)}$

Bài 12.

a) Công của electron khi được gia tốc bởi hiệu điện thế U: $A = qU$

+ Theo định lý biến thiên động năng ta có: $W_{đ2} - W_{đ1} = A$

+ Vì bỏ qua vận tốc của electron khi mới bắt đầu được gia tốc bởi hiệu điện thế U

nên $W_{đ1} = 0 \Rightarrow \frac{1}{2}mv^2 = qU \Rightarrow v = \sqrt{\frac{2qU}{m}} = 9,8.10^6 \text{ (m/s)}$

b) Độ lớn lực Lo-ren-xơ tác dụng lên hạt: $f = Bvq = 5,64.10^{-12} \text{ (T)}$