

Phần thứ nhất: ĐIỆN TỪ

1. CÁC CHUYÊN ĐỀ BỒI DƯỠNG

Chuyên đề 1: TỪ TRƯỜNG CỦA DÒNG ĐIỆN

A. TÓM TẮT KIẾN THỨC

I. CÁC ĐỊNH NGHĨA, QUY TẮC

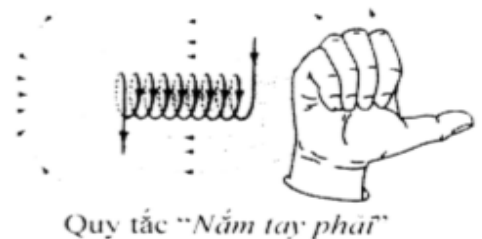
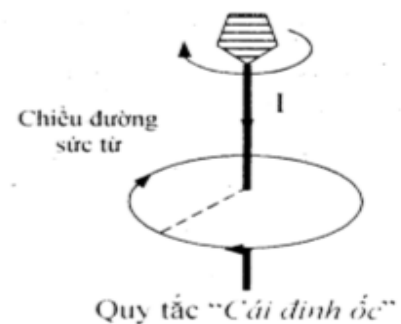
- *Từ trường* là dạng vật chất tồn tại xung quanh điện tích chuyển động (dòng điện, nam châm) và tác dụng lực từ lên hạt mang điện khác chuyển động trong đó (dòng điện khác, nam châm khác). Hướng của từ trường tại mỗi điểm là hướng Nam – Bắc của kim nam châm đặt tại đó.
- *Đường cảm ứng từ* (đường sức từ) là những đường cong vẽ trong không gian có từ trường sao cho tiếp tuyến ở mỗi điểm trùng với hướng từ trường tại điểm đó.
- *Phần tử dòng điện* là một đoạn dây dẫn rất nhỏ (tiết diện ngang và chiều dài rất nhỏ so với chiều dài dây dẫn) mang dòng điện. Phần tử dòng điện được đặc trưng bằng cường độ dòng điện I và độ dài đoạn dây dẫn Δl .



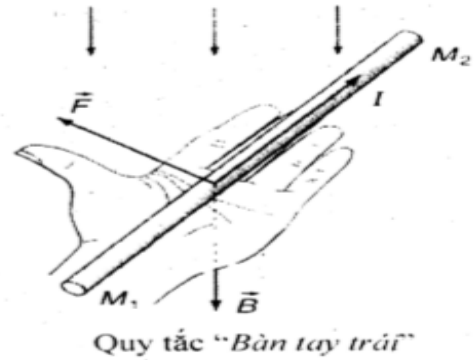
- *Từ thông* (thông lượng cảm ứng từ hay cảm ứng từ thông) qua diện tích S trong từ trường $\vec{B}$ là đại lượng: $\Phi = \vec{B} \cdot \vec{S} = BS \cos \alpha$ (1.1)

($\alpha = (\vec{B}, \vec{S})$ là góc hợp bởi $\vec{B}$ và pháp tuyến n của mạch kín S).

- *Quy tắc “Cái đinh ốc”* (hay quy tắc vặn nút chai): Đặt cái đinh ốc dọc theo dây dẫn và quay cái đinh ốc sao cho nó tiến theo chiều dòng điện thì chiều quay của cái đinh ốc là chiều của đường sức từ. Quy tắc này dùng để xác định chiều đường sức từ của *dòng điện thẳng*, *dòng điện tròn* và *dòng điện trong ống dây*.
- *Quy tắc “Nắm tay phải”*: Giơ ngón cái của bàn tay phải hướng theo chiều dòng điện, khum bốn ngón tay kia xung quanh dây dẫn thì chiều từ cổ tay xuống đến các ngón tay là chiều của đường sức từ. Quy tắc này dùng để xác định chiều đường sức từ của *dòng điện thẳng*, *dòng điện tròn* và *dòng điện trong ống dây*.



- Quy tắc “Bàn tay trái”: Đặt bàn tay trái duỗi thẳng sao cho các đường cảm ứng từ đâm vào lòng bàn tay, chiều từ cổ tay đến các ngón tay chỉ chiều dòng điện thì chiều của ngón cái choãi ra chỉ chiều của lực từ. Quy tắc này dùng để xác định chiều của *lực từ*.



II. TỪ TRƯỜNG CỦA DÒNG ĐIỆN TRONG CHÂN KHÔNG

1. Định luật Bi-ô-Xa-va:

Cảm ứng từ do phần tử dòng điện $I.\Delta l$ gây ra tại điểm M cách nó một đoạn r có:

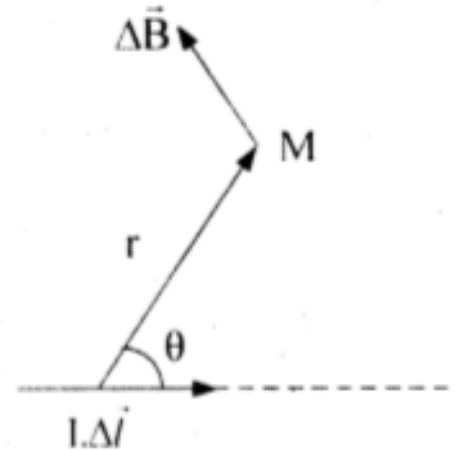
+ Điểm đặt: tại M .

+ Phương: vuông góc với mặt phẳng chứa phần tử dòng điện $I.\Delta l$ và điểm M .

+ Chiều: tuân theo quy tắc “Cái đinh ốc”.

+ Độ lớn: $\Delta B = \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{I.\Delta l.\sin\theta}{r^2}$ (1.2).

($\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} (H/m)$): hằng số từ: $\theta = (\Delta l, r)$.



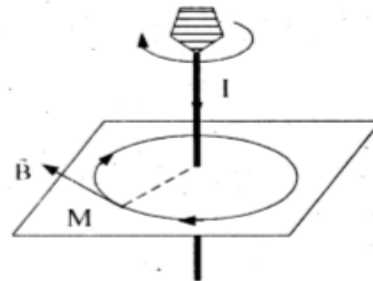
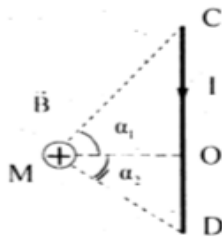
2. Cảm ứng từ của một số dòng điện: Vận dụng định luật Bi-ô-Xa-va ta xác định được độ lớn cảm ứng từ của dòng điện trong một số trường hợp đặc biệt sau:

a) Dòng điện thẳng:

- Dây có chiều dài hữu hạn: $B = \frac{\mu_0 I}{4\pi r} (\sin\alpha_1 - \sin\alpha_2) = 10^{-7} \cdot \frac{1}{r} (\sin\alpha_1 + \sin\alpha_2)$ (1.3).

- Dây có chiều dài vô hạn (rất dài): $B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r} = 2 \cdot 10^{-7} \cdot \frac{I}{r}$ (1.4).

(r là khoảng cách từ dây dẫn đến điểm M).

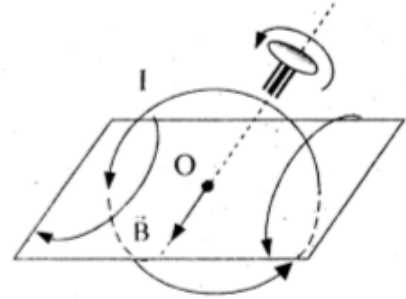
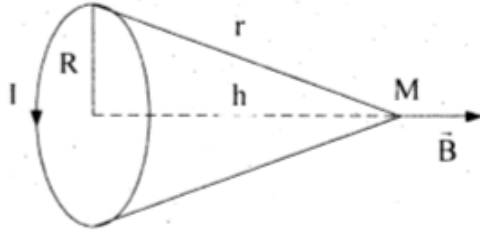


b) Dòng điện tròn:

- Tại điểm M trên trục vòng dây: $B = \frac{\mu_0 IS}{2\pi(R^2 + h^2)^{3/2}} = 2 \cdot 10^{-7} \cdot \frac{IS}{(R^2 + h^2)^{3/2}} \quad (1.5)$.

(h là khoảng cách từ M đến tâm vòng dây; $S = \pi R^2$: diện tích vòng dây; R là bán kính vòng dây).

- Tại tâm vòng dây ($h=0$): $B = 2\pi \cdot 10^{-7} \cdot \frac{I}{R} \quad (1.6)$.



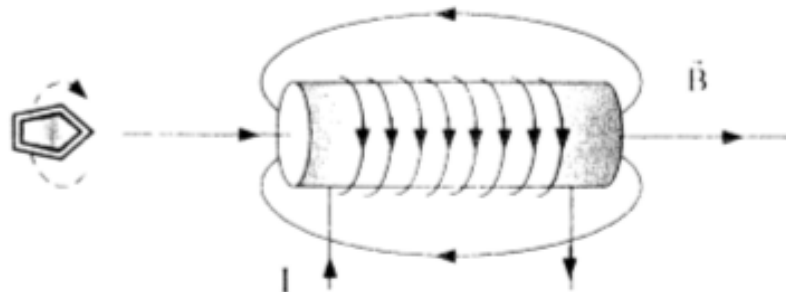
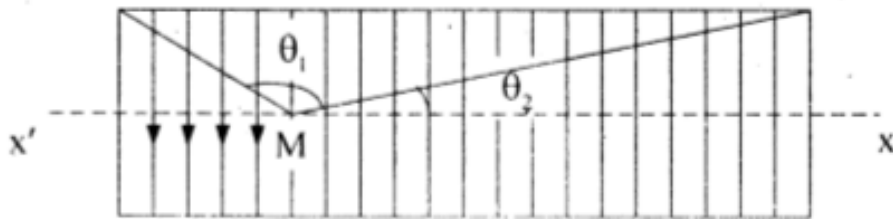
c) Ống dây thẳng (xô-lê-nô-it) mang dòng điện:

- Ống dây có chiều dài hữu hạn:

$$B = \frac{\mu_0 n I}{2} (\cos \theta_2 - \cos \theta_1) = 2\pi \cdot 10^{-7} \cdot n I (\cos \theta_2 - \cos \theta_1) \quad (1.7)$$

($n = \frac{N}{l}$ là mật độ vòng dây; N, l là số vòng và chiều dài của ống dây).

- ống dây có chiều dài vô hạn (rất dài: $\theta_1 = \pi, \theta_2 = 0$): $B = 4\pi \cdot 10^{-7} \cdot n I \quad (1.8)$.



III. NGUYÊN LÝ CHỒNG CHẤT TỪ TRƯỜNG

Gọi $\vec{B}_1, \vec{B}_2, \dots$ là các cảm ứng từ do các dòng điện $I_1, I_2, \dots$ gây ra tại điểm M .

Cảm ứng từ tổng hợp tại M là: $\vec{B} = \vec{B}_1 + \vec{B}_2 + \dots \quad (1.9)$.

IV. LỰC TỪ - CÔNG CỦA LỰC TỪ - NĂNG LƯỢNG TỪ CỦA MẠCH ĐIỆN

1. Lực từ:

- *Lực từ tác dụng lên một đoạn dây dẫn mang dòng điện:*

Lực từ do từ trường tác dụng lên một đoạn dây dẫn mang dòng điện đặt trong nó có:

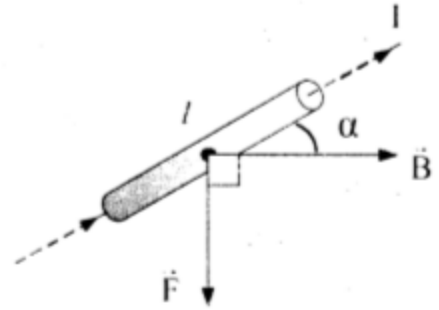
+ Điểm đặt: tại điểm trên phần tử dòng điện.

+ Phương: vuông góc với mặt phẳng $(\vec{B}, \vec{l})$.

+ Chiều: tuân theo quy tắc “Bàn tay trái”.

+ Độ lớn: $F = BIl \sin \alpha$ (1.10).

(α : góc giữa vec tơ cảm ứng từ $\vec{B}$ và chiều dòng điện).



- *Lực tương tác từ giữa hai dây dẫn thẳng song song có dòng điện chạy qua:* Lực từ tác dụng lên một đoạn dây dẫn có chiều dài l có:

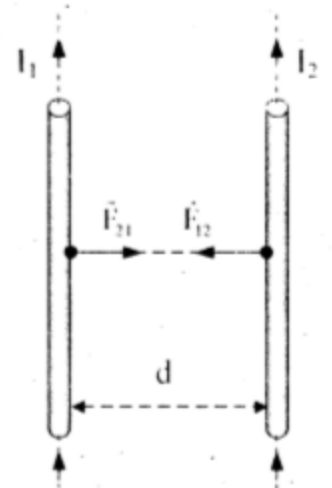
+ Điểm đặt: trên các dây dẫn.

+ Phương: vuông góc với dây dẫn trong mặt phẳng chứa hai dây dẫn.

+ Chiều: lực hút nếu hai dòng điện cùng chiều; lực đẩy nếu hai dòng điện ngược chiều.

+ Độ lớn: $F = 2 \cdot 10^{-7} \cdot \frac{I_1 I_2}{d} l$ (1.11).

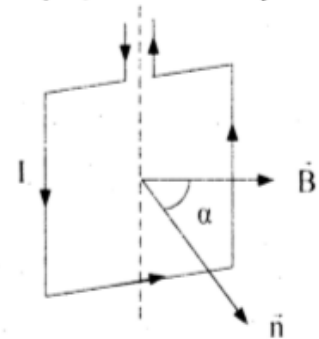
(d là khoảng cách giữa hai dây dẫn).



- *Lực từ tác dụng lên khung dây dẫn kín có dòng điện:* Momen của ngẫu lực từ tác dụng lên khung dây kín có dòng điện chạy qua:

$M = IBS \sin \alpha$ (1.12).

($\alpha = (\vec{n}, \vec{B})$; S là diện tích khung dây; $\vec{n}$ là pháp tuyến của mặt phẳng khung dây).



2. Công của lực từ:

Khi một đoạn dây dẫn (hoặc khung dây kín) mang dòng điện dịch chuyển trong từ trường, lực từ thực hiện một công: $A = I \Delta \Phi$ (1.13).

($\Delta \Phi = \Phi_2 - \Phi_1$: độ biến thiên từ thông của mạch).

3. Năng lượng từ của mạch điện:

$W = - I \Phi$ (1.14).

($B \neq 0, l = 3A, l = 15cm, F = 0$: từ thông qua mạch khi đó).

V. SỰ TỪ HÓA CÁC CHẤT – TỪ TRƯỜNG CỦA VẬT CHẤT

1. Sự từ hóa các chất:

- Từ hóa là hiện tượng làm cho một chất có từ tính. Mọi chất khi đặt trong từ trường đều bị từ hóa. Những chất có khả năng bị từ hóa mạnh thường được gọi là vật liệu từ.
 - Khi bị từ hóa, chất bị từ hóa sẽ sinh ra một từ trường phụ $\vec{B}'$. Từ trường tổng hợp trong chất bị từ hóa trở thành: $\vec{B} = \vec{B}_0 + \vec{B}'$, $\vec{B}_0$ là vectơ cảm ứng từ của từ trường gây ra sự từ hóa.
 - Có ba loại chất chính sau:
 - + Chất thuận từ là chất có $\vec{B}'$ cùng chiều với $\vec{B}_0$ và $B' \ll B_0$.
 - + Chất nghịch từ là chất có $\vec{B}'$ ngược chiều với $\vec{B}_0$ và $B' \ll B_0$.
 - + Chất sắt từ là chất có $\vec{B}'$ cùng chiều với $\vec{B}_0$ và $B' \gg B_0$.
 - Hệ thức giữa B' và B_0 : $B' = \chi_m B_0$ (1.15).
- (χ là độ cảm từ của chất: thuận từ $\chi > 0$; nghịch từ $\chi_m < 0$).

