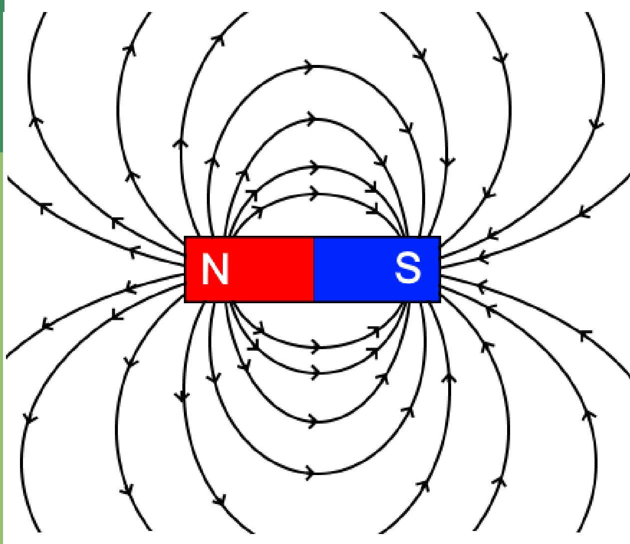
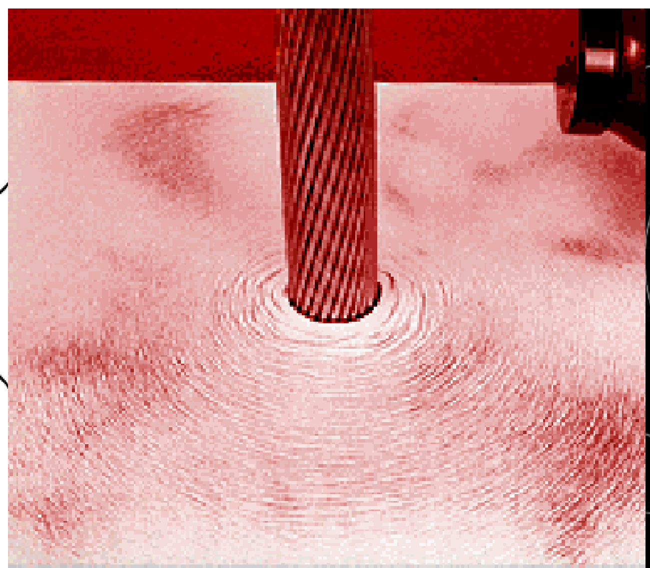
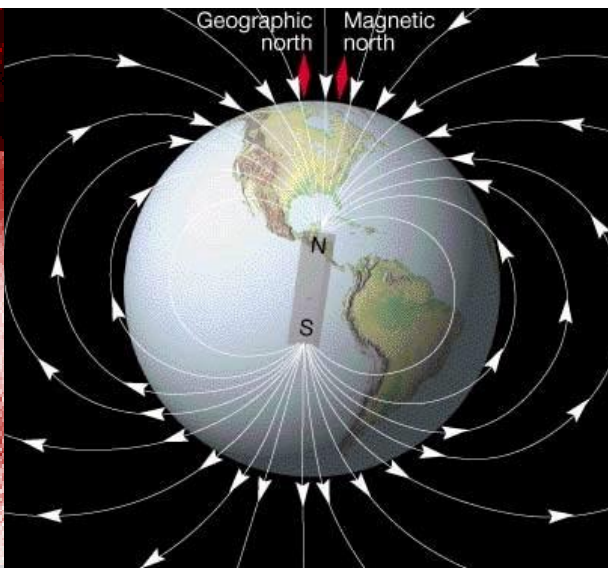
CHƯƠNG 3

TỪ TRƯỜNG TRONG CHÂN KHÔNG





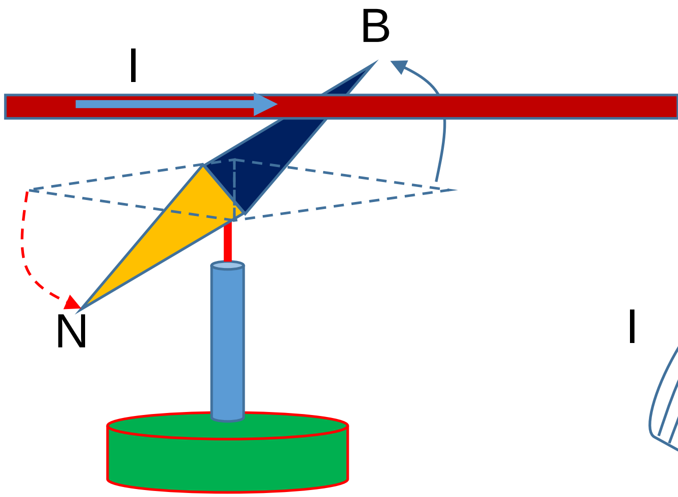


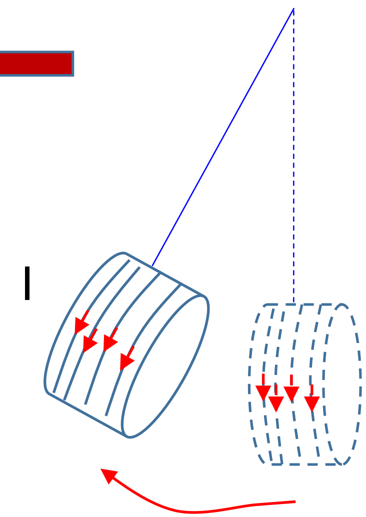
NỘI DUNG

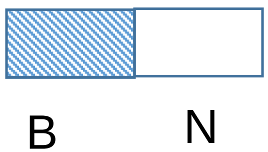
1. Tương tác từ của dòng điện – định luật Ampère
2. Từ trường – Vectơ cảm ứng từ
3. Cảm ứng từ của dòng điện đơn giản
4. Từ thông – Định lý Gauss
5. Lưu số của vectơ cảm ứng từ - Định lý Ampère
6. Tác dụng của từ trường lên dòng điện
7. Chuyển động của hạt điện trong từ trường

1. TƯƠNG TÁC TỪ CỦA DÒNG ĐIỆN – ĐỊNH LUẬT AMPÈRE

1.1. Thí nghiệm về tương tác từ

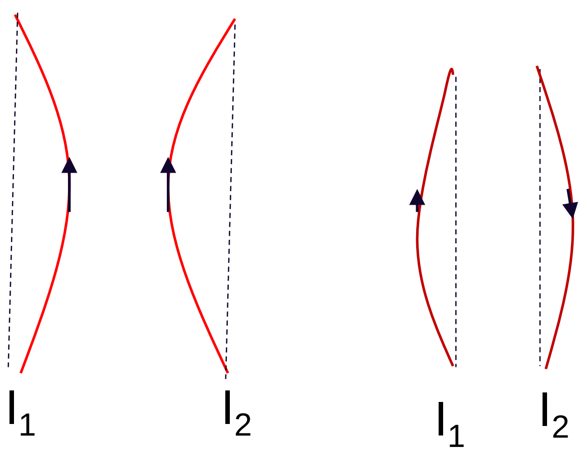






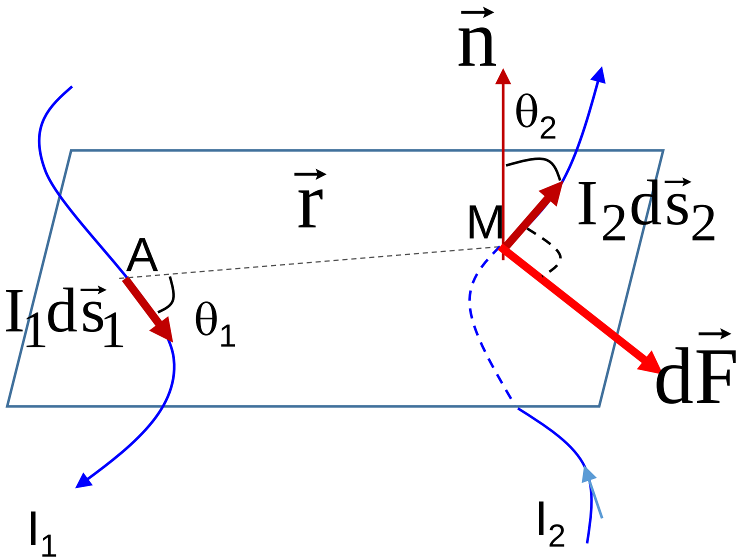
Hans Oersted

(1777-1851)



1.2. Định luật Ampère

André Ampère (1775-1836)



Từ lực $d\vec{F}$ do phần tử dòng điện $I_1 d\vec{s}_1$ tác dụng lên phần tử dòng điện $I_2 d\vec{s}_2$ là vectơ có:

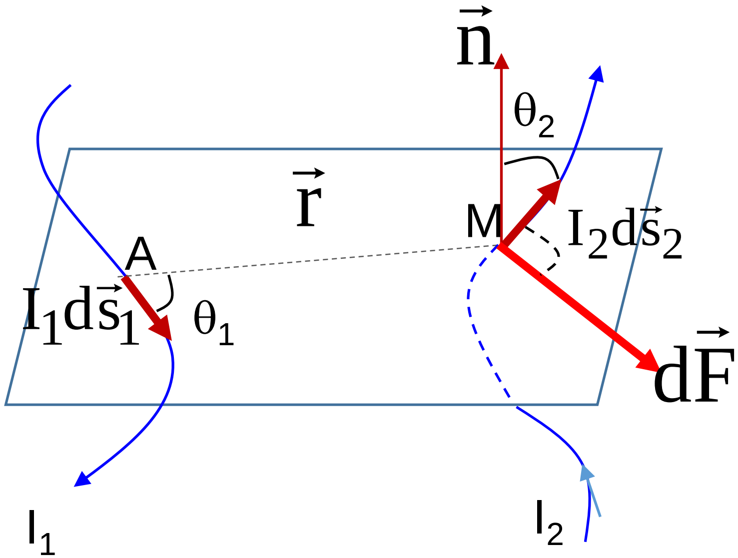
- Phương vuông góc với mặt phẳng chứa phần tử $I_2 d\vec{s}_2$ và $\vec{n}$
- Chiều sao cho 3 vectơ $d\vec{s}_2$, $\vec{n}$ và $d\vec{F}$ theo thứ tự hợp thành tam diện thuận
- Độ lớn:

$$\left|d\vec{F}\right| = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{I_1 ds_1 \sin\theta_1 I_2 ds_2 \sin\theta_2}{r^2}$$

$\boxed{\mu_0 = 4\pi.10^{-7}(H/m)}$ Hằng số từ

1.2. Định luật Ampère

André Ampère (1775-1836)



