

www.mientayvn.com

Dịch tiếng anh chuyên ngành khoa học tự nhiên và kỹ thuật.

Dịch các bài giảng trong chương trình học liệu mở của học viện MIT, Yale.

Tìm và dịch tài liệu phục vụ cho sinh viên làm seminar, luận văn.

Tại sao mọi thứ đều miễn phí và chuyên nghiệp ???

Trao i tr c tuy n t i:

www.mientayvn.com/chat_box_li.html

I. i n tr ã ng trong chân không





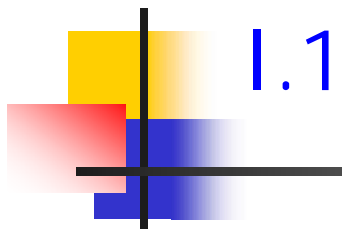
Nội dung

- Điện tích. Định luật Coulomb.
- Điện trường. Công điện trường. Năng lượng điện trường.
- Mật độ ví dụ điện trường.
- Định lý Ostrogradsky-Gauss và ứng dụng.
- Điện thế. Hiệu điện thế. Điện thế của hệ điện tích điểm, của hệ điện tích phân bố liên tục.
- Thế năng tĩnh điện của hệ điện tích điểm.
- Mối quan hệ giữa điện thế và công điện trường. Mật độ dòng điện.
- Dòng điện trong điện trường.



Mục tiêu

- Nắm vững các khái niệm điện tích, quy luật tương tác giữa các điện tích nguyên thông qua định luật Coulomb.
- Hiểu các khái niệm điện trường, các tính chất của điện trường.
- Biết vận dụng các kiến thức trên trong một số trường hợp cụ thể.



1.1

i n t í c h . n h l u t C o u l o m b .



1. Điện tích (Charge)

Sự tồn tại điện tích:

- Tia lửa điện: xảy ra trên các vật bằng kim loại, thép, ...
 - Sự dính tĩnh điện: Lông nhả có thể hút giấy, quần áo dính vào người, ... trong thời tiết hanh khô.
- Các vật thể **nhiễm điện** hay trên các vật thể có **điện tích**.



Điện tích (cont. 1)

Một số khái niệm:

- Trong tự nhiên chỉ có 2 loại điện tích dương và âm.
Điện tích cùng dấu thì đẩy nhau, điện tích khác dấu thì hút nhau.
- Điện tích của vật chất là một đại lượng lượng tử hóa:
 $q = \pm ne$.
với $e = 1.602 \times 10^{-19}$ C: điện tích nguyên tố, $n: 1, 2, \dots$
- Đơn vị: C, là một lượng điện tích đi qua tiết diện của một dây dẫn trong thời gian 1 s khi trong dây có dòng điện 1 A chảy qua.

Q: Hạt nào trong tự nhiên mang một điện tích nguyên tố ?



Điện tích (cont. 2)

- Proton: $q = +e$, $m_p = 1.67 \times 10^{-27}$ kg.

Electron: $q = -e$, $m_e = 9.3 \times 10^{-31}$ kg.

trạng thái bình thường, số proton và số electron trong một nguyên tử luôn bằng nhau $\rightarrow \sum q_i + \sum e_i = 0$, nguyên tử **trung hòa điện**.

- **Nguyên lý bảo toàn điện tích:**

Các điện tích không tự sinh ra mà cũng không tự mất đi, chúng chỉ có thể truyền từ vật này sang vật khác hoặc dịch chuyển bên trong một vật mà thôi.

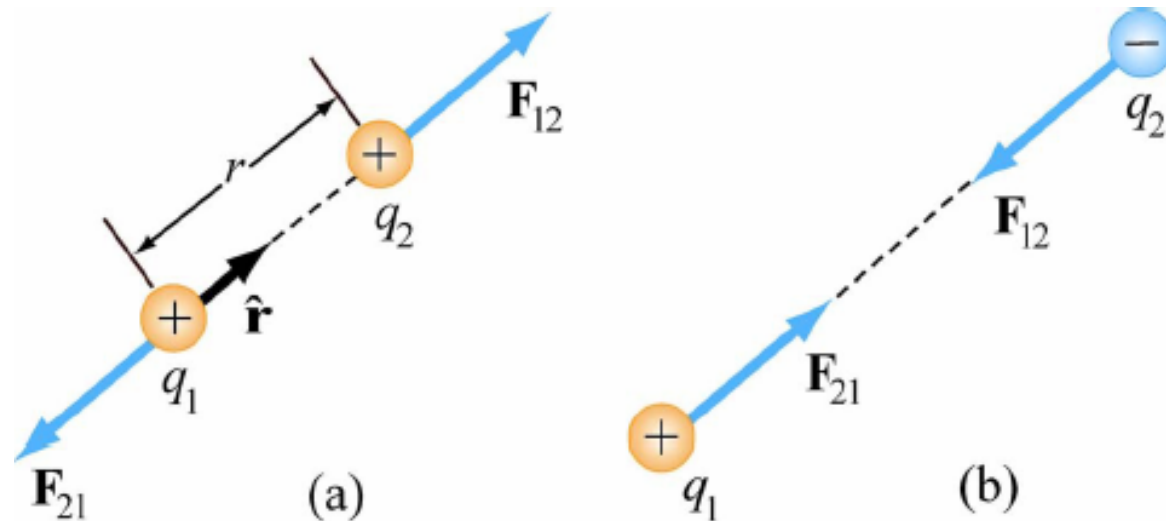


Điêu kiện (cont. 3)

- Q: Phân biệt vật chất theo tính dẫn điện?
 - Vật dẫn: điện tích có thể chuyển động ...? trong toàn bộ thể tích.
 - Chất cách điện (cách điện môi): điện tích ...?
 - Chất bán dẫn.
 - 1911: Kammerlingh Onnes phát hiện Hg trở nên mất hoàn toàn điện trở $T < 4.2 \text{ K} \rightarrow$ chất siêu dẫn.
- Q: Yếu tố nào quyết định tính dẫn điện của vật chất?
Cấu tạo và bản chất điện của các nguyên tử.

2. Định luật Coulomb (Coulomb's law)

- Các điện tích luôn tương tác với nhau: cùng dấu thì đẩy nhau (a), khác dấu thì hút nhau (b).
- Tương tác giữa các điện tích nguyên tố chỉ là tương tác tĩnh điện (tương tác Coulomb).



nh luật Coulomb (cont. 1)

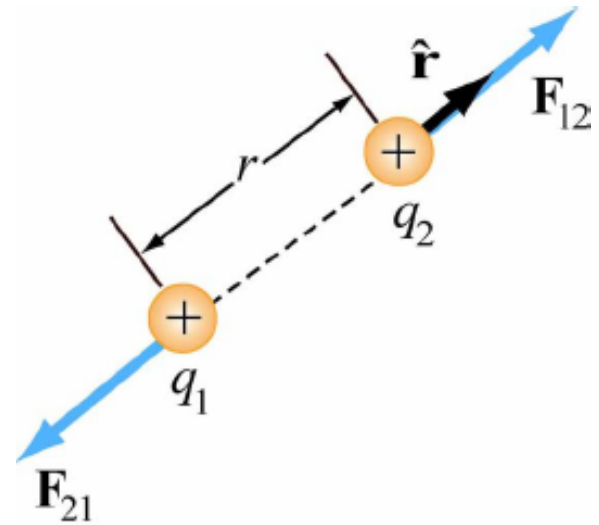
- nh luật Coulomb (1785, Charles Augustus Coulomb):

Lực tác dụng giữa hai điện tích điểm (hút hoặc đẩy) giữa hai điện tích điểm có điện tích q_1 và q_2 đặt trong chân không, nằm cách nhau một khoảng r bằng:

$$\vec{F} = k \frac{q_1 q_2}{r^2} \left(\frac{\vec{r}}{r} \right)$$

với hằng số điện tích $k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 8.99 \times 10^9 \frac{Nm^2}{C^2}$

hằng số điện tích $\epsilon_0 = 8.86 \times 10^{-12} C^2/Nm^2$





nh luật Coulomb (cont. 2)

- **điểm tích điện**: là một vật mang điện có kích thước nhỏ không đáng kể so với khoảng cách tính nó thì như một hoặc vật mang điện khác không đáng kể.

- **nh luật Coulomb trong các môi trường**:

Lực tương tác giữa các điện tích đặt trong môi trường

điểm tích điện ϵ so với lực tương tác giữa chúng trong chân không:

$$\vec{F} = k \frac{q_1 q_2}{\epsilon r^2} \left(\frac{\vec{r}}{r} \right)$$

vì hằng số điện môi của môi trường $\epsilon > 1$ (đặc trưng cho tính chất điện của môi trường).



nh luật Coulomb (cont. 3)

- Q: Nhận xét về F và hướng của lực tác dụng trong các trường hợp sau:
 - $q_1 = q_2 = q > 0$;
 - $q_1 = q_2 = -q < 0$;
 - $q_1 = q > 0, q_2 = -q < 0$.

nh luật Coulomb (cont. 4)

- Nguyên lý chồng chập:

Xét một hệ các điện tích điểm $q_0, q_1, q_2, \dots, q_n$ phân bố gián đoạn trong không gian. Gọi $F_{10}, F_{20}, \dots, F_{n0}$ là các lực tác động của q_1, q_2, \dots, q_n lên q_0 xác định theo luật Coulomb. Khi đó lực tổng hợp tác động lên q_0 là:

$$\vec{F}_0 = \vec{F}_{10} + \vec{F}_{20} + \dots + \vec{F}_{n0} = \sum_{i=1}^n \vec{F}_{i0}$$

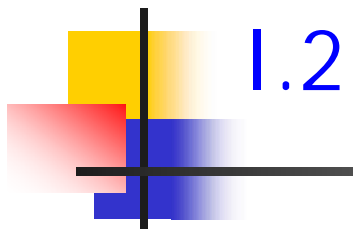
- Các định lý về lập vòm tích điện:

- Hút hoặc đẩy một hệ tích điện nằm ngoài lập vòm giống như khi tất cả điện tích của lập vòm tập trung tâm của nó.
- Không tác động lực lên hệ tích điện nằm trong lập vòm.



nh luật Coulomb (cont. 5)

- Q: Công dụng nguyên lý chồng chất xác định lực tác động giữa hai vật mang điện tích?



1.2

i n t r n g . C n g i n t r n g .
n g s c i n t r n g .



1. Điện trường (Electric field).

- Môi trường phát sinh:
 - Lực tác động lên điện tích chuyển động như thế nào trong môi trường?
 - Không gian bao quanh các điện tích sẽ thay đổi như thế nào?



ì n tr ã ng (cont. 1)

- Các gi ã thuy t và khái ni ã m ì n tr ã ng:
 - Thuy t tác d ã ng xa: l c t nh ì n c truy n m t cách t c th ì không c ã n môi tr ã ng trung gian, t c v n t c $\rightarrow \infty$.
 - Thuy t tác d ã ng g ã n: không gian bao quanh các ì n tích có m t d ã ng c bi t c a v t ch t g ì là ì n tr ã ng, v n t c h u h n.
- Tí nh ch t c b n c a ì n tr ã ng: m ì ì n tích t trong ì n tr ã ng u b ì n tr ã ng tác d ã ng l c.

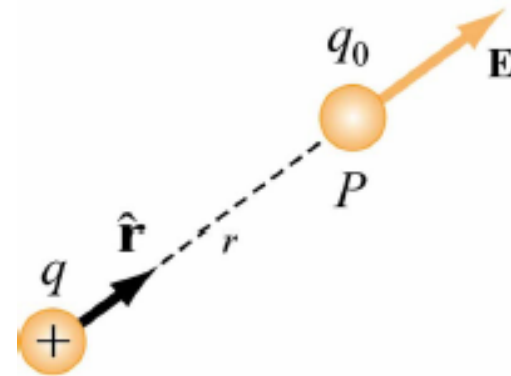
2. Cường độ điện trường.

- **Định nghĩa:** Xét một điện tích $q_0 > 0$ đặt trong một điện trường \rightarrow điện trường sẽ tác động lên điện tích một lực F . Thử nghiệm chứng tỏ rằng F/q_0 không phụ thuộc vào q_0 mà chỉ phụ thuộc vào vị trí của nó

$$\frac{F}{q_0} = \text{const} \equiv E \quad \vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_0}$$

E là cường độ điện trường tại một điểm tác động lên (thử nghiệm) và gọi là cường độ điện trường.

- **Vector cường độ điện trường** tại một điểm là một đại lượng có giá trị vector bằng lực tác động của điện trường lên một đơn vị điện tích dương tại điểm đó.
- Đơn vị: V/m.





Công thức tính (cont. 1)

- Điện trường gây bởi một điện tích điểm q:

$$\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r^2} \left(\frac{\vec{r}}{r} \right)$$

Q: Nhìn xét hướng của E theo dấu của q?

- Nguyên lý chồng chất:

Vector công thức điện trường gây bởi một điện tích điểm bằng tổng các vector công thức điện trường gây ra bởi từng điện tích điểm thành phần:

$$\vec{E} = \sum_{i=1}^n \vec{E}_i$$

Q: Định nghĩa ra biểu thức trên?