2. Từ trường tổng hợp trong vật chất:

- Khi bị từ hóa, từ trường tổng hợp bên trong vật chất sẽ là: $\vec{B} = \vec{B}_0 + \vec{B}' = (1 + \chi_m) \vec{B}_0$ (1.16).
- ($\mu = 1 + \chi_m$: độ từ thẩm của vật).
- Đối với chất thuận từ: $\mu > 1$; đối với chất nghịch từ: $\mu < 1$.

B. NHỮNG CHÚ Ý KHI GIẢI BÀI TẬP

VỀ KIẾN THỨC VÀ KỸ NĂNG

1. Để đặc trưng cho dòng điện kín về tính chất từ người ta đưa ra đại lượng momen từ của dòng điện kín: $p_m = IS$ ($p_m = ISn$). Nó vừa đặc trưng cho từ trường mà nó sinh ra và cả tác dụng của từ trường khác lên nó nên người ta nói dòng điện kín là một lưỡng cực từ và $\vec{p}$ là vectơ momen lưỡng cực từ. Từ đó, với dòng điện tròn ta có: $\vec{B} = \frac{\mu_0}{2\pi} \cdot \frac{p_m}{(R^2 + h^2)^{3/2}}$.
 2. Trường hợp phân bố dòng điện có tính đối xứng, để xác định cảm ứng từ ta có thể áp dụng định lý Am-pe về lưu số của vec tơ cảm ứng từ: $\sum_{(C)} \vec{B} \cdot \Delta l = \mu_0 I$.
- ((C) là đường cong kín trong từ trường bao quanh I ; Δl là đoạn nhỏ trên (C) ; $\vec{B} \cdot \Delta l$ là lưu số của $\vec{B}$ trên đoạn Δl ; $I > 0$ nếu chiều của nó thuận theo quy tắc “Cái đinh ốc” và ngược lại là $I < 0$).

- Trường hợp trong đường cong kín (C) có nhiều dòng điện $I_1, I_2, \dots$ thì:

$$\sum_{(C)} \vec{B} \cdot \Delta \vec{l} = \mu_0 (I_1 + I_2 + \dots) = \mu_0 \sum_{k=1}^n I_k.$$

- Trường hợp trong đường cong kín (C) không có dòng điện thì: $\sum_{(C)} \vec{B} \cdot \Delta \vec{l} = 0$.

3. Định lí Ôt-trô-grat-xki – Gau-xơ đối với từ trường: Từ thông tổng cộng qua mặt kín S bằng 0.

$$\sum_{(S)} \vec{B} \cdot \Delta \vec{S} \cdot \cos \alpha = 0$$

4. Cần có kĩ năng nhận dạng loại mạch, vận dụng các quy tắc xác định chiều cảm ứng từ để giải các bài toán về cảm ứng từ của các dạng mạch khác nhau.

VỀ PHƯƠNG PHÁP GIẢI

1. Về dạng bài tập về **cảm ứng từ do dòng điện trong các dây dẫn gây ra**. Phương pháp giải là:

- Thực hiện các bước:
 - + Xác định dạng mạch điện: thẳng, tròn, ống dây.
 - + Sử dụng các quy tắc đã biết để xác định chiều vec tơ cảm ứng từ do dòng điện trong các dây dẫn gây ra (quy tắc “*Cái đinh ốc*”, quy tắc “*Nắm tay phải*”, quy tắc “*Vào Nam – ra Bắc*”).
 - + Sử dụng các công thức tính cảm ứng từ do dòng điện trong các dây dẫn có hình dạng đặc biệt như thẳng, tròn, xô-lê-nô-ít gây ra.
- Một số chú ý:
 - + Phân biệt giữa yêu cầu “tính” và “xác định”.
 - + Trường hợp khung dây tròn có N vòng dây thì cảm ứng từ do dòng điện trong khung dây gây ra tại tâm khung dây có độ lớn: $B = NB_0 = 2\pi \cdot 10^{-7} \cdot \frac{NI}{R}$.
 - + Trường hợp có nhiều dây dẫn mang dòng điện gây ra các cảm ứng từ $\vec{B}_1, \vec{B}_2, \dots$ tại điểm ta xét thì cảm ứng từ tổng hợp tại điểm đó được xác định theo nguyên lí chồng chất từ trường: $\vec{B} = \vec{B}_1 + \vec{B}_2 + \dots$
 - + Trường hợp phân bố dòng điện có tính đối xứng ta sử dụng định lí Am-pe về lưu số của vec tơ cảm ứng từ và lưu ý đến chiều của đường cong kín (C) để xác định cảm ứng từ: $\sum_{(C)} \vec{B} \cdot \Delta \vec{l} = \mu_0 I$.
 - + Trường hợp có tính đến sự từ hóa của chất thì cảm ứng từ tổng hợp trong vật là: $\vec{B} = \vec{B}_0 + \vec{B}' = (1 + \chi_m) \vec{B}_0 = \mu \vec{B}_0$.

2. Với dạng bài tập về **lực từ**. Phương pháp giải là:

- Sử dụng các công thức:
 - + Lực từ tác dụng lên đoạn dây dẫn có dòng điện ($F = BIl \sin \alpha$); lực tương tác giữa hai dòng điện $\left(F = 2 \cdot 10^{-7} \cdot \frac{I_1 I_2}{d} l \right)$; lực từ tác dụng lên khung dây kín có dòng điện ($M = IBS \sin \alpha$).
 - + Công và năng lượng từ của mạch điện: $A = I \Delta \Phi$, $W = -I \Phi$.
($\Delta \Phi = \Phi_2 - \Phi_1$: độ biến thiên từ thông của mạch; Φ là từ thông của mạch điện tại thời điểm đó).
- Một số chú ý: Với đoạn dây dẫn cần kết hợp với định luật II Niu-ton và điều kiện cân bằng của chất điểm để giải; với khung dây cần kết hợp với định luật II Niu-ton và điều kiện cân bằng của vật thể rắn để giải.

C. CÁC BÀI TẬP VẬN DỤNG

1. TỪ TRƯỜNG CỦA DÒNG ĐIỆN

1.1. Dòng điện có cường độ $I = 2A$ chạy cùng chiều qua hai dây dẫn thẳng chập lại. Tính cảm ứng từ do hai dây gây nên tại nơi cách chúng $5cm$.

Bài giải

Cảm ứng từ do I_1, I_2 gây ra tại A :

$$B_1 = B_2 = 2 \cdot 10^{-7} \cdot \frac{1}{r} = 2 \cdot 10^{-7} \cdot \frac{2}{0,05} = 8 \cdot 10^{-6} T.$$

Cảm ứng từ tổng hợp tại A : $\vec{B} = \vec{B}_1 + \vec{B}_2$.

Vì $\vec{B}_1$ cùng chiều với $\vec{B}_2$ nên $B = B_1 + B_2 = 8 \cdot 10^{-6} + 8 \cdot 10^{-6} = 16 \cdot 10^{-6} T$.

Vậy: Độ lớn của cảm ứng từ do hai dây gây nên tại nơi cách chúng $5cm$ là

$$B = 16 \cdot 10^{-6} T.$$

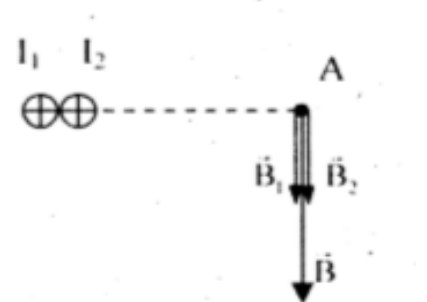
1.2. Cuộn dây tròn bán kính $R = 5cm$ (gồm $n = 100$ vòng dây quấn nối tiếp cách điện với nhau) đặt trong không khí có dòng điện I qua mỗi vòng dây, từ trường ở tâm vòng dây là $B = 5 \cdot 10^{-4} T$. Tìm I .

Bài giải

$$\text{Cảm ứng từ do cuộn dây gây ra ở tâm vòng dây là: } B = 2\pi \cdot 10^{-7} \cdot \frac{1}{R} = \frac{5 \cdot 10^{-4}}{100} \Rightarrow I = \frac{5 \cdot 10^{-4} \cdot 0,05}{100 \cdot 2\pi \cdot 10^{-7}} = 0,4 A.$$

Vậy: Cường độ dòng điện qua mỗi vòng dây là $I = 0,4 A$.

1.3. Một ống dây thẳng (xô-lê-nô-it) chiều dài $20cm$, đường kính $2cm$. Một dây dẫn có vỏ bọc cách điện dài $300m$ được quấn đều theo chiều dài ống. Ống dây không có lõi và đặt trong không khí. Cường độ dòng điện đi qua dây dẫn là $0,5 A$. Tìm cảm ứng từ trong ống dây.



Bài giải

Ta có: Chiều dài của mỗi vòng dây là chu vi của ống dây thẳng.

$$\text{Số vòng dây được quấn trên ống: } N = \frac{300}{\pi d} = \frac{300}{3,14 \cdot 0,02} = 4775 \text{ (vòng)}$$

$$\text{Mật độ vòng dây: } n = \frac{N}{l} = \frac{4775}{0,2} = 23873 \text{ (vòng/m)}$$

$$\text{Cảm ứng từ trong ống dây: } B = 4\pi \cdot 10^{-7} \cdot nI = 4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 23873 \cdot 0,5 = 0,015 T.$$

1.4. Một dây dẫn đường kính tiết diện $d = 0,5 \text{ mm}$ được bọc bằng một lớp cách điện mỏng và quấn thành một ống dây (xô-lê-nô-it). Các vòng của ống dây được quấn sát nhau. Cho dòng điện có cường độ $I = 0,4 \text{ A}$ đi qua ống dây. Tính cảm ứng từ trong ống dây.

Bài giải

$$\text{Mật độ vòng dây: } n = \frac{1}{0,5 \cdot 10^{-3}} = 2000 \text{ (vòng/m)}$$

$$\text{Cảm ứng từ trong ống dây: } B = 4\pi \cdot 10^{-7} \cdot nI = 4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 2000 \cdot 0,4 = 0,001 T.$$

1.5. Hai dòng điện thẳng dài vô hạn, $I_1 = 10 \text{ A}$, $I_2 = 30 \text{ A}$ vuông góc nhau trong không khí. Khoảng cách ngắn nhất giữa chúng là 4 cm . Tính cảm ứng từ tại điểm cách mỗi dòng điện 2 cm .

Bài giải

Gọi M là điểm cách mỗi dòng điện 2 cm .

Cảm ứng từ do dòng I_1 gây ra tại M là:

$$B_1 = 2 \cdot 10^{-7} \cdot \frac{I_1}{r} = 2 \cdot 10^{-7} \cdot \frac{10}{0,02} = 10^{-4} T.$$

Cảm ứng từ do dòng I_2 gây ra tại M là:

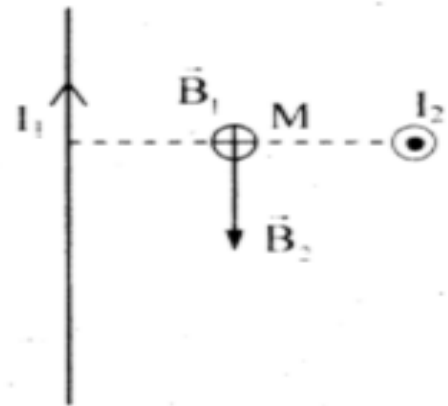
$$B_2 = 2 \cdot 10^{-7} \cdot \frac{I_2}{r} = 2 \cdot 10^{-7} \cdot \frac{30}{0,02} = 3 \cdot 10^{-4} T.$$

Cảm ứng từ tổng hợp tại M : $\vec{B} = \vec{B}_1 + \vec{B}_2$.

$$\text{Vì } \vec{B}_1 \perp \vec{B}_2 \text{ nên } B = \sqrt{B_1^2 + B_2^2} = \sqrt{(10^{-4})^2 + (3 \cdot 10^{-4})^2} = \sqrt{10} \cdot 10^{-4} = 3,16 \cdot 10^{-4} T.$$

1.6. Hai dây dẫn thẳng song song dài vô hạn đặt cách nhau $d = 14 \text{ cm}$ trong không khí. Dòng điện chạy qua trong dây $I_1 = I_2 = I = 1,25 \text{ A}$. Xác định vec tơ cảm ứng từ tại M cách mỗi dây $R = 25 \text{ cm}$ trong trường hợp hai dòng điện:

- Cùng chiều.
- Ngược chiều.



Bài giải

- Cảm ứng từ do dòng điện I_1 gây ra tại M : $B_1 = 2 \cdot 10^{-7} \cdot \frac{I_1}{R} = 2 \cdot 10^{-7} \cdot \frac{1,25}{0,25} = 10^{-6} T$.
- Cảm ứng từ do dòng điện I_2 gây ra tại M : $B_2 = 2 \cdot 10^{-7} \cdot \frac{I_2}{R} = 2 \cdot 10^{-7} \cdot \frac{1,25}{0,25} = 10^{-6} T$.
- Cảm ứng từ tổng hợp tại M : $\vec{B} = \vec{B}_1 + \vec{B}_2$.

a) Hai dòng điện chạy cùng chiều:

Gọi α là góc hợp bởi $\vec{B}_1, \vec{B}_2$, ta có:

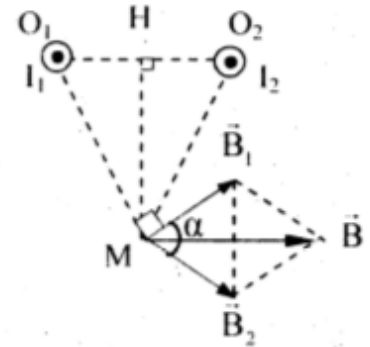
$$\alpha = 90^\circ - \beta; O_1 M O_2 = 90^\circ - \beta \Rightarrow \alpha = O_1 M O_2; \frac{\alpha}{2} = \angle M H$$

Ta có:

$$\cos \frac{\alpha}{2} = \frac{\frac{B}{2}}{B_1} = \frac{M H}{M O_2} = \frac{\sqrt{M O_2^2 - O_2 H^2}}{M O_2}$$

$$\Rightarrow B = \frac{2 B_1 \sqrt{M O_2^2 - O_2 H^2}}{M O_2} = \frac{2 \cdot 10^{-6} \sqrt{0,25^2 - 0,07^2}}{0,25} = 1,92 \cdot 10^{-6} T$$

Vậy: Cảm ứng từ tổng hợp tại M có độ lớn $B = 1,92 \cdot 10^{-6} T$, có phương song song $O_1 O_2$.



b) Hai dòng điện chạy ngược chiều:

Ta có: $\vec{B} = \vec{B}_1 + \vec{B}_2$ (1)

Chiếu (1) lên phương của $\vec{B}_M$:

$$B = B_1 \cos \alpha + B_2 \cos \alpha = 2 B_1 \cos \alpha \text{ (vì } B_1 = B_2 \text{)}.$$

$$\alpha = \beta \Rightarrow \cos \alpha = \cos \beta = \frac{O_2 H}{O_1 M} = \frac{0,07}{0,25}$$

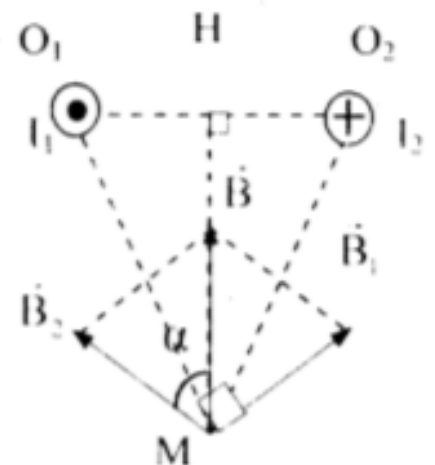
Mặt khác:

$$\Rightarrow B = 2 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{0,07}{0,25} = 0,56 \cdot 10^{-6} T$$

và $\vec{B}$ có phương vuông góc với $O_1 O_2$, chiều hướng từ M đến H .