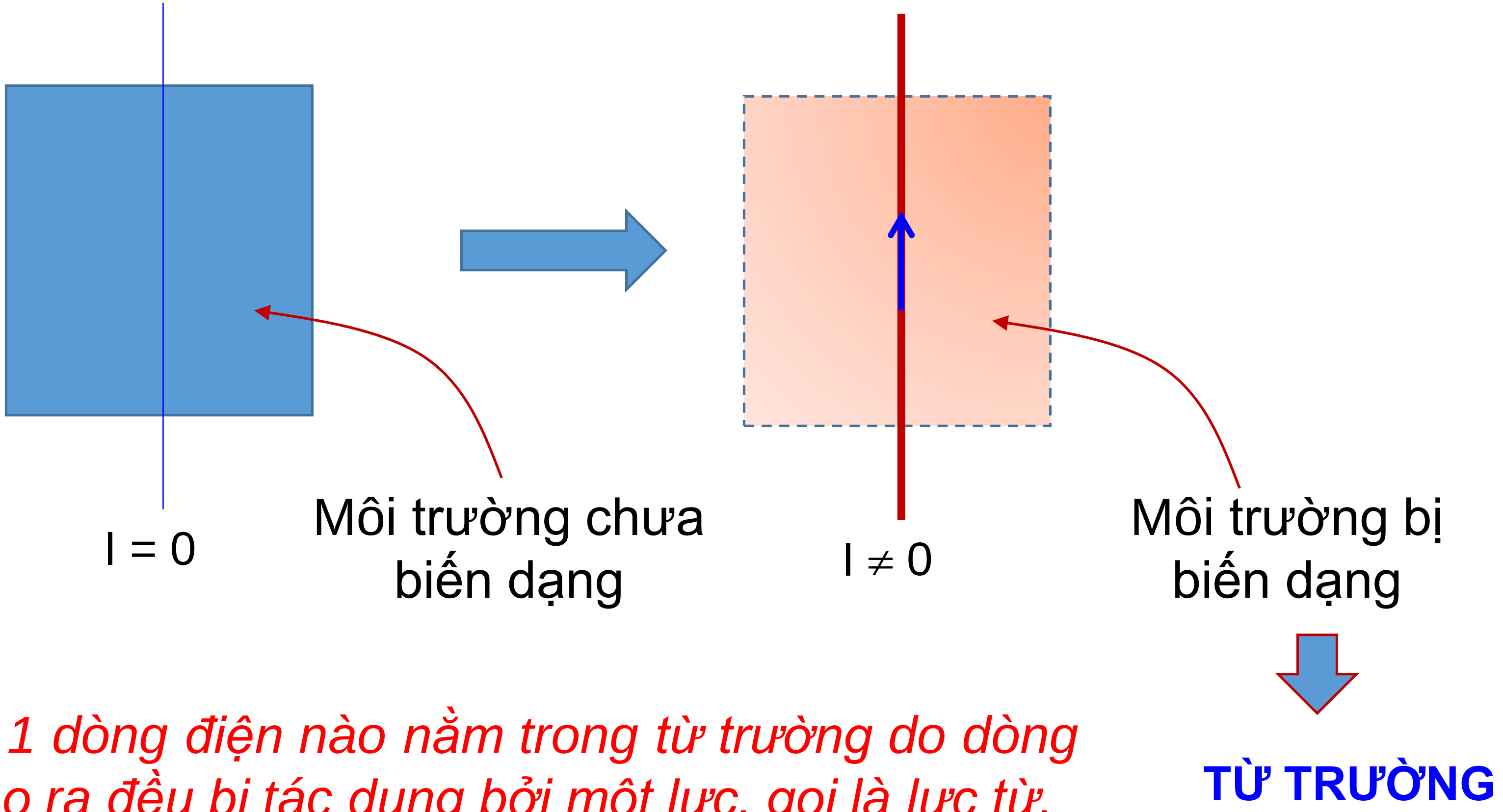
Ta có thể viết dưới dạng vectơ:

$$\boxed{d\vec{F} = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{I_2 d\vec{s}_2 \times (I_1 d\vec{s}_1 \times \vec{r})}{r^3}}$$

Vậy hai dòng điện tương tác nhau một lực:

$$\boxed{\vec{F} = \int_{(I_1)}\int_{(I_2)} d\vec{F} = \int_{(I_1)}\int_{(I_2)} \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{I_2 d\vec{s}_2 \times (I_1 d\vec{s}_1 \times \vec{r})}{r^3}}$$

2.1. Từ trường



Bất kỳ 1 dòng điện nào nằm trong từ trường do dòng điện tạo ra đều bị tác dụng bởi một lực, gọi là lực từ.

Từ trường đặc trưng bởi vectơ cảm ứng từ, ký hiệu: $\vec{B}$

2.2. Vectơ cảm ứng từ. Định luật Biot - Savart

Từ định luật Ampère: $$d\vec{F} = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{(I_1 d\vec{s}_1 \times \vec{r}) \times I_2 d\vec{s}_2}{r^3} = I_2 d\vec{s}_2 \times \left(\frac{\mu_0}{4\pi}\frac{(I_1 d\vec{s}_1 \times \vec{r})}{r^3}\right)$$

Đặt: $$\boxed{d\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{(I_1 d\vec{s}_1 \times \vec{r})}{r^3}}$$

Vectơ cảm ứng từ

Jean Biot
(1774-1862)

Felix Savart
(1791-1841)

Là một đại lượng vật lý đặc trưng cho từ trường về phương diện lực tác dụng

Vậy, đinh luật Ampère viết lại: $$\boxed{d\vec{F} = I_2 d\vec{s}_2 \times d\vec{B}}$$

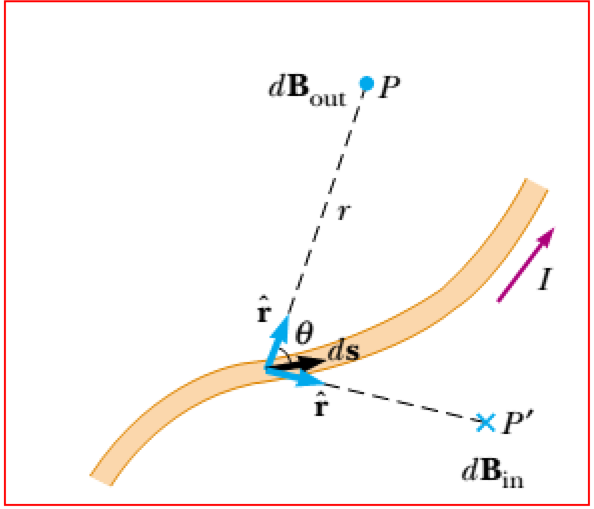
Đơn vị: Tesla (T)

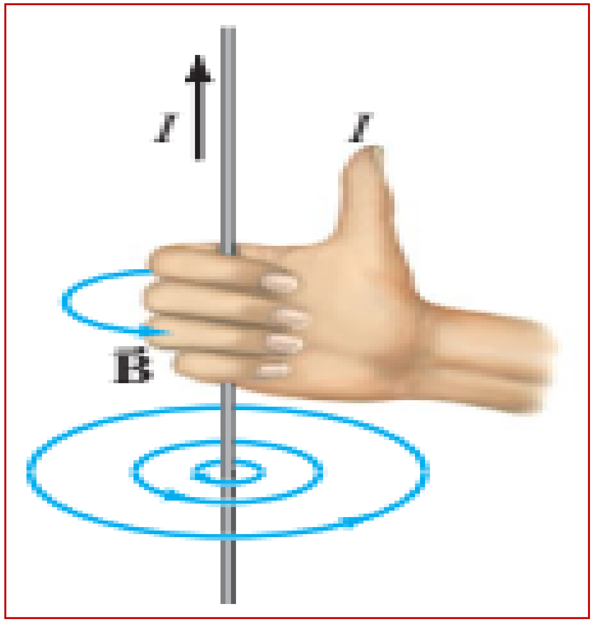
2.2. Vectơ cảm ứng từ. Định luật Biot - Savart

❖ Định luật Biot-Savart:

Một phần tử dòng điện **Ids** bất kỳ tạo ra tại điểm **P** một vectơ cảm ứng từ có:

- Gốc: Tại **P**
- Phương: vuông góc với mặt phẳng chứa phần tử **Ids** và vectơ **r**
- Chiều: **Qui tắc bàn tay phải**.
- Độ lớn: $$\boxed{\left|d\vec{B}\right| = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{Ids\sin\theta}{r^2}}$$





❖ Cảm ứng từ do một dòng điện bất kỳ:

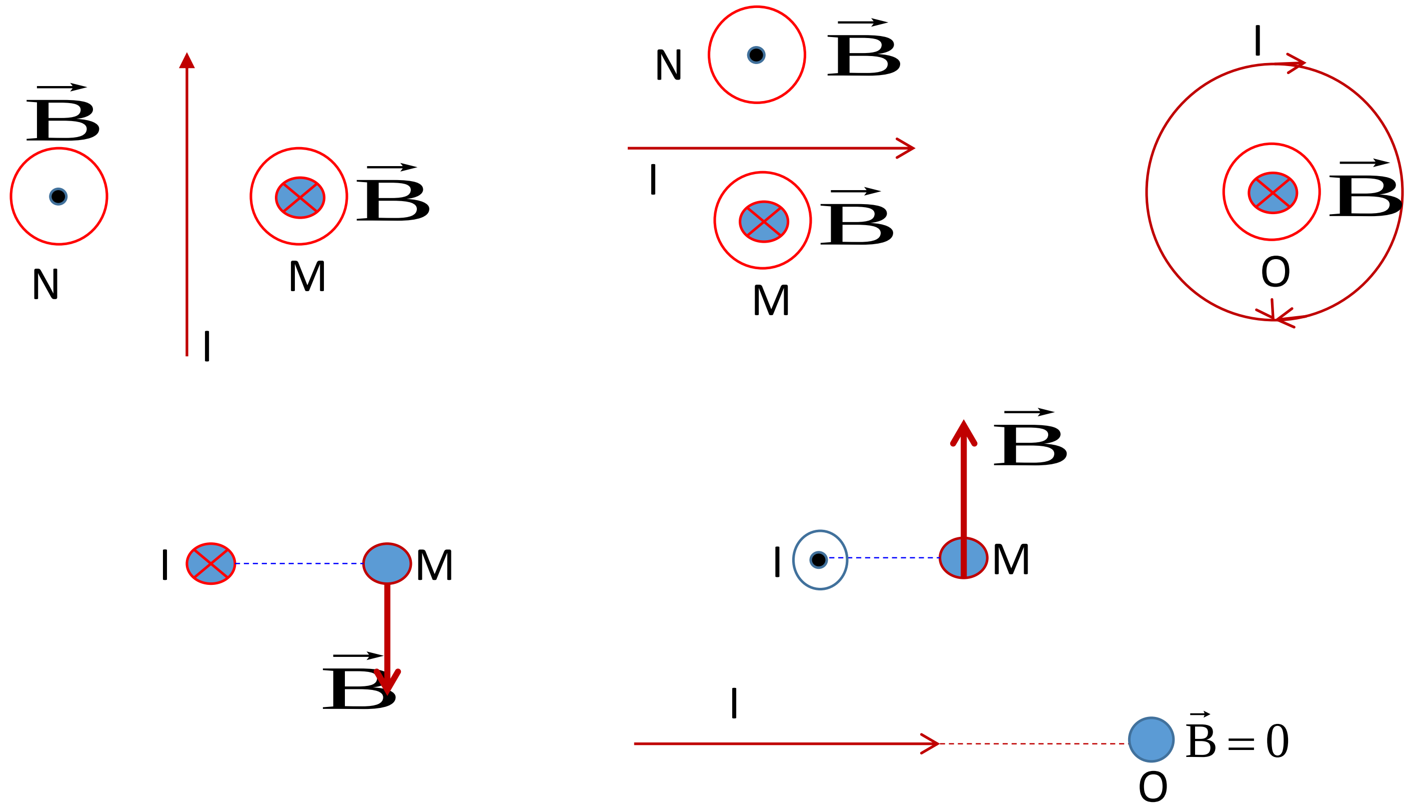
$$\boxed{\vec{B} = \int_{(C)} d\vec{B} = \frac{\mu_0 I}{4\pi}\int_{(C)} \frac{d\vec{s}\times\vec{r}}{r^3}}$$

