

Từ trường tĩnh

Lê Quang Nguyễn
www4.hcmut.edu.vn/~leqnguyen
nguyenquangle@zenbe.com

Nội dung

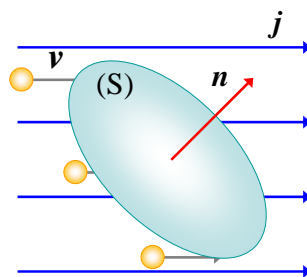
1. Dòng điện
2. Từ trường
3. Lực từ
4. Định luật Gauss đối với từ trường
5. Định luật Ampère
6. Dipole từ
7. Từ trường ở quanh ta

1a. Vector mật độ dòng điện

- Xét dòng các hạt mang điện q chuyển động với vận tốc v . Vector mật độ dòng điện là:

$$\vec{j} = nq\vec{v} = \rho\vec{v}$$

- n là mật độ hạt mang điện, $\rho = nq$ là mật độ điện tích.
- j hướng theo chiều chuyển động của các hạt mang điện dương.
- $j \cdot n$ là điện lượng đi qua một đơn vị diện tích có pháp vector n trong một đơn vị thời gian.

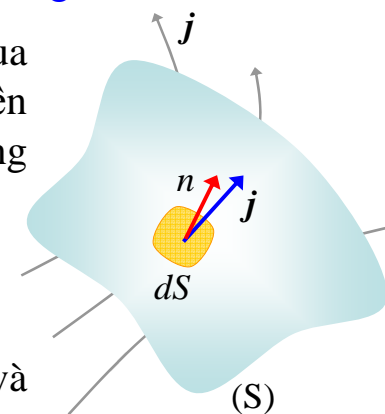


1b. Cường độ dòng điện

- Cường độ dòng điện qua một mặt bất kỳ (S) là điện lượng đi qua mặt đó trong một đơn vị thời gian:

$$I = \int_{(S)} \vec{j} \cdot \vec{n} dS$$

- Với j , n là mật độ dòng và pháp vector trên dS .
- n hướng theo chiều chuyển động của điện tích dương.

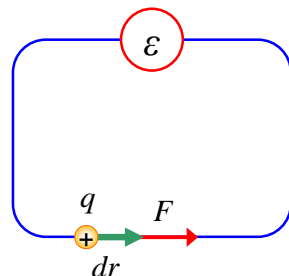


1c. Sức điện động

- Sức điện động ε của nguồn điện là công mà nguồn thực hiện khi dịch chuyển một đơn vị điện tích dương thành một dòng kín trong mạch:

$$\varepsilon = \frac{1}{q} \oint \vec{F} \cdot d\vec{r}$$

- trong đó $q > 0$, F là lực do nguồn tác động lên q , dr là độ dịch chuyển của q .

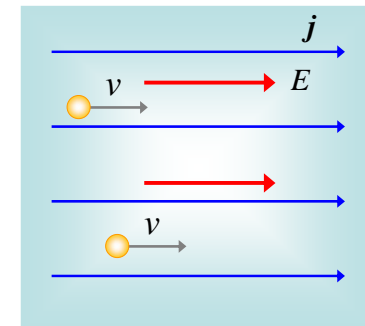


1d. Định luật Ohm

- Định luật Ohm xác định mối liên hệ giữa mật độ dòng điện và điện trường ở một vị trí trong vật dẫn:

$$\vec{j} = \sigma \vec{E}$$

- với σ là điện dẫn suất của vật (nghịch đảo của điện trở suất).