Vậy: Cảm ứng từ tổng hợp tại M có độ lớn

$B = 0,56 \cdot 10^{-6} T$, có phương vuông góc $O_1 O_2$, chiều từ M đến H .



1.7. Vòng dây tròn $R = 3,14 \text{ cm}$ có dòng điện $I = 0,87 \text{ A} \approx \frac{\sqrt{3}}{2} \text{ A}$ đi qua và đặt song song với đường cảm ứng của một từ trường đều có $B_2 = 10^{-5} T$. Xác định $\vec{B}$ tại tâm O vòng dây.

Bài giải

Cảm ứng từ do vòng dây tròn gây ra tại tâm vòng tròn là:

$$B_1 = 2\pi \cdot 10^{-7} \cdot \frac{I}{R} = 2\pi \cdot 10^{-7} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2.3,14 \cdot 10^{-2}} = \sqrt{3} \cdot 10^{-5} T$$

Cảm ứng từ tổng hợp tại tâm O : $\vec{B} = \vec{B}_1 + \vec{B}_2$

$$\text{Vì } \vec{B}_1 \perp \vec{B}_2 \text{ nên } B = \sqrt{B_1^2 + B_2^2} = \sqrt{(\sqrt{3} \cdot 10^{-5})^2 + (10^{-5})^2} = 2 \cdot 10^{-5} T.$$

$$\text{Góc hợp bởi } \vec{B}, \vec{B}_2: \tan \alpha = \frac{B_1}{B_2} = \frac{\sqrt{3}}{1} = \sqrt{3} \Rightarrow \alpha = 60^\circ.$$

Vậy: Cảm ứng từ tổng hợp tại O có độ lớn $B = 2 \cdot 10^{-5} T$ và $\alpha = (\vec{B}, \vec{B}_2) = 60^\circ$.

1.8. Bốn dây dẫn thẳng dài đặt song song, tiết diện ngang $ABCD$ tạo thành hình vuông cạnh $a = 20 \text{ cm}$. Trong mỗi dây có dòng $I = 2 \text{ A}$ đi qua theo chiều như hình vẽ. Tính $\vec{B}$ tại tâm hình vuông.

Bài giải

Cảm ứng từ do mỗi vòng dòng điện gây ra ở tâm hình vuông:

$$B_1 = B_2 = B_3 = B_4 = 2 \cdot 10^{-7} \cdot \frac{I}{r} \text{ với } r = \frac{a\sqrt{2}}{2}.$$

$$\Rightarrow B_1 = B_2 = B_3 = B_4 = 2 \cdot 10^{-7} \cdot \frac{I}{\frac{a\sqrt{2}}{2}} \approx 2,83 \cdot 10^{-6} T.$$

Cảm ứng từ tổng hợp tại O : $\vec{B} = \vec{B}_1 + \vec{B}_2 + \vec{B}_3 + \vec{B}_4 = \vec{B}_{13} + \vec{B}_{24}$.

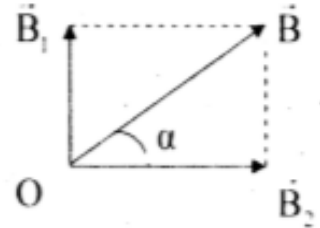
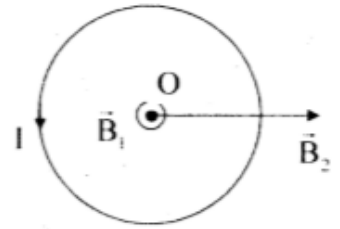
Vì $\vec{B}_1, \vec{B}_3$ cùng chiều nên $B_{13} = B_1 + B_3 = 2,83 \cdot 10^{-6} + 2,83 \cdot 10^{-6} = 5,66 \cdot 10^{-6} T$.

$\vec{B}_2, \vec{B}_4$ cùng chiều nên $B_{24} = B_2 + B_4 = 2,83 \cdot 10^{-6} + 2,83 \cdot 10^{-6} = 5,66 \cdot 10^{-6} T$.

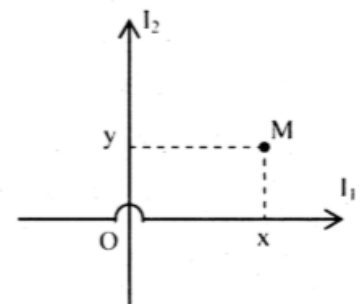
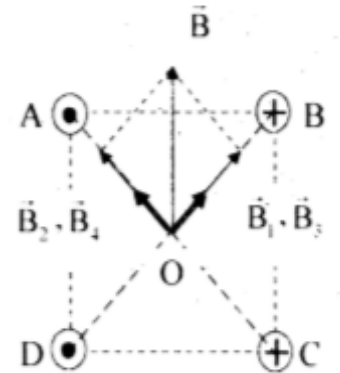
$$\vec{B}_{13} \perp \vec{B}_{24} \text{ nên } B = \sqrt{B_{13}^2 + B_{24}^2} = \sqrt{2 \cdot (5,66 \cdot 10^{-6})^2} = 8 \cdot 10^{-6} T.$$

Vậy: Cảm ứng từ tổng hợp ở O hướng đến AB , vuông góc với AB , có độ lớn $B = 8 \cdot 10^{-6} T$.

1.9. Hai dây dẫn thẳng dài vô hạn đặt trong không khí vuông góc nhau (cách điện với nhau) và nằm trong cùng một mặt phẳng. Cường độ dòng điện qua hai dây $I_1 = 2 \text{ A}, I_2 = 10 \text{ A}$.



$$B \neq 0, I = 3 \text{ A}, l = 15 \text{ cm}, F = 0$$



- a) Xác định cảm ứng từ gây ra bởi hai dòng điện tại trong mặt phẳng của hai dòng điện, có tọa độ (x, y) như hình vẽ, với $x = 5\text{cm}, y = 4\text{cm}$.
- b) Xác định vị trí những điểm có vector cảm ứng từ gây ra bởi hai dòng điện bằng không.

Bài giải

a) Cảm ứng từ gây ra bởi hai dòng điện tại M :

- Cảm ứng từ do I_1 gây ra tại M :

$$B_1 = 2 \cdot 10^{-7} \cdot \frac{I_1}{r_1} = 2 \cdot 10^{-7} \cdot \frac{2}{0,04} = 10^{-5} T.$$

- Cảm ứng từ do I_2 gây ra tại M :

$$B_2 = 2 \cdot 10^{-7} \cdot \frac{I_2}{r_2} = 2 \cdot 10^{-7} \cdot \frac{10}{0,05} = 4 \cdot 10^{-5} T$$

- Cảm ứng từ tổng hợp tại M : $\vec{B} = \vec{B}_1 + \vec{B}_2$.

Vì $\vec{B}_1, \vec{B}_2$ ngược chiều nên $B = |\vec{B}_1 - \vec{B}_2| \Rightarrow B = |10^{-5} - 4 \cdot 10^{-5}| = 3 \cdot 10^{-5} T$.

$B_2 > B_1$ nên $\vec{B}$ cùng chiều với $\vec{B}_2$.

Vậy: Cảm ứng từ tại B có độ lớn $B = 3 \cdot 10^{-5} T$ và cùng chiều với $\vec{B}_2$.

b) Những điểm có vector cảm ứng từ gây ra bởi 2 dòng điện bằng 0.

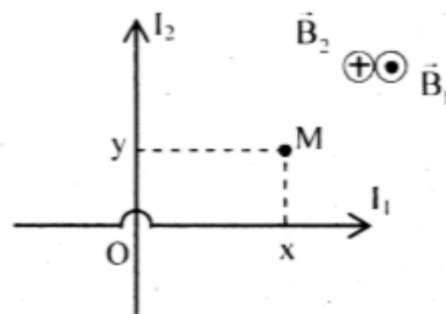
Ta có: $\vec{B} = \vec{B}_1 + \vec{B}_2 = 0 \Rightarrow \vec{B}_1 = -\vec{B}_2$.

Như vậy, những điểm đó thuộc góc phần tư thứ nhất và thứ ba.

$$\Rightarrow B_1 = B_2 \Leftrightarrow 2 \cdot 10^{-7} \cdot \frac{I_1}{r_1} = 2 \cdot 10^{-7} \cdot \frac{I_2}{r_2} \Rightarrow \frac{I_1}{I_2} = \frac{r_1}{r_2} = \frac{2}{10} \Rightarrow r_1 = 0,2 r_2$$

Theo hình vẽ của đề bài: $r_1 = y, r_2 = x \Rightarrow y = 0,2x$.

Vậy: Những điểm thuộc đường thẳng $y = 0,2x$ sẽ có $\vec{B} = 0$.



1.10. Dây dẫn mảnh, thẳng dài có dòng $I = 10\text{A}$ đi qua đặt vuông góc với đường cảm ứng từ của từ trường đều có $B_0 = 5 \cdot 10^{-5} T$. Tìm những điểm có cảm ứng từ tổng hợp bằng không.

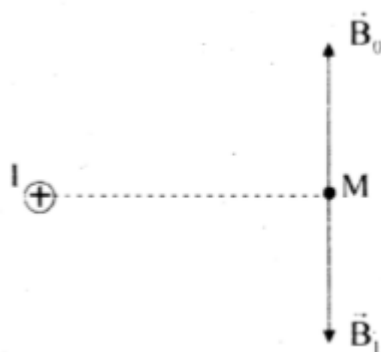
Bài giải

Những điểm có cảm ứng từ tổng hợp bằng không thỏa:

$$\vec{B} = \vec{B}_1 + \vec{B}_0 = 0 \Rightarrow \vec{B}_1 = -\vec{B}_0$$

$$\Rightarrow B_1 = B_0 \Leftrightarrow 2 \cdot 10^{-7} \cdot \frac{I}{r} = 5 \cdot 10^{-5}$$

$$\Rightarrow r = \frac{2 \cdot 10^{-7} \cdot 10}{5 \cdot 10^{-5}} = 0,04\text{m} = 4\text{cm}$$



Vậy: Những điểm có cảm ứng từ tổng hợp bằng không nằm trên đường thẳng Δ song song với dây dẫn, cách dây $4cm$, Δ trong mặt phẳng chứa dây và vuông góc với $\vec{B}_0$.

1.11. Ba dây dẫn thẳng song song dài vô hạn cùng nằm trong mặt phẳng, hai dây liên tiếp cách nhau đoạn $a = 6cm$, cường độ $I_1 = I_2 = I$, $I_3 = 2I$. Dây I_3 nằm ngoài I_1, I_2 và dòng I_3 ngược chiều I_1, I_2 . Tìm vị trí M có cảm ứng từ tổng hợp bằng không.

Bài giải

Cảm ứng từ tổng hợp tại M : $\vec{B} = \vec{B}_1 + \vec{B}_2 + \vec{B}_3 = 0$.

- Trường hợp 1: Nếu M nằm ngoài I_1 thì $\vec{B}_1, \vec{B}_2$ cùng chiều; $\vec{B}_3$ ngược chiều với $\vec{B}_1, \vec{B}_2$.

Ta có:

- Cảm ứng từ do I_1 gây ra tại M :

$$B_1 = 2 \cdot 10^{-7} \cdot \frac{I_1}{r} = 2 \cdot 10^{-7} \cdot \frac{I}{r}$$

- Cảm ứng từ do I_2 gây ra tại M : $B_2 = 2 \cdot 10^{-7} \cdot \frac{I_2}{r+0,06} = 2 \cdot 10^{-7} \cdot \frac{I}{r+0,06}$.

- Cảm ứng từ do I_3 gây ra tại M : $B_3 = 2 \cdot 10^{-7} \cdot \frac{I_3}{r+0,12} = 2 \cdot 10^{-7} \cdot \frac{2I}{r+0,12}$.

Vì $\vec{B}_1, \vec{B}_2$ cùng chiều nên $B_{12} = B_1 + B_2 = 2 \cdot 10^{-7} \cdot I \left(\frac{1}{r} + \frac{1}{r+0,06} \right)$.

$$\begin{aligned} B_{12} = B_3 &\Leftrightarrow 2 \cdot 10^{-7} \cdot I \left(\frac{1}{r} + \frac{1}{r+0,06} \right) = 2 \cdot 10^{-7} \cdot \frac{2I}{r+0,12} \\ \text{Để } \vec{B} = 0 \text{ thì} &\Leftrightarrow \frac{2r+0,06}{r(r+0,06)} = \frac{2}{r+0,12} \Leftrightarrow (r+0,03) \cdot (r+0,12) = r(r+0,06) \end{aligned}$$

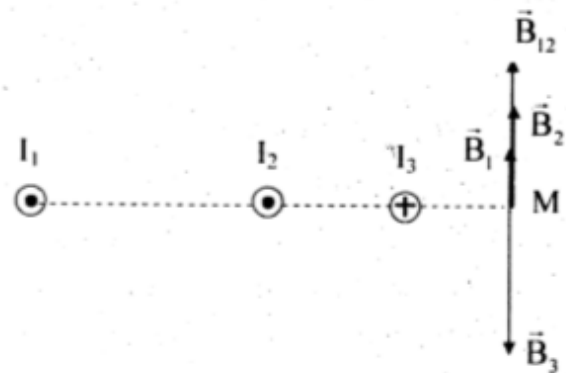
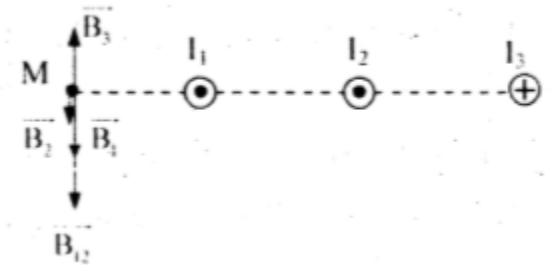
$$\Leftrightarrow r^2 - r^2 + 0,09r + 3,6 \cdot 10^{-3} = 0 \Rightarrow r < 0 \text{ không phù hợp.}$$

- Trường hợp 2: Nếu M nằm ngoài I_3 thì $\vec{B}_1, \vec{B}_2$ cùng chiều; $\vec{B}_3$ ngược chiều với $\vec{B}_1, \vec{B}_2$.