❖ Nếu có nhiều dòng điện thì cảm ứng từ tại điểm P:

$$\boxed{\vec{B} = \vec{B}_1 + \vec{B}_2 + ... + \vec{B}_n}$$

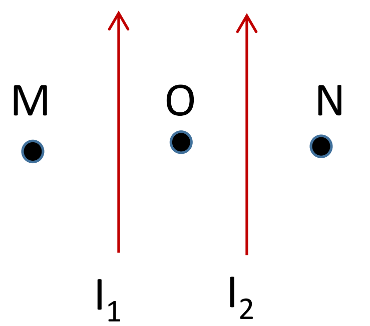
2.2. Vectơ cảm ứng từ. Định luật Biot - Savart

Ví dụ 3.1: Xác định chiều của **B**?



2.2. Vectơ cảm ứng từ. Định luật Biot - Savart

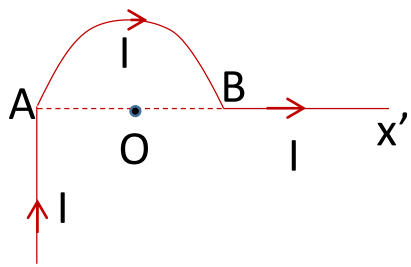
Ví dụ 3.2:



❖ Tại O: $\vec{B}_O = \vec{B}_1 + \vec{B}_2$ ⇒ $B_O = |B_1 - B_2|$

❖ Tại M: $\vec{B}_M = \vec{B}_1 + \vec{B}_2$ ⇒ $B_M = B_1 + B_2$

Ví dụ 3.3:

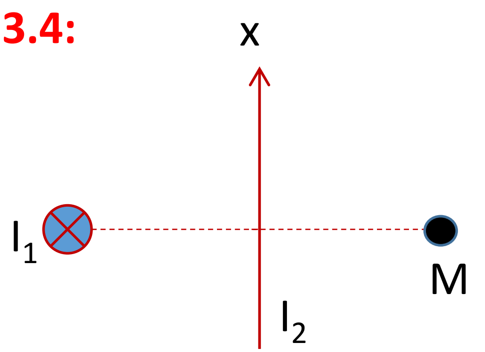


❖ Tại O: $\vec{B}_O = \vec{B}_{xA} + \vec{B}_{AB} + \vec{B}_{Bx'}$

0

⇒ $B_O = B_{xA} + B_{AB}$

Ví dụ 3.4:



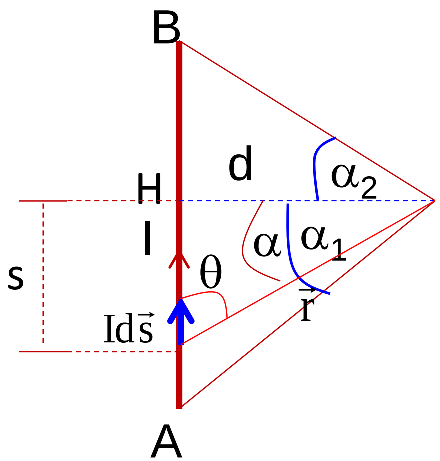
❖ Tại M: $\vec{B}_M = \vec{B}_1 + \vec{B}_2$ ⇒ $\vec{B}_1 \perp \vec{B}_2$

⇒ $B_M = \sqrt{B_1^2 + B_2^2}$

3. CẢM ỨNG TỪ CỦA DÒNG ĐIỆN ĐƠN GIẢN

3.1. Vectơ cảm ứng từ của một dây dẫn mang điện thẳng

❖ Cảm ứng từ **dB** do phần tử dòng điện **Ids** tạo ra tại M:



$$dB = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{Ids\sin\theta}{r^2} \qquad (1)$$

Với: $s = d\tan\alpha \Rightarrow ds = d\dfrac{d\alpha}{\cos^2 a}$; $\sin\theta = \cos\alpha$; $r = \dfrac{d}{\cos a}$

Thay vào (1), ta thu được: $dB = \dfrac{\mu_0 I}{4\pi d}\cos\alpha d\alpha$

$$B = \frac{\mu_0 I}{4\pi d}\int_{\alpha 1}^{\alpha 2}\cos\alpha d\alpha = \frac{\mu_0 I}{4\pi d}(\sin\alpha_2 - \sin\alpha_1)$$

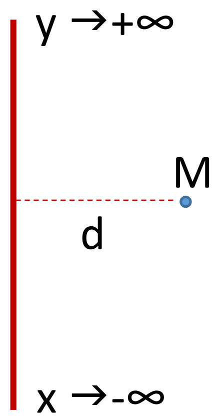
Chú ý: do $\alpha_1 < 0$ nên $\sin(\alpha_1) = -\sin(|\alpha_1|)$

❖ Khi tính toán, ta không cần quan tâm góc α âm hay dương thì dùng công thức:

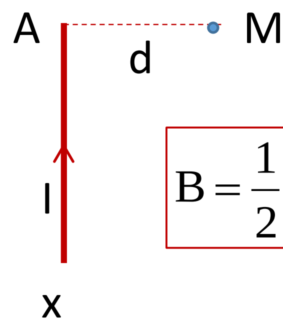
$$\boxed{B = \frac{\mu_0 I}{4\pi d}(\sin\alpha_1 + \sin\alpha_2)}$$

3.1. Vectơ cảm ứng từ của một dây dẫn mang điện thẳng

❖ **Một số trường hợp đặc biệt:**

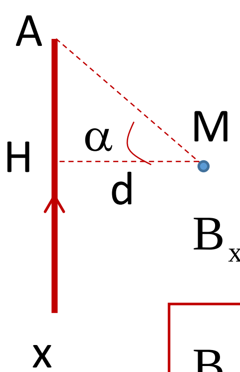


$$\boxed{B = \frac{\mu_0 I}{2\pi d}}$$



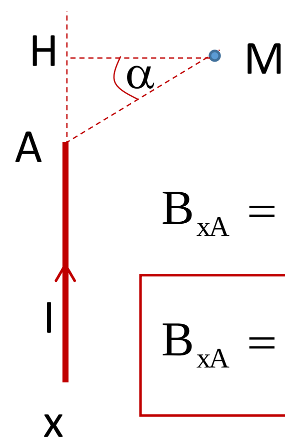
$$\boxed{B = \frac{1}{2}\frac{\mu_0 I}{2\pi d} = \frac{\mu_0 I}{4\pi d}}$$

$$\boxed{B = 0}$$



$$B_{xA} = B_{xH} + B_{AH} = \frac{\mu_0 I}{4\pi d} + \frac{\mu_0 I}{4\pi d}\sin\alpha$$

$$\boxed{B_{xA} = \frac{\mu_0 I}{4\pi d}(1 + \sin\alpha)}$$



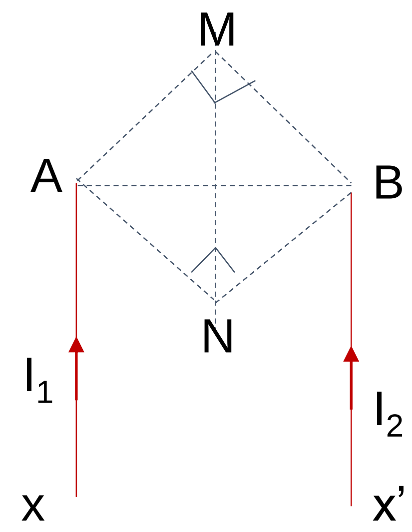
$$B_{xA} = B_{xH} - B_{AH} = \frac{\mu_0 I}{4\pi d} - \frac{\mu_0 I}{4\pi d}\sin\alpha$$

$$\boxed{B_{xA} = \frac{\mu_0 I}{4\pi d}(1 - \sin\alpha)}$$

3.1. Vectơ cảm ứng từ của một dây dẫn mang điện thẳng

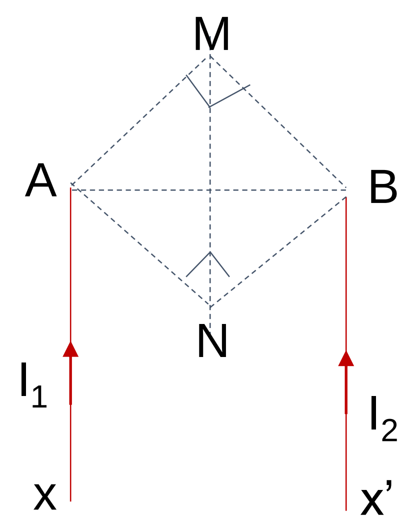
Ví dụ 3.5:

Hai dòng điện I_1 = 5A và I_2 = 10A, đặt song song và cùng chiều chạy qua, hai dây cách nhau khoảng AB = 20 cm. Tính cảm ứng từ B tại M và N cùng nhìn AB dưới góc 90°.



3.1. Vectơ cảm ứng từ của một dây dẫn mang điện thẳng

Bài giải:



- Cảm ứng từ B tại M.

