

CHƯƠNG IV. TỪ TRƯỜNG

CHUYÊN ĐỀ 2: LỰC TỪ

DẠNG 1. LỰC TỪ TÁC DỤNG LÊN ĐOẠN DÂY DẪN MANG DÒNG ĐIỆN ĐẶT TRONG TỪ TRƯỜNG

1. Phương pháp chung

- Xác định lực từ tác dụng lên đoạn dây.
- Xác định các lực khác tác dụng lên đoạn dây.
- Áp dụng định luật II Newton.

2. Ví dụ minh họa

Ví dụ 1: Đoạn dây dẫn chiều dài ℓ có dòng điện I chạy qua đặt trong từ trường đều B . Cho biết

a) $B = 0,02 \text{ T}$; $I = 2 \text{ A}$; $\ell = 5 \text{ cm}$; $\alpha = (\vec{B}, \vec{I\ell}) = 30^\circ$. Tìm F ?

- A. $0,03 \text{ N}$. B. $0,06 \text{ N}$. C. $0,03\sqrt{2} \text{ N}$. D. $0,03\sqrt{3} \text{ N}$.

b) $B = 0,03 \text{ T}$; $F = 0,06 \text{ N}$; $\ell = 10 \text{ cm}$; $\alpha = (\vec{B}, \vec{I\ell}) = 45^\circ$. Tìm I ?

- A. 40 A . B. $28,3 \text{ N}$. C. $\frac{40}{\sqrt{3}} \text{ A}$. D. $40\sqrt{3} \text{ A}$.

c) $I = 5 \text{ A}$; $\ell = 10 \text{ cm}$; $F = 0,01 \text{ N}$; $\alpha = (\vec{B}, \vec{I\ell}) = 90^\circ$. Tìm B ?

- A. $0,01 \text{ T}$. B. $0,02 \text{ T}$. C. $0,03 \text{ T}$. D. $0,04 \text{ T}$.

d) $B \neq 0$; $I = 3 \text{ A}$; $\ell = 15 \text{ cm}$; $F = 0 \text{ N}$. Tìm hướng và độ lớn của $\vec{B}$?

- A. $\vec{B}$ hợp với $\vec{I}$ góc 30° , độ lớn bất kì.
B. $\vec{B}$ hợp với $\vec{I}$ góc 60° , độ lớn bất kì.
C. $\vec{B}$ hợp với $\vec{I}$ góc 90° , độ lớn bất kì.
D. $\vec{B}$ hướng dọc theo dây (hợp với $\vec{I}$ góc 0°), độ lớn bất kì.

Lời giải

Đoạn dây dẫn chiều dài ℓ có dòng điện I chạy qua đặt trong từ trường đều B , ta có

a) $B = 0,02 \text{ T}$; $I = 2 \text{ A}$; $\ell = 5 \text{ cm}$; $\alpha = (\vec{B}, \vec{I\ell}) = 30^\circ$. Lực từ tác dụng lên đoạn dây là

$$F = BI\ell \sin \alpha = 0,02 \cdot 2 \cdot 0,05 \cdot \sin(30^\circ) = 0,03 \text{ N}$$

Đáp án A.

b) $B = 0,03 \text{ T}$; $F = 0,06 \text{ N}$; $\ell = 10 \text{ cm}$; $\alpha = (\vec{B}, \vec{I\ell}) = 45^\circ$. Cường độ dòng điện là

$$I = \frac{F}{B\ell \sin \alpha} = \frac{0,06}{0,03 \cdot 0,1 \cdot \sin 45^\circ} = 28,3 \text{ A}$$

Đáp án B.

c) $I = 5 \text{ A}$; $\ell = 10 \text{ cm}$; $F = 0,01 \text{ N}$; $\alpha = (\vec{B}, \vec{\ell}) = 90^\circ$. Cảm ứng từ có độ lớn là

$$B = \frac{F}{I\ell \sin \alpha} = \frac{0,01}{5,0,1} = 0,02 \text{ T}$$

Đáp án B.

d) $B \neq 0$; $I = 3 \text{ A}$; $\ell = 15 \text{ cm}$; $F = 0 \text{ N}$.

+ Với $F = 0$, $B \neq 0$ thì $\sin \alpha = 0 \Rightarrow \alpha = 0^\circ$.

+ Vậy $\vec{B}$ hướng dọc theo dây, độ lớn bất kì.

Đáp án D.