Ta có: $\vec{B} = \vec{B}_1 + \vec{B}_2 + \vec{B}_3 = \vec{B}_{12} + \vec{B}_3$

- Cảm ứng từ do I_1 gây ra tại M :

$$B_1 = 2 \cdot 10^{-7} \cdot \frac{I_1}{r_1} = 2 \cdot 10^{-7} \cdot \frac{I}{r+0,12}$$



- Cảm ứng từ do I_2 gây ra tại M : $B_2 = 2 \cdot 10^{-7} \cdot \frac{I_2}{r_2} = 2 \cdot 10^{-7} \cdot \frac{I}{r + 0,06}$.

- Cảm ứng từ do I_3 gây ra tại M : $B_3 = 2 \cdot 10^{-7} \cdot \frac{I_3}{r_3} = 2 \cdot 10^{-7} \cdot \frac{2I}{r}$.

Vì $\vec{B}_1, \vec{B}_2$ cùng chiều nên $B_{12} = B_1 + B_2 = 2 \cdot 10^{-7} \cdot I \left(\frac{1}{r + 0,12} + \frac{1}{r + 0,06} \right)$.

Để $\vec{B} = 0$ thì $B_{12} = B_3 \Leftrightarrow 2 \cdot 10^{-7} \cdot I \left(\frac{1}{r + 0,12} + \frac{1}{r + 0,06} \right) = 2 \cdot 10^{-7} \cdot \frac{2I}{r}$.

$\Leftrightarrow \frac{2r + 0,18}{(r + 0,12)(r + 0,06)} = \frac{2}{r} \Leftrightarrow r^2 + 0,18r = r^2 + 0,18r + 7,2 \cdot 10^{-3}$: vô nghiệm.

- Trường hợp 3: Nếu M nằm giữa I_2, I_3 thì $\vec{B}_1, \vec{B}_2, \vec{B}_3$ cùng chiều nên không thể có trường hợp $\vec{B}_1 + \vec{B}_2 + \vec{B}_3 = 0$.

- Trường hợp 4: Nếu M nằm giữa I_1, I_2 thì $\vec{B}_1, \vec{B}_3$ cùng chiều; $\vec{B}_2$ ngược chiều với $\vec{B}_1, \vec{B}_3$.

Ta có: $\vec{B} = \vec{B}_1 + \vec{B}_2 + \vec{B}_3 = \vec{B}_{13} + \vec{B}_2$.

- Cảm ứng từ do I_1 gây ra tại M :

$$B_1 = 2 \cdot 10^{-7} \cdot \frac{I_1}{r_1} = 2 \cdot 10^{-7} \cdot \frac{I}{r}.$$

- Cảm ứng từ do I_2 gây ra tại M :

$$B_2 = 2 \cdot 10^{-7} \cdot \frac{I_2}{r_2} = 2 \cdot 10^{-7} \cdot \frac{I}{0,06 - r}.$$

- Cảm ứng từ do I_3 gây ra tại M : $B_3 = 2 \cdot 10^{-7} \cdot \frac{I_3}{r_3} = 2 \cdot 10^{-7} \cdot \frac{2I}{0,12 - r}$.

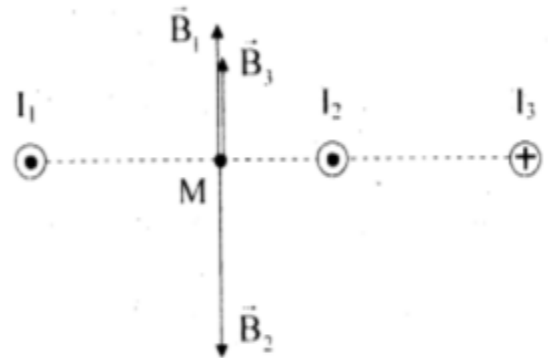
Vì $\vec{B}_1, \vec{B}_3$ cùng chiều nên $B_{13} = B_1 + B_3 = 2 \cdot 10^{-7} \cdot I \left(\frac{1}{r} + \frac{1}{0,12 - r} \right)$

$$B_{13} = B_2 \Leftrightarrow 2 \cdot 10^{-7} \cdot I \left(\frac{1}{r} + \frac{1}{0,12 - r} \right) = 2 \cdot 10^{-7} \cdot \frac{I}{0,06 - r}$$

Để $\vec{B} = 0$ thì $\Leftrightarrow \frac{1}{r} + \frac{2}{0,12 - r} = \frac{1}{0,06 - r} \Leftrightarrow \frac{0,12 - r + 2r}{r(0,12 - r)} = \frac{1}{0,06 - r}$

$$\Leftrightarrow (0,12 + r)(0,06 - r) = r(0,12 - r) \Leftrightarrow 7,2 \cdot 10^{-3} - 0,06r - r^2 = 0,12r - r^2$$

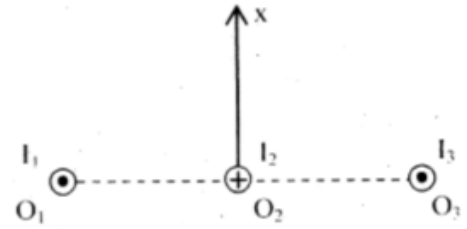
$$\Leftrightarrow 0,18r = 7,2 \cdot 10^{-3} \Rightarrow r = 0,04m = 4cm$$



Vậy: Điểm M trên đường thẳng song song với 3 dây, trong khoảng dây 1 và 2, cách dây giữa $2cm$ (cách dây 1 là $4cm$).

1.12. Ba dòng điện thẳng song song như hình vẽ:

$I_1 = I_3 = I, I_2 = \frac{I}{2}, O_1O_2 = O_2O_3 = a$, dòng I_2 ngược chiều với I_1, I_3 .



Tìm trên trục O_2x vuông góc với mặt phẳng chứa ba dây những điểm có $B = 0$.

Bài giải

Gọi M là điểm trên O_2x có cảm ứng từ tổng hợp bằng không, ta có:

$$\vec{B} = \vec{B}_1 + \vec{B}_2 + \vec{B}_3 = \vec{B}_{13} + \vec{B}_2 = 0 \Rightarrow \vec{B}_{13} = -\vec{B}_2 \quad (1).$$

Cảm ứng từ do I_1 gây ra tại M : $B_1 = 2 \cdot 10^{-7} \cdot \frac{I_1}{r_1} = 2 \cdot 10^{-7} \cdot \frac{I}{\sqrt{a^2 + x^2}}$ (với $x = O_2M$).

Cảm ứng từ do I_2 gây ra tại M : $B_2 = 2 \cdot 10^{-7} \cdot \frac{I_2}{r_2} = 2 \cdot 10^{-7} \cdot \frac{I}{2x}$.

Cảm ứng từ do I_3 gây ra tại M : $B_3 = 2 \cdot 10^{-7} \cdot \frac{I_3}{r_3} = 2 \cdot 10^{-7} \cdot \frac{2I}{0,12 - r}$ với $\vec{B}_{13} = \vec{B}_1 + \vec{B}_3 \quad (2)$

Chiếu (2) lên phương $\vec{B}_{13}$ ta được: $B_{13} = B_1 \cos \alpha + B_3 \cos \alpha = 2B_1 \cos \alpha$.

Mặt khác: $\cos \alpha = \frac{MO_2}{I_1M} = \frac{x}{\sqrt{a^2 + x^2}} \Rightarrow B_{13} = 2B_1 \cdot \frac{x}{\sqrt{a^2 + x^2}}$

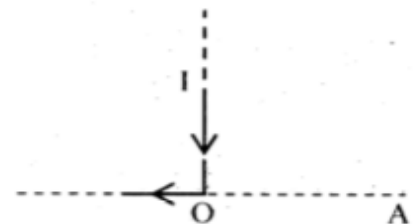
$$B_{13} = B_2 \Leftrightarrow 2 \cdot 2 \cdot 10^{-7} \cdot \frac{1}{\sqrt{a^2 + x^2}} \cdot \frac{x}{\sqrt{a^2 + x^2}} = 2 \cdot 10^{-7} \cdot \frac{1}{2x}$$

với

$$\Leftrightarrow \frac{2x}{a^2 + x^2} = \frac{1}{2x} \Leftrightarrow 4x^2 = a^2 + x^2 \Rightarrow x = \frac{a\sqrt{3}}{3} \Rightarrow \overline{O_2M} = \pm \frac{a\sqrt{3}}{3}$$

Vậy: Những điểm trên trục O_2x vuông góc với mặt phẳng chứa ba dây với $\overline{O_2M} = \pm \frac{a\sqrt{3}}{3}$ sẽ $B = 0$.

1.13. Một dây dẫn rất dài được gấp lại ở giữa thành góc vuông như hình. Trong dây dẫn có dòng điện $I = 20A$ đi qua. Xác định vectơ cảm ứng từ $\vec{B}$ do dây gây ra tại A cách O đoạn $a = 2cm$, trên đường kéo dài của một cạnh dây như hình vẽ.



Bài giải

Cảm ứng từ gây ra bởi dòng điện chạy trong đoạn dây dẫn thẳng: $B = \frac{\mu_0 I}{4\pi R} (\cos \theta_1 + \cos \theta_2)$.

Từ trường tại A chỉ cho 1 cạnh góc vuông gây ra, còn từ trường do đoạn dây dẫn thẳng gây nên tại một điểm trên trục của dây là bằng không.

Theo quy tắc nắm tay phải, hướng ra trước, vuông góc với mặt phẳng như hình vẽ.

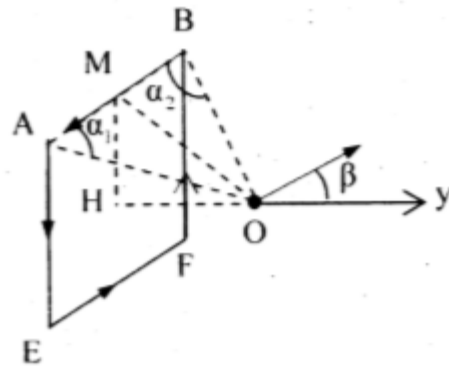
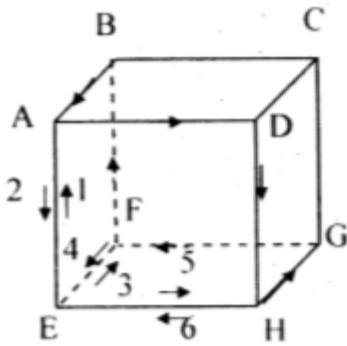


Ta có: $\theta_1 = 0, \theta_2 = \frac{\pi}{2} \Rightarrow B = 10^{-7} \cdot \frac{20}{0,02} \left(\cos 0 + \cos \frac{\pi}{2} \right) = 10^{-4} T$.

Vậy: Vectơ cảm ứng từ $\vec{B}$ do dây gây ra tại A có độ lớn $B = 10^{-4} T$, hướng từ phía sau ra phía trước.

1.14. Một hình lập phương làm bằng dây dẫn đồng chất, tiết diện đều, hai đỉnh đối diện của hình hộp được nối với một nguồn điện ở xa bằng hai dây dẫn dài có phương qua tâm hình lập phương. Tính cảm ứng từ ở tâm hình lập phương.

Bài giải



Để đơn giản, ta có thể xem trong một cạnh không có dòng điện sẽ tương đương như có 2 dòng điện có cường độ ngược chiều đi qua cạnh đó.

Từ hình vẽ, ta thấy sẽ có 3 mặt của hình lập phương có dòng điện cường độ I chạy qua. Do đó từ trường do 3 mặt gây ra ở tâm O là: $\vec{B} = \vec{B}_1 + \vec{B}_2 + \vec{B}_3$ ($\vec{B}_1, \vec{B}_2, \vec{B}_3$ lần lượt là các vectơ cảm ứng từ gây ra tại O bởi các mặt $AEFB, FEHG, ADHE$).

Xét $\vec{B}_1 = \vec{B}_{AB} + \vec{B}_{EF} + \vec{B}_{FB} + \vec{B}_{AE}$.

- Từ trường do AB cạnh gây ra ở O :

$$B_{AB} = \frac{\mu_0 I}{4\pi OM} (\cos \alpha_1 + \cos \alpha_2) \Rightarrow B_{AB} = \frac{\mu_0 I}{4\pi OM} \cdot 2 \cos \alpha \quad (\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha).$$

Với:

$$OM = \sqrt{OH^2 + HM^2} = \sqrt{\frac{a^2}{4} + \frac{a^2}{4}} = \frac{a}{\sqrt{2}}$$

$$\cos \alpha = \frac{MB}{OB} = \frac{MB}{\sqrt{OM^2 + MB^2}} = \frac{\frac{a}{2}}{\sqrt{\frac{a^2}{2} + \frac{a^2}{4}}} = \frac{\frac{a}{2}}{\frac{a\sqrt{3}}{2}} = \frac{1}{\sqrt{3}}$$

$$\Rightarrow B_{AB} = \frac{\mu_0 I}{2\pi \frac{a}{\sqrt{2}} \sqrt{3}} = \frac{\mu_0 I}{2\pi a} \sqrt{\frac{2}{3}}$$

$$B_{AB_y} = B_{AB} \cdot \cos \beta = B_{AB} \cos(90^\circ - MOH)$$

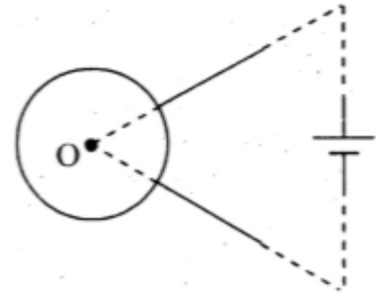
$$\text{- Xét } B_{AB} \text{ theo } Oy \text{ thì: } \Leftrightarrow B_{AB_y} = B_{AB} \sin MOH = \frac{\mu_0 I}{2\pi a} \sqrt{\frac{2}{3}} \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} = \frac{\mu_0 I}{2\pi a \sqrt{3}}$$

$$\text{- Do tính đối xứng nên } B_1 = 4B_{AB_y} = \frac{2\mu_0 I}{\sqrt{3}\pi a}.$$

$$\text{- Tương tự: } B_2 = B_3 = \frac{2\mu_0 I}{\sqrt{3}\pi a} \Rightarrow B_0 = \sqrt{B_1^2 + B_2^2 + B_3^2} = B_1 \sqrt{3} = \frac{2\mu_0 I}{\pi a}.$$

Vậy: Cảm ứng từ ở tâm hình lập phương là $B_0 = \frac{2\mu_0 I}{\pi a}$.

1.15. Người ta mắc vào hai điểm bất kì của một vòng dây dẫn hai dây dẫn thẳng dài hướng theo phương bán kính của vòng dây. Hai đầu của hai dây dẫn thẳng được nối vào nguồn điện ở xa. Tính cảm ứng từ ở tâm vòng dây.



Bài giải

Vì O nằm trên trục của 2 dây dẫn thẳng AM và BN nên từ trường do chúng gây ra tại O đều bằng không.

Từ trường do 2 phần AEB và AFB của vòng dây tròn gây ra tại O

có:

Phương: vuông góc với vòng dây.