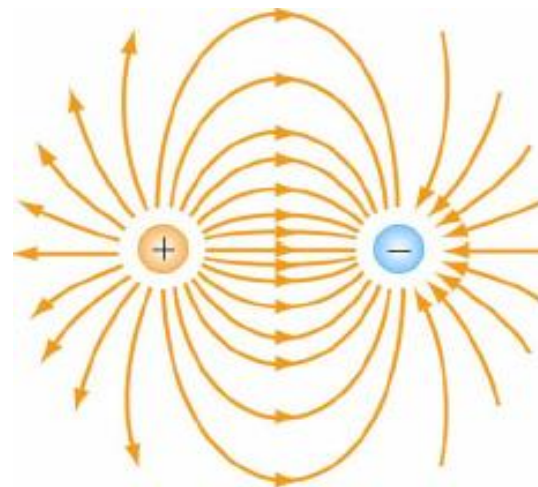
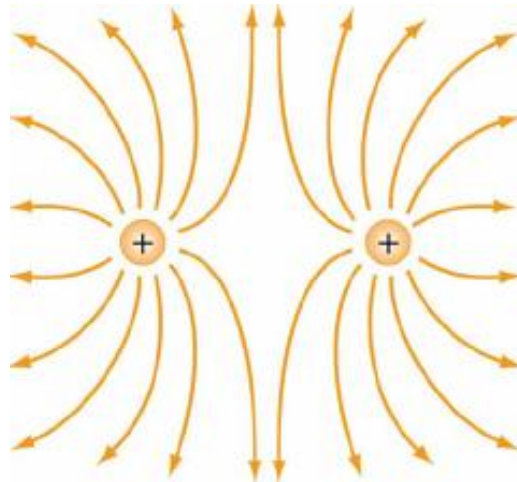


3. Đường sức điện trường (Electric field lines).

- Định nghĩa: là đường cong mà tiếp tuyến tại mỗi điểm của nó trùng với phương của vector cường độ điện trường tại điểm đó. Chiều của đường sức điện trường là chiều của vector cường độ điện trường.
- Số đường sức điện trường qua một đơn vị diện tích cắt vuông góc với đường sức bằng cường độ điện trường.
- Ví dụ: đường sức điện trường của
 - một điện tích (dương hoặc âm).
 - hai điện tích cùng dấu, khác dấu.

ng s c i n tr ã ng (cont. 2)

- Nh ãn xét: ã ng s c
 - i ra t i n tích d ãng và i vào i n tích âm.
 - là nh ãng ãng cong không khãp kín.
 - không c t nhau.





Sự gián đoạn của trường điện trường

- Q: Điện trường gây bởi một điện tích điểm q khi đi qua mặt phân cách của hai môi trường?
 $E \sim q, 1/\epsilon \rightarrow$ khi đi qua mặt phân cách của hai môi trường, ϵ và do đó E thay đổi, gây nên sự gián đoạn của trường điện trường.

- Vector cảm ứng điện: không phụ thuộc môi trường

$$\vec{D} = \epsilon\epsilon_0 \vec{E}$$

đơn vị: C/m².

điện tích điểm $D \sim q$:

$$\vec{D} = \frac{1}{4\pi} \frac{q}{r^2} \left(\frac{\vec{r}}{r} \right)$$

- Trường cảm ứng điện: nhúng và tính chất trường điện trường.

Thông lượng điện trường (flux)

- Khái niệm:

- Lưu lượng: xét một khối tích điện chứa qua một tiết diện thẳng → Lưu lượng Φ phụ thuộc vào diện tích S , vận tốc v .

$$d\Phi = v \cdot dS = v \cdot dS_n \cdot n = v \cdot dS \cdot \cos(\nu, n)$$

- **Thông lượng:**

Xét diện tích dS nằm trên mặt S :

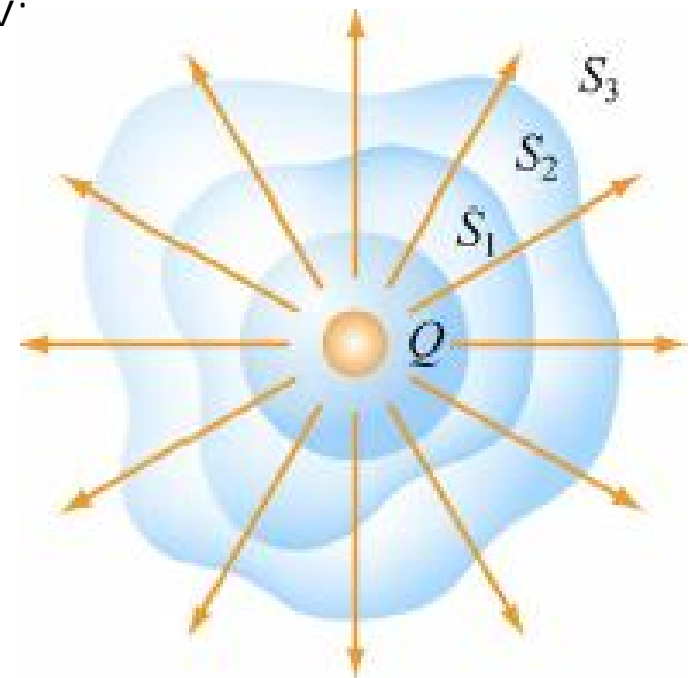
$$d\Phi_E = E \cdot dS = E \cdot dS_n \cdot n = E \cdot dS \cdot \cos(E, n)$$

Xét cho toàn mặt S :

$$\Phi_E = \int_S d\Phi_E = \int_S E \cdot dS$$

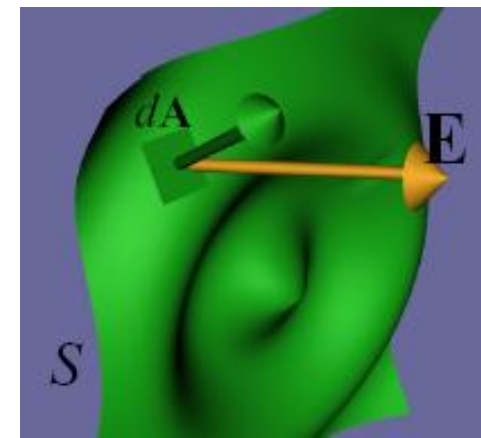
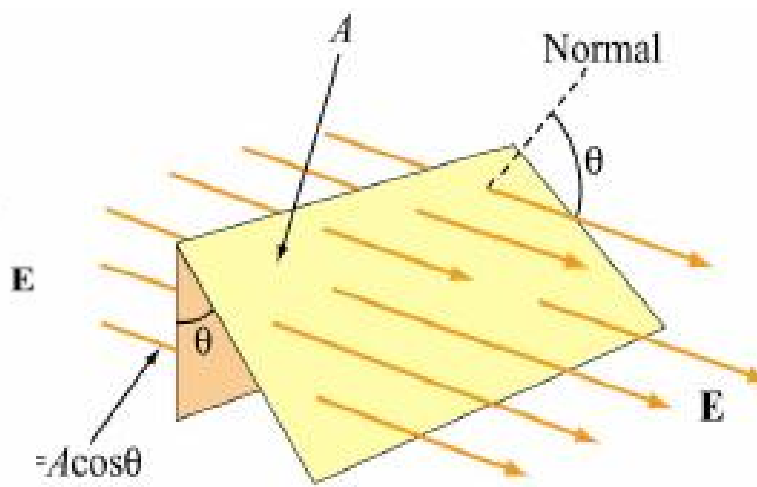
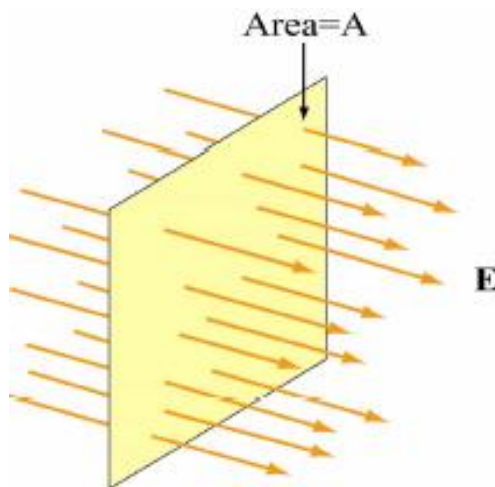
do $E = dN_E/dS_n$ với N_E là số lượng sọc qua mặt S nên $\Phi = N_E$.

Thông lượng điện trường qua một diện tích có giá trị bằng số lượng sọc xuyên qua diện tích đó.



Thông lượng điện trường (cont. 1)

- $d\Phi_E = \mathbf{E} \cdot d\mathbf{S} = E \cdot dS_n \cdot \mathbf{n} = E \cdot dS \cdot \cos(\mathbf{E}, \mathbf{n})$



$\cos(\mathbf{E}, \mathbf{n}) = 0$

$\cos(\mathbf{E}, \mathbf{n}) = \cos(\theta)$

- Q: Ý nghĩa và dấu của thông lượng điện trường khi:

- $d\Phi_E > 0$.

- $d\Phi_E < 0$.

- $d\Phi_E = 0$.



Liên hệ giữa khối lượng và điện tích

- Q: So sánh giá trị trường hấp dẫn \vec{g} và điện trường \vec{E} ?

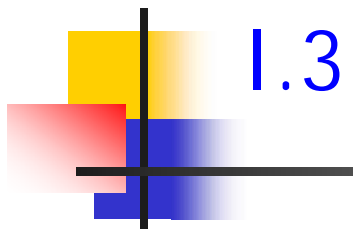
$$\vec{g} = -G \frac{M}{r^2} \left(\frac{\vec{r}}{r} \right)$$

$$\vec{F}_g = m\vec{g}$$

$$\vec{E} = k \frac{q}{r^2} \left(\frac{\vec{r}}{r} \right)$$

$$\vec{F}_E = q\vec{E}$$





1.3

M t s ví d

1. Liên hệ lưỡng cực điện (Dipole).

- Liên hệ lưỡng cực điện: hai điện tích điểm $+q$ và $-q$ cách nhau một khoảng l rất nhỏ so với khoảng cách tính đến các điện tích khác.
- Moment lưỡng cực điện:

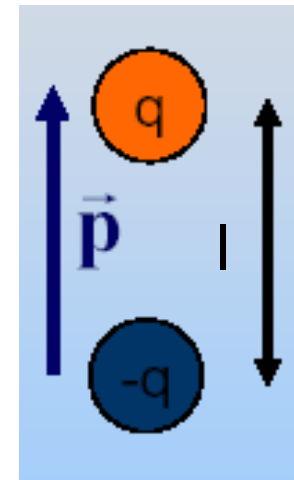
$$\vec{p} = q\vec{l}$$

- Trên trục trung trực của lưỡng cực:

$$\vec{E} = -\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{\vec{p}}{\epsilon r^3}$$

Trên trục của lưỡng cực:

$$\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{2\vec{p}}{\epsilon r^3}$$



- Q: Tính và nhận xét về các biểu thức tính E của lưỡng cực điện?

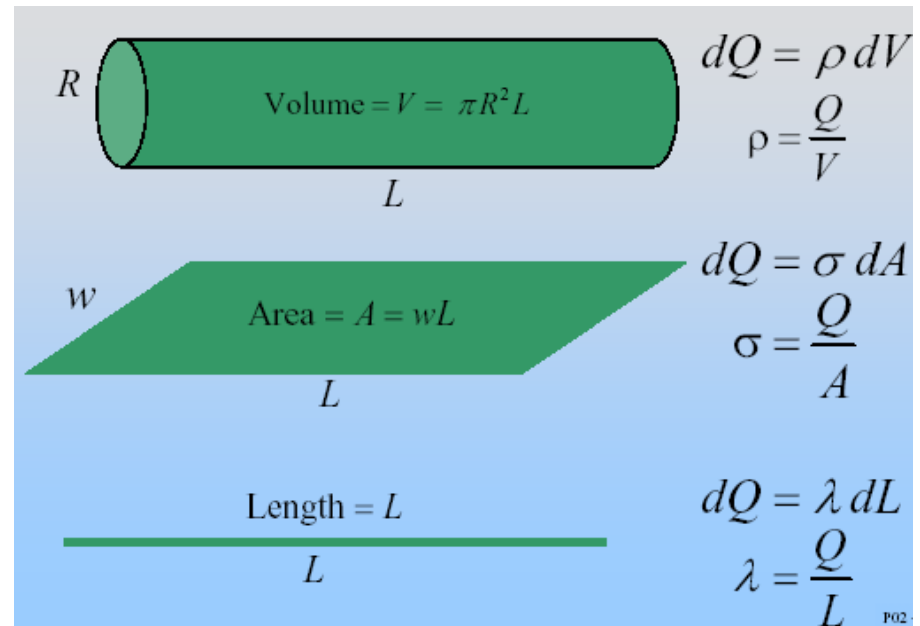
Mật độ điện tích (Charge density).

- Các loại mật độ điện tích:

- mật độ dài:
 λ (C/m).

- mật độ diện tích bề mặt:
 σ (C/m²).

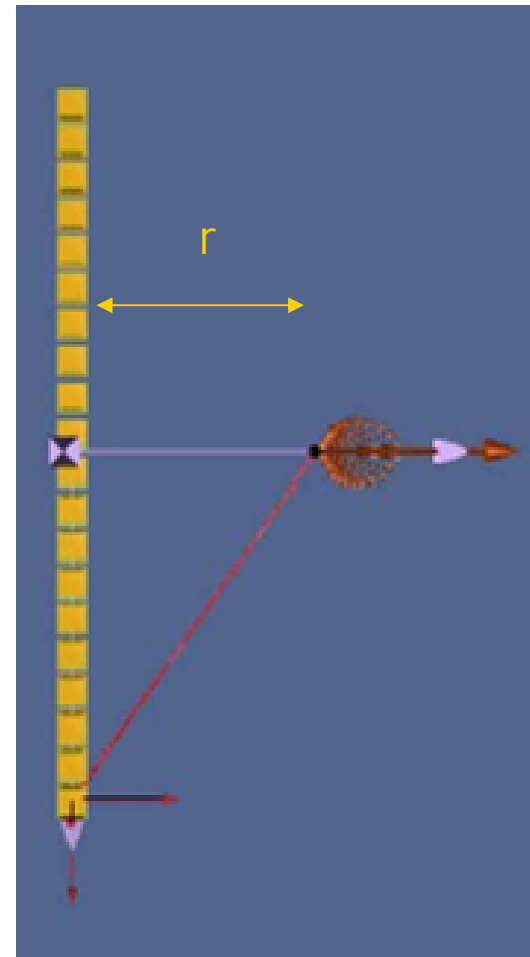
- mật độ thể tích:
 ρ (C/m³).