Ví dụ 2: Một đoạn dây dẫn thẳng MN dài 6 (cm) có dòng điện $I = 5 \text{ (A)}$ đặt trong từ trường đều có cảm ứng từ $B = 0,5 \text{ (T)}$. Lực từ tác dụng lên đoạn dây có độ lớn $F = 7,5 \cdot 10^{-2} \text{ (N)}$. Tính góc α hợp bởi dây MN và đường cảm ứng từ?

A. 30° .

B. 60° .

C. 45° .

D. 90° .

Lời giải

Góc α hợp bởi dây MN và đường cảm ứng từ là

$$\sin \alpha = \frac{F}{BI\ell} = \frac{7,5 \cdot 10^{-2}}{0,5 \cdot 6 \cdot 10^{-2} \cdot 5} = \frac{1}{2} \Rightarrow \alpha = 30^\circ$$

Đáp án A.

Ví dụ 3: Một đoạn dây dẫn dài 20 cm, có dòng điện 0,5 A chạy qua đặt trong từ trường đều có $B = 0,02 \text{ T}$. Biết đường sức từ vuông góc với dây dẫn và đều nằm trong mặt phẳng ngang. Lực từ tác dụng lên dây có độ lớn và phương như thế nào?

A. $\vec{F}$ có phương thẳng đứng, có độ lớn $2 \cdot 10^{-3} \text{ N}$.

B. $\vec{F}$ có phương thẳng đứng, có độ lớn $4 \cdot 10^{-3} \text{ N}$.

C. $\vec{F}$ có phương nằm ngang, có độ lớn $2 \cdot 10^{-3} \text{ N}$.

D. $\vec{F}$ có phương nằm ngang, có độ lớn $4 \cdot 10^{-3} \text{ N}$.

Lời giải

Lực từ tác dụng lên dây

$$F = BI\ell \sin \alpha = 0,02 \cdot 0,5 \cdot 20 \cdot \sin 90^\circ = 2 \cdot 10^{-3} \text{ N}$$

$\vec{F}$ có phương thẳng đứng.

Đáp án A.

Ví dụ 4: Một khung dây cường độ 0,5 A hình vuông cạnh $a = 20 \text{ cm}$. Từ trường có độ lớn 0,15 T có phương vuông góc với mặt phẳng khung dây, có chiều từ ngoài vào trong. Vẽ hình, xác định lực và độ lớn của các lực từ tác dụng lên các cạnh

A. lực từ qua các cạnh đều bằng nhau và bằng 0,015 N.

- B. lực từ qua các cạnh đều bằng nhau và bằng 0,025 N.
 C. lực từ qua các cạnh đều bằng nhau và bằng 0,03 N.
 D. lực từ qua các cạnh đều bằng nhau và bằng 0,045 N.

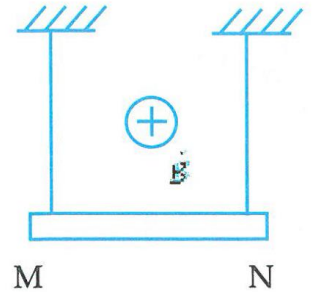
Lời giải

+ Vì khung dây là hình vuông và từ trường có phương vuông góc với mặt phẳng khung dây nên lực từ qua các cạnh đều bằng nhau

$$\Rightarrow F = BI\ell \sin \alpha = BIl \sin 90^\circ = 0,5 \cdot 0,2 \cdot 15 = 0,15 \text{ N}$$

Đáp án A.

Ví dụ 5: Một dây dẫn MN có 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 $B = 0,04 \text{ T}$. Cho dòng điện I qua dây.



a) Xác định chiều và độ lớn của I để lực căng của các dây treo bằng 0.

- A. Cường độ dòng điện I phải có hướng từ N đến M, độ lớn $I = 10 \text{ A}$.
 B. Cường độ dòng điện I phải có hướng từ M đến N, độ lớn $I = 10 \text{ A}$.
 C. Cường độ dòng điện I phải có hướng từ N đến M, độ lớn $I = 1 \text{ A}$.
 D. Cường độ dòng điện I phải có hướng từ M đến N, độ lớn $I = 1 \text{ A}$.

b) Cho $MN = 25 \text{ cm}$, $I = 16 \text{ A}$ có chiều từ N đến M. Tính lực căng của mỗi dây.

- A. 0,26 N. B. 0,16 N. C. 0,13 N. D. 0,32 N.