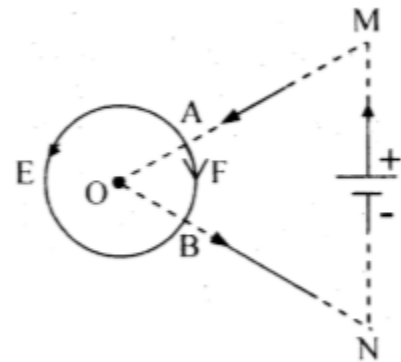
$\vec{B}_1$ do AEB gây ra hướng từ sau ra trước mặt phẳng hình vẽ, còn $\vec{B}_2$

do AFB gây ra hướng từ trước ra sau mặt phẳng hình vẽ.

Từ trường tổng hợp tại O : $\vec{B} = \vec{B}_1 + \vec{B}_2 \Rightarrow B = |B_1 - B_2|$ với

$$B_1 = 2\pi \cdot 10^{-7} \cdot \frac{I_1}{r} \cdot \frac{l_1}{2\pi r} = \frac{10^{-7}}{r^2} \cdot I_1 l_1.$$

$$\text{Mà } I_1 = \frac{U_{AB}}{R_1} = \frac{U_{AB}}{\rho \frac{l_1}{S}} = \frac{U_{AB} S}{\rho l_1} \text{ nên } B_1 = \frac{10^{-7}}{r^2} \cdot \frac{U_{AB} S}{\rho l_1} \cdot l_1 = \frac{10^{-7}}{r^2} \cdot \frac{U_{AB} S}{\rho}.$$

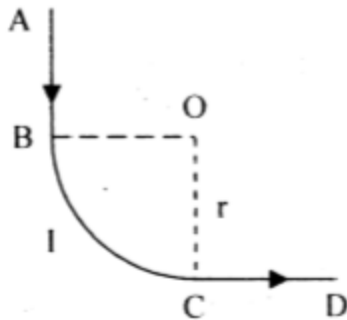


Tương tự: $B_2 = \frac{10^{-7}}{r^2} \frac{U_{AB} S}{\rho} = B_1$.

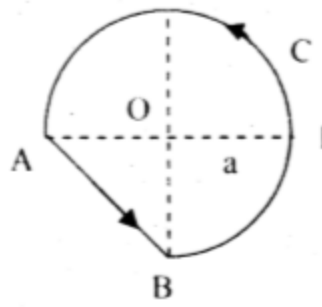
Vậy: $B = B_2 - B_1 = 0$.

1.16. Xác định cảm ứng từ tại tâm O do dòng điện có cường độ $I = 10A$ chạy trong các đoạn dây dẫn sau tạo ra:

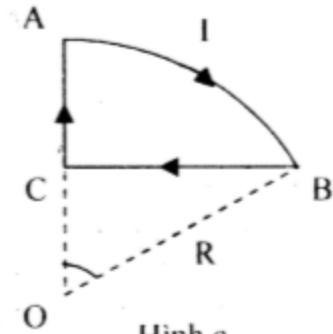
- Đoạn dây dẫn $ABCD$ gồm hai đoạn dây thẳng, dài AB và CD và đoạn dây BC uốn thành cung tròn bán kính $r = 10cm$ (hình a).
- Đoạn dây dẫn ABC được uốn như hình b, biết $a = 2cm$.
- Đoạn dây dẫn ABC được uốn như hình c, biết $OA = OB = R = 10cm$, $\angle AOB = 60^\circ$.



Hình a



Hình b



Hình c

Bài giải

- Với đoạn dây được uốn như hình a:

Gọi $\vec{B}_1, \vec{B}_2, \vec{B}_3$ là cảm ứng từ do dòng điện chạy trong các đoạn dây AB, BC và CD gây ra tại O .

Theo công thức của cảm ứng từ trong dòng điện thẳng và theo công thức của định luật Bi-ô – Xa-va, ta có: $B_1 = \frac{\mu_0 I}{4\pi r}$ và hướng từ trong ra ngoài.

$B_2 = \frac{\mu_0 I}{8r}$ và hướng từ trong ra ngoài.

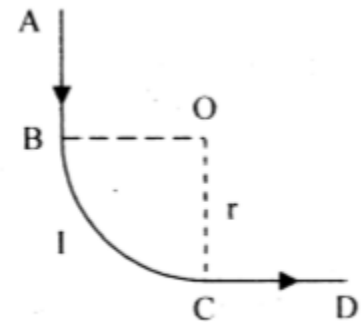
$B_3 = \frac{\mu_0 I}{4\pi r}$ và hướng từ trong ra ngoài.

Cảm ứng từ tổng hợp tại O : $\vec{B} = \vec{B}_1 + \vec{B}_2 + \vec{B}_3$.

Vì $\vec{B}_1, \vec{B}_2, \vec{B}_3$ cùng chiều (đều hướng từ trong ra ngoài) nên:

$$B = B_1 + B_2 + B_3 = \frac{\mu_0 I}{4\pi r} + \frac{1}{4} \cdot \frac{\mu_0 I}{2r} + \frac{\mu_0 I}{4\pi r} = \frac{\mu_0 I}{2r} \left(\frac{1}{\pi} + \frac{1}{4} \right)$$

$$\Leftrightarrow B = \frac{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 10}{2 \cdot 10^{-1}} \left(\frac{1}{\pi} + \frac{1}{4} \right) = 3,57 \cdot 10^{-6} T$$



Hình a

Vậy: Cảm ứng từ tại tâm O của đoạn dây ở hình a có độ lớn $B = 3,57.10^{-5} T$ và có hướng từ trong ra ngoài.

b) Với đoạn dây được uốn như hình b:

Gọi $\vec{B}_1, \vec{B}_2$ là cảm ứng từ do dòng điện chạy trong các đoạn dây thẳng AB và đoạn cung tròn BCA gây ra tại O .

Theo công thức của định luật Bi-ô – Xa-va, ta có:

$$B_1 = \frac{\mu_0 I}{2\pi a}; B_2 = \frac{3}{4} \cdot \frac{\mu_0 I}{2a} = \frac{3\mu_0 I}{8a} \text{ và đều hướng từ trong ra}$$

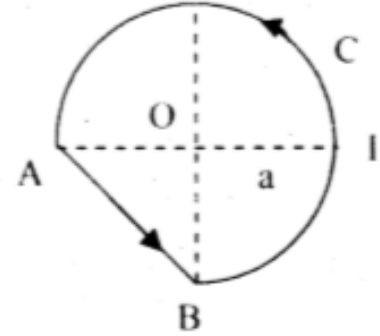
ngoài.

Cảm ứng từ tổng hợp tại O : $\vec{B} = \vec{B}_1 + \vec{B}_2$.

Vì $\vec{B}_1, \vec{B}_2$ cùng chiều (đều hướng từ trong ra ngoài) nên:

$$B = B_1 + B_2 = \frac{\mu_0 I}{2\pi a} + \frac{3\mu_0 I}{8a} = \frac{\mu_0 I}{2a} \left(\frac{1}{\pi} + \frac{3}{4} \right)$$

$$\Leftrightarrow B = \frac{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 10}{2 \cdot 2 \cdot 10^{-2}} \left(\frac{1}{\pi} + \frac{3}{4} \right) = 3,35 \cdot 10^{-4} T$$



Hình b

Vậy: Cảm ứng từ tại tâm O của đoạn dây ở hình b có độ lớn $B = 3,35.10^{-4} T$ và có hướng từ trong ra ngoài.

c) Với đoạn dây được uốn như hình c:

Gọi $\vec{B}_1, \vec{B}_2, \vec{B}_3$ là cảm ứng từ do dòng điện chạy trong các đoạn dây AB, BC và CA gây ra tại O . Theo công thức của định luật Bi-ô – Xa-va, ta có:

$$B_1 = \frac{1}{6} \cdot \frac{\mu_0 I}{2R} = \frac{3\mu_0 I}{12R} \text{ và hướng từ ngoài vào trong.}$$

$$B_2 = \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{\sqrt{3}I}{R} \text{ và hướng từ trong ra ngoài.}$$

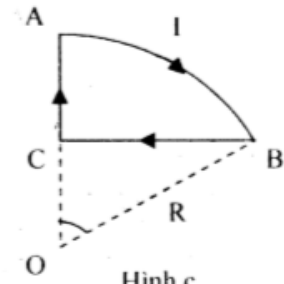
$$B_3 = 0 \text{ (vì khoảng cách từ } AC \text{ đến } O \text{ bằng 0).}$$

Cảm ứng từ tổng hợp tại O : $\vec{B} = \vec{B}_1 + \vec{B}_2 + \vec{B}_3$.

Vì $\vec{B}_1, \vec{B}_2$ ngược chiều và $B_2 > B_1$ nên:

$$B = B_2 - B_1 = \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{\sqrt{3}I}{R} - \frac{3\mu_0 I}{12R} = \frac{\mu_0 I}{R} \left(\frac{\sqrt{3}}{4\pi} - \frac{1}{12} \right)$$

$$\Leftrightarrow B = \frac{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 10}{10^{-1}} \left(\frac{\sqrt{3}}{4\pi} - \frac{1}{12} \right) = 6,9 \cdot 10^{-6} T$$



Hình c

Vậy: Cảm ứng từ tại tâm O của đoạn dây ở hình c có độ lớn $B = 6,9 \cdot 10^{-6} T$ và có hướng từ trong ra ngoài.

1.17. Dây dẫn dài vô hạn có một đoạn uốn hình nửa đường tròn bán kính R như hình vẽ.

Xác định $\vec{B}$ ở tâm O của nửa đường tròn.

Bài giải

Từ trường tổng hợp tại O : $\vec{B} = \vec{B}_1 + \vec{B}_2 + \vec{B}_3$.

Vì $\vec{B}_1, \vec{B}_2, \vec{B}_3$ cùng chiều nên $\vec{B}$ vuông góc với mặt phẳng dây, hướng ra sau mặt phẳng như hình vẽ.

Cảm ứng từ do nửa dây dẫn dài vô hạn gây ra: $B = \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{I \Delta l}{r^2} \sin \alpha$.

Vì $\Delta l \cdot \sin \alpha = r \Rightarrow B_1 = B_2 = \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{I}{R}$.

Cảm ứng từ do nửa vòng tròn gây ra: $B_3 = \frac{1}{2} \cdot 2\pi \cdot 10^{-7} \cdot \frac{I}{R} = \pi \cdot 10^{-7} \cdot \frac{I}{R} = \frac{\mu_0 I}{4R}$.

Cảm ứng từ tổng hợp ở O : $B = B_1 + B_2 + B_3$

$$\Rightarrow B = 2 \cdot \frac{\mu_0}{4} \cdot \frac{I}{R} + \frac{\mu_0 I}{4R} = \mu_0 I \left(\frac{1}{2\pi R} + \frac{1}{4R} \right)$$

Vậy: Cảm ứng từ $\vec{B}$ ở tâm O của nửa đường tròn có hướng từ trước ra sau, có độ lớn $B = \mu_0 I \left(\frac{1}{2\pi R} + \frac{1}{4R} \right)$.

1.18. Tìm vector cảm ứng từ ở một điểm trên trục của một dòng điện tròn, cách tâm dòng điện đoạn x . Cường độ dòng điện là I , bán kính là R .

Bài giải

Ta chia dòng điện ra các phần tử Idl .

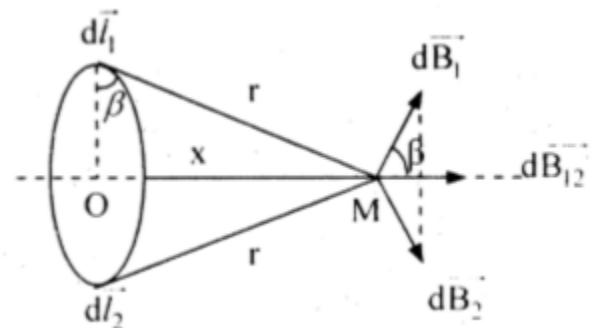
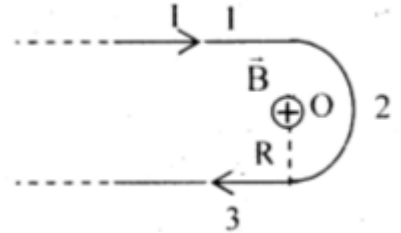
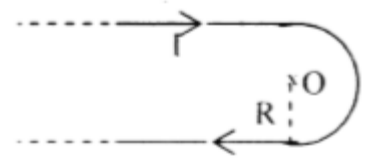
Mỗi phần tử này gây ra tại M từ trường mà vector cảm

ứng từ dB có giá trị: $dB = \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{Idl \sin \theta}{r^2}$.

Vì dl và r vuông góc nhau nên $\sin \theta = 1$.

$d\vec{B}$ có phương vuông góc với mặt phẳng chứa dl và r

tức là nằm trong mặt phẳng chứa OM và r , có chiều xác định bằng quy tắc vắn nút chai.



Xét 2 phần tử dòng điện Idl_1 và Idl_2 có cùng độ lớn đặt đối xứng nhau qua tâm O , ta thấy vec tơ cảm ứng từ do chúng gây ra tại M là $\vec{dB}_1$ và $\vec{dB}_2$ nằm trên cùng một mặt phẳng đối xứng với nhau qua trục OM , có giá trị như nhau, do đó vector cảm ứng từ tổng hợp $(\vec{dB}_1 + \vec{dB}_2)$ có phương OM .

Lí luận tương tự bằng cách xét từng cặp phần tử dòng điện đối xứng với nhau qua tâm O , ta thấy vector cảm ứng từ toàn phần do dòng điện tròn gây ra tại M là vector có phương trùng với trục OM . Như vậy cảm ứng từ $\vec{B}$ của cả dòng điện bằng tổng các thành phần $d\vec{B}$ theo phương OM .

$$dB_n = dB \cos \beta = \frac{\mu_0 I}{4\pi} \cdot \frac{dl \cos \beta}{r^2} \Rightarrow B = \int_L dB_n = \frac{\mu_0 I \cos \beta}{4\pi r^2} = \int_L dl.$$

(với $L = 2\pi R$: chu vi dòng điện tròn).

$$\text{Với } \cos \beta = \frac{R}{r} = \frac{R}{\sqrt{R^2 + x^2}} \Rightarrow B = \frac{\mu_0 I 2\pi R^2}{4\pi (R^2 + x^2)^{3/2}} = \frac{\mu_0 IR^2}{2(R^2 + x^2)^{3/2}}.$$

Vậy: vec tơ cảm ứng từ ở điểm M trên trục của một dòng điện tròn có phương vuông góc với mặt phẳng

vòng dây, có hướng ra xa vòng dây và có độ lớn $B = \frac{\mu_0 IR^2}{2(R^2 + x^2)^{3/2}}.$

2. LỰC TỪ

1.19. Đoạn dây dẫn l có dòng điện I đi qua đặt trong từ trường đều $\vec{B}$ như các hình vẽ sau:



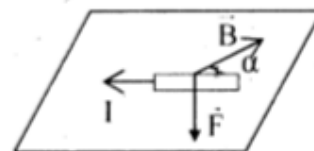
Đoạn dây dẫn và các vec tơ được vẽ nằm trong mặt phẳng hình vẽ.

- $B = 0,02T, I = 2A, l = 5cm, \alpha = 30^\circ$. Tìm $\vec{F}$.
- $B = 0,03T, l = 10cm, F = 0,06N, \beta = 45^\circ$. Tìm I , phương, chiều của $\vec{F}$.
- $\vec{B}$ thẳng đứng, $I = 5A, l = 10cm, F = 0,01N$. Tìm $\vec{B}$.
- $\vec{B} \neq 0, I = 3A, l = 15cm, F = 0$. Tìm $\vec{B}$.