2. Dây thừng dài vô hạn, tích điện đều.

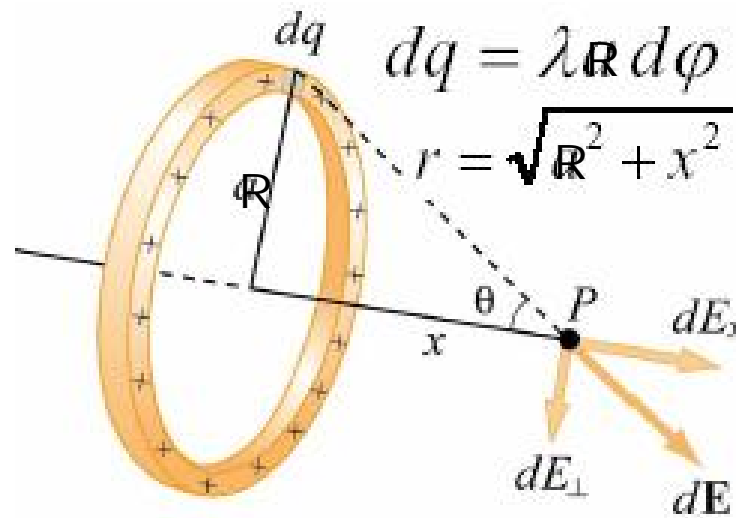
- điện trường:

$$E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{\lambda}{2\epsilon r}$$



3. Vòng m nh tích i n u.

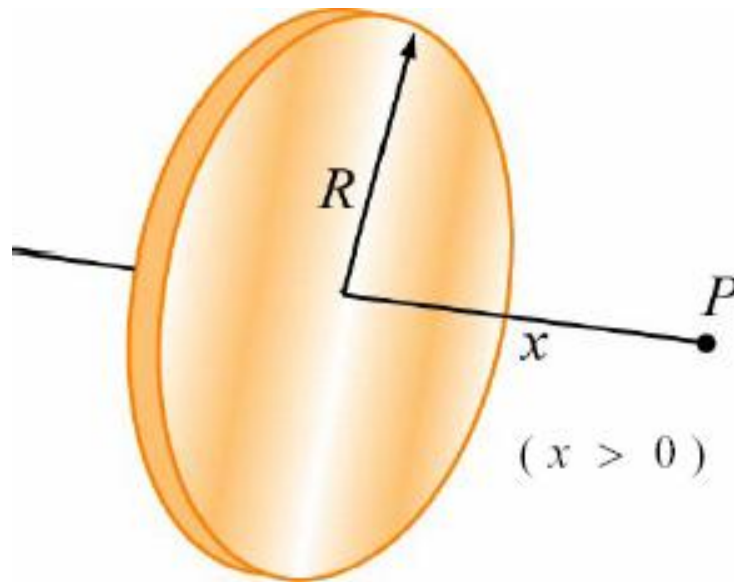
- i n tr ã ng:
$$E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{qx}{\epsilon(x^2 + R^2)^{3/2}}$$



- Q: Nh ã n xét: $x = 0$ và $x \gg R$.

4. Điện trường của đĩa tròn mang điện tích đều.

- điện trường:
$$E = \frac{\sigma}{2\epsilon_0\epsilon} \left(1 - \frac{x}{(x^2 + R^2)^{1/2}} \right)$$

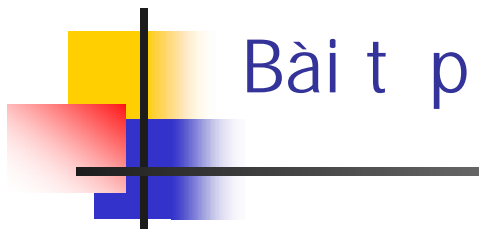


- Q: Nhận xét: $x \gg R$ và $R \rightarrow \infty$.



Tổng kết các ví dụ

- Dây điện thẳng : $E \sim 1/r$.
- Điện tích điểm: $E \sim 1/r^2$.
- Lăng kính điện : $E \sim 1/r^3$.
- Quả cầu: ?



Bài tập



1.4

nh lý Ostrogradsky-Gauss
và ng d ng.



1. Định lý Ostrogradsky-Gauss

- **Mặt kín Gauss:**

Mặt có dạng bất kỳ, chia không gian thành 2 phần, một phần nằm bên trong và một phần nằm bên ngoài.

- **Định lý Ostrogradsky-Gauss:**

Thông lượng toàn phần của điện trường qua một mặt kín bất kỳ bằng tổng của các điện tích phân bố bên trong mặt kín chia cho ϵ_0 .

$$\Phi_E = \frac{q}{\epsilon_0}$$

Ý nghĩa: cho biết mối liên hệ giữa thông lượng điện trường qua mặt kín Gauss và tổng điện tích tổng cộng bên trong.



2. Ứng dụng của nh lý

Tính liên tục gây bởi:

- Một vật tích điện có dạng trục, dài vô hạn, có mật độ tích λ .
- Một mặt cầu bán kính R tích điện.
- Một mặt phẳng vô hạn tích điện.
- Hai mặt phẳng tích điện.

Đường dây dẫn thẳng vô hạn, có mật độ điện tích λ ?

- Xét mặt Gauss hình trụ bán kính r , cao l , song song với trục đường dây.

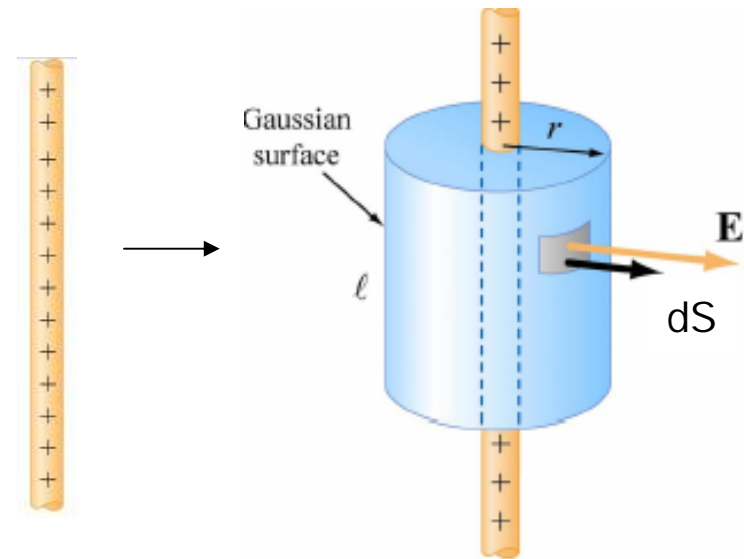
- Đường dây dẫn thẳng $E \perp$ trục đường dây.

- Tổng số điện tích: $q = \lambda.l$

T thông:

$$\begin{aligned}\Phi_E &= \int_S \mathbf{E} \cdot d\mathbf{S} = \int_S E \cdot dS \\ &= E \int_S dS = E \cdot (2\pi \cdot r \cdot l)\end{aligned}$$

$$\rightarrow \vec{E} = \frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0 r} \left(\frac{\vec{r}}{r} \right)$$

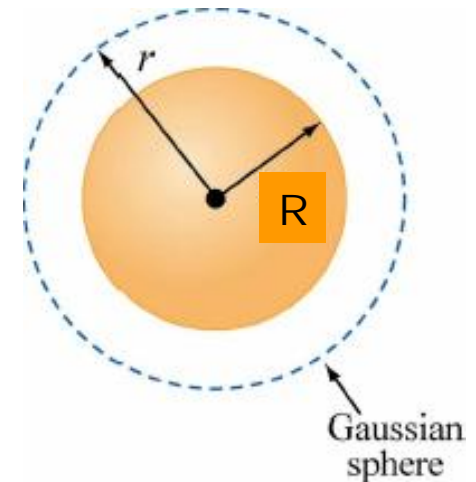


Điện trường của mặt cầu bán kính R tích điện đều?

- Xét mặt Gauss hình cầu bán kính r đồng tâm với mặt cầu đang xét.
 - Điện trường $E \perp$ mặt cầu.
 - $r < R$: Tổng số điện tích $q = 0 \rightarrow E = 0$.
 - $r > R$: Thông lượng $\Phi_E = \int_S E \cdot dS = \int_S E \cdot dS = E \int_S dS = E \cdot (4\pi r^2)$

$$\rightarrow \vec{E} = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r^2} \left(\frac{\vec{r}}{r} \right)$$

- Q: Mô tả ngắn gọn bài toán cho trường hợp mặt cầu bán kính R mang điện tích đều?



Điện trường của mặt phẳng vô hạn tích điện dương?

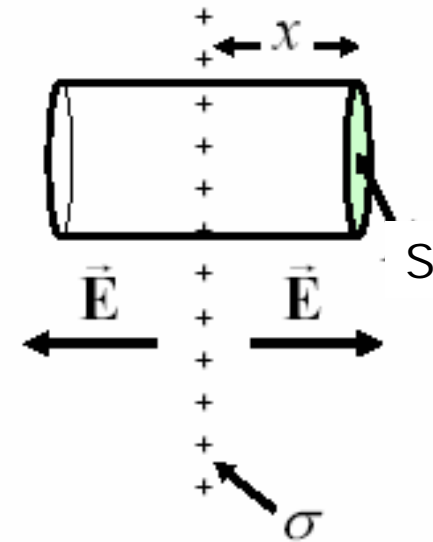
- Xét mặt Gauss hình trụ có tiết diện S , chiều cao $2x$ và có trục đối xứng vuông góc với mặt phẳng đang xét.

- Điện trường $\vec{E} \perp$ mặt phẳng.

- Tổng số điện tích: $q = \sigma \cdot S$

$$\begin{aligned} \text{Thông lượng } \Phi_E &= \int_S \vec{E} \cdot d\vec{S} = \int_S E \cdot dS \\ &= E \int_S dS = E \cdot 2S \end{aligned}$$

$$\rightarrow \vec{E} = \frac{\sigma}{2\epsilon_0}$$

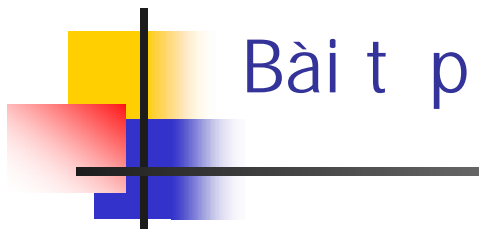


- Nhận xét: E không phụ thuộc vào $x \rightarrow E$ có giá trị như nhau mọi nơi.

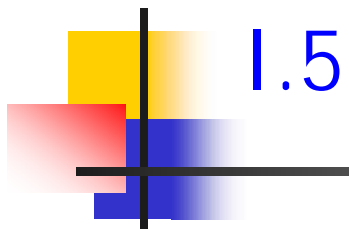


Định nghĩa của hai mặt phẳng tích chập trái và phải?

- Sử dụng kết quả tính định nghĩa cho mặt phẳng và nguyên lý chồng chập định nghĩa.



Bài tập



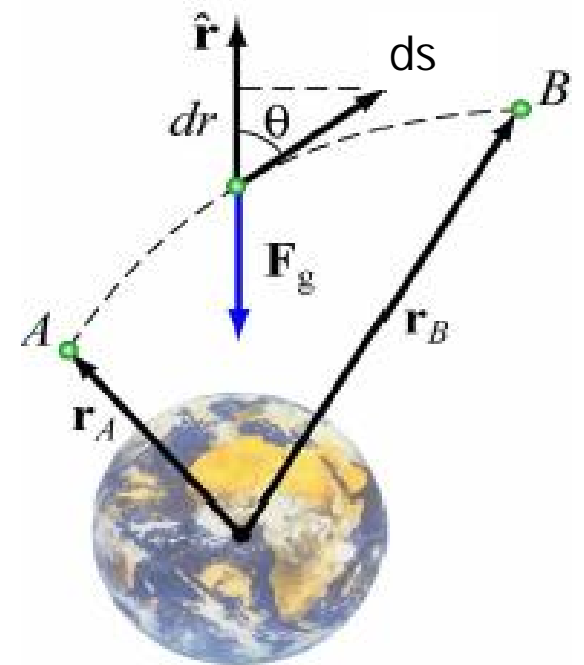
i n t h . H i u i n t h . i n t h c a h
i n t í c h i m , c a h i n t í c h p h a n
b l i e n t c .



Công của trọng trường (gravity's work)

- Lịch trình lên mặt vệ tinh nhân tạo: $\vec{F}_g = -G \frac{Mm}{r^2} \left(\frac{\vec{r}}{r} \right)$
- Công của trọng trường di chuyển một vật từ A đến B:

$$\begin{aligned}
 W_g &= \int_A^B \vec{F}_g \cdot d\vec{s} = \int_A^B \left[-G \frac{Mm}{r^2} \left(\frac{\vec{r}}{r} \right) \right] \cdot ds \cdot \cos \theta = \\
 &= \int_A^B \left[-G \frac{Mm}{r^2} \right] \cdot dr = \left(\frac{GMm}{r} \right) \Big|_{r_A}^{r_B} = \\
 &= GMm \left(\frac{1}{r_B} - \frac{1}{r_A} \right)
 \end{aligned}$$



Thế năng trong trường hấp dẫn (potential energy)

- Thế năng trong trường hấp dẫn ΔU_g (đơn vị: J): công bên ngoài dịch chuyển vật từ A đến B

$$\Delta U_g = U_B - U_A = - \int_A^B \vec{\mathbf{F}}_g \cdot d\vec{\mathbf{s}} = -W_g = +W_{ext}$$

- Thế năng hấp dẫn V_g (đơn vị: J/kg)

$$\Delta V_g = \frac{\Delta U_g}{m} = - \int_A^B (\vec{\mathbf{F}}_g / m) \cdot d\vec{\mathbf{s}} = - \int_A^B \vec{\mathbf{g}} \cdot d\vec{\mathbf{s}}$$



1. i n t h . H i u i n t h .