Lời giải

a) + Để lực căng dây treo bằng không thì trọng lực và lực từ 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 hướng từ M đến N.

$$+ F = P \Rightarrow BI\ell \sin \alpha = mg \Rightarrow BI\ell = D\ell g \Rightarrow I = \frac{Dg}{B} = \frac{0,04 \cdot 10}{0,04} = 10 \text{ A}$$

Đáp án B.

b) + Lực từ tác dụng lên MN: $F = BI\ell \sin \alpha = 0,04 \cdot 16 \cdot 0,25 = 0,16 \text{ N}$.

+ Vì chiều dòng điện từ N đến M nên theo quy tắc bàn tay trái thì lực $\vec{F}$ sẽ hướng xuống và cùng chiều với $\vec{P}$

+ Khi MN nằm cân bằng thì: $\vec{F} + \vec{P} + 2\vec{T} = \vec{0}$, chiếu lên phương của trọng lực P ta được:

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

Đáp án C.

Ví dụ 6: Đoạn dây dẫn MN có chiều dài $l = 20 \text{ cm}$, khối lượng $m = 10 \text{ g}$ được treo nằm ngang bằng hai dây mảnh AM, BN. Thanh MN đặt trong từ trường đều $\vec{B}$ thẳng đứng hướng lên với $B = 0,5 \text{ T}$. Khi cho dòng điện I chạy qua, đoạn dây MN dịch chuyển đến vị trí cân bằng mới, lúc đó hai dây treo AM, BN hợp với phương đứng một góc $\alpha = 30^\circ$. Xác định I và lực căng dây treo. Lấy $g = 10 \text{ m/s}^2$.

A. Cường độ dòng điện $I = \frac{1}{\sqrt{3}}$ A, lực căng dây $T = \frac{\sqrt{3}}{30}$ N.

B. Cường độ dòng điện $I = \frac{2}{\sqrt{3}}$ A, lực căng dây $T = \frac{\sqrt{3}}{15}$ N.

C. Cường độ dòng điện $I = \frac{1}{\sqrt{3}}$ A, lực căng dây $T = \frac{\sqrt{3}}{15}$ N.

D. Cường độ dòng điện $I = \frac{2}{\sqrt{3}}$ A, lực căng dây $T = \frac{\sqrt{3}}{30}$ N.

Lời giải

+ Các lực tác dụng lên đoạn dây MN, $\vec{P}$, $\vec{F}$ và lực căng dây $\vec{T}$

+ Theo quy tắc bàn tay trái ta được $\vec{F}$ có hướng sang ngang và vuông góc với trọng lực $\vec{P}$

+ Đoạn dây MN nằm cân bằng nên $\vec{P} + \vec{F} + 2\vec{T} = \vec{0}$

+ Hơn nữa khi xét mặt cắt ngang của đoạn dây thì

$$\tan \alpha = \frac{F}{P} = \frac{BI\ell}{mg} \Rightarrow I = \frac{mg \tan \alpha}{B\ell} = \frac{0,01 \cdot 10 \cdot \tan 30^\circ}{0,5 \cdot 0,2} = \frac{1}{\sqrt{3}} \text{ (A)}$$

+ Ta có: $T_1 = T_2 = \frac{T}{2} = \frac{P}{2 \cos \alpha} = \frac{0,01 \cdot 10}{2 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}} = \frac{\sqrt{3}}{30}$ N

Đáp án A.

Ví dụ 7: Giữa hai cực của một nam châm hình móng ngựa có một điện trường đều. $\vec{B}$ thẳng đứng, $B = 0,5$ T. Người ta treo một dây dẫn thẳng chiều dài 5 cm, khối lượng 5 g nằm ngang trong từ trường bằng hai dây dẫn mảnh nhẹ. Tìm góc lệch của dây treo so với phương thẳng đứng khi cho dòng điện $I = 2$ A chạy qua dây. Cho $g = 10 \text{ m/s}^2$.

A. 30° .

B. 60° .

C. 45° .

D. 90° .

Lời giải

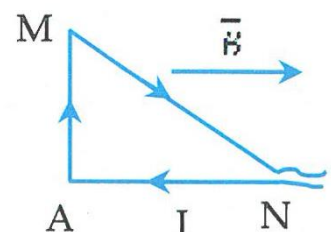
+ Theo quy tắc bàn tay trái ta được $\vec{F}$ có hướng sang ngang và vuông góc với trọng lực $\vec{P}$

+ Góc lệch của dây treo so với phương thẳng đứng là do hợp lực của P và F gây ra

$$\Rightarrow \tan \alpha = \frac{F}{P} = \frac{BI\ell}{mg} = \frac{0,5 \cdot 2 \cdot 0,05}{5 \cdot 10^{-3} \cdot 10} = 1 \Rightarrow \alpha = 45^\circ$$

Đáp án C.