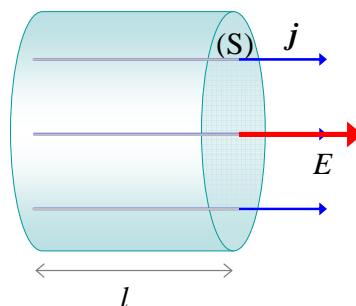
1d. Định luật Ohm (tt)

- Xét một đoạn dây dẫn thẳng có chiều dài l , tiết diện S , trong đó có mật độ dòng điện j đều. Cường độ dòng qua dây là:

$$I = jS = \sigma ES = \frac{\sigma S}{l} El$$

$$I = \frac{\Delta V}{R}$$

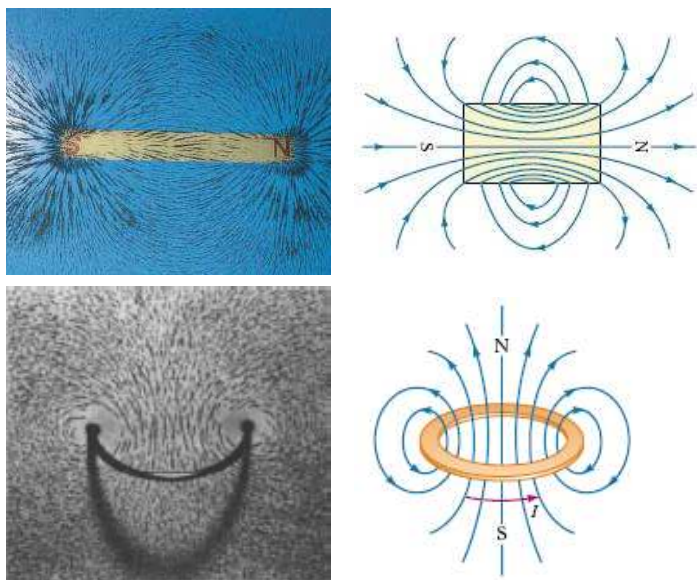
- $\Delta V = El$ là hiệu thế giữa hai đầu dây, và $R = l/\sigma S$ là điện trở của đoạn dây.



2a. Từ trường - vector cảm ứng từ

- Chung quanh một thanh nam châm hay dòng điện có một từ trường, là khoảng không gian trong đó ở mỗi điểm có một vector cảm ứng từ B xác định.
- Từ trường tạo bởi các dòng điện dừng, có mật độ dòng không phụ thuộc vào thời gian, được gọi là từ trường tĩnh (không thay đổi theo t).
- Để mô tả từ trường người ta cũng dùng các đường sức, là những đường tiếp tuyến với vector cảm ứng từ ở mọi điểm.

2a. Từ trường – đường sức

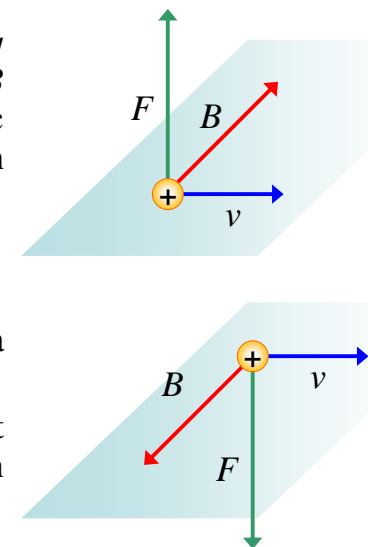


2b. Lực từ lên một điện tích chuyển động

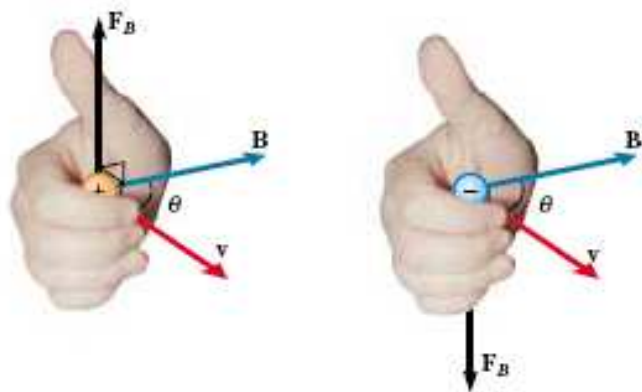
- Xét một điện tích điểm q chuyển động trong từ trường B với vận tốc v , lực từ (lực Lorentz) tác động lên điện tích điểm là:

$$\vec{F} = q\vec{v} \times \vec{B}$$

- B là cảm ứng từ ở vị trí của điện tích q , đo bằng Tesla (T).
- Lực từ vuông góc với mặt phẳng (v, B) ; chiều xác định bởi quy tắc bàn tay phải.
- Công của lực từ bằng không.