Bài giải

- Lực từ tác dụng lên đoạn dây điện thẳng:

$$F = BIl \sin \alpha = 0,02 \cdot 2 \cdot 0,05 \cdot \sin 30^\circ = 10^{-3} N$$



Theo quy tắc bàn tay trái, $\vec{F}$ hướng từ trên xuống.

b) Ta có: $F = BIl \sin \alpha$.

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

Theo quy tắc bàn tay trái, $\vec{F}$ hướng lên trên.

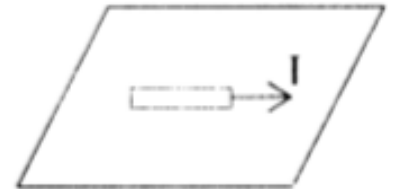
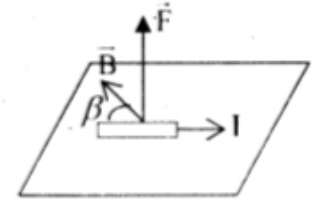
c) Ta có: $F = BIl \sin \alpha \Rightarrow B = \frac{F}{Il \sin \alpha} = \frac{0,01}{5 \cdot 0,1} = 0,02 T$.

Theo quy tắc bàn tay trái, $\vec{B}$ hướng lên trên.

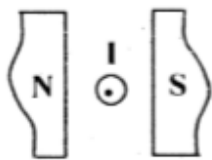
d) Ta có: $F = BIl \sin \alpha$.

Với $F = 0, \vec{B} \neq 0 \Rightarrow \sin \alpha = 0 \Rightarrow \alpha = 0^\circ$.

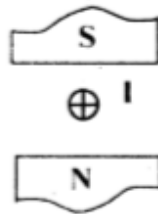
Vậy: $\vec{B}$ hướng dọc theo dây, độ lớn bất kì.



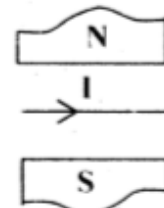
1.20. Một dây dẫn có dòng điện chạy qua đặt trong một từ trường đều như hình. Trong hình (1), (2) dây dẫn vuông góc với mặt phẳng hình vẽ. Trong hình (3) dây dẫn song song với mặt phẳng hình vẽ. Trong hình (4), (5) từ trường $\vec{B}$ vuông góc mặt phẳng hình vẽ. Trong từng trường hợp, hãy xác định hướng của lực từ tác dụng lên dây dẫn.



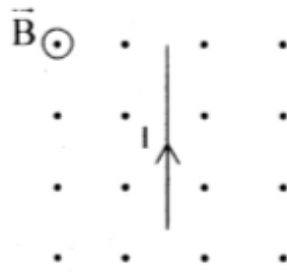
(1)



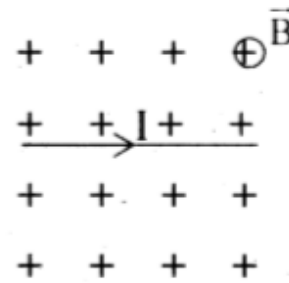
(2)



(3)

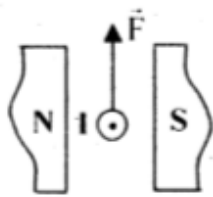


(4)

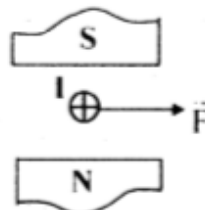


(5)

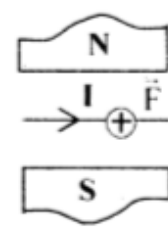
Bài giải



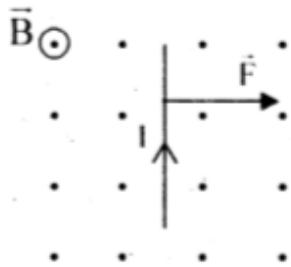
(1)



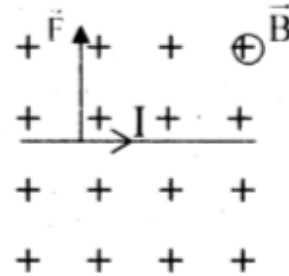
(2)



(3)



(4)



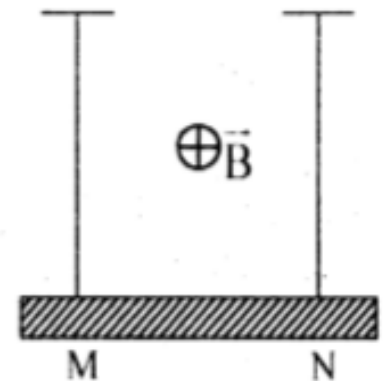
(5)

Vậy: (1): hướng lên; (2): hướng qua phải.

(3): hướng từ trước ra sau; (4): hướng qua phải; (5): hướng lên.

1.21. 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.

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



Bài giải

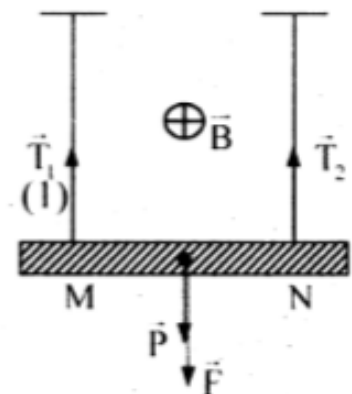
- Chiều và độ lớn của I :

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 phải có chiều từ M đến N :

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

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

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 : $F = BIl \sin \alpha = 0,04.16.0,25 = 0,16N$

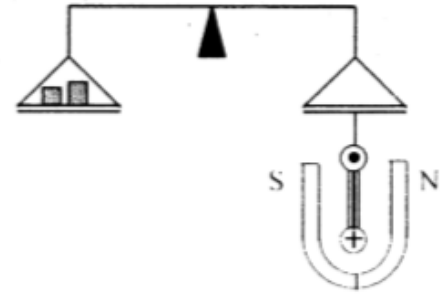
Khi MN nằm cân bằng thì $\vec{P} + \vec{F} + 2\vec{T} = 0$.

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

$$\Rightarrow T = \frac{F + P}{2} = \frac{0,16 + Dlg}{2} = \frac{0,16 + 0,04.0,25.10}{2} = 0,13N.$$

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

1.22. Thiết lập thí nghiệm như hình vẽ, khung dây gồm 100 vòng, cạnh $a = 5cm$. Cho dòng điện $I = 5A$ chạy qua khung dây, ở đĩa cân bên kia đặt quả cân để cân thăng bằng. Sau đó người ta quay nam châm 180° để đổi chiều từ trường thì phải thêm vào đĩa cân bên kia $200g$ thì cân mới trở lại thăng bằng. Tính cảm ứng từ của nam châm.



Bài giải

Các lực từ tác dụng vào khung dây:

- Trọng lực $\vec{P}$ của khung dây.

- Lực từ $\vec{F}$ tác dụng vào cạnh dưới của khung.

Lúc đầu, lực $\vec{F}$ hướng lên nên điều kiện cân bằng của thanh là: $m_1g = P - B.nl.a$ (1).

Khi quay nam châm 180° , lực từ $\vec{F}$ hướng xuống dưới nên điều kiện cân bằng của thanh là: $(m_1 + 0,2)g = P + B.nl.a$ (2).

$$\text{Lấy (2) - (1) ta được: } 0,2g = 2B.nl.a \Rightarrow B = \frac{0,2g}{2.nl.a} = \frac{0,2.10}{2.100.5.0,05} = 0,04T.$$

Vậy: Cảm ứng từ của nam châm là $0,04T$.

1.23. Một dây dẫn là nửa đường tròn bán kính $10cm$ có dòng $I = 5A$ đi qua. Dây đặt trong mặt phẳng vuông góc với $\vec{B}$ của một từ trường đều, $B = 0,1T$. Tìm lực từ F tác dụng lên dây.

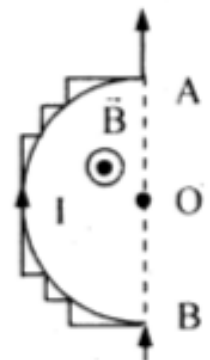
Bài giải

Chia nửa vòng tròn AB thành hình bậc thang như hình vẽ.

Tổng lực tác dụng lên các cạnh song song với AB : $F = \sum IB.\Delta l = BIl$ (có phương vuông góc với AB).

Các lực từ tác dụng lên các cạnh vuông góc với AB từng cặp một triệt tiêu nhau nên lực từ tác dụng lên dây dẫn cong AB và dây dẫn thẳng AB đều là:

$$F = BIl = B.I.2R = 0,1.5.0,2 = 0,1N.$$



1.24. Một dây dẫn có dòng điện chạy qua nằm trong mặt phẳng vuông góc với vec tơ cảm ứng từ của một từ trường đều.

Chứng minh rằng lực tác dụng lên một đoạn dây nằm giữa hai điểm cố định không phụ thuộc vào hình dạng của đoạn dây đó.

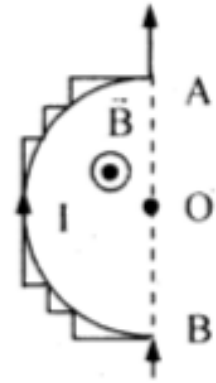
Bài giải

Chia dây dẫn cong AB thành bậc thang như hình vẽ.

Tổng lực tác dụng lên các cạnh song song với AB : $F = \sum IB \cdot \Delta l = BIl$ (có phương vuông góc với AB).

Các lực tác dụng lên các cạnh vuông góc với AB từng cặp một triệt tiêu nhau nên lực từ tác dụng lên dây dẫn cong AB và dây dẫn thẳng AB là BIl .

Vậy: Lực tác dụng lên một đoạn dây nằm giữa 2 điểm cố định không phụ thuộc vào hình dạng của đoạn dây đó.

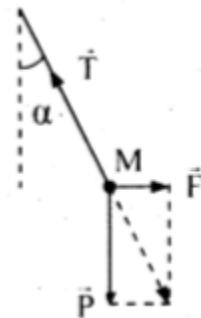
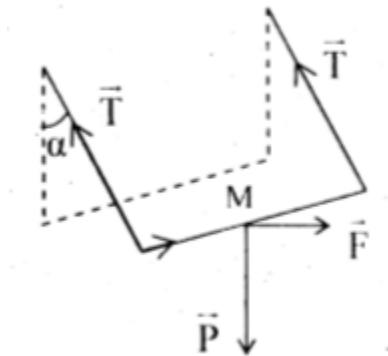


1.25. Đoạn dây dẫn AB có chiều dài $l = 20\text{cm}$, khối lượng $m = 10\text{g}$ được treo nằm ngang trong một từ trường đều có vec tơ cảm ứng từ thẳng đứng. Hai dây treo thẳng đứng, mảnh và nhẹ, chiều dài mỗi dây $l = 40\text{cm}$.

Cho dòng điện $I = 2\text{A}$ qua dây AB . AB bị đẩy lệch sang một bên và có vị trí cân bằng khi dây treo lệch góc $\alpha = 30^\circ$.

Tính độ lớn cảm ứng từ B và vận tốc AB ở vị trí cân bằng. Bỏ qua mọi ma sát và lực cản của môi trường.

Bài giải



Các lực tác dụng lên đoạn dây AB : $\vec{P}, \vec{F}$, hai lực căng dây $\vec{T}$.

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

Xét mặt cắt ngang của đoạn dây, ta có:

$$\tan \alpha = \frac{F}{P} = \frac{BIl}{mg} \Rightarrow B = \frac{mg \tan \alpha}{Il} = \frac{0,01 \cdot 10 \cdot \tan 30^\circ}{2 \cdot 0,2} = 0,14\text{T}.$$

Theo định luật bảo toàn cơ năng, với góc thế năng ở A ta có:

$$W_A = W_B \Leftrightarrow \frac{mv^2}{2} = mgl(1 - \cos \alpha)$$

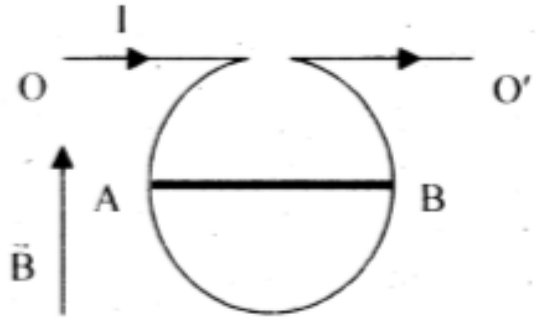
$$\Rightarrow v = \sqrt{2gl(1 - \cos \alpha)} = \sqrt{2 \cdot 10 \cdot 0,4(1 - \cos 30^\circ)} \approx 1,1(m/s)$$

Vậy: Độ lớn cảm ứng từ $B = 0,14T$;

Vận tốc AB ở vị trí cân bằng là $v = 1,1(m/s)$.

1.26. Một khung dây kim loại hình tròn có thể quay quanh trục nằm ngang OO' . Đặt khung dây trong từ trường đều với vectơ cảm ứng từ $\vec{B}$ hướng thẳng đứng từ dưới lên. Cường độ dòng điện trong khung là. Khối lượng một đơn vị chiều dài của khung là P .

- Xác định góc lệch của mặt phẳng khung so với phương thẳng đứng khi khung cân bằng.
- Đặt thêm một thanh kim loại trùng với đường kính ngang của khung (thanh kim loại song song với trục OO') và tiếp xúc với hai đầu A, B của khung. Thanh kim loại này cũng có khối lượng một đơn vị chiều dài là. Dòng điện trong chạy qua trục OO' vẫn là I . Xác định góc lệch của khung lúc này.



Bài giải

- Góc lệch của mặt phẳng khung so với phương thẳng đứng khi khung cân bằng.

Khung dây dẫn có dòng điện I đặt trong từ trường đều $\vec{B}$ chịu tác dụng bởi momen ngẫu lực từ:

$$M_t = p_m B \sin \theta \quad (1).$$

($p_m = IS$: momen từ; $\theta = (\vec{B}, \vec{n})$, $\vec{n}$ là pháp tuyến của vòng dây, chiều của $\vec{n}$ hướng vào Nam ra Bắc của vòng dây; α góc lệch của vòng dây).

Từ (1) suy ra: $M_t = p_m B \sin \theta = BIS \cos \alpha$.

Momen của trọng lực: $M_p = PR \sin \alpha$ (R là bán kính khung dây hình tròn).

Để vòng dây cân bằng thì: $M_p = M_t$.

$$\Leftrightarrow PR \sin \alpha = BIS \cos \alpha \Rightarrow \tan \alpha = \frac{BI\pi R^2}{PR} \text{ với } P = mg = 2\pi R\rho g.$$

$$\Rightarrow \tan \alpha = \frac{IB}{2\rho g}; \alpha = \arctan \left(\frac{IB}{2\rho g} \right).$$

Vậy: Góc lệch của mặt phẳng khung so với phương thẳng đứng khi khung cân bằng là

$$\alpha = \arctan \left(\frac{IB}{2\rho g} \right).$$

b) Góc lệch của khung dây khi đặt thêm thanh kim loại AB :

Trọng lượng của hệ: $P = P_1 + P_2$.