Ví dụ 8: Một dây dẫn được uốn gập thành một khung dây có dạng tam giác vuông AMN như hình, đặt khung dây vào từ trường đều $\vec{B}$ như hình. Coi khung dây nằm cố định trong mặt phẳng hình vẽ. Xác định vectơ lực từ tác dụng lên các cạnh tam giác. Cho $AM = 8$ cm, $AN = 6$ cm, $B = 3 \cdot 10^{-3}$ T,



$$I = 5 \text{ A.}$$

$$\text{A. } F_{NA} = 0 \text{ N; } F_{AM} = F_{MN} = 1,2 \cdot 10^{-3} \text{ N.}$$

$$\text{B. } F_{AM} = 0 \text{ N; } F_{NA} = F_{MN} = 1,2 \cdot 10^{-3} \text{ N.}$$

$$\text{C. } F_{MN} = 0 \text{ N; } F_{NA} = F_{AM} = 1,2 \cdot 10^{-3} \text{ N.}$$

$$\text{D. } F_{AM} = F_{MN} = F_{NA} = 1,2 \cdot 10^{-3} \text{ N.}$$

Lời giải

+ Lực từ tác dụng lên cạnh NA bằng 0 vì $NA \parallel \vec{B}$

+ Lực từ tác dụng lên cạnh AM có điểm đặt tại trung điểm AM và theo quy tắc bàn tay trái nó có hướng từ ngoài vào trong và có độ lớn:

$$F_{AM} = B.I.AM = 0,08.5.3.10^{-3} = 1,2 \cdot 10^{-3} \text{ N}$$

+ Lực từ tác dụng lên cạnh MN có điểm đặt tại trung điểm MN và theo quy tắc bàn tay trái nó có hướng từ trong ra ngoài và có độ lớn:

$$F_{MN} = B.I.MN.\sin \alpha = B.I.MN.\frac{AM}{MN} = F_{AM} = 1,2 \cdot 10^{-3} \text{ N}$$

Đáp án A.

Ví dụ 9: Hai thanh ray nằm ngang, song song và cách nhau 10 cm, đặt trong từ trường đều $\vec{B}$ thẳng đứng, $B = 0,1 \text{ T}$. Một thanh kim loại đặt trên ray và vuông góc với ray. Nối ray với nguồn điện $E = 12 \text{ V}$, $r = 1 \Omega$, điện trở thanh kim loại, ray và dây nối là $R = 5 \Omega$. Tìm lực từ tác dụng lên thanh kim loại.

$$\text{A. } 0,02 \text{ N.}$$

$$\text{B. } 0,04 \text{ N.}$$

$$\text{C. } 0,01 \text{ N.}$$

$$\text{D. } 0,03 \text{ N.}$$

Lời giải

+ Cường độ dòng điện chạy qua thanh kim loại:

$$I = \frac{E}{R+r} = \frac{12}{5+1} = 2 \text{ A}$$

+ Lực từ tác dụng lên thanh kim loại:

$$F = BI\ell \sin \alpha = 0,1.2.0,1 = 0,02 \text{ N}$$

Đáp án A.

Ví dụ 10: Hai thanh ray nằm ngang và cách nhau một khoảng $l = 20 \text{ cm}$. Một thanh kim loại MN, khối lượng $m = 100 \text{ g}$ đặt lên trên, vuông góc với thanh ray. Dòng điện qua thanh MN là $I = 5 \text{ A}$. Hệ thống đặt trong từ trường đều $\vec{B}$ thẳng đứng, hướng lên, với $B = 0,2 \text{ T}$. Thanh ray MN nằm yên. Xác định hệ số ma sát giữa thanh MN và hai thanh ray, lấy $g = 10 \text{ m/s}^2$.

$$\text{A. } 0,1.$$

$$\text{B. } 0,2.$$

$$\text{C. } 0,3.$$

$$\text{D. } 0,4.$$

Lời giải

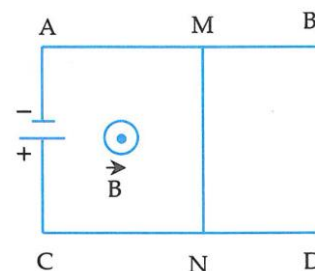
+ Thanh ray MN nằm đứng yên, áp dụng định luật II Newton ta được:

$\vec{F}_{ms} + \vec{F} + \vec{P} + \vec{N} = \vec{0}$, chọn hệ trục Oxy theo chiều của F và N , chiếu xuống 2 trục ta được:

$$\begin{cases} F_{ms} = F \\ N = P = mg \end{cases} \Rightarrow \mu mg = BIl \Rightarrow \mu = \frac{BIl}{mg} = \frac{0,2.5.0,2}{0,1.10} = 0,2$$

Đáp án B.