Ta có: $\vec{B}_M = \vec{B}_1 + \vec{B}_2$ $\Rightarrow$ $B_M = |B_1 - B_2|$ (1)

Tính B_1:

$$B_1 = B_{xA} = B_{xH} - B_{AH} = \frac{1}{2}\frac{\mu_0 I_1}{2\pi MH} - \frac{\mu_0 I_1}{4\pi MH}\sin 45^o$$

$$= \frac{\mu_0 I_1}{4\pi MH}\left(1 - \sin 45^o\right) = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 5}{4\pi \times 0{,}1}\left(1 - \sin 45^o\right) = 1{,}5.10^{-6}\ (T)$$

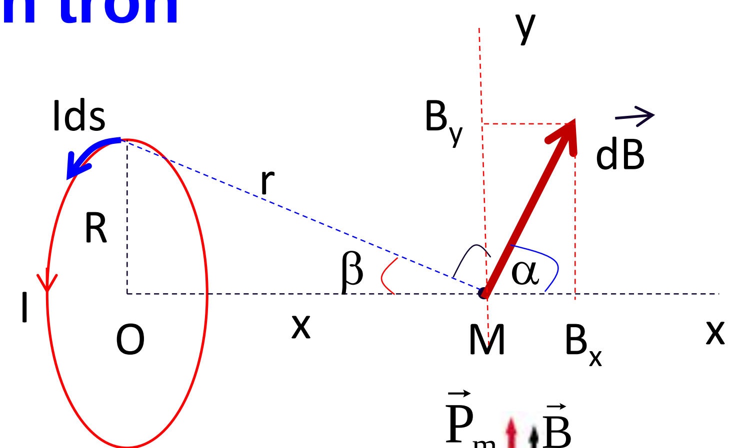
Tính B_2:

$$B_2 = B_{x'B} = B_{x'H'} - B_{BH'} = \frac{1}{2}\frac{\mu_0 I_2}{2\pi MH'} - \frac{\mu_0 I_2}{4\pi MH'}\sin 45^o$$

$$= \frac{\mu_0 I_2}{4\pi MH'}\left(1 - \sin 45^o\right) = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 10}{4\pi \times 0{,}1}\left(1 - \sin 45^o\right) = 3{,}0.10^{-6}\ (T)$$

Thay vào (1), ta được: **$B_M = 1{,}5.10^{-6}$ (T)**

3.2. Vectơ cảm ứng từ của dòng điện tròn



❖ Cảm ứng từ B tại một điểm trên trục dòng điện tròn, cách tâm O một đoạn x:

$$dB = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{Ids\sin\theta}{r^2} = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{Ids}{r^2} \quad (\text{do } \vec{r} \perp Id\vec{s})$$

❖ Do tính đối xứng trên Oy nên: $B_y = 0$

$$\Rightarrow dB_x = dB\cos\alpha = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{Ids}{r^2}\cos\alpha$$

mà: $r = \dfrac{R}{\sin\beta}$; $\cos\alpha = \sin\beta$ nên $dB_x = \dfrac{\mu_0 I}{4\pi R^2}\sin^3\beta ds$

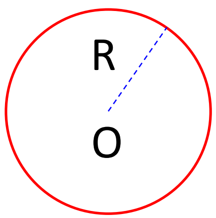
$$B_x = \frac{\mu_0 I}{4\pi R^2}\sin^3\beta\int_0^{2\pi R} ds = \frac{\mu_0 I}{2R}\sin^3\beta$$

Với: $\sin\beta = \dfrac{R}{r} = \dfrac{R}{\sqrt{x^2 + R^2}} \Rightarrow \sin^3\beta = \dfrac{R^3}{(x^2+R^2)^{3/2}} = \left[1 + \dfrac{x^2}{R^2}\right]^{-3/2}$

$$\boxed{B = \frac{\mu_0 I}{2R}\left[1 + \frac{x^2}{R^2}\right]^{-3/2}}$$

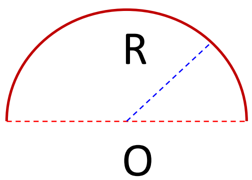
3.2. Vectơ cảm ứng từ của dòng điện tròn

❖ **Một số trường hợp đặc biệt:**

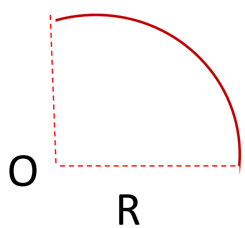


Tại tâm O: x = 0

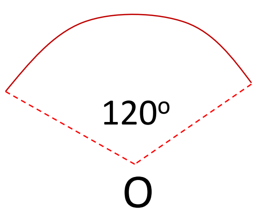
$$\boxed{B_O = \frac{\mu_0 I}{2R}}$$



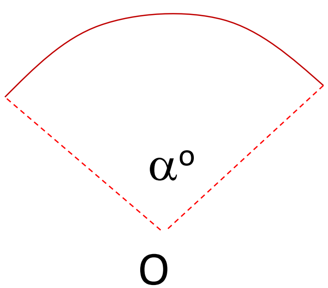
$$\Rightarrow B = \frac{1}{2}\frac{\mu_0 I}{2R}$$



$$\Rightarrow B = \frac{1}{4}\frac{\mu_0 I}{2R}$$



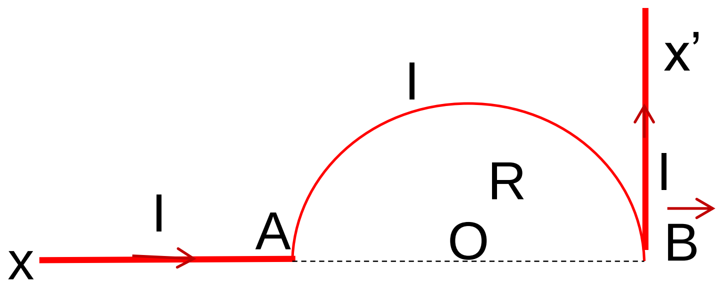
$$\Rightarrow B = \frac{1}{3}\frac{\mu_0 I}{2R}$$



$$\Rightarrow B = \frac{\alpha^o}{360^o}\frac{\mu_0 I}{2R} = \frac{\alpha^{rad}}{2\pi}\frac{\mu_0 I}{2R}$$

3.2. Vectơ cảm ứng từ của dòng điện tròn

Ví dụ 3.6:



Tính cảm ứng từ B tại O.
Biết I = 10A, R = 10cm.

Bài giải:

Cảm ứng từ tại O: $\vec{B}_O = \underset{0}{\vec{B}_{xA}} + \underset{\otimes}{\vec{B}_{AB}} + \underset{\odot}{\vec{B}_{Bx'}}$ ⇒ $B_O = |B_{AB} - B_{Bx'}|$ (1)

Với:

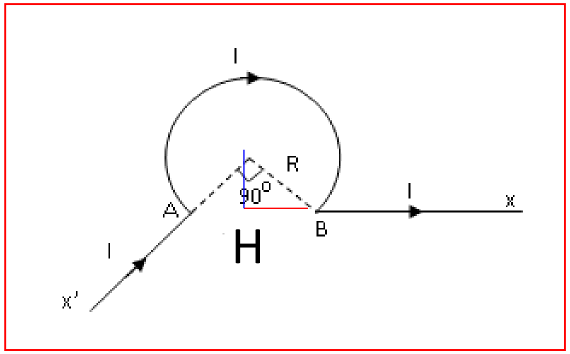
$$B_{AB} = \frac{1}{2}\frac{\mu_0 I}{2R} = \frac{1}{2}\frac{4\pi\times10^{-7}\times10}{2\times0,1} = 3,14.10^{-5}\,(T)$$

$$B_{Bx'} = \frac{1}{2}\frac{\mu_0 I}{2\pi R} = \frac{1}{2}\frac{4\pi\times10^{-7}\times10}{2\pi\times0,1} = 10^{-5}\,(T)$$

Thay vào (1), ta được: **B_O = 2,14.10^{-5} (T)**

3.2. Vectơ cảm ứng từ của dòng điện tròn

Ví dụ 3.7:



Tính cảm ứng từ B tại O.
Biết I = 10A, R = 10cm.

Bài giải:

Cảm ứng từ tại O: $\vec{B}_O = \vec{B}_{x'A} + \vec{B}_{AB} + \vec{B}_{Bx}$ $\Rightarrow$ $B_O = |B_{AB} - B_{Bx}|$ (1)

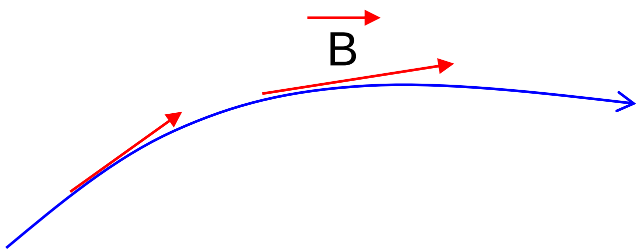
0

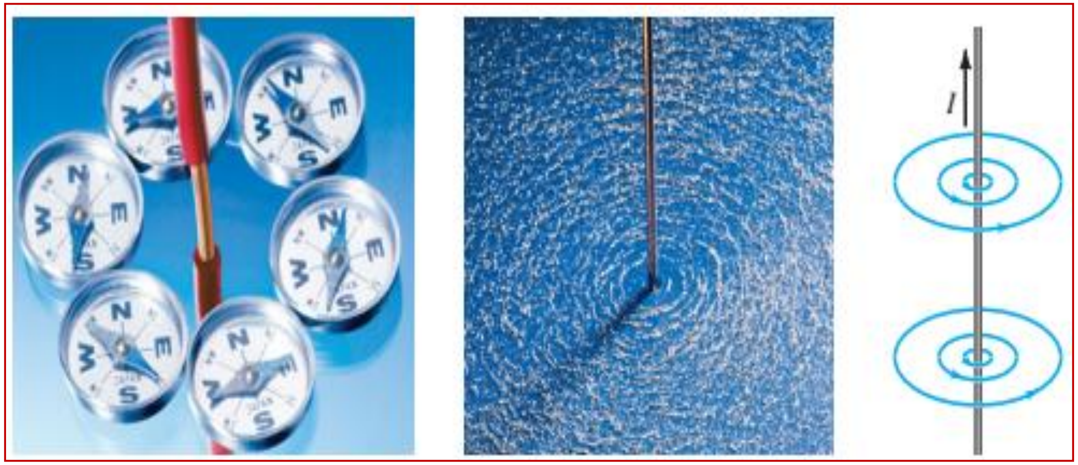
Với: $$B_{AB} = \frac{3}{4}\frac{\mu_0 I}{2R} = \frac{3}{4}\frac{4\pi\times10^{-7}\times10}{2\times0,1} = 4,7.10^{-5}\,(T)$$

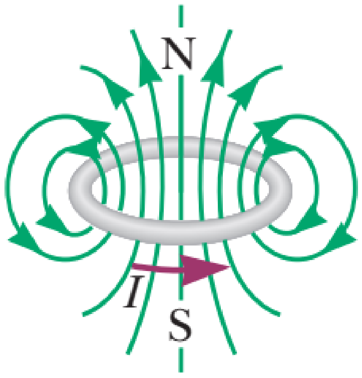
$$B_{Bx} = \frac{\mu_0 I}{4\pi OH}\left(1-\sin45^0\right) = \frac{\mu_0 I}{4\pi R\cos45^o}\left(1-\sin45^0\right) = \frac{4\pi\times10^{-7}\times10}{4\pi\times0,1\times\sqrt{2}/2}\left(1-\sqrt{2}/2\right) = 4,14.10^{-6}\,(T)$$