- T ã n g t ã n h l c v à t r ã n g h p d n, i n t r ã n g c ó:

$$\Delta V_g = - \int_A^B \vec{g} \cdot d\vec{s}$$

$$\Delta V = - \int_A^B \vec{E} \cdot d\vec{s}$$

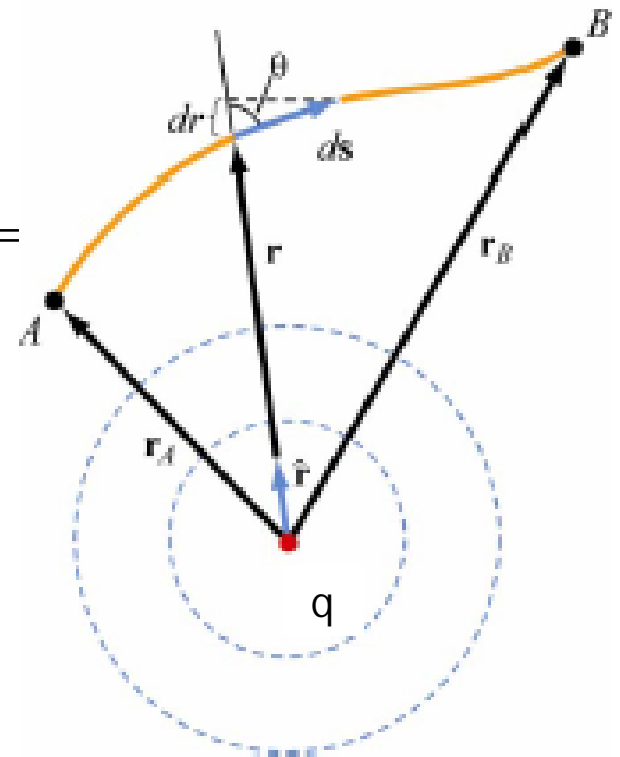
$$\Delta U_g = - \int_A^B \vec{F}_g \cdot d\vec{s}$$

$$\Delta U = - \int_A^B \vec{F}_E \cdot d\vec{s}$$

Công của lực tĩnh điện.

- Công của lực tĩnh điện dịch chuyển q_0 từ điểm A đến B:

$$\begin{aligned}W_{AB} &= \int_A^B \vec{F}_E \cdot d\vec{s} = \int_A^B q_0 \cdot \vec{E} \cdot d\vec{s} = \\&= \int_A^B q_0 \cdot \frac{q}{4\pi\epsilon_0\epsilon r^2} \left(\frac{\vec{r}}{r}\right) \cdot d\vec{s} = \int_A^B q_0 \cdot \frac{q}{4\pi\epsilon_0\epsilon r^2} \cdot ds \cdot \cos\theta = \\&= \int_A^B q_0 \cdot \frac{q}{4\pi\epsilon_0\epsilon r^2} \cdot dr = \left(-\frac{q_0 \cdot q}{4\pi\epsilon_0\epsilon r} \right) \Bigg|_{r_A}^{r_B} = \\&= \frac{q_0 \cdot q}{4\pi\epsilon_0\epsilon} \left(\frac{1}{r_A} - \frac{1}{r_B} \right)\end{aligned}$$





Công c a l c t nh i n. (cont. 1)

- Công c a l c t nh i n trong s d ch chuy n c a m t i n tích trong i n tr ng c a m t i n tích i m không ph thu c vào d ng c a ng cong d ch chuy n mà ch ph thu c vào v trí i m u và i m cu i c a chuy n d i.
- K t qu trên v n úng trong tr ng h p i n tr ng là b t kì (i n tr ng c a m t h i n tích i m, ...)

Tính chất thế của trường tĩnh điện

- Nếu dịch chuyển điện tích q_0 theo một đường cong kín thì $W_{AB} = 0$
→ giống như trong cơ học, trường tĩnh điện là một trường thế.

$$W_{AB} = \int_A^B \vec{F} \cdot d\vec{s} = \int_A^B q_0 \cdot \vec{E} \cdot d\vec{s} = 0 \quad \text{if } B \equiv A$$

hay

$$\oint \vec{E} \cdot d\vec{s} = 0$$

- Tích phân trên đường kín nghĩa là **lưu số của vector cường độ điện trường dọc theo đường cong kín** và **đường kín** phát biểu:
Lưu số của vector cường độ điện trường dọc theo một đường cong kín bằng không.

Thế năng trong điện trường của điện tích điểm

- Công của lực tĩnh điện khi chuyển một điện tích q_0 từ điểm A đến B trong điện trường của điện tích điểm bằng giá trị âm của thế năng của điện tích trong điện trường đó:

$$W_{AB} = \int_A^B dW_{AB} = \int_A^B \vec{F} \cdot d\vec{s} = - \int_A^B dU = -(U_B - U_A)$$

hay

$$U_A - U_B = W_{AB} = \frac{q_0 \cdot q}{4\pi\epsilon_0\epsilon} \left(\frac{1}{r_A} - \frac{1}{r_B} \right)$$

→ Thế năng (thế năng tĩnh điện) của điện tích điểm q_0 tại một điểm trong điện trường của điện tích điểm q :

$$U(r) = \frac{q_0 q}{4\pi\epsilon_0\epsilon r}$$



và các hình tích phân

- Kết quả trên vẫn đúng trong trường hợp phân bố điện tích (điện tích các mặt hình tích phân, ...):

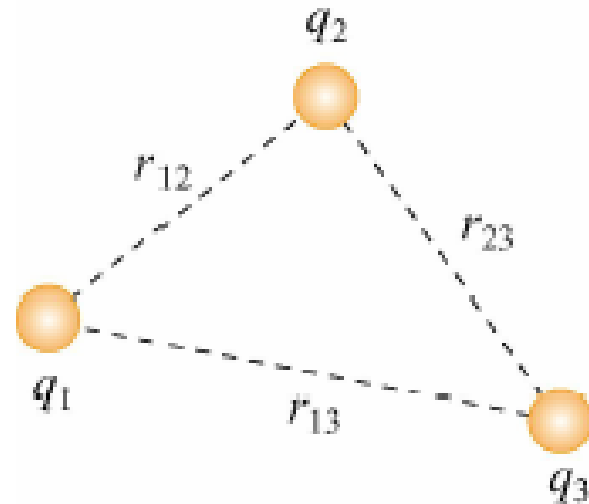
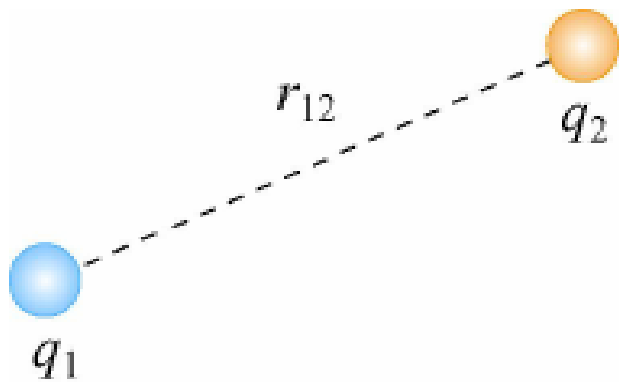
$$U = \sum_{i=1}^n U_i = \sum_{i=1}^n \frac{q_0 q_i}{4\pi\epsilon_0 \epsilon r_i}$$

- Quy ước $W_\infty = 0$: Thế năng của điện tích điểm q_0 tại điểm trong điện trường là một đại lượng có giá trị bằng công của lực điện dịch chuyển điện tích đó từ vị trí xét ra xa vô cùng.

$$U_A = \int_A^\infty \vec{F} d\vec{s} = \int_A^\infty q_0 \vec{E} d\vec{s}$$

ng d ng

- Tính th n ng c n thi t s p x p các h g m hai và ba i n tích nh sau:





Điện thế. Hiệu điện thế.

- Định nghĩa: thế U/q_0 không phụ thuộc vào điện tích q_0 mà chỉ phụ thuộc vào q và r và cũng là điện thế của điện trường tĩnh điện trường.

$$V(r) \equiv \frac{U(r)}{q_0} = \frac{q}{4\pi\epsilon_0\epsilon r}$$

Đơn vị điện thế: $J/C \equiv V$

- Công của lực tĩnh điện trường chuyển một điện tích q_0 từ điểm A đến B trong điện trường bằng tích số của điện tích q_0 và hiệu điện thế giữa hai điểm A và B.

$$W_{AB} = U_A - U_B = q_0(V_A - V_B)$$



Điện thế. Hiệu điện thế. (cont. 1)

Xét biểu thức: $W_{AB} = U_A - U_B = q_0(V_A - V_B)$

- $q_0 = +1$ n v i n tích: $V_A - V_B = W_{AB}$

Hiệu điện thế giữa hai điểm A và B trong điện trường là một đại lượng vô hướng công của lực điện dịch chuyển một n v i n tích dương từ A đến B.

- $q_0 = +1$ n v i n tích, B xa vô cùng:

$$V_A - V_\infty = W_{A\infty}, \text{ mà } V_\infty = 0 \text{ nên } V_A = W_{A\infty}$$

Điện thế tại điểm A trong điện trường là một đại lượng vô hướng công của lực điện dịch chuyển một n v i n tích dương từ A ra xa vô cùng.



Hàm thế tích điểm và hàm thế tích phân bố liên tục.

- Hàm thế tích điểm:

$$V = \sum_{i=1}^n V_i = \sum_{i=1}^n \frac{q_i}{4\pi\epsilon_0\epsilon r_i}$$

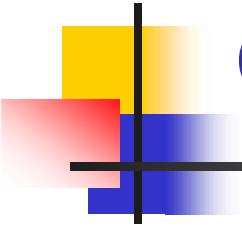
- Hàm thế tích điểm phân bố liên tục:

$$V = \int dV = \int \frac{dq}{4\pi\epsilon_0\epsilon r}$$



Mặt phẳng

- Định nghĩa: Mặt phẳng là quỹ tích của những điểm có cùng khoảng cách.
- Mặt phẳng tính chất:
 - Các mặt phẳng không cắt nhau.
 - Công thức tính khoảng cách từ điểm đến mặt phẳng.
 - Vector pháp tuyến là vectơ pháp tuyến trên mặt phẳng vuông góc với mọi đường thẳng nằm trên mặt phẳng.



Quan hệ giữa các trường điện từ và điện thế

- Vector cường độ điện trường hướng theo chiều giảm của điện thế.
- Hình chiếu của vector cường độ điện trường trên mặt phẳng nào đó vẽ trở bằng giá trị điện thế trên mặt đó nhân với đơn vị chiều dài của phương đó:

$$E_x = -\frac{\partial V}{\partial x}; E_y = -\frac{\partial V}{\partial y}; E_z = -\frac{\partial V}{\partial z}$$

$$\text{or } \vec{E} = \vec{i}E_x + \vec{j}E_y + \vec{k}E_z = -\left(\vec{i}\frac{\partial V}{\partial x} + \vec{j}\frac{\partial V}{\partial y} + \vec{k}\frac{\partial V}{\partial z}\right)$$

$$\text{or } \vec{E} = -g\vec{r}adV$$

→ Vector cường độ điện trường tỉ lệ thuận với độ dốc của điện thế tại điểm đó.



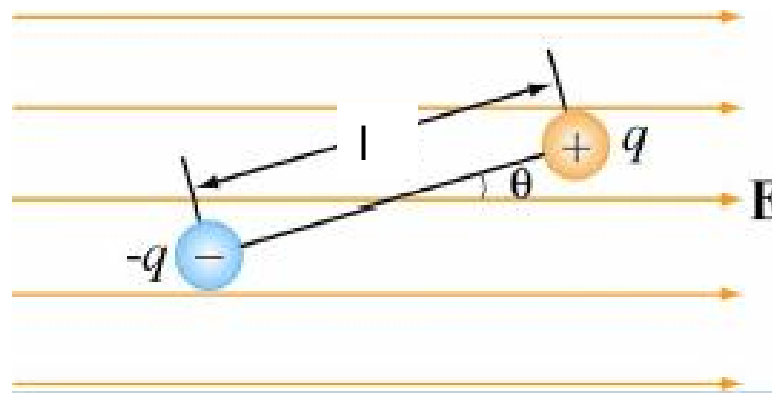
ng d ng

Xác nh hi u i n th gi a:

- Hai m t ph ng song song r ng vô h n, cách nhau m t kho ng d, tích i n u b ng nhau và trái d u v i m t i n tích σ ?
- Hai i m trong i n tr ng c a m t m t c u mang i n u v i i n tích q ?

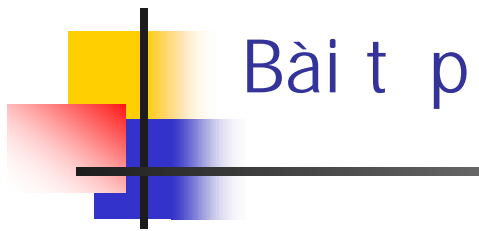
Lực và mô-men xoắn trong lưỡng cực điện.

- Xét hai điện tích q và $-q$ cách nhau một khoảng l . Đặt điện trường E song song với trục nối hai điện tích. Góc giữa trục nối hai điện tích và trục của điện trường là θ .
→ moment lưỡng cực $\mu = l \times F = ql \times E = p_e \times E$





trong i n tr ã ng không u?



Bài tập

II. Vật dẫn trong điện trường





Nội dung

- Thuyết điện tử tự do trong kim loại.
- Sự cân bằng điện tích trên vật dẫn. Vật dẫn trong điện trường ngoài.
- Điện dung của vật dẫn cô lập.
- Điện dung của hai vật dẫn. Tụ điện.
- Tụ điện phẳng, trụ và cầu.
- Ghép tụ điện.



Mục tiêu

- Nắm được khái niệm điện tử tự do, định xứ, phân loại vật liệu theo tính dẫn điện.
- Các tính chất của vật dẫn trong điện trường.
- Khái niệm về điện dung, tụ điện.
- Vận dụng tính điện dung trong một số trường hợp cụ thể.