Ví dụ 11: Hai thanh kim loại AB, CD đặt nằm ngang, song song, cách nhau $l = 20 \text{ cm}$, hai đầu thanh được nối với nguồn điện có $\varepsilon = 12 \text{ V}$, $r = 1 \Omega$. Thanh MN có điện trở $R = 2 \Omega$, khối lượng $m = 100 \text{ g}$ đặt vuông góc với hai thanh AB, CD và có thể trượt trên hai thanh này với hệ số ma sát $k = 0,2$. Hệ thống đặt trong từ trường đều thẳng đứng, hướng lên với $B = 0,4 \text{ T}$ như hình vẽ. Bỏ qua điện trở các thanh ray.



a. Tính gia tốc chuyển động của ray MN, lấy $g = 10 \text{ m/s}^2$.

- A. 1 m/s^2 . B. $0,8 \text{ m/s}^2$. C. $1,2 \text{ m/s}^2$. D. $1,4 \text{ m/s}^2$.

b. Nâng hai đầu BD của thanh hợp với phương ngang một góc $\alpha = 30^\circ$, tính gia tốc của thanh MN?

- A. $1,177 \text{ m/s}^2$. B. $0,177 \text{ m/s}^2$. C. $0,25 \text{ m/s}^2$. D. $0,354 \text{ m/s}^2$.

Lời giải

a) Theo quy tắc bàn tay trái, ta có chiều của lực F như hình vẽ.

Thanh chịu tác dụng của các lực: Trọng lực, phản lực, lực từ và lực ma sát.

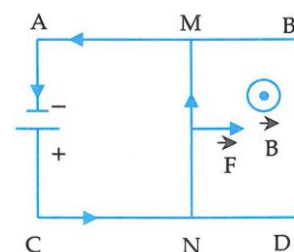
Áp dụng định luật II Newton cho thanh MN chuyển động ta có:

$\vec{F}_{ms} + \vec{F} + \vec{P} + \vec{N} = m\vec{a}$, chọn hệ trục Oxy theo chiều của F và N , chiếu lên các trục ta được:

$$\begin{cases} F - F_{ms} = ma \\ N = P = mg \end{cases} \Rightarrow F = m(\mu g + a)$$

$$\Rightarrow BIl = m(\mu g + a) \Rightarrow a = \frac{BI\ell}{m} - \mu g = \frac{B \cdot \frac{E}{R+r} \cdot \ell}{m} - \mu g.$$

$$\text{Thay số ta được } a = \frac{0,4 \cdot 12 \cdot 0,2}{0,1} - 0,2 \cdot 10 = 1,2 \text{ m/s}^2.$$



Đáp án C.

b) Chọn hệ trục tọa độ Oxy với Ox theo phương của mặt phẳng nghiêng, Oy hướng lên vuông góc với mặt phẳng. Vì $P \sin \alpha > F \cos \alpha$ nên thanh sẽ chuyển động đi xuống theo mặt phẳng nghiêng. Chọn chiều Ox là chiều chuyển động. Chiếu lên các trục ta được:

$$\begin{cases} Ox: P \sin \alpha - F \cos \alpha - F_{ms} = ma \\ Oy: N - P \cos \alpha - F \sin \alpha = 0 \end{cases} \Rightarrow N = P \cos \alpha + F \sin \alpha$$

$$\text{Mà } F_{ms} = \mu N = \mu(P \cos \alpha + F \sin \alpha)$$

$$\text{Mặt khác } F = BIl \Rightarrow F_{ms} = \mu(P \cos \alpha + BIl \sin \alpha)$$

$$\Rightarrow P \sin \alpha - BIl \cos \alpha - \mu(P \cos \alpha + BIl \sin \alpha) = ma$$

Từ đó ta suy ra gia tốc của chuyển động là

$$a = \frac{P \sin \alpha - B l l \cos \alpha - \mu (P \cos \alpha + B l l \sin \alpha)}{m}$$

$$= \frac{mg (\sin \alpha - \mu \cos \alpha) - B l l (\cos \alpha + \mu \sin \alpha)}{m}$$

Thay số ta được $a = 0,177 \text{ (m/s}^2\text{)}$.

Đáp án B.