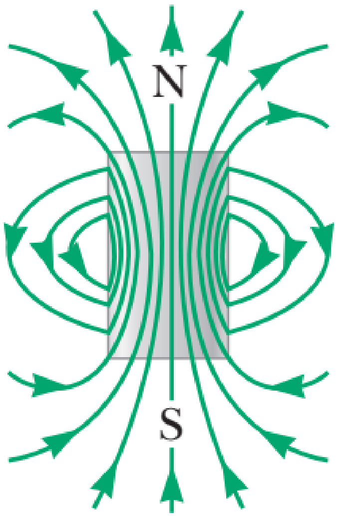
Thay vào (1) ta được: **$B_O = 4,29.10^{-5}$ (T)**

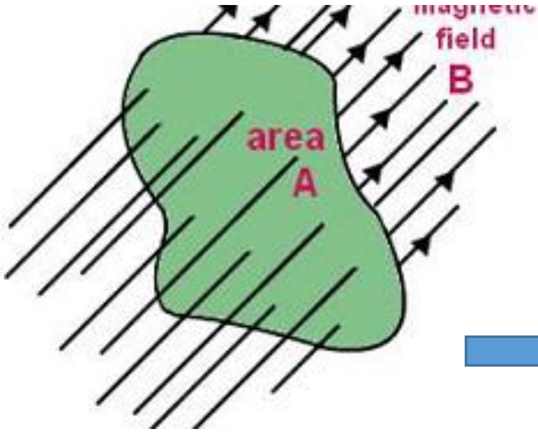
4.1. Đường sức từ trường









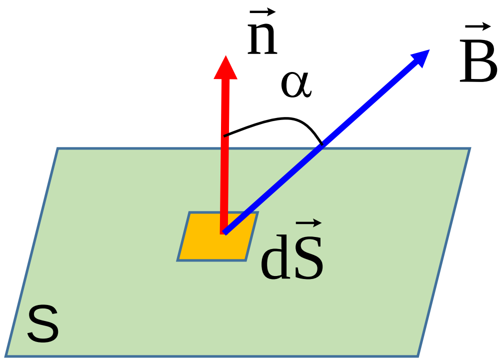


$$\left|\vec{B}\right| = \frac{dN}{dS}$$

4.2. Từ thông

❖ Theo định nghĩa, từ thông gửi qua diện tích dS:

$$\boxed{d\Phi_m = \vec{B}.d\vec{S} = B.dS.\cos\alpha} \quad \text{với} \quad \boxed{d\vec{S} = \vec{n}.dS}$$



Hay, từ thông gửi qua toàn diện tích (S) là:

$$\boxed{\Phi_m = \int_{(S)} \vec{B}.d\vec{S} = \int_{(S)} B.dS.\cos\alpha}$$

Khi (S) là mặt kín

$$\boxed{\Phi_m = \oint_{(S)} \vec{B}.d\vec{S} = \oint_{(S)} B.dS.\cos\alpha}$$

- Nếu $\alpha < 90^0$ thì $\phi_m > 0$.
- Nếu $\alpha > 90^0$ thì $\phi_m < 0$.
- Nếu $\alpha = 90^0$ thì $\phi_m = 0$.

❖ **Nếu từ trường đều thì:** $\boxed{\Phi_m = B.S.\cos\alpha}$

Đơn vị: T.m^2
hay **Wb** (Weber)

4.2. Từ thông

Ví dụ 3.8: Một khung dây hình chữ nhật có chiều rộng a = 10cm, chiều dài b = 20cm. Khung dây gồm có N = 200 vòng. Khung dây được đặt vào trong từ trường đều có B = 0,2 T. Tính từ thông gửi qua khung dây trong các trường hợp:

a) Cảm ứng từ B vuông góc với mặt phẳng khung dây.

b) Cảm ứng từ B hợp với pháp vector mặt phẳng khung một góc 120°.

Bài giải:

a) Theo khái niệm từ thông:

$$\Phi_m = N.B.S.\cos\alpha = 200\times 0,2\times 0,1\times 0,2\times \cos 0^o = 0,8\,(Wb)$$

b) Từ thông qua mặt phẳng khung dây:

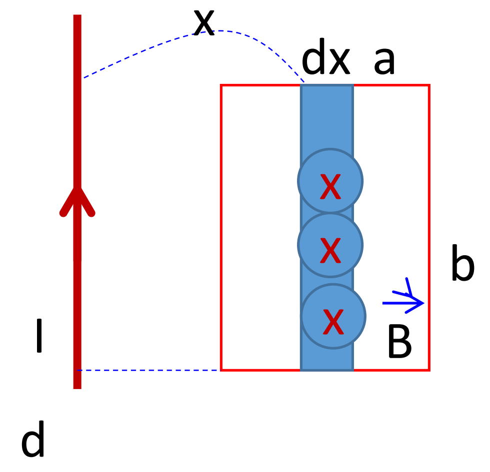
$$\Phi_m = N.B.S.\cos\alpha = 200\times 0,2\times 0,1\times 0,2\times \cos 120^o = -0,4\,(Wb)$$

4.2. Từ thông

Ví dụ 3.9: Một khung dây hình chữ nhật có chiều rộng a = 10cm, chiều dài b = 20cm. Khung dây được đặt vào trong từ trường do dòng điện dài vô hạn cường độ I = 10A tạo ra. Cạnh gần của khung đặt cách dòng điện một đoạn d = 10cm (Hình vẽ). Tính từ thông gửi qua khung.

Bài giải:

Chia khung dây thành những thanh nhỏ có chiều dài b và chiều rộng dx



Từ thông gửi qua mặt vi phân:

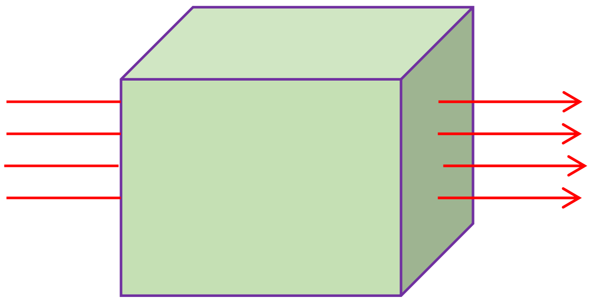
$$d\Phi_m = B.dS = \frac{\mu_0 I}{2\pi x} b dx$$

Từ thông gửi qua khung:

$$\Phi_m = \int_d^{d+a} \frac{\mu_0 I}{2\pi x} b dx = \frac{\mu_0 I}{2\pi} b \int_d^{d+a} \frac{dx}{x} = \frac{\mu_0 I}{2\pi} b Ln\left(\frac{d+a}{d}\right)$$

SV tự thay số

4.3. Định lý Gauss



(S)

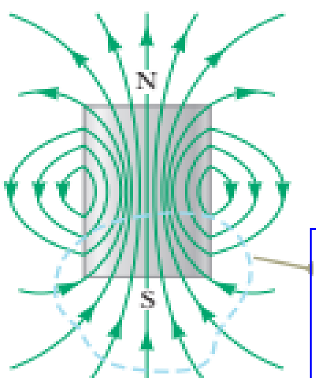
Dạng tích phân:

$$\Phi_m = \oint_{(S)} \vec{B}d\vec{S} = 0$$

Dạng vi phân:

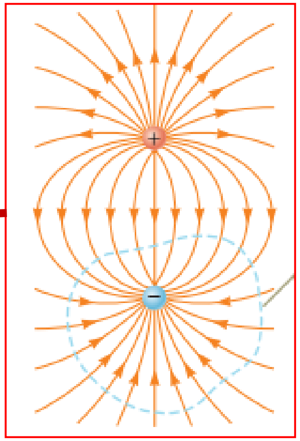
$$\nabla \bullet \vec{B} = 0$$

Không có nguồn điện tích nào làm sinh ra từ trường biến thiên

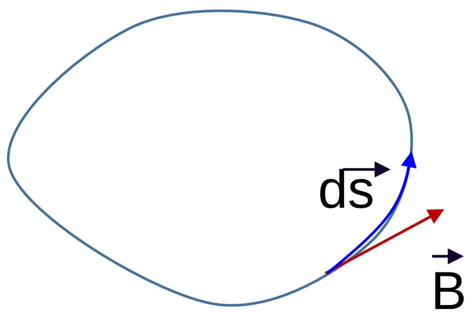


Từ thông qua một mặt kín bao quanh một trong các cực bằng không

Điện thông qua một mặt kín bao quanh một trong các điện tích luôn khác không



5.1. Lưu số của vectơ cảm ứng từ



❖ Theo định nghĩa:

$$\boxed{L = \oint_{(c)} \vec{B}d\vec{s}}$$

❖ Đơn vị: **T.m**

Lưu số của vectơ tĩnh điện trường dọc theo đường cong kín (C) bằng không:

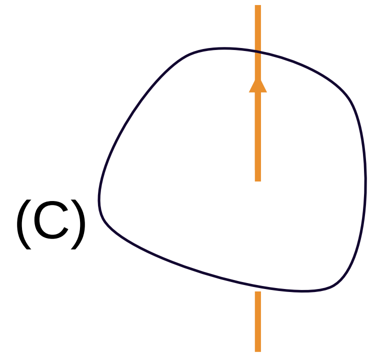
$$\oint_{C} \vec{E}.d\vec{s} = 0$$

Ngược lại lưu số của vectơ cảm ứng từ dọc theo đường cong kín (C) khác không:

$$L = \oint_{C} \vec{B}.d\vec{s} \neq 0$$

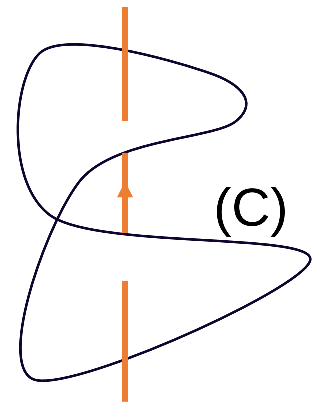
5.2. Định lý dòng điện toàn phần (Định lý Ampere)

a) Nếu dòng điện I được bao quanh 1 đường cong kín (C) thì:



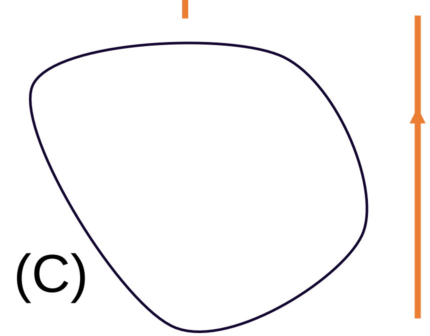
$$\boxed{L = \mu_0 I}$$

b) Nếu xung quanh dòng điện I của 2 đường cong kín thì



$$\boxed{L = 2\mu_0 I}$$

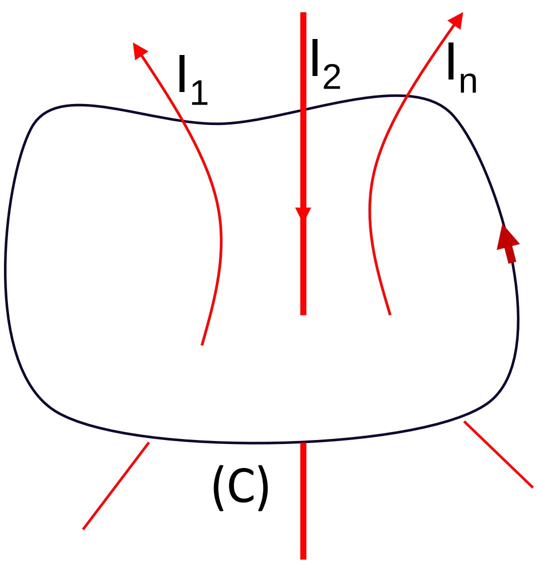
c) Nếu dòng điện I nằm ngoài đường cong kín (C) thì



$$\boxed{L = 0}$$

5.2. Định lý dòng điện toàn phần (Định lý Ampere)

Phát biểu: Lưu số của vécto cảm ứng từ dọc theo một đường cong kín bất kỳ bằng tổng đại số cường độ dòng điện qua diện tích giới hạn bởi đường cong nhân cho μ_o



Nếu bên trong đường cong kín (C) chứa n dòng điện thì

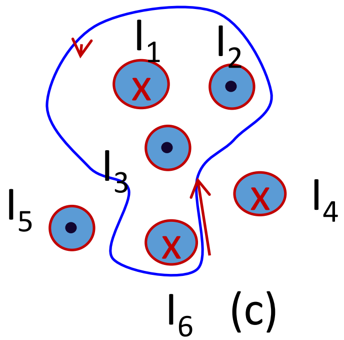
$$\boxed{L = \mu_0 \sum_{i=1}^{n} I_i}$$

ĐỊNH LÝ DÒNG ĐIỆN TOÀN PHẦN

Lưu số của vector cảm ứng từ trên đường cong kín (C) bằng μ_0 nhân tổng ĐẠI SỐ các cường độ dòng điện có trong (C).

5.2. Định lý dòng điện toàn phần (Định lý Ampere)

Ví dụ 3.10: Tính lưu số của B trên được (c) như hình vẽ. Trong đó, I_1 = 2A, I_2 = 1A, $I_3 = I_4$ =3A, $I_5 = I_6$ = 1,5A



Bài giải:

Theo định lý dòng điện toàn phần:

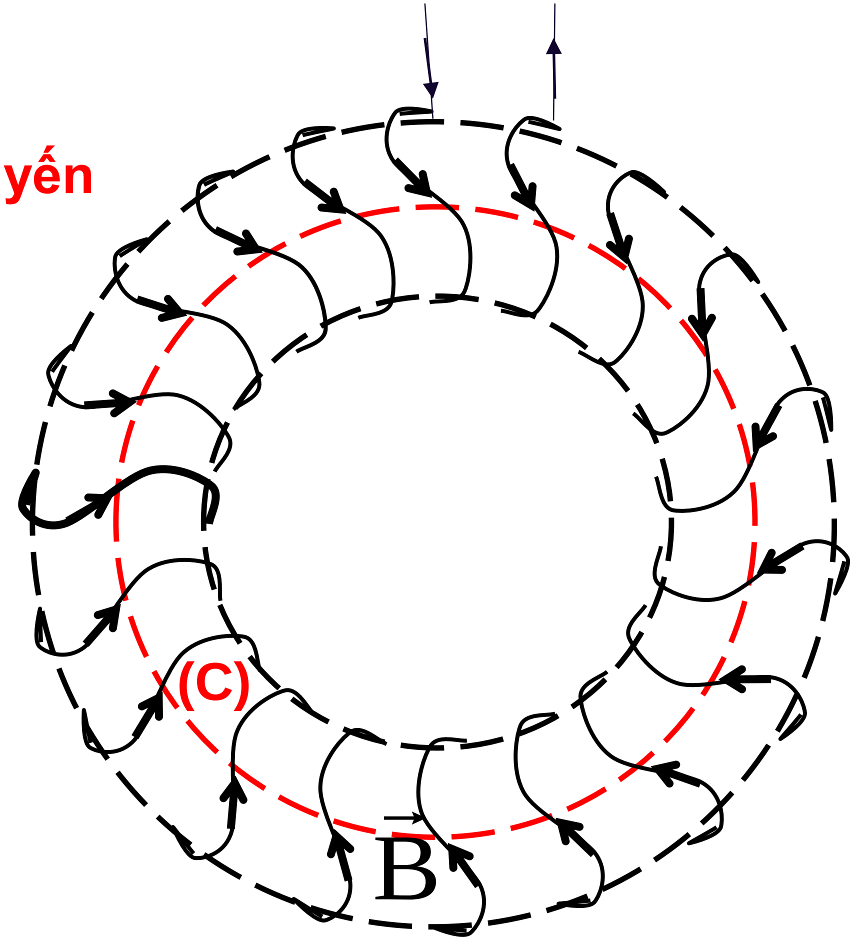
$$L = \mu_0 \sum_i I_i = \mu_0(-I_1 + I_2 + I_3 + 0 + 0 - I_6)$$

$$= 4\pi.10^{-7} \times (-2 + 1 + 3 - 1{,}5) = 6{,}28.10^{-7}\ (T.m)$$

5. LƯU SỐ CỦA VECTƠ CẢM ỨNG TỪ - ĐỊNH LÝ AMPÈRE

5.3. Các ứng dụng

a) Cảm ứng từ trong ống dây hình xuyến



Theo định nghĩa lưu số từ trường:

$$\oint_C \vec{B}.d\vec{\ell} = \mu_o NI \Rightarrow B2\pi r = \mu_o NI$$

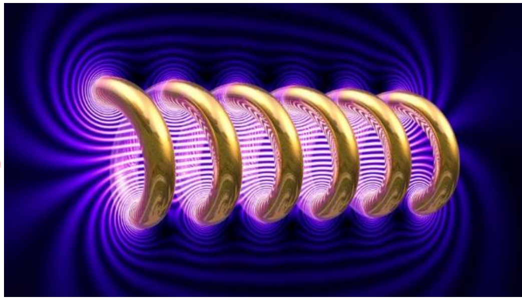
$$\Rightarrow B = \frac{\mu_o NI}{2\pi r} = n\mu_o I$$

Với $n = N/2\pi r$ là số vòng dây trên đơn vị chiều dài

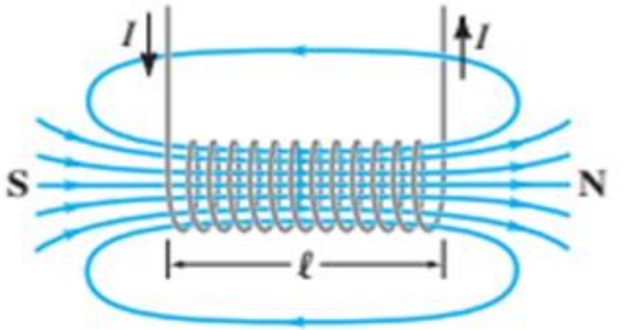
$$\boxed{B = \frac{\mu_0 NI}{2\pi r}} \quad \text{hay} \quad \boxed{B = n\mu_0 I}$$

5.3. Các ứng dụng

b) Cảm ứng từ trong ống dây dài vô hạn (Solenoid)



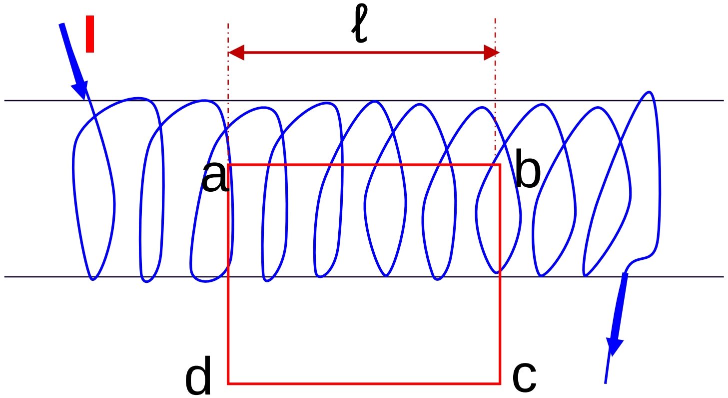
Theo định nghĩa lưu số từ trường:



$$L = \int_{(abcda)} \vec{B}d\vec{s} = B.\ell$$

Định lý lưu số:

$$L = N.\mu_0.I$$



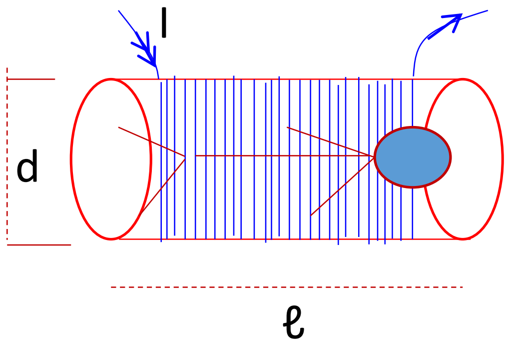
$$\Rightarrow \boxed{B = \mu_0 \frac{N}{\ell} I = \mu_0 n I}$$

5.3. Các ứng dụng

5.3. Các ứng dụng

Ví dụ 3.11: Một bệnh nhân cao 1,6m được bác sĩ chỉ định điều trị bằng từ trường với cảm ứng từ $B = 5.10^{-3}$T. Bệnh nhân được vào ống solenoid sao cho chiều dài của ống đúng bằng chiều cao của bệnh nhân. Ống solenoid có đường kính d = 1,0m. Để có cảm ứng từ B như bác sĩ chỉ định, KTV phải cho dòng điện I = 10A chạy qua ống dây. Tính chiều dài của cuộn dây để tạo thành solenoid này. Biết rằng dây được quấn sát nhau và cách nhau bởi 1 lớp cách điện mỏng.

Bài giải:



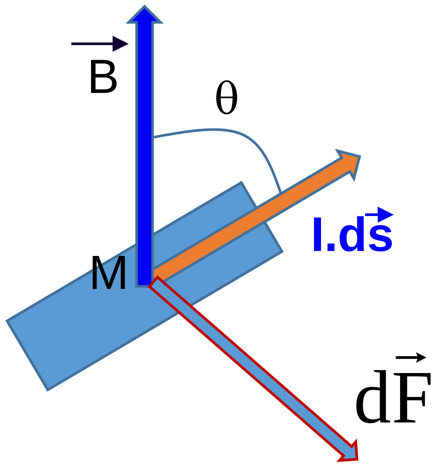
Cảm ứng từ B trong ống dây: $B = \mu_0 n I = \mu_0 \frac{N}{\ell} I$

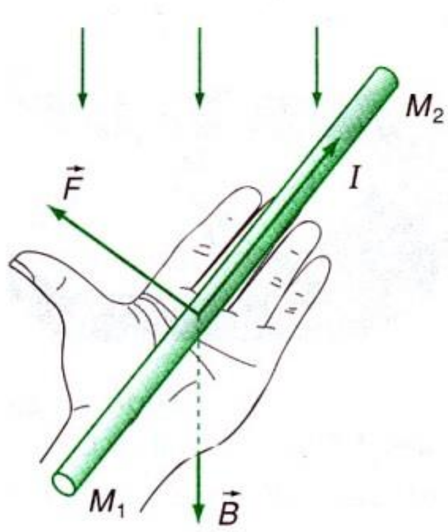
Số vòng dây cần thiết: $N = \frac{B\ell}{\mu_0 I}$

Chiều dài mỗi vòng: $L_0 = \pi d$

Chiều dài N vòng là: $L = NL_0 = \frac{B\ell}{\mu_0 I} \times \pi d = \frac{5.10^{-3} \times 1,6 \times \pi \times 1}{4\pi \times 10^{-7} \times 10} = 2000\,(m)$

6.1. Tác dụng của từ trường lên phần tử dòng điện





Từ định luật Ampère

$$\boxed{d\vec{F} = I d\vec{s} \times \vec{B}}$$

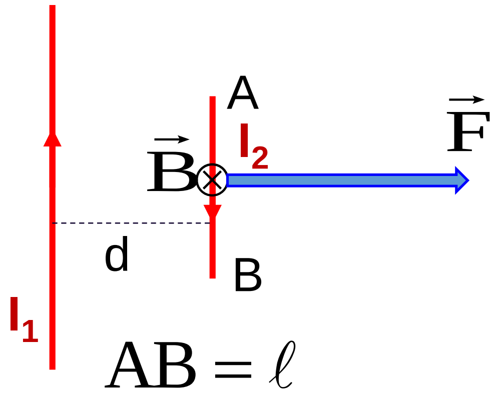
Từ lực $\vec{\mathbf{dF}}$ là 1 vector có:

- Gốc: tại M
- Phương: vuông góc với mp($\mathbf{Id\vec{s}}$, $\vec{\mathbf{B}}$)
- Chiều: ***Qui tắc bàn tay trái***
- Độ lớn:

$$\boxed{dF = Ids.B.\sin\theta}$$

6.2. Tác dụng của dòng điện dài vô hạn lên đoạn dây điện

a. Hai dòng điện song song



$$F = \frac{\mu_0}{2\pi}\frac{I_1 I_2 \ell}{d}$$

Chứng minh:

Theo định luật Ampère

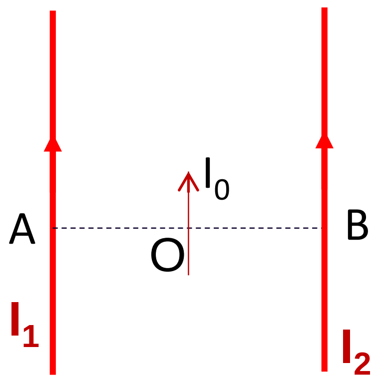
$$dF = I_2.ds.B.\sin 90^o = \frac{\mu_0 I_1}{2\pi d} I_2 ds \Rightarrow F = \frac{\mu_0}{2\pi}\frac{I_1 I_2}{d}\int_0^\ell ds = \frac{\mu_0}{2\pi}\frac{I_1 I_2 \ell}{d}$$

6.2. Tác dụng của dòng điện dài vô hạn lên đoạn dây điện

Ví dụ 3.12: Cho 2 dòng điện dài đặt song song có dòng điện I_1 = 5A và I_2 = 10A cùng chiều chạy qua. Hai dây cách nhau AB = 30cm. Một đoạn điện thứ 3 có cường độ I_0 = 1A , dài *l*= 10cm, đặt tại trung điểm O của AB và song song 2 dòng điện I_1 và I_2.

a) Tính từ lực F do dòng điện I_1 và I_2 tác dụng lên đoạn điện I_0 tại O.

b) Xác định vị trí của I_0 trên AB mà từ lực F tác dụng lên I_0 bằng không?



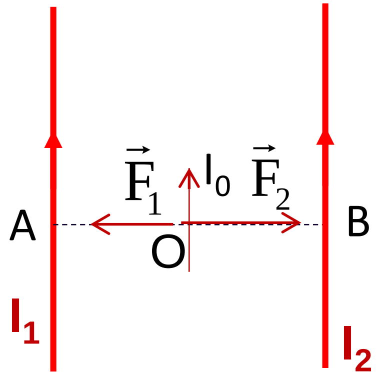
Bài giải:

a) Từ lực tại O: $\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2$

Do $\vec{F}_1 \uparrow\downarrow \vec{F}_2$ nên $F = |F_1 - F_2|$ (1)

Với: $$F_1 = \frac{\mu_0}{2\pi}\frac{I_1 I_0 \ell}{AO} = \frac{4\pi.10^{-7}}{2\pi}\frac{5\times1\times0{,}1}{0{,}15} = ...(N)$$

$$F_2 = \frac{\mu_0}{2\pi}\frac{I_2 I_0 \ell}{BO} = \frac{4\pi.10^{-7}}{2\pi}\frac{10\times1\times0{,}1}{0{,}15} = ...(N)$$



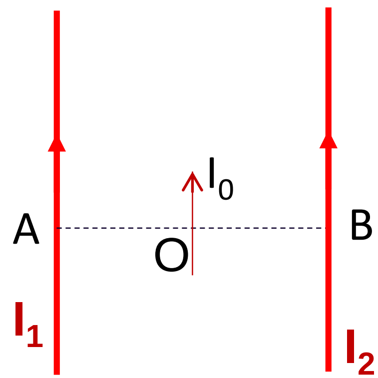
Thay vào (1), ta được: **F = ... (N)**

6.2. Tác dụng của dòng điện dài vô hạn lên đoạn dây điện

Ví dụ 3.13: Cho 2 dòng điện dài đặt song song có dòng điện I_1 = 5A và I_2 = 10A cùng chiều chạy qua. Hai dây cách nhau AB = 30cm. Một đoạn điện thứ 3 có cường độ I_0 = 1A , dài *l*= 10cm, đặt tại trung điểm O của AB và song song 2 dòng điện I_1 và I_2.

a) Tính từ lực F do dòng điện I_1 và I_2 tác dụng lên đoạn điện I_0 tại O.

b) Xác định vị trí của I_0 trên AB mà từ lực F tác dụng lên I_0 bằng không?



Bài giải:

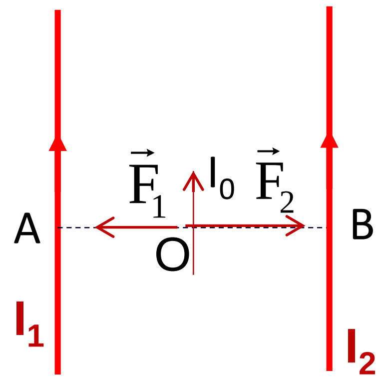
b. Gọi M là vị trí của I_0 trên AB để tại đó F = 0

Đặt AM = x (0 < x < 30cm)

Theo dữ kiện đề bài: $\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 = 0 \Rightarrow \vec{F}_1 = -\vec{F}_2$

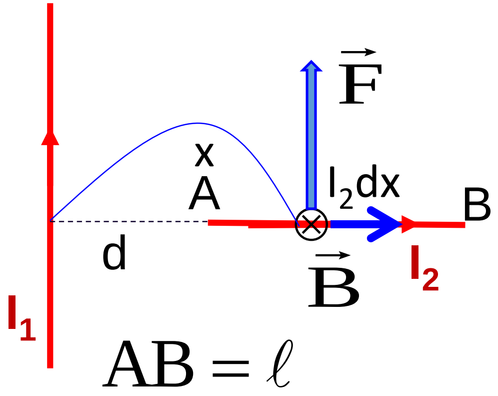
hay $F_1 = F_2 \Leftrightarrow \dfrac{\mu_0}{2\pi}\dfrac{I_1 I_0 \ell}{x} = \dfrac{\mu_0}{2\pi}\dfrac{I_2 I_0 \ell}{30 - x}$

$$\Rightarrow \frac{30 - x}{x} = \frac{I_2}{I_1} = 2 \Rightarrow \boxed{x = 10(cm)}$$



6.2. Tác dụng của dòng điện dài vô hạn lên đoạn dây điện

b. Hai dòng điện vuông góc



$$F = \frac{\mu_0}{2\pi} I_1 I_2 \ln\left(\frac{d+\ell}{d}\right)$$

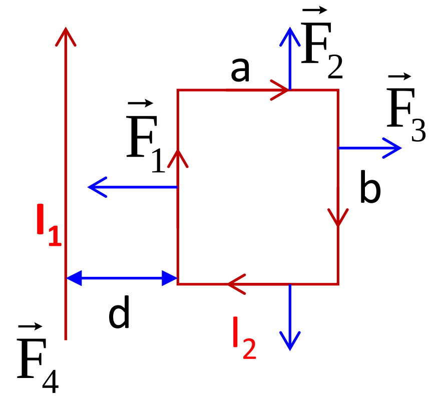
Chứng minh:

Theo định luật Ampère

$$dF = I_2 dx.B.\sin 90^0 = \frac{\mu_0 I_1}{2\pi x} I_2 dx \Rightarrow F = \frac{\mu_0}{2\pi} I_1 I_2 \int_d^{d+\ell} \frac{dx}{x} = \frac{\mu_0}{2\pi} I_1 I_2 \mathrm{Ln}\left(\frac{d+\ell}{d}\right)$$

6.2. Tác dụng của dòng điện dài vô hạn lên đoạn dây điện

b. Hai dòng điện vuông góc



Ví dụ 3.14: Cho hệ hai dòng điện như hình vẽ. Trong đó, $I_1 = 2I_2 = 10A$, $a = 0,5b = 10cm$, $d = 10cm$. Tính từ lực F do I_1 tác dụng lên khung có dòng điện I_2 chạy qua.

Bài giải:

Từ lực trên khung dây: $\vec{F} = \left(\vec{F}_1 + \vec{F}_3\right) + \left(\vec{F}_2 + \vec{F}_4\right)$

mà $\vec{F}_2 \uparrow\downarrow \vec{F}_4$ và $F_2 = F_4 = \dfrac{\mu_0}{2\pi} I_1 I_2 \mathrm{Ln}\left(\dfrac{d+a}{d}\right)$ nên $\vec{F}_2 + \vec{F}_4 = 0 \Rightarrow F = \left|F_1 - F_3\right|$ (1)

Với: $$F_1 = \frac{\mu_0}{2\pi}\frac{I_1 I_2 b}{d} = \frac{4\pi.10^{-7}}{2\pi}\frac{10\times5\times0,2}{0,1} = ...(N)$$

$$F_3 = \frac{\mu_0}{2\pi}\frac{I_1 I_2 b}{d+a} = \frac{4\pi.10^{-7}}{2\pi}\frac{10\times5\times0,2}{0,1+0,1} = ...(N)$$

Thay vào (1), ta được kết quả: **F = ...(N)**

7. CHUYỂN ĐỘNG CỦA HẠT ĐIỆN TRONG TỪ TRƯỜNG

7.1. Lực Lorentz

Một phần tử dòng điện **I.ds** tương đương với 1 hạt điện tích **q** chuyển động với vận tốc **v**

$$I.d\vec{s} = q.\vec{v}$$

Từ lực (Lực AMPÈRE):

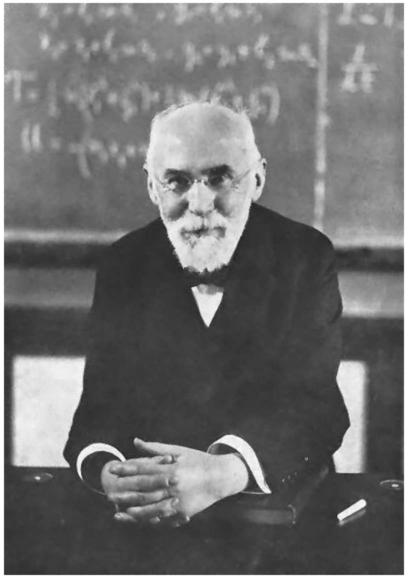
$$d\vec{F} = I.d\vec{s} \times \vec{B}$$

Lực LORENTZ:

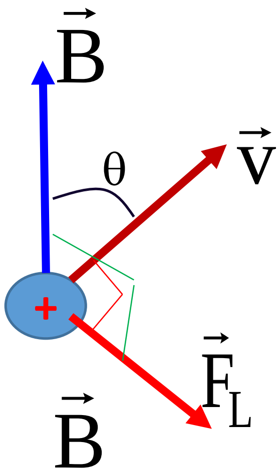
$$\boxed{\vec{F}_L = q\left(\vec{v} \times \vec{B}\right)}$$

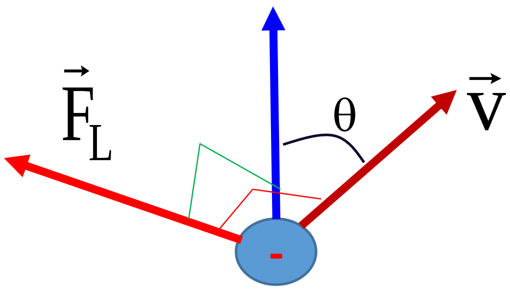
Độ lớn:

$$\boxed{F_L = q.v.B.\sin\theta}$$



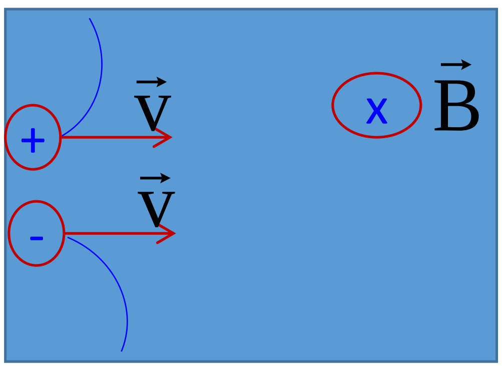
Henrik Lorentz
(1853 – 1928)





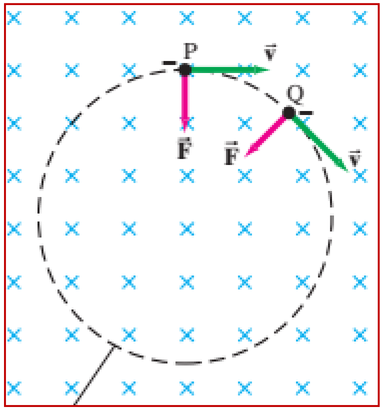
7.2. Hạt điện chuyển động trong từ trường đều

Do $\vec{F}_L \perp \vec{v}$ nên:
- Lực Lorentz không làm thay đổi động năng hạt
- Lực Lorentz không sinh công
- Lực Lorentz là lực hướng tâm



$$F_L = F_{ht}$$

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



Bán kính quỹ đạo của hạt trong từ trường

$$R = \frac{mv}{qB} = \frac{\sqrt{2mK}}{qB}$$

Với K là động năng của hạt

7.2. Hạt điện chuyển động trong từ trường đều

7.2. Hạt điện chuyển động trong từ trường đều

Ví dụ 3.15: Một hạt proton (q = +e, m = 1,67.10^{-27}kg) có động năng K = 2 MeV (1MeV =1,6.10^{-13}J) bay thẳng góc vào trong từ trường đều có cảm ứng từ B = 0,5 T.

a. Tính lực Lorentz tác dụng lên hạt proton trong từ trường.

b. Tính bán kính quỹ đạo hạt proton trong từ trường.

c. Tính chu kỳ và tần số góc của proton trong từ trường

Bài giải:

a. Lực Lorentz đối với hạt điện trong từ trường: $\vec{F}_L = q\left(\vec{v}\times\vec{B}\right) \Rightarrow F_L = qvB$

Với: $$v = \sqrt{\frac{2K}{m_p}}$$

$$\Rightarrow F_L = q\sqrt{\frac{2K}{m_p}}B = 1{,}6.10^{-19}\times\sqrt{\frac{2\times 2\times 1{,}6.10^{-13}}{1{,}67.10^{-27}}}x0{,}5 = ...(N)$$

7.2. Hạt điện chuyển động trong từ trường đều

Ví dụ 3.15: Một hạt proton (q = +e, m = 1,67.10^{-27}kg) có động năng K = 2 MeV (1MeV =1,6.10^{-13}J) bay thẳng góc vào trong từ trường đều có cảm ứng từ B = 0,5 T.

a. Tính lực Lorentz tác dụng lên hạt proton trong từ trường.

b. Tính bán kính quỹ đạo hạt proton trong từ trường.

c. Tính chu kỳ và tần số góc của proton trong từ trường

Bài giải:

b. Tính bán kính quỹ đạo:

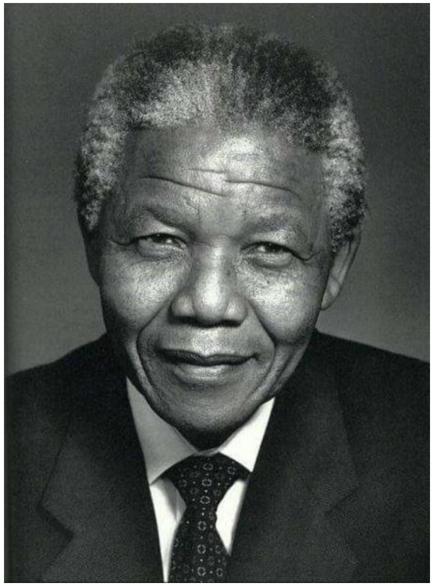
$$R = \frac{mv}{qB} = \frac{\sqrt{2m_pK}}{qB} = \frac{\sqrt{2\times 1,67.10^{-27}\times 2\times 1,6.10^{-13}}}{1,6.10^{-19}\times 0,5} = ...(m)$$

c. Chu kỳ:

$$T = \frac{2\pi R}{v} = 2\pi\frac{m}{qB} = 2\pi\frac{1,67.10^{-27}}{1,6.10^{-19}\times 0,5} = ...(s)$$

Tần số:

$$f = \frac{1}{T} = ...(Hz)$$



"Để phá hủy bất kỳ quốc gia nào, không cần phải sử dụng đến bom nguyên tử hoặc tên lửa tầm xa. Chỉ cần hạ thấp chất lượng giáo dục và cho phép gian lận trong các kỳ thi của sinh viên"
Nelson Mandela (1918 – 2013)

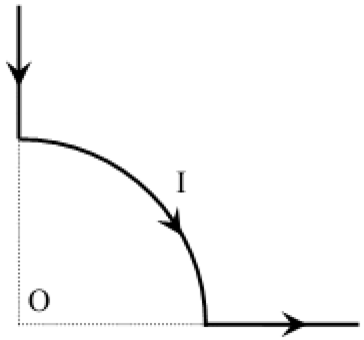
Thanks!

Any questions?

"Destroying any nation does not require the use of atomic bombs or the use of long range missiles. It only requires lowering the quality of education and allowing cheating in the examinations by the students."

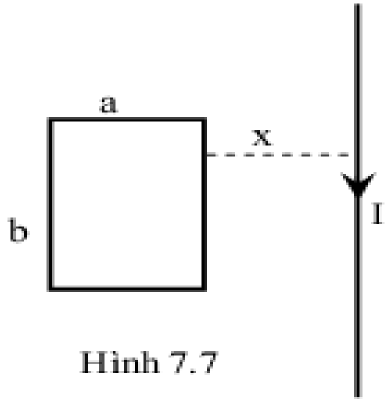
1. Một dây dẫn mảnh, được uốn thành hình vuông cạnh a = 10cm, đặt trong chân không. Cho dòng điện có cường độ I = 10A chạy qua dây dẫn đó. Tính độ lớn của cảm ứng từ tại tâm hình vuông.

2. Một dây dẫn rất dài, đặt trong không khí, có dòng điện I = 10A chạy qua. Sợi dây được uốn làm 3 phần như hình 6.7. Tính cảm ứng từ tại tâm O của cung tròn. Biết bán kính cung tròn là 5cm.



Hình 6.7

3. Khung dây hình chữ nhật, có chiều dài b = 20cm, chiều rộng a = 10cm, đặt đồng phẳng với một dây dẫn thẳng dài vô hạn, có dòng điện I = 10A chạy qua như hình 7.7. Tính từ thông gởi qua khung dây theo các thông số ghi trên hình vẽ.



Hình 7.7

4. Hai dây dẫn thẳng song song, cách nhau 20cm trong không khí, có dòng điện I_1= 2A và I_2= 5A cùng chiều chạy qua. Tính độ lớn của lực tương tác lên mỗi mét chiều dài của chúng.

5. Một electron bay vào từ trường đều B = 10^{-5}T, theo hướng vuông góc với đường sức từ. Nó vạch ra một đường tròn bán kính 91 cm. Tính chu kì quay của electron.

6. Hạt α có động năng 500 eV bay theo hướng vuông góc với đường sức của một từ trường đều có cảm ứng từ 0,01T. Tính bán kính quĩ đạo của hạt α. Biết khối lượng hạt α là m = $6{,}6.10^{-27}$kg.