II.1

Thuyết điện tử tự do trong kim loại.



1. Phân biệt vật chất theo tính dẫn điện

- **Vật dẫn điện:** điện tích có thể chuyển động tự do trong toàn bộ thể tích.
VD: kim loại.
- **Chất cách điện (điện môi):** điện tích định xứ/kém tự do.
VD: gỗ, giấy, nhựa.
- **Bán dẫn.**
VD: Si, Ge.
- Siêu dẫn.
Hg, Y-Ba-Ca-O



2. Yếu tố quyết định tính dẫn điện ?

Cấu tạo và bản chất điện của các nguyên tử.

- Kim loại:

- ion dương sắp xếp trật tự tạo thành mạng tinh thể, dao động nhiệt nhỏ quanh nút mạng.

- điện tử hóa trị liên kết yếu với hạt nhân nguyên tử, tách khỏi nguyên tử thành điện tử dẫn.

- Điện môi:

- điện tích không chuyển động tự do, ví dụ điện tử liên kết mạnh với nguyên tử.



II.2

Sự cân bằng điện tích trên vật dẫn.
Vật dẫn trong điện trường ngoài.

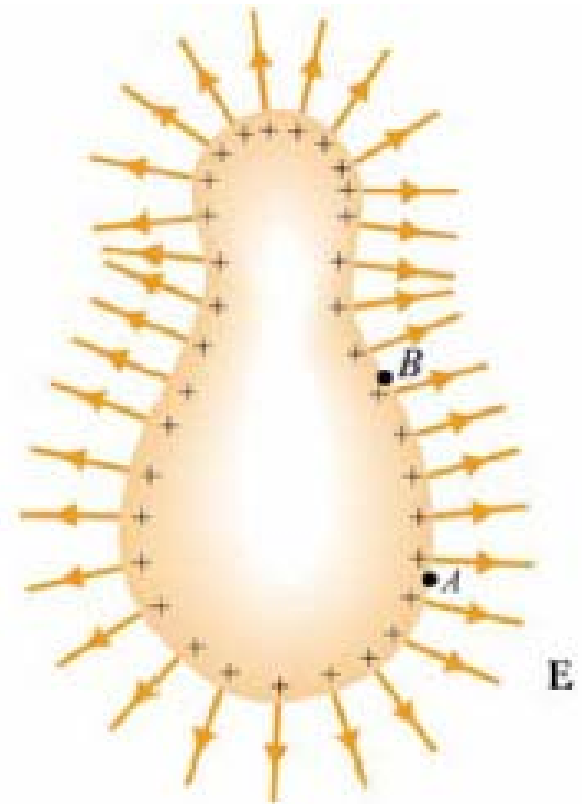


1. Sự cân bằng điện tích trên vật dẫn.

- **Vật dẫn cân bằng điện tích:** trạng thái điện tích tự do nằm cân bằng (không chuyển động tạo thành dòng điện).
- **Điều kiện cân bằng tĩnh điện:**
 - Vector cường độ điện trường tại mọi điểm trong vật dẫn phải bằng 0.
 - Tại mọi điểm trên bề mặt vật dẫn, thành phần tiếp tuyến của vector cường độ điện trường bằng 0, vector cường độ điện trường vuông góc với bề mặt vật dẫn.

2. Tính chất của vật dẫn mang điện

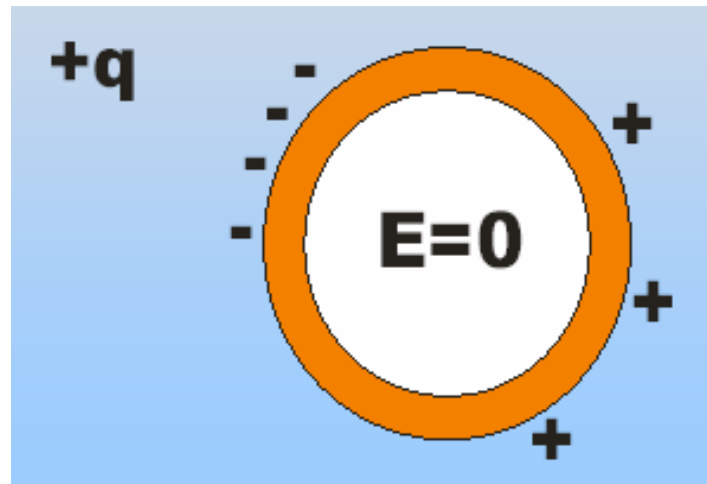
- **Vật dẫn cân bằng tĩnh điện là một khối đẳng thế (equipotential object)**
- Nếu một vật dẫn có một điện tích q và ở trạng thái cân bằng tĩnh điện thì **điện tích q chỉ được phân bố trên bề mặt của vật dẫn, bên trong vật dẫn tổng đại số điện tích bằng 0.**
Ứng dụng: máy phát tĩnh điện, màn điện.
- Sự phân bố điện tích trên mặt vật dẫn chỉ phụ thuộc vào hình dạng của mặt.



3. Vật dẫn trong điện trường ngoài.

- **Hiện tượng điện hưởng:**

Hiện tượng các điện tích cảm ứng xuất hiện trên bề mặt vật dẫn khi đặt trong điện trường ngoài được gọi là hiện tượng điện hưởng (hiện tượng cảm ứng tĩnh điện).





Vật dẫn trong điện trường ngoài (cont.1)

- **Định lý các phần tử tương ứng:**

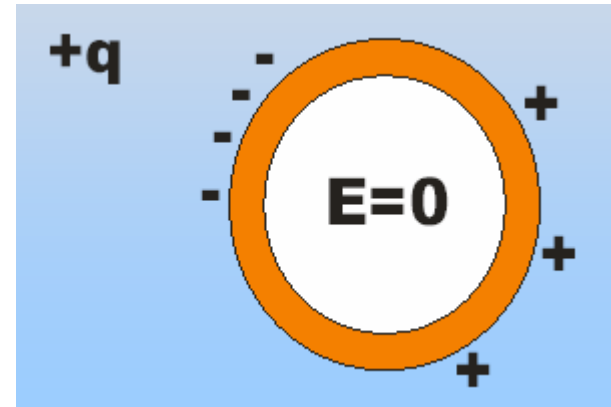
Điện tích cảm ứng trên các phần tử tương ứng có độ lớn bằng nhau và trái dấu: $\Delta q' = -\Delta q$

Ý nghĩa: cho thấy mối quan hệ giữa điện tích của vật mang điện và điện tích cảm ứng xuất hiện trên vật dẫn.

Điện hưởng một phần và toàn phần

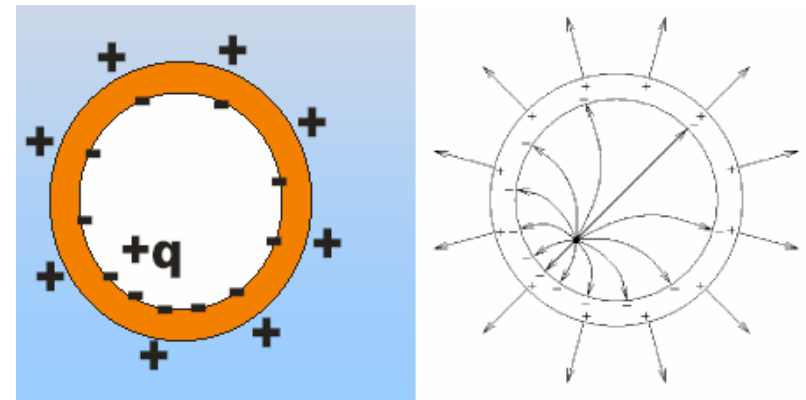
- Điện hưởng một phần:

Độ lớn của điện tích cảm ứng trên vật dẫn nhỏ hơn độ lớn điện tích trên vật mang điện.



- Điện hưởng toàn phần:

Độ lớn của điện tích cảm ứng trên vật dẫn bằng độ lớn điện tích trên vật mang điện.





II.3

Điện dung của các vật dẫn. Tụ điện.



1. Điện dung của vật dẫn cô lập.

- Điện thế của vật dẫn cô lập tỉ lệ với điện tích của vật dẫn đó:

$$q = C.V$$

hệ số tỉ lệ C : điện dung của vật dẫn, phụ thuộc hình dạng, kích thước, tính chất của môi trường cách điện bao quanh vật dẫn.

- **Định nghĩa:** $V = 1 \rightarrow C = V$:

Điện dung của vật dẫn cô lập là một đại lượng về giá trị bằng điện tích cần truyền cho vật dẫn để điện thế của vật dẫn tăng thêm một đơn vị điện thế.

Đơn vị: $F = C/V$.



2. Điện dung của hai vật dẫn.

- **Điện dung của hai vật dẫn:**

Xét 2 vật dẫn 1 và 2 ở trạng thái cân bằng điện với điện tích và điện thế là q_1, V_1 và q_2, V_2 .

$$+ q_1 = C_{11} \cdot V_1 + \alpha_{12} \cdot V_2$$

$$+ q_2 = \alpha_{21} \cdot V_1 + C_{22} \cdot V_2$$

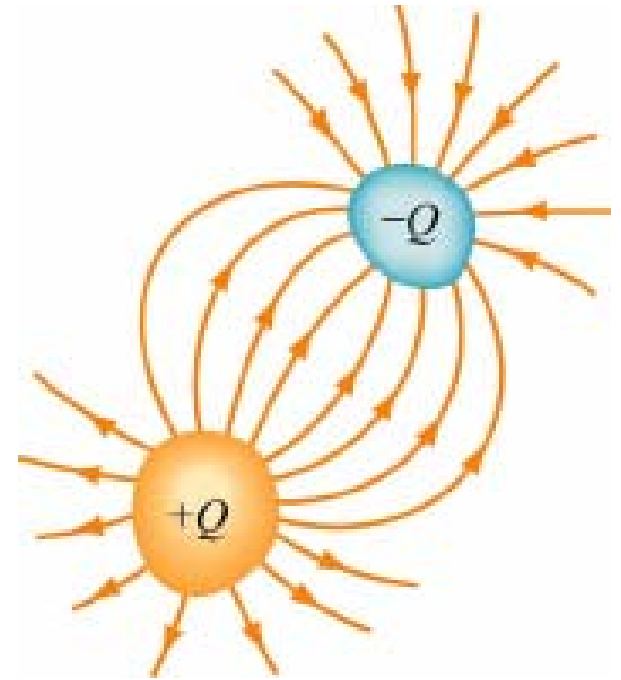
với C_{ii} : điện dung của vật dẫn i , α_{ij} : hệ số tích điện (độ điện hưởng) của vật dẫn i gây ra bởi vật dẫn j .

- **Một số tính chất:** $C_{ii} \geq 0, C_{ij} = C_{ji}$.

- Hệ n vật dẫn:
$$q_i = C_{ii} \cdot V_i + \sum_{j \neq i}^n \alpha_{ij} \cdot V_j$$

3. Tụ điện.

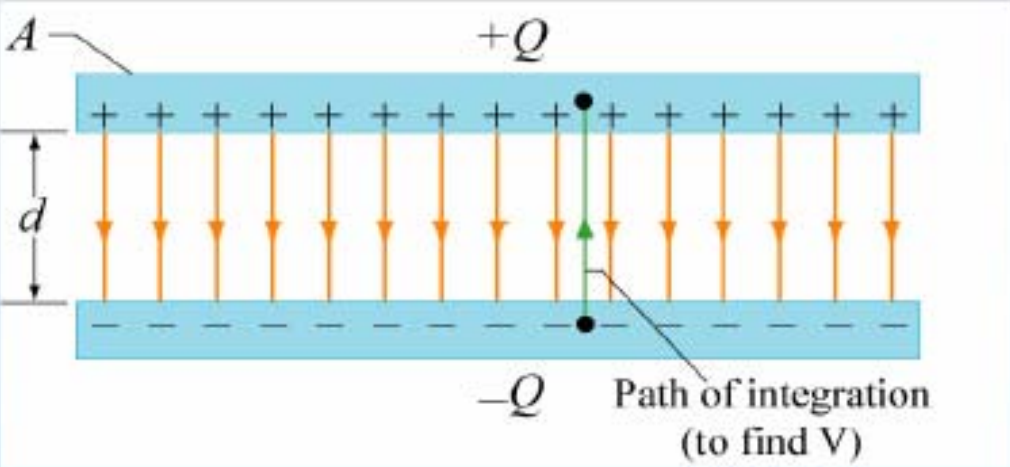
- **Định nghĩa:** tụ điện là 1 hệ gồm hai vật dẫn cô lập, được gọi là hai bản tụ, ở trạng thái điện hưởng toàn phần.
- **Tính chất:**
 - Điện tích xuất hiện trên hai mặt đối diện của các bản tụ có giá trị bằng nhau và trái dấu.
 - Điện dung C của tụ điện:
$$Q = C.(V_1 - V_2) \text{ hay } -Q = -C.(V_1 - V_2)$$
 - Điện thế của bản tích điện dương cao hơn của bản tích điện âm, ($V_1 > V_2$).



4. Điện dung của một số tụ điện

- **Tụ điện phẳng:**

C chỉ phụ thuộc vào A, d (các yếu tố đối xứng)



The diagram shows a parallel plate capacitor with two horizontal plates. The top plate is labeled '+Q' and the bottom plate is labeled '-Q'. The area of the plates is labeled 'A' and the separation distance is labeled 'd'. Orange arrows represent the electric field pointing downwards from the top plate to the bottom plate. A green vertical line with arrows pointing upwards is labeled 'Path of integration (to find V)'. The path starts at a point on the top plate and ends at a point on the bottom plate.