2b. Lực từ lên một điện tích chuyển động (tt)



2c. Lực từ lên một dòng điện

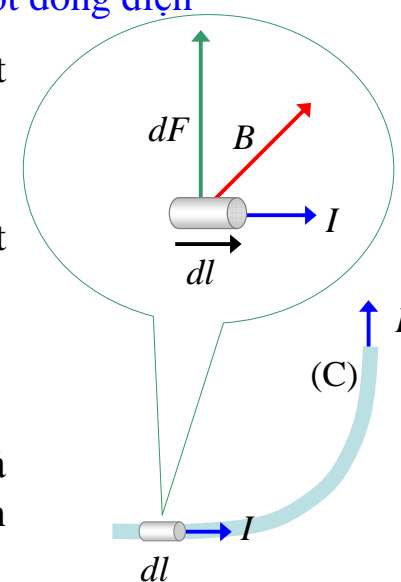
- Lực từ tác động lên một dòng điện vi phân:

$$d\vec{F} = Id\vec{l} \times \vec{B}$$

- Lực từ tác động lên một dòng điện bất kỳ:

$$\vec{F} = \int_{(C)} Id\vec{l} \times \vec{B}$$

- tích phân lấy theo tất cả các dòng điện vi phân trên (C).



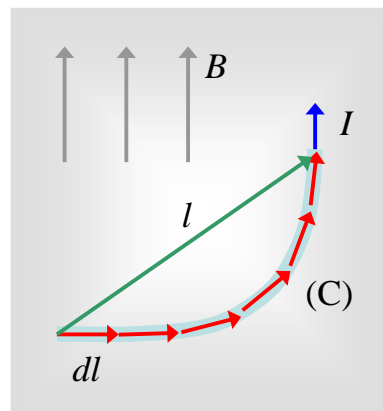
2c. Lực từ lên một dòng điện (tt)

- Đặc biệt, khi từ trường đều thì:

$$\vec{F} = I \left(\int_{(C)} d\vec{l} \right) \times \vec{B}$$

$$\vec{F} = I\vec{l} \times \vec{B}$$

- với l là vectơ nối từ điểm đầu đến điểm cuối của dòng điện.



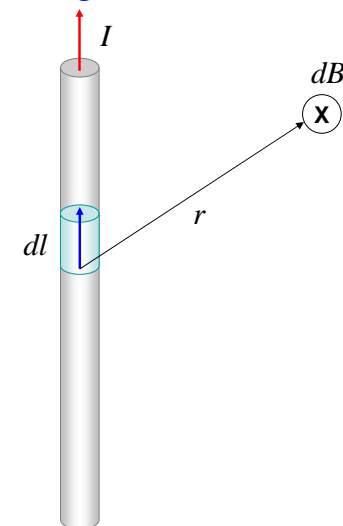
2d. Từ trường tạo bởi dòng điện

- Từ trường tạo bởi một dòng điện vi phân được cho bởi định luật Biot-Savart:

$$d\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{Id\vec{l} \times \vec{r}}{r^3}$$

- $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ T.m/A}$, là độ từ thẩm của chân không.
- Từ trường toàn phần tạo bởi dòng điện:

$$\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \int_{(C)} \frac{Id\vec{l} \times \vec{r}}{r^3}$$



3. Định luật Gauss cho từ trường

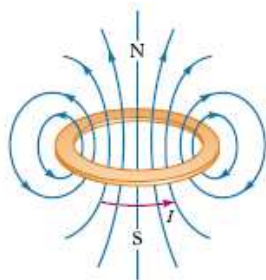
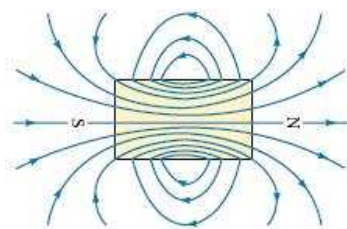
- Thông lượng của từ trường qua một mặt kín luôn luôn bằng không:

$$\oint_{(S)} \vec{B} \cdot \vec{n} dS = 0$$

- Hay dưới dạng vi phân:

$$\text{div} \vec{B} = 0$$

- Ý nghĩa: đường sức từ trường luôn luôn khép kín.