Với: $P_1 = 2\pi R\rho g$: trọng lượng vòng dây; $P_2 = 2R\rho g$: trọng lượng của thanh.

$$\Rightarrow P = 2R\rho g(\pi + 1).$$

Momen của trọng lượng:

$$M_p = PR \sin \alpha = 2R_2\rho g(\pi + 1)\sin \alpha.$$

Momen của ngẫu lực từ: $M_t = M_{t1} + M_{t2}$ (2).

Coi hệ đã cho tương đương với hai vòng dây chồng lên nhau, với:

+ M_{t1} là momen ngẫu lực từ của nửa vòng dây có cường

$$\text{độ } I_1: M_{t1} = BI_1 \frac{S}{2} \sin \theta = BI_1 \frac{\pi R^2}{2} \cos \alpha.$$

+ M_{t2} là momen ngẫu lực từ của cả vòng dây có cường

$$\text{độ } I_2: M_{t2} = BI_2 \sin \theta = BI_2 \pi R^2 \cos \alpha.$$

$$\text{Ta có: } I_1 R_1 = I_2 R_2 \quad (3).$$

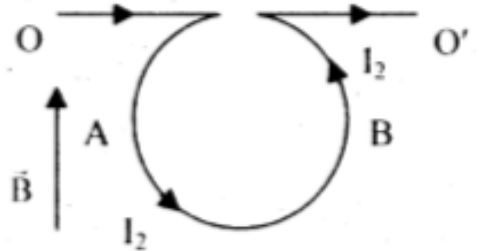
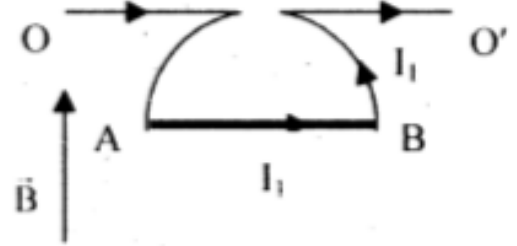
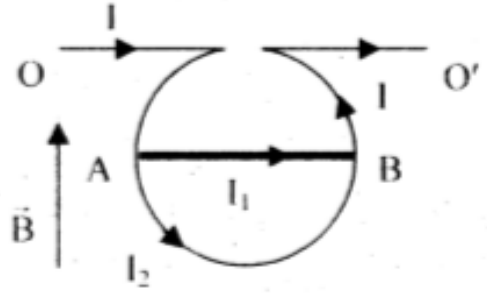
Với $R_1 = r \frac{2R}{S}$ là điện trở thanh; $R_2 = r \frac{\pi R}{S}$ là điện trở của nửa vòng dây (r, S lần lượt là điện trở suất và tiết diện của dây).

$$\text{Thay vào (3), ta được: } \frac{I_1}{I_2} = \frac{\pi}{2} \quad (4).$$

$$\text{Mặt khác: } I = I_1 + I_2 = \left(\frac{\pi}{2} + 1 \right) I_2 \quad (5).$$

$$\text{Từ (4) và (5): } I_2 = \frac{2I}{\pi + 2}; I_1 = \frac{\pi I}{\pi + 2}.$$

$$\text{Thay vào (2), ta được: } M_t = B\pi R_2 \cos \alpha \left(I_2 + \frac{I_1}{2} \right) = \frac{IB\pi R^2 \cos \alpha (\pi + 4)}{2(\pi + 2)}.$$



$$M_p = M_t \Leftrightarrow 2R_2 \rho g (\pi + 1) \sin \alpha = \frac{IB\pi R^2 \cos \alpha (\pi + 4)}{2(\pi + 2)}$$

Vì

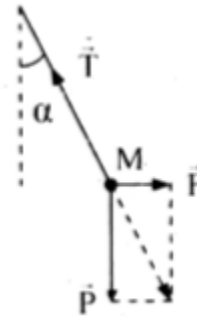
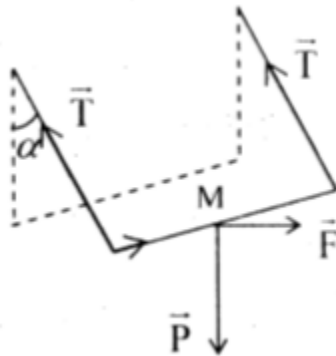
$$\Rightarrow \tan \alpha = \frac{\pi(\pi + 4)IB}{4(\pi + 1)(\pi + 2)\rho g}; \alpha = \arctan \left(\frac{\pi(\pi + 4)IB}{4(\pi + 1)(\pi + 2)\rho g} \right)$$

Vậy: Góc lệch của khung dây khi đặt thêm thanh kim loại AB là $\alpha = \arctan \left(\frac{\pi(\pi + 4)IB}{4(\pi + 1)(\pi + 2)\rho g} \right)$.

1.27. Một thanh dẫn điện được treo nằm ngang trên hai dây dẫn nhẹ thẳng đứng. Thanh đặt trong một từ trường đều, vec tơ cảm ứng từ thẳng đứng hướng xuống và có độ lớn $B = 1T$.

Thanh có chiều dài $l = 0,2m$, khối lượng $m = 10g$, dây dẫn có chiều dài $l_1 = 0,1m$. Mắc vào các điểm giữ các dây dẫn một tụ $C = 100\mu F$ được tích điện tới hiệu điện thế $U = 100V$. Cho tụ phóng điện. Coi rằng quá trình phóng điện xảy ra trong thời gian rất ngắn, thanh chưa kịp rời vị trí cân bằng mà chỉ nhận được theo phương ngang một động lượng $\vec{p}$ nào đó. Tính vận tốc thanh khi rời vị trí cân bằng và góc lệch cực đại của dây khỏi vị trí cân bằng.

Bài giải



Lực từ tác dụng lên đoạn dây cung cấp cho dây một gia tốc a , với:

$$F = BIl = ma \Leftrightarrow B \frac{\Delta q}{\Delta t} l = m \frac{\Delta v}{t} \Leftrightarrow Bql = mv$$

$$\Leftrightarrow v = \frac{Bql}{m} = \frac{BCUI}{m} = \frac{1 \cdot 100 \cdot 10^{-6} \cdot 100 \cdot 0,2}{0,01} = 0,2(m/s)$$

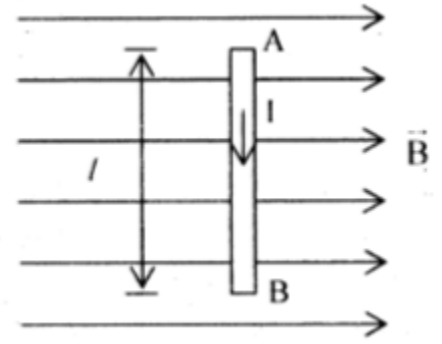
Theo định luật bảo toàn cơ năng, với góc thế năng ở A ta có:

$$W_A = W_B \Leftrightarrow \frac{mv^2}{2} = mgl(1 - \cos \alpha_0)$$

$$\Rightarrow \cos \alpha_0 = 1 - \frac{v^2}{2gl} = 1 - \frac{0,2^2}{2 \cdot 10 \cdot 0,1} = 0,98 \Rightarrow \alpha_0 = 12^\circ$$

Vậy: Vận tốc của thanh khi rời vị trí cân bằng là $0,2(m/s)$ và góc lệch cực đại của dây khỏi vị trí cân bằng là 12° .

1.28. Trong hình vẽ, AB là một thanh kim loại chiều dài $l = 10\text{cm}$ có dòng điện $I = 5\text{A}$ đi qua; AB nằm trong từ trường đều $B = 0,03\text{T}$ đường sức như hình vẽ. Hãy cho biết phương hướng và độ lớn của lực từ đặt lên AB sẽ biến thiên như thế nào khi thanh quay đi 180° từ vị trí ban đầu theo hai cách:



- AB quay trong mặt phẳng của hình vẽ.
- AB quay trong mặt phẳng vuông góc với hình vẽ.

Bài giải

Lực từ tác dụng lên thanh khi thanh chưa quay: $F = BIl \cdot \sin \alpha = 0,03 \cdot 5 \cdot 0,1 \cdot 1 = 0,015\text{N}$.

- Khi AB quay trong mặt phẳng của hình vẽ.

Khi thanh chưa quay lực từ hướng lên trên theo phương vuông góc với hình vẽ, độ lớn $0,015\text{N}$.

Khi thanh quay từ 0 đến 90° trong mặt phẳng hình vẽ, độ lớn của lực từ giảm từ $0,015$ xuống 0 (khi thanh quay được 90°).

Khi thanh quay từ 90° đến 180° , độ lớn của lực từ tăng từ 0 đến $0,015$, khi quay được 180° lực từ hướng xuống dưới theo phương vuông góc với hình vẽ, có độ lớn là $0,015\text{N}$.

- Khi AB quay trong mặt phẳng vuông góc với hình vẽ.

Khi AB quay trong mặt phẳng vuông góc với hình vẽ, độ lớn lực từ không đổi $0,015\text{N}$, hướng lên trên vuông góc với hình vẽ, sau đó đổi thành hướng xuống dưới.

1.29. Một vòng kim loại có khối lượng m , tích điện Q phân bố đều, lăn không trượt trên một mặt phẳng nằm ngang cách điện và không ma sát. Đặt hệ thống trên vào một vùng từ trường đều, có vector cảm ứng từ $\vec{B}$ vuông góc với mặt phẳng của vòng kim loại thì lực nén của vòng lên mặt phẳng nằm ngang giảm đi một nửa. Xác định vận tốc của vòng kim loại.

Bài giải

Xét một đoạn nhỏ AA' có độ dài Δl trên vành thì:

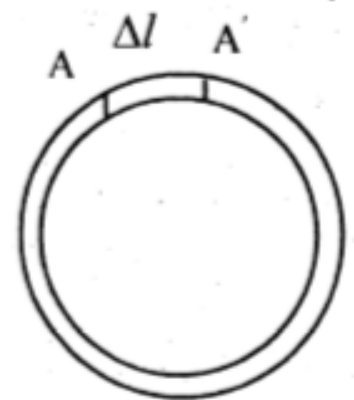
- Khối lượng đoạn AA' là: $\Delta m = \frac{m \cdot \Delta l}{2\pi R}$.

- Điện tích đoạn AA' là: $\Delta Q = \frac{Q \cdot \Delta l}{2\pi R}$.

Khi chưa đặt hệ thống vào từ trường: $N = P$ (N là lực nén của vòng dây).

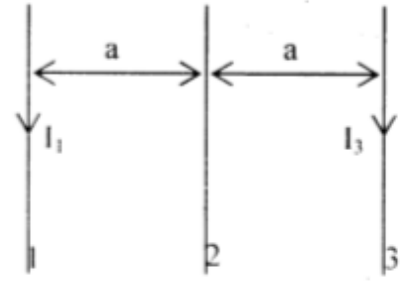
Khi đặt hệ thống vào từ trường thì: $N = \frac{P}{2}$ do có lực từ F .

$$\Rightarrow F = \Delta Q \cdot vB = \frac{\Delta m \cdot g}{2} \Leftrightarrow \frac{Q \cdot \Delta l}{2\pi R} \cdot vB = \frac{1}{2} \cdot \frac{m \cdot \Delta l}{2\pi R} \Rightarrow v = \frac{mg}{2QB}$$



Vậy: Vận tốc của vòng kim loại là $v = \frac{mg}{2QB}$.

1.30. Ba dây dẫn thẳng, dài đặt song song cùng một mặt phẳng thẳng đứng có khoảng cách $a = 5\text{cm}$ như hình. Dây thứ nhất và thứ ba được giữ cố định, có dòng $I_1 = 2I_3 = 4\text{A}$ đi qua như hình vẽ. Dây thứ hai tự do, có dòng $I_2 = 5\text{A}$ đi qua. Tìm chiều di chuyển của dây hai và lực tác dụng lên 1 mét dây hai khi bắt đầu chuyển động nếu I_2 có chiều:



- a) Đi lên.
- b) Đi xuống.

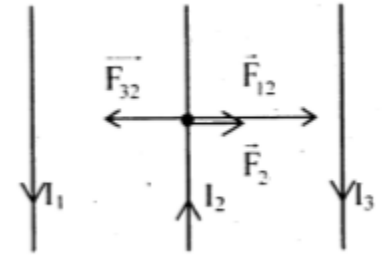
Bài giải

Lực từ tác dụng lên một mét dây thứ hai:

Do I_1 gây ra: $F_{12} = 2 \cdot 10^{-7} \cdot \frac{I_1 I_2}{a} = 2 \cdot 10^{-7} \cdot \frac{4 \cdot 5}{0,05} = 8 \cdot 10^{-5} \text{ N}$.

Do I_3 gây ra: $F_{32} = 2 \cdot 10^{-7} \cdot \frac{I_3 I_2}{a} = 2 \cdot 10^{-7} \cdot \frac{2 \cdot 5}{0,05} = 4 \cdot 10^{-5} \text{ N}$.

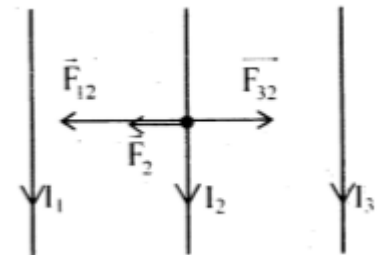
Lực từ tổng hợp tác dụng lên một mét dây thứ hai: $\vec{F}_2 = \vec{F}_{12} + \vec{F}_{32}$.



- a) Khi I_2 đi lên :

Vì $\vec{F}_{12}, \vec{F}_{32}$ ngược chiều nên:

$F_2 = |F_{12} - F_{32}| = |8 \cdot 10^{-5} - 4 \cdot 10^{-5}| = 4 \cdot 10^{-5} \text{ N}$ và $\vec{F}_2$ cùng chiều với $\vec{F}_{12}$ nên dây thứ hai sẽ di chuyển sang phải.

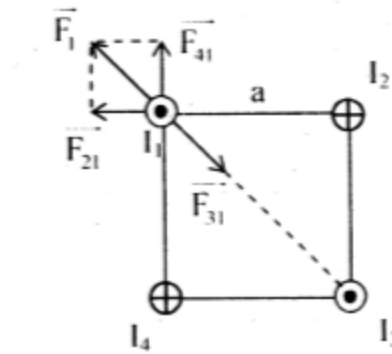


- b) Khi I_2 đi xuống:

Vì $\vec{F}_{12}, \vec{F}_{32}$ ngược chiều nên: $F_2 = |F_{12} - F_{32}| = |8 \cdot 10^{-5} - 4 \cdot 10^{-5}| = 4 \cdot 10^{-5} \text{ N}$ và $\vec{F}_2$ cùng chiều với $\vec{F}_{12}$ nên dây thứ hai sẽ di chuyển sang trái.

1.31. Bốn dây dẫn thẳng dài vô hạn, nằm dọc theo bốn cạnh của một lăng trụ đứng, trong không khí, có tiết diện thẳng là hình vuông cạnh $a = 2\text{cm}$. Bốn dây dẫn cùng có dòng điện $I = 2\text{A}$ chạy qua, hai dòng theo một chiều và hai dòng theo chiều ngược lại. Hỏi phải bố trí các dòng điện thế nào để lực điện từ đặt lên mỗi mét dây là nhỏ nhất, tính lực nhỏ nhất nêu trên?