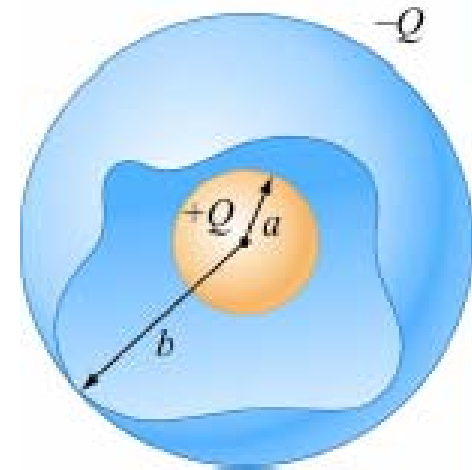
$$\Delta V = - \int_{\text{bottom}}^{\text{top}} \vec{\mathbf{E}} \cdot d\vec{\mathbf{S}} = Ed = \frac{Q}{A\epsilon_0} d$$
$$C = \frac{Q}{|\Delta V|} = \frac{\epsilon_0 A}{d}$$

Điện dung của một số tụ điện (cont. 1)

- **Tụ điện cầu:**

$$\Delta V = - \int_{\text{inside}}^{\text{outside}} \vec{\mathbf{E}} \cdot d\vec{\mathbf{S}} = - \int_a^b \frac{Q\hat{\mathbf{r}}}{4\pi\epsilon_0 r^2} \cdot dr \hat{\mathbf{r}} = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{1}{b} - \frac{1}{a} \right)$$

$$C = \frac{Q}{|\Delta V|} = \frac{4\pi\epsilon_0}{\left(a^{-1} - b^{-1} \right)}$$





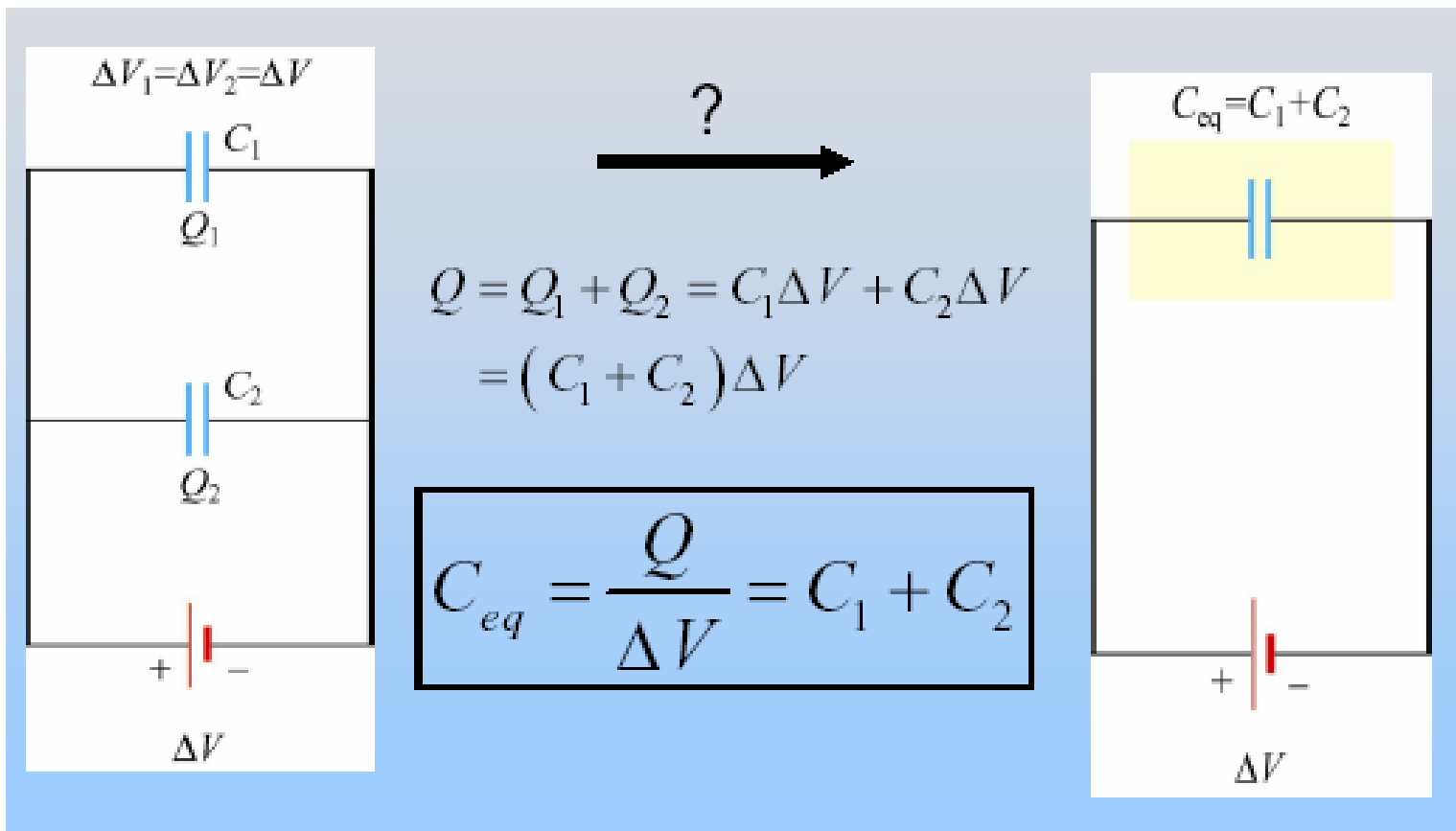
Điện dung của một số tụ điện (cont. 2)

- **Tụ điện trụ:**

$$C = \frac{2\pi\epsilon_0\epsilon.l}{\ln \frac{R_2}{R_1}}$$

5. Ghép tụ điện

- Tụ điện mắc song song



Ghép tụ điện (cont. 1)

- Tụ điện mắc nối tiếp

$\Delta V_1 = \frac{Q}{C_1}, \quad \Delta V_2 = \frac{Q}{C_2}$

$\Delta V = \Delta V_1 + \Delta V_2$
(voltage adds in series)

$\Delta V = \frac{Q}{C_{eq}} = \frac{Q}{C_1} + \frac{Q}{C_2}$

$\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$



Bài tập

III. Năng lượng của điện trường





Nội dung

- Năng lượng của hệ điện tích, của vật chất điện trong điện trường.
- Năng lượng của tụ điện tích điện.
- Năng lượng và mật độ năng lượng của điện trường.



Mục tiêu

- Khái niệm thế năng tương tác (năng lượng) điện của hệ điện tích điểm, vật dẫn, tụ điện.
- Năng lượng và mật độ năng lượng của điện trường.



II.1

Năng lượng của hệ điện tích, của vật chất điện trong điện trường.

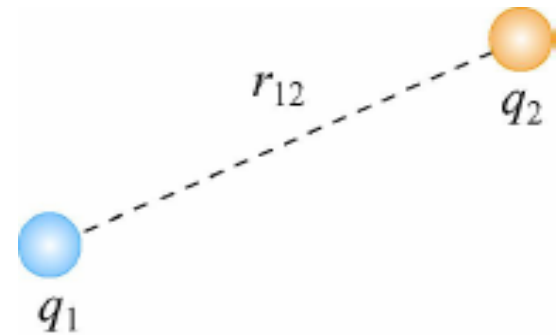
1. Năng lượng của hệ điện tích điểm

- Thế năng (thế năng tương tác) của điện tích q_2 đặt trong điện trường của q_1 :

$$U_{12} = \frac{q_1 q_2}{4\pi\epsilon_0 \epsilon r_{12}}$$

và ngược lại:

$$U_{21} = \frac{q_1 q_2}{4\pi\epsilon_0 \epsilon r_{21}}$$



- $U_{12} = U_{21} \equiv W$ – **thế năng hay năng lượng tương tác điện của hệ hai điện tích điểm.**

Năng lượng của hệ điện tích điểm (cont. 1)

- Viết lại biểu thức năng lượng điện:

$$W = U_{12} = U_{21} = \frac{q_1 q_2}{4\pi\epsilon_0 \epsilon r_{12}} = \frac{1}{2} q_1 \frac{q_2}{4\pi\epsilon_0 \epsilon r_{12}} + \frac{1}{2} q_2 \frac{q_1}{4\pi\epsilon_0 \epsilon r_{12}}$$

mặt khác điện thế do q_2 gây ra tại vị trí của q_1 và ngược lại:

$$V_1 = \frac{q_2}{4\pi\epsilon_0 \epsilon r_{12}} \quad V_2 = \frac{q_1}{4\pi\epsilon_0 \epsilon r_{12}}$$

→ **năng lượng điện của hệ hai điện tích điểm:**

$$W = U_{12} = U_{21} = \frac{1}{2} (q_1 V_1 + q_2 V_2)$$

Năng lượng của hệ điện tích điểm (cont. 2)

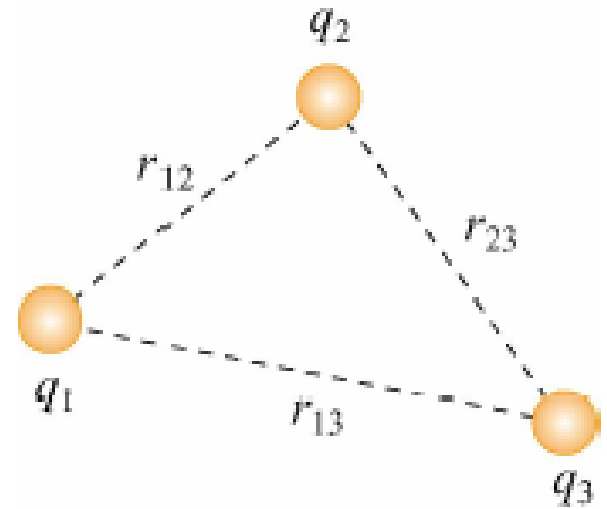
- Hệ ba điện tích điểm:

$$W = \frac{1}{2}(q_1V_1 + q_2V_2 + q_3V_3)$$

trong đó V_1 là điện thế tại vị trí điện tích q_1 gây bởi các điện tích còn lại.

- Mở rộng cho **hệ n điện tích điểm**

$$W = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n q_i V_i$$



2. Năng lượng của vật dẫn cô lập

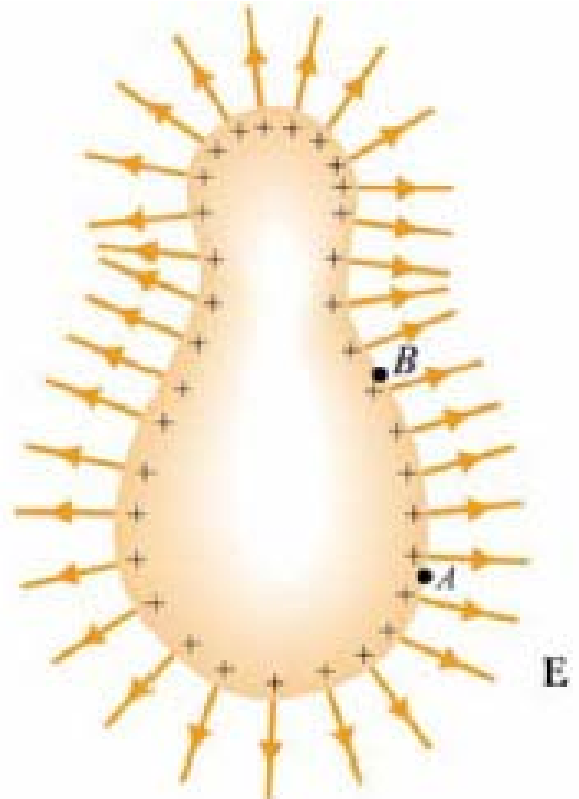
- Vật dẫn tổng quát:

$$W = \frac{1}{2} \int V dq$$

- Vật dẫn cân bằng điện: $V = \text{const}$

$$W = \frac{1}{2} V \int dq = \frac{1}{2} qV$$

$$W = \frac{1}{2} qV = \frac{1}{2} CV^2 = \frac{1}{2} \frac{q^2}{C}$$





II.2

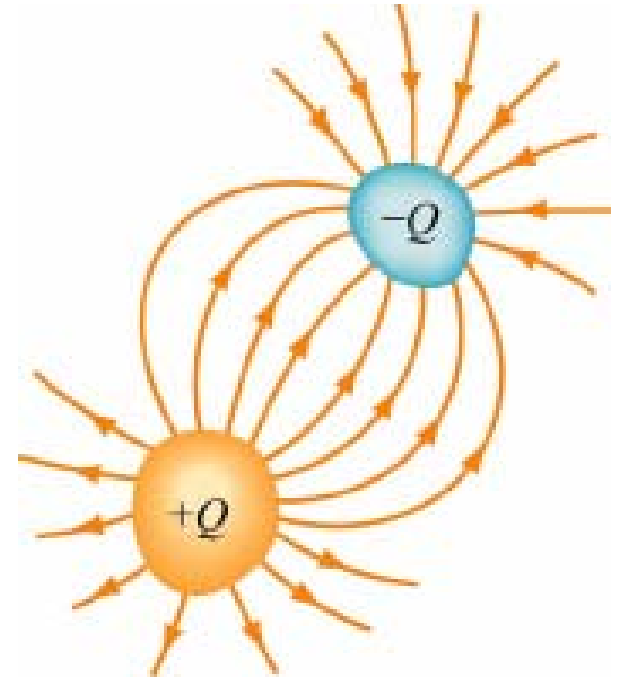
Năng lượng của tụ điện.

- Năng lượng của tụ điện:

$$W = \frac{1}{2}(q_1V_1 + q_2V_2)$$

do $q_1 = -q_2 = q > 0$

$$W = \frac{1}{2}q(V_1 - V_2) = \frac{1}{2}qV = \frac{1}{2}CV^2$$





II.3

Năng lượng và mật độ năng lượng của
điện trường.

1. Năng lượng điện trường của tụ điện phẳng.

- Xét một tụ điện phẳng có điện dung C , các bản tụ có thiết diện S và cách nhau một khoảng d :

$$W = \frac{1}{2} q(V_1 - V_2) = \frac{1}{2} qV = \frac{1}{2} CV^2$$

do $C = \frac{\epsilon_0 \epsilon \cdot S}{d}$, $V = E \cdot d$

$$\rightarrow W = \left(\frac{1}{2} \epsilon_0 \epsilon \cdot E^2\right) \cdot Sd$$

- $(S \cdot d) \equiv$ thể tích không gian giữa hai bản tụ, hay thể tích không gian có điện trường \rightarrow **Năng lượng tụ điện thực chất là năng lượng của điện trường tồn tại giữa hai bản tụ điện.**



2. Năng lượng điện trường của một số tụ điện

- Tụ điện cầu
- Tụ điện trụ

2. Mật độ năng lượng điện trường.

- Định nghĩa: Năng lượng định xứ trong một đơn vị thể tích của không gian điện trường được gọi là mật độ năng lượng điện trường.
- Công thức tính cho một điện trường bất kì:

$$w_E = \frac{W}{\Delta V} = \frac{1}{2} \epsilon_0 \epsilon \cdot E^2$$



3. Nhận xét

- Điện trường mang năng lượng và năng lượng này định xứ trong không gian điện trường.
- Mật độ năng lượng điện trường tại một điểm bằng

$$w_E = \frac{W}{\Delta V} = \frac{1}{2} \epsilon_0 \epsilon \cdot E^2$$



Bài tập

IV. Dòng điện không đổi





Nội dung

- Phân loại vật dẫn. Các loại hạt tải.
- Dòng điện, mật độ dòng điện. Suất điện động.
- Định luật Ohm theo quan điểm vi mô, vĩ mô.
- Độ dẫn điện, điện trở. Điện trở của một số dạng vật dẫn thông dụng.
- Năng lượng và công suất của mạch điện. Định luật Joule-Lenz.
- Mạch rẽ. Quy tắc Kirchhoff.



Mục tiêu

- Bản chất dòng điện, các đại lượng đặc trưng.
- Khái niệm về điện trở, độ dẫn điện.
- Định luật Ohm.
- Năng lượng, công suất của mạch điện
- Định luật Joule-Lenz.
- Quy tắc Kirchhoff.



IV.1

Phân loại vật dẫn từ quan điểm
lý thuyết vùng. Các loại hạt tải.



1. Phân loại vật dẫn theo lý thuyết vùng.



2. Các loại hạt tải



VI.2

Dòng điện, mật độ dòng điện.

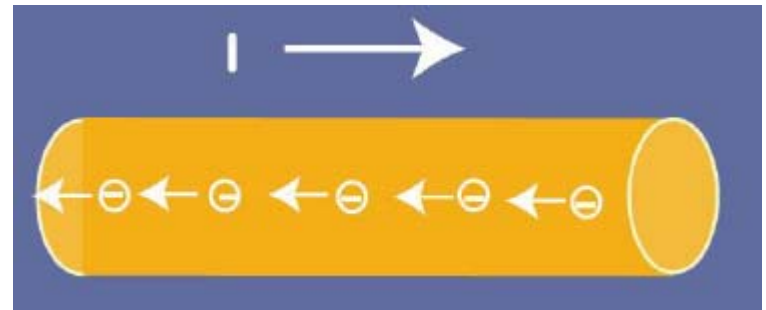


1. Dòng điện

- **Bản chất:** dòng các hạt điện tích chuyển động có hướng được gọi là dòng điện.
- Một số ví dụ:
 - Kim loại: điện tử hóa trị liên kết yếu với hạt nhân \rightarrow e^- tự do, chuyển động trong không gian giữa mạng tinh thể \rightarrow khi có E , e^- chuyển động có hướng thành dòng điện.
 - Chất điện phân: tự phân li thành ion (+) và (-) do tương tác giữa các phân tử \rightarrow dưới tác dụng của E , chuyển động có hướng của hai loại ion tạo thành dòng điện.
 - Chất khí: các phân tử tương tác yếu nên trung hòa điện. Khi có kích thích bên ngoài sẽ giải phóng e^- tạo thành ion (+) và (-) \rightarrow e^- và các ion đều tham gia chuyển động có hướng tạo dòng điện.

Dòng điện (cont. 1)

- **Quy ước chiều dòng điện:**
là chiều chuyển động của các hạt điện tích dương hay ngược với chiều chuyển động của các hạt điện tích âm.
- Quỹ đạo của hạt điện tích được gọi là **đường dòng**. Tập hợp các đường dòng tạo thành **ống dòng**.



2. Các đại lượng đặc trưng

- **Cường độ dòng điện:**

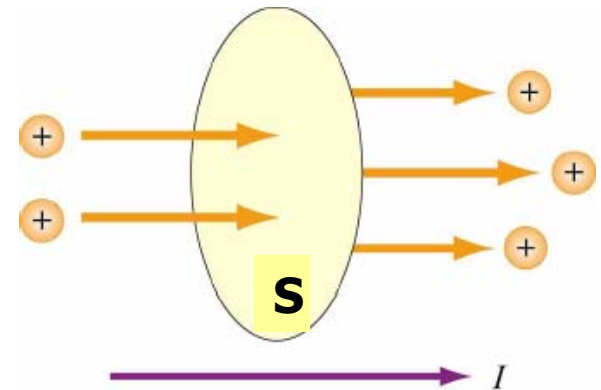
Cường độ dòng điện qua diện tích S là một đại lượng có giá trị bằng lượng điện tích chuyển qua diện tích này trong một đơn vị thời gian.

$$I = \frac{dq}{dt}$$

Đơn vị: $C / s = A$ (Ampere)

- Lượng điện tích chuyển qua diện tích S trong thời gian t :

$$q = \int_0^t dq = \int_0^t Idt$$



Các đại lượng đặc trưng (cont. 1)

- **Dòng điện không đổi:** có chiều và cường độ không thay đổi theo thời gian.

$$q = \int_0^t Idt = I \int_0^t dt = It$$

- **Định nghĩa về đơn vị điện tích:**

Coulomb là lượng điện tích tải qua tiết diện một vật dẫn trong thời gian 1 s bởi một dòng điện không đổi theo thời gian có cường độ 1 A.

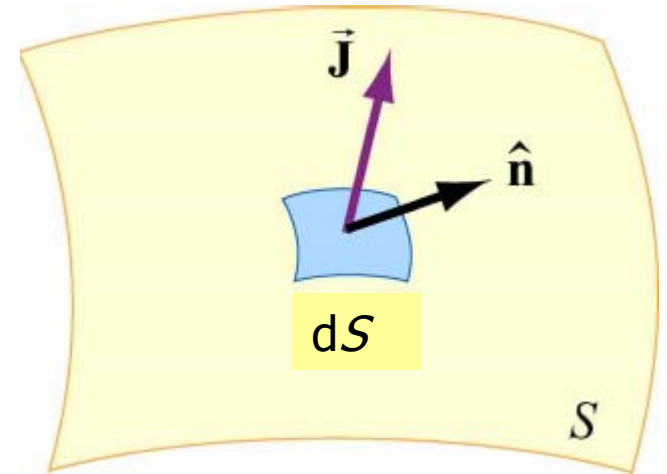
- Trường hợp nhiều điện tích chuyển động trong vật dẫn:

$$I = \frac{dq_1}{dt} + \frac{dq_2}{dt}$$

3. Mật độ dòng điện

- **Ý nghĩa:**

- Mật độ dòng điện cho biết **độ lớn của dòng điện tại từng điểm**, khác với cường độ dòng điện đặc trưng cho độ lớn của dòng điện qua một diện tích nào đó.
- Cường độ dòng điện là đại lượng vô hướng, **vector mật độ dòng điện cho biết phương chiều của dòng điện.**



Mật độ dòng điện (cont. 2)

- **Định nghĩa:**

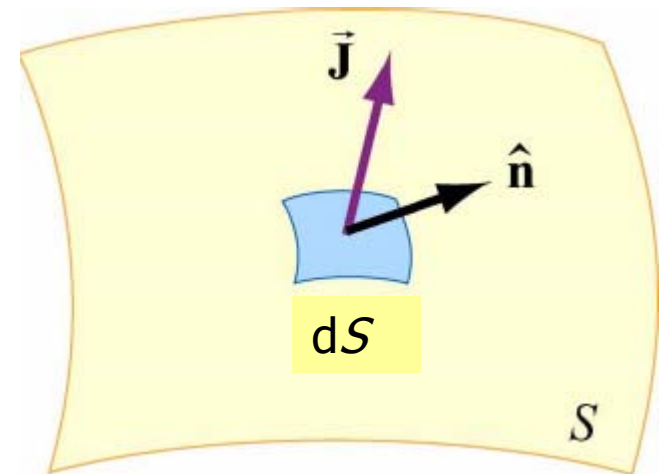
Vector mật độ dòng điện tại một điểm có hướng là hướng chuyển động của hạt tích điện dương đi qua điểm đó và có độ lớn bằng cường độ dòng điện qua một đơn vị diện tích đặt vuông góc với hướng đang xét.

$$j = \frac{I}{S}$$

Đơn vị: A/m².

- Qua một diện tích dS :

$$I = \int_S \vec{j} d\vec{S}$$



Mật độ dòng điện (cont. 3)

- **Vector mật độ dòng điện:**

$$\vec{j} = n.e.\vec{v}_d$$

v_d : vận tốc cuốn của các điện tích (vận tốc chuyển động có hướng trung bình của các điện tích).

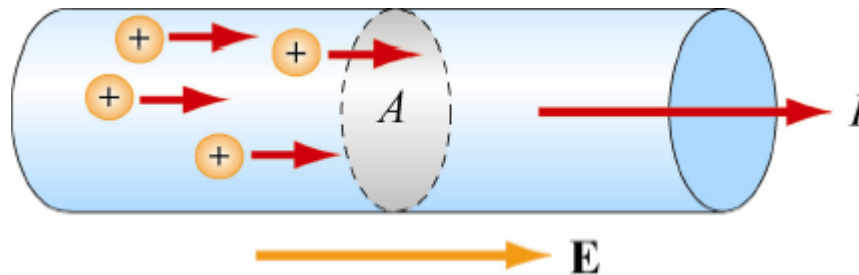
Vector mật độ dòng điện có cùng chiều với v_d nếu điện tích là dương và ngược chiều với v_d nếu điện tích là âm.

- Trường hợp nhiều điện tích chuyển động trong vật dẫn:

$$\vec{j} = n_1 e_1 v_{d1} + n_2 e_2 v_{d2}$$

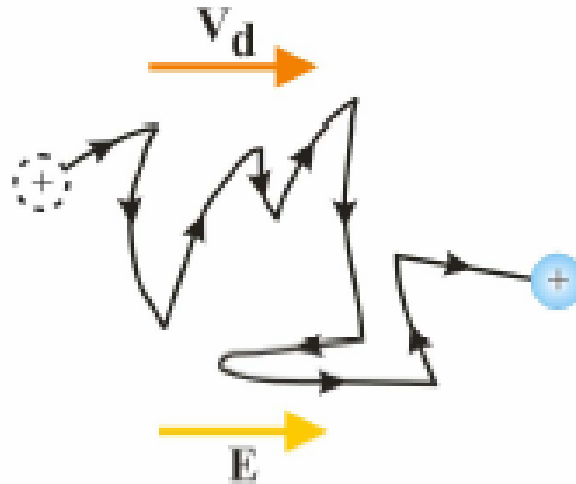
Chuyển động của dòng điện

- Sự chuyển động của các hạt điện tích: nếu có một điện trường E xuất hiện trong một vật dẫn thì các hạt điện tích sẽ bị dịch chuyển và tạo một dòng điện có hướng theo điện trường.



- *Q: Quỹ đạo của hạt điện tích (đường dòng) sẽ như thế nào ?*

Chuyển động của các hạt điện tích



- Quan điểm vi mô:

Các hạt điện tích chuyển động có hướng dưới tác dụng của E . Trong quá trình chuyển động do sự va chạm, quỹ đạo chuyển động sẽ bị thay đổi.

VD: Cu có $v_d \approx 4 \times 10^{-5} \text{ m/s} \rightarrow$ trong 1 h đi được khoảng 14 cm.

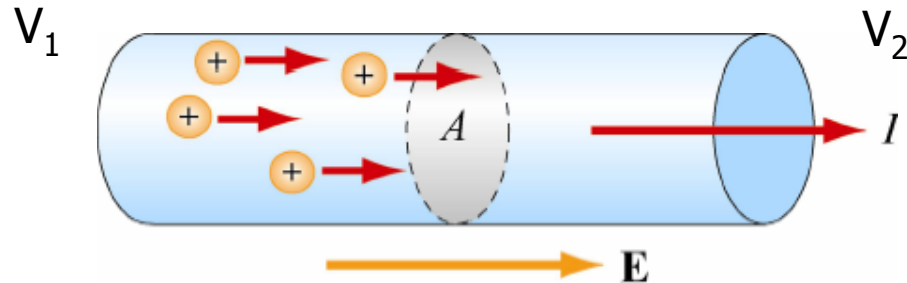
- *Q: tại sao có hiện tượng này ?*



VI.3

Định luật Ohm.
Điện trở, độ dẫn điện.

1. Định luật Ohm.



- Xét một dây dẫn kim loại đồng chất có dòng điện cường độ I chạy qua. Gọi V_1 và V_2 là điện thế ở hai đầu của đoạn dây, thực nghiệm chứng tỏ rằng $V_1 - V_2 = RI \rightarrow$ **công thức của định luật Ohm:**

$$I = \frac{V_1 - V_2}{R}$$

Đại lượng R được gọi là **điện trở** của đoạn dây.



2. Điện trở.

- Điện trở của một vật dẫn là tỉ số giữa hiệu điện thế đặt vào và dòng điện đi qua vật dẫn:

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

Đơn vị: $V/A \equiv \Omega$ (Ohm).

- Nếu $V = 1\text{ V}$, $I = 1\text{ A}$ thì $R = 1\text{ V/A} = 1\ \Omega$

Ohm là điện trở giữa hai điểm của một dây dẫn đồng tính có nhiệt độ đều khi giữa hai điểm đó có một hiệu điện thế 1 V tạo nên một dòng điện không đổi có cường độ 1 A.

3. Điện trở suất.

- Thực nghiệm chứng tỏ rằng điện trở của một đoạn dây đồng tính tiết diện đều tỉ lệ thuận với chiều dài l và tỉ lệ nghịch với tiết diện vuông góc S của đoạn dây:

$$R = \rho \frac{l}{S}$$

Hệ số ρ được gọi là **điện trở suất** của vật liệu làm dây.

- Điện trở suất của một vật dẫn phụ thuộc vào bản chất và trạng thái của vật dẫn.

VD: $\rho_{\text{Cu}} = 1.7 \times 10^{-8} \Omega\text{m}$, $\rho_{\text{Al}} = 2.9 \times 10^{-8} \Omega\text{m}$.

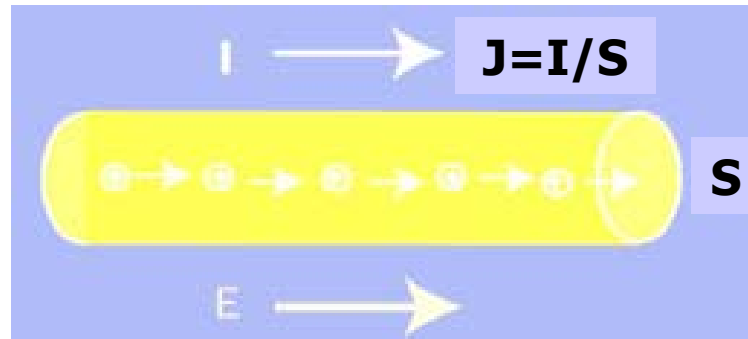


Sự phụ thuộc nhiệt độ.

- Điện trở và điện trở suất phụ thuộc vào nhiệt độ:

$$\rho - \rho_0 = \rho_0 \cdot \alpha \cdot (T - T_0)$$

4. Dạng vi phân của định luật Ohm



- Mục đích: tìm công thức biểu diễn định luật Ohm cho mỗi điểm của dây dẫn (dạng vi phân, xét trên quan điểm vi mô).
- **Công thức:**

$$\vec{E} = \rho \vec{J} \quad \text{hay} \quad \vec{J} = \sigma \vec{E}$$

Tại mỗi điểm bất kì trong môi trường có dòng điện chạy qua, vector mật độ dòng điện tỉ lệ thuận với vector cường độ điện trường tại điểm đó.



Giải thích ?

- Giải thích tính dẫn điện của kim loại

Sử dụng mô hình khí điện tử tự do:

Các điện tử trong kim loại chuyển động tự do với giả thiết các điện tử không va chạm vào nhau mà chỉ va chạm vào các nguyên tử kim loại.

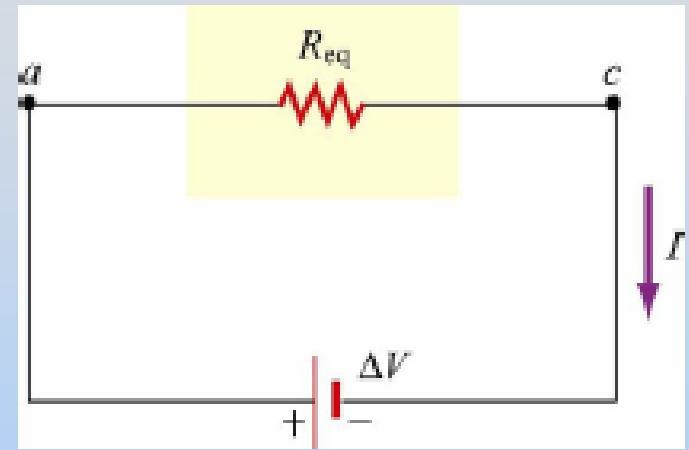
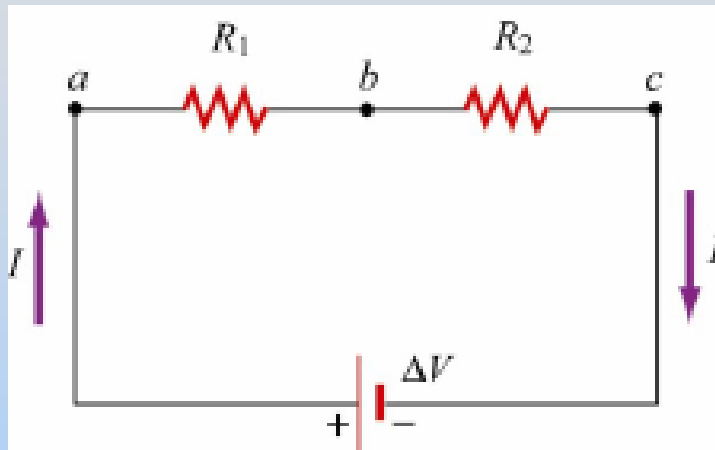


5. Độ dẫn điện.

- Đại lượng nghịch đảo của $1/\rho \equiv \sigma$ được gọi là độ dẫn điện.
- Đơn vị: $(\Omega\text{m})^{-1} \equiv \text{S}$.

- *Q: nếu σ là độ dẫn điện thì ρ có thể hiểu như thế nào ?*

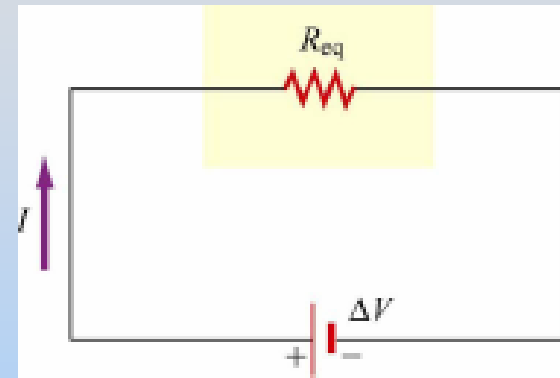
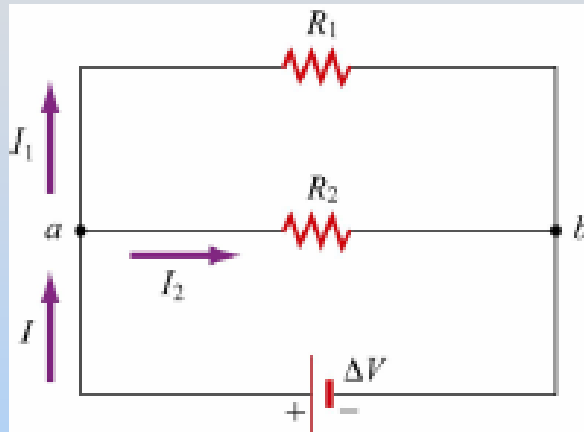
6. Điện trở mắc nối tiếp ...



$$\Delta V = I R_1 + I R_2 = I(R_1 + R_2) = I R_{eq}$$

$$R_{eq} = R_1 + R_2$$

... và song song

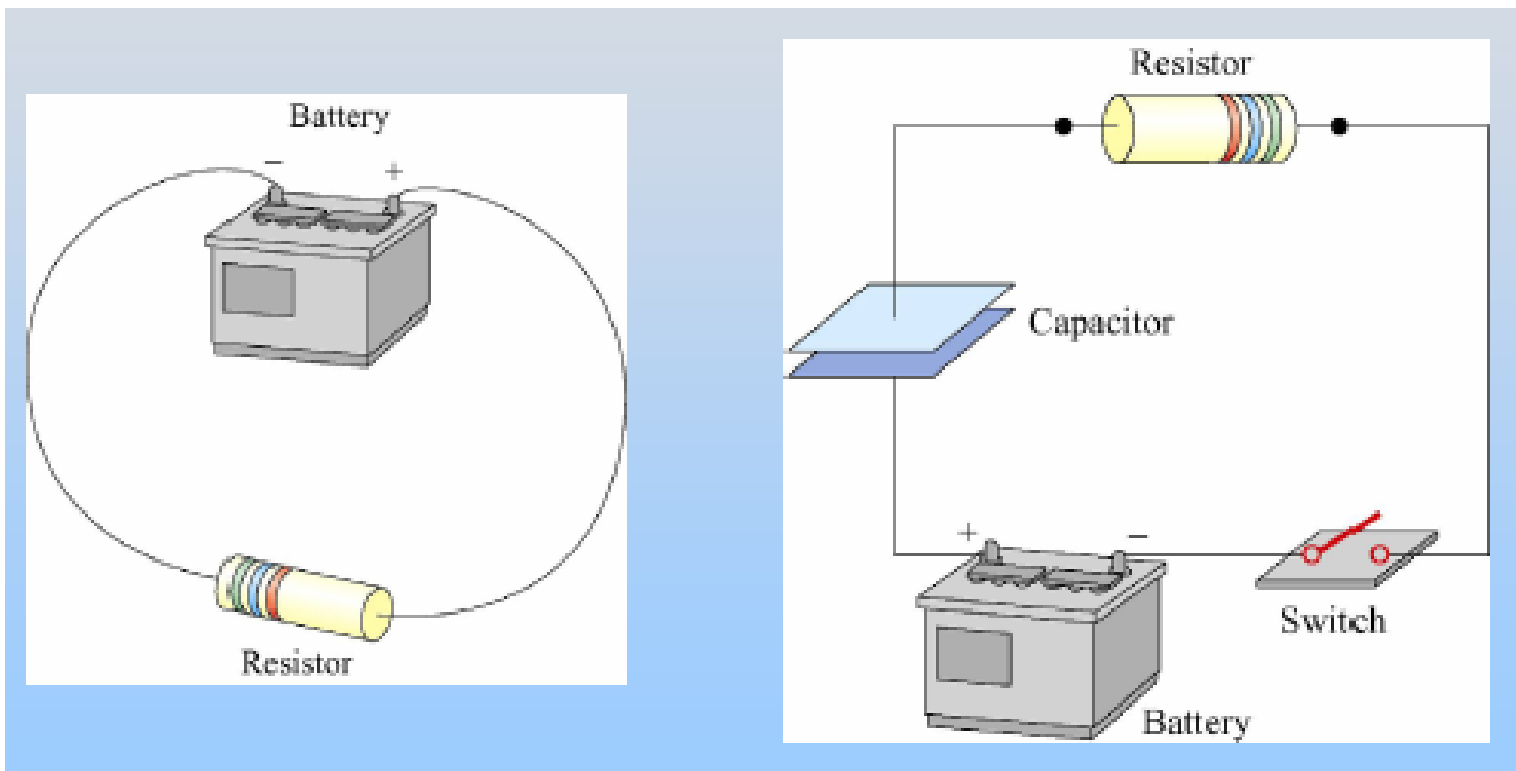


$$\Delta V = \Delta V_1 = \Delta V_2 = I_1 R_1 = I_2 R_2 = I R_{eq}$$


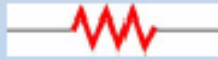


$$I = I_1 + I_2 = \frac{\Delta V}{R_1} + \frac{\Delta V}{R_2} = \frac{\Delta V}{R_{eq}}$$

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

7. Ví dụ về mạch điện



Một số kí hiệu thường gặp

Battery	
Resistor	
Capacitor	
Switch	

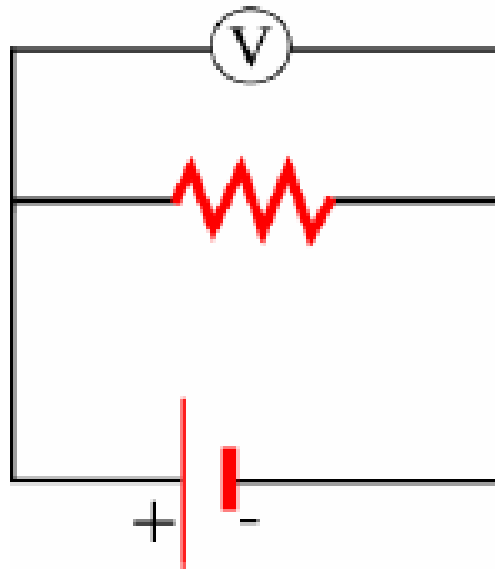


6. Đo đạc các đại lượng điện

- Điện thế, hiệu điện thế.
- Dòng điện.
- Điện trở.

Đo điện thế.

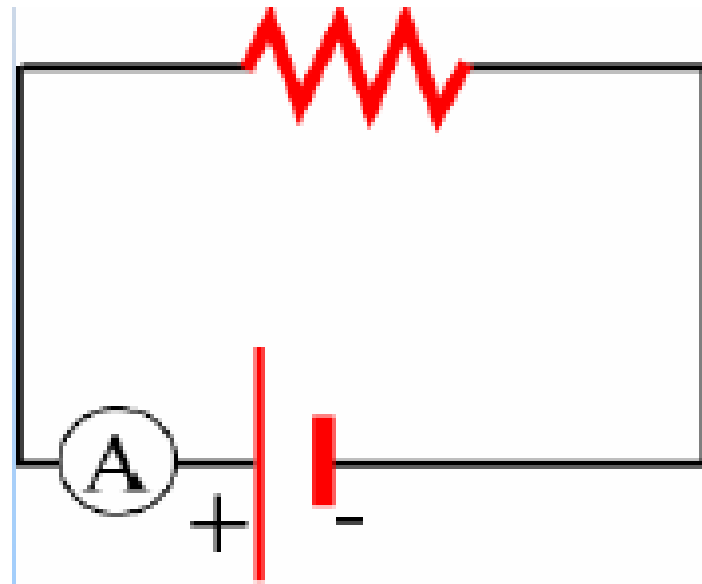
- Sử dụng vôn kế (voltmeter).



- *Q: Điện trở của vôn kế?*

Đo dòng điện.