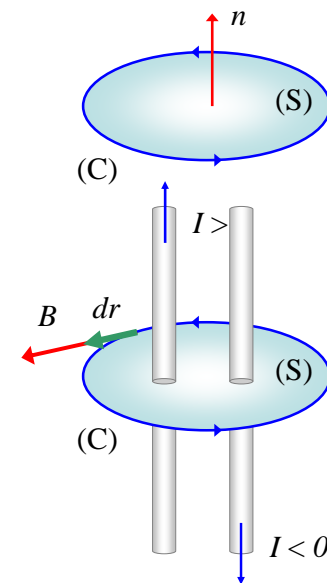


4. Định luật Ampère

- (S) là mặt giới hạn trong (C). Chiều dương của pháp vectơ n là chiều thuận đối với định hướng của (C).
- Lưu số của từ trường theo (C) tỷ lệ với cường độ dòng điện toàn phần qua (S):

$$\oint_{(C)} \vec{B} \cdot d\vec{r} = \mu_0 I_{\text{tot}}$$

- $I > 0$ nếu dòng đi qua (S) theo chiều dương, $I < 0$ trong trường hợp ngược lại.



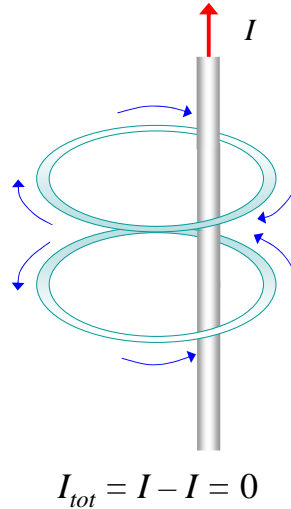
4. Định luật Ampère (tt)

- Ngoài ra, nếu (C) đi vòng qua một dòng điện nhiều lần, thì dòng điện đó phải được cộng bấy nhiêu lần với dấu tương ứng.

- Định luật Ampère dưới dạng vi phân:

$$\text{rot}\vec{B} = \mu_0 \vec{j}$$

- là liên hệ giữa cảm ứng từ và mật độ dòng điện ở từng vị trí một.

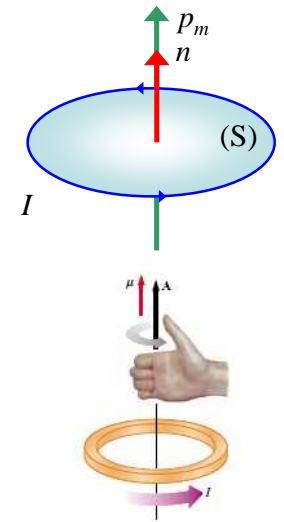


5a. Dipole từ

- Dipole từ là một dòng điện kín có kích thước nhỏ.
- Momen dipole từ được định nghĩa như sau:

$$\vec{p}_m = NIS\vec{n}$$

- N là số vòng dây,
- I là cường độ dòng điện,
- S là diện tích của một vòng dây,
- \vec{n} là pháp vectơ hướng theo chiều thuận đối với chiều dòng điện.



5b. Dipole từ trong từ trường

- Dipole từ ở trong từ trường ngoài có thế năng:

$$U_m = -\vec{p}_m \cdot \vec{B}$$

- thế năng từ cực tiểu khi momen từ song song cùng chiều với từ trường.
- Dipole chịu tác động của momen ngẫu lực:

$$\vec{\tau} = \vec{p}_m \times \vec{B}$$

- Momen này có xu hướng quay sao cho dipole song song cùng chiều với từ trường ngoài.

6a. Tàu chạy trên đệm từ



6b. MRI



6c. Cực quang