Bài giải



Lực từ tác dụng lên một mét dây thứ nhất:

$$\text{Do } I_2 \text{ gây ra: } F_{21} = 2 \cdot 10^{-7} \cdot \frac{I_1 I_2}{a} = 2 \cdot 10^{-7} \cdot \frac{I^2}{a}.$$

$$\text{Do } I_3 \text{ gây ra: } F_{31} = 2 \cdot 10^{-7} \cdot \frac{I_3 I_1}{a\sqrt{2}} = 2 \cdot 10^{-7} \cdot \frac{I^2}{a\sqrt{2}}.$$

$$\text{Do } I_4 \text{ gây ra: } F_{41} = 2 \cdot 10^{-7} \cdot \frac{I_4 I_1}{a} = 2 \cdot 10^{-7} \cdot \frac{I^2}{a}.$$

Lực từ tổng hợp tác dụng lên một mét dây thứ nhất: $\vec{F}_1 = \vec{F}_{21} + \vec{F}_{31} + \vec{F}_{41}$.

Để F_1 nhỏ nhất thì hợp lực của hai lực phải ngược chiều với lực thứ ba nên I_2, I_4 và I_1, I_3 ngược chiều nhau

$$\Rightarrow \vec{F}_{41} + \vec{F}_{21} = \vec{F}' \Rightarrow F' = F_{21} \sqrt{2} = 2 \cdot 10^{-7} \cdot \frac{I^2 \sqrt{2}}{a}.$$

$$\text{Vì } \vec{F}', \vec{F}_{31} \text{ ngược chiều nên } F_1 = |F' - F_{31}| = 2 \cdot 10^{-7} \cdot \frac{I^2}{a} \left| \sqrt{2} - \frac{1}{\sqrt{2}} \right|.$$

$$\Rightarrow F_1 = 2 \cdot 10^{-7} \cdot \frac{2^2}{0,02} \left| \sqrt{2} - \frac{1}{\sqrt{2}} \right| = 2,82 \cdot 10^{-5} \text{ N}.$$

Vậy: Để lực từ nhỏ nhất thì bốn dòng điện phải xen kẽ nhau, $F_{\min} = 2,82 \cdot 10^{-5} \text{ N}$.

1.32. 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?

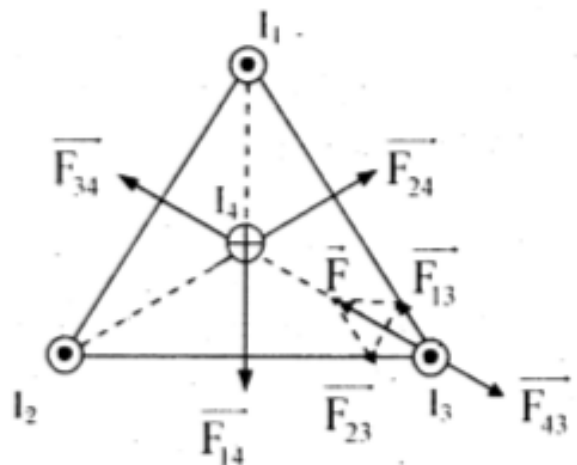
Bài giải

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 :

$$F_1 = F_{23} = 2 \cdot 10^{-7} \cdot \frac{I_1 I_3}{a} = 2 \cdot 10^{-7} \cdot \frac{I^2}{a}.$$



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

Để dòng I_3 nằm cân bằng thì:

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

$\Rightarrow I_4$ phải ngược chiều với I_3 và $F_{43} = F'$.

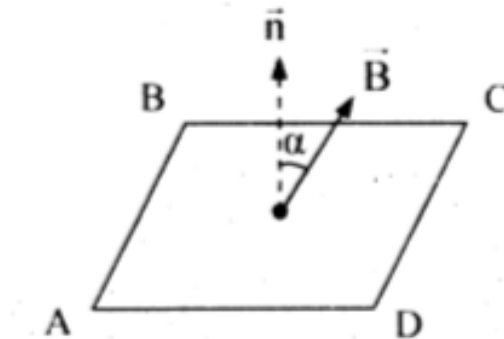
$$\Leftrightarrow 2 \cdot 10^{-7} \cdot \frac{I_4 I_3}{R} = 2 \cdot 10^{-7} \cdot \frac{I^2 \sqrt{3}}{a} \Leftrightarrow \frac{I_4}{R} = \frac{I \sqrt{3}}{a} \quad (1).$$

Để I_4 nằm cân bằng thì I_4 phải đặt ở tâm tam giác: $R = \frac{2}{3} \cdot \frac{a\sqrt{3}}{2} = \frac{a\sqrt{3}}{3} \quad (2).$

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

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.

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



Bài giải

$$M = NIBS \sin \alpha$$

$$\text{Ta có: } \Rightarrow M = 20 \cdot 1 \cdot 0,5 \cdot 0,1 \cdot 0,05 \cdot \sin 30^\circ = 2,5 \cdot 10^{-2} \text{ (N.m)}$$

Vậy: Momen lực từ đặt lên khung là: $M = 2,5 \cdot 10^{-2} \text{ (N.m)}$.

1.34. Một điện kế từ điện, khung dây có diện tích $S = a.b = (40.30)mm^2$, trên có quấn $N = 100$ vòng dây đồng đường kính $d = 0,1mm$. Khung được treo nhờ một sợi dây mà khi dây bị xoắn một góc $\alpha = 1$ thì xuất hiện một momen xoắn $M_{ox} = 10^{-7} Nm$. Khung được đặt trong từ trường của một nam châm vĩnh cửu được bố

trí sao cho $\vec{B}$ luôn vuông góc với trục quay của khung và pháp tuyến của khung $B=0,1T$. Cho dòng điện $I=0,1mA$ chạy qua khung. Tính góc quay của khung và công suất tiêu thụ của điện kế. Biết điện trở suất của đồng là $\rho=1,7.10(\Omega.m)$.

Bài giải

Khi có một dòng điện chạy qua khung, lực từ tác dụng lên khung tạo ra một momen quay M có độ lớn: $M=INBS \sin \beta =BP_m \sin \beta$ (với β là góc giữa pháp tuyến của khung và vec tơ cảm ứng từ; P_m là momen từ của khung).

Vì cảm ứng từ vuông góc với pháp tuyến của khung nên $\beta=90^0 \Rightarrow \sin \beta=1$.

Khi khung quay một góc α , dây treo tác dụng lên khung một momen xoắn: $M_x = \frac{M_{ox}}{\alpha_0} \cdot \alpha$.

Khung dây ở vị trí cân bằng khi momen lực từ bằng momen xoắn của dây treo:

$$M=M_x \Leftrightarrow INBS = \frac{M_{ox}}{\alpha_0} \cdot \alpha$$

$$\Rightarrow \alpha = \frac{INBS\alpha_0}{M_{ox}} = \frac{0,1.10^{-3}.0,1.100.40.30.10^{-6}.1^0}{10^{-7}} = 12^0$$

Công suất tiêu thụ của điện kế: $P=RI^2 = \rho \frac{l}{S} I^2$.

Chiều dài của dây: $l=C.N=(40+30).2.100=14000mm=14m$ (với C là chu vi của khung).

$$\Rightarrow P = \rho \frac{l}{S} \left(\frac{M_{ox}}{\alpha_0} \cdot \frac{\alpha}{NBS} \right)^2$$

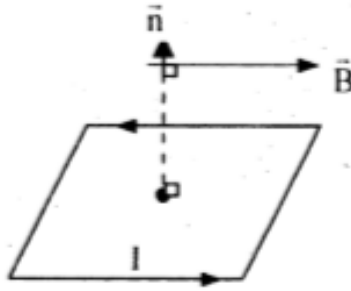
$$\Rightarrow P = 1,7.10^{-8} \cdot \frac{14}{\pi \frac{(0,1.10^{-3})^2}{4}} \cdot \left(\frac{10^{-7}}{1} \cdot \frac{12}{100.0,1.40.30.10^{-6}} \right)^2 = 3.10^{-7} W$$

Vậy: Góc quay α của khung là 12^0 và công suất tiêu thụ của điện kế là $3.10^{-7} W$.

1.35. Khung dây hình tam giác ABC diện tích S có dòng I đi qua. Khung đặt trong một từ trường đều $\vec{B}$, $\vec{B}$ song song với một cạnh khung dây.

Tìm momen M của lực từ tác dụng lên khung.

Bài giải



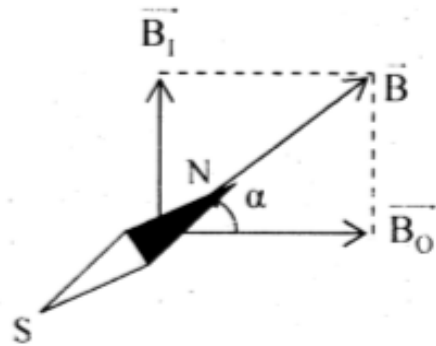
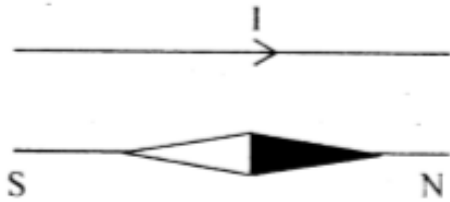
Ta có: $M = INBS \sin \alpha$ (α là góc hợp bởi $\vec{B}$ và $\vec{n}$).

Với $N=1, \alpha=90^\circ$
 $\Rightarrow \sin \alpha=1 \Rightarrow M = IBS$

Vậy: momen của lực từ tác dụng lên khung là $M = IBS$.

1.36. Một dây dẫn thẳng đặt nằm ngang song song với $\vec{B}$ của Trái Đất, $B_0 = 2,5 \cdot 10^{-5} T$. Dưới đây là một kim nam châm nhỏ đặt song song với dây cách dây $R = 2cm$. Kim có thể quay quanh trục thẳng đứng. Tìm góc quay của kim khi cho dòng điện $I = 1,4 A = \frac{2,5}{\sqrt{3}} A$ qua dây.

Bài giải



Ta có:

Từ trường của dòng điện tại vị trí đặt nam châm hướng từ ngoài vào trong.

Từ trường tổng hợp ở kim nam châm gồm từ trường Trái Đất và từ trường dòng điện: $\vec{B} = \vec{B}_0 + \vec{B}_1$.

Khi cân bằng kim nam châm có phương của $\vec{B}$.

Từ hình vẽ, ta có:

$$\tan \alpha = \frac{B_1}{B_0} = \frac{2 \cdot 10^{-7} \cdot \frac{I}{r}}{2,5 \cdot 10^{-5}} = \frac{2 \cdot 10^{-7} \cdot \frac{2,5}{\sqrt{3}}}{2,5 \cdot 10^{-5}} = \frac{1}{\sqrt{3}} \Rightarrow \alpha = 30^\circ$$

Vậy: Góc quay của kim là $\alpha = 30^\circ$.

1.37. Một vòng dây dẫn tròn bán kính $R = 10\text{cm}$ có dòng $I = 3,2\text{A} = \frac{10}{\pi}\text{A}$ đi qua. Vòng dây đặt thẳng đứng song song với $\vec{B}$ của Trái Đất, $B_0 = 2 \cdot 10^{-5}\text{T}$. Tại tâm của vòng dây, treo một kim nam châm nhỏ. Tìm góc quay của kim nam châm khi ngắt dòng I .

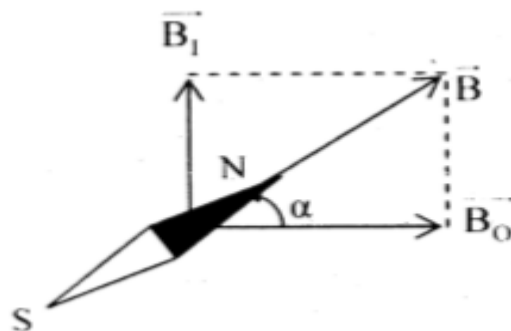
Bài giải

Góc quay của kim nam châm khi ngắt dòng điện:

$$\tan \alpha = \frac{B_1}{B_0} = \frac{2 \cdot 10^{-7} \cdot \frac{I}{r}}{B_0} = \frac{2 \cdot 10^{-7} \cdot \frac{\pi}{0,1}}{2 \cdot 10^{-5}} = 1$$

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

Vậy: Góc quay của kim nam châm khi ngắt dòng I là $\alpha = 45^\circ$.



1.38. Một xô-lê-nô-it dài $l = 20\text{cm}$ gồm $N = 100$ vòng nằm ngang trong không khí, trục ống vuông góc với $\vec{B}$ của Trái Đất, $B_0 = 2 \cdot 10^{-5}\text{T}$. Trong lòng ống có treo một kim nam châm, khi có dòng I chạy qua xô-lê-nô-it, kim lệch góc $\alpha = 45^\circ$. Tìm I . Cho $\frac{1}{\pi} \approx 0,32$.

Bài giải

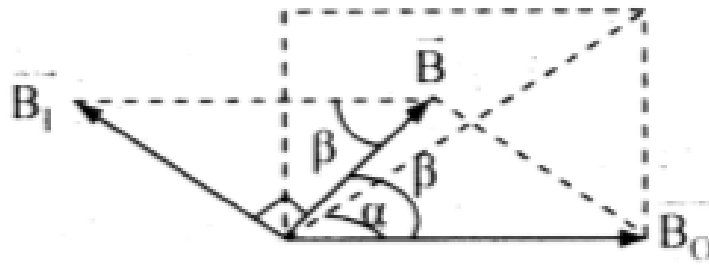
Tương tự như bài trên, ta có: $\tan \alpha = \frac{B_1}{B_0} = \frac{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot nI}{B_0}$ với $n = \frac{N}{l}$.

$$\Leftrightarrow \tan \alpha = \frac{B_1}{B_0} = \frac{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot \frac{N}{l} I}{B_0} \Rightarrow I = \frac{B_0 \tan \alpha}{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot \frac{N}{l}} = \frac{2 \cdot 10^{-5} \cdot \tan 45^\circ}{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot \frac{100}{0,2}} \approx 0,032\text{A} = 32\text{mA}.$$

Vậy: Cường độ dòng điện qua xô-lê-nô-it là $I = 32\text{mA}$.

1.39. Vòng dây dẫn tròn đặt thẳng đứng, song song với $\vec{B}_0$ của Trái Đất. Tại tâm vòng dây treo một kim nam châm nhỏ. Khi cho dòng I qua vòng dây, kim quay góc $\alpha = 30^\circ$. Hỏi phải quay vòng dây quanh trục thẳng đứng qua tâm một góc β bao nhiêu để kim nam châm lại nằm trong mặt phẳng vòng dây?

Bài giải



Ban đầu kim nam châm lệch với phương của $\vec{B}_0$ một góc α với: $\tan \alpha = \frac{B_1}{B_0}$ (1)

Để sau khi quay khung kim nam châm lại nằm trong mặt phẳng vòng dây thì từ trường tổng hợp $\vec{B}$ phải song song với khung dây $\vec{B} \perp \vec{B}_1$.

Ta có: $\sin \beta = \frac{B_1}{B_0}$ (2)

Từ (1) và (2) suy ra: $\sin \beta = \tan \alpha \Rightarrow \beta = \arcsin(\tan \alpha) = \arcsin(\tan 30^\circ) \approx 35^\circ$.

Vậy: Góc mà vòng dây phải quay là: $\beta \approx 35^\circ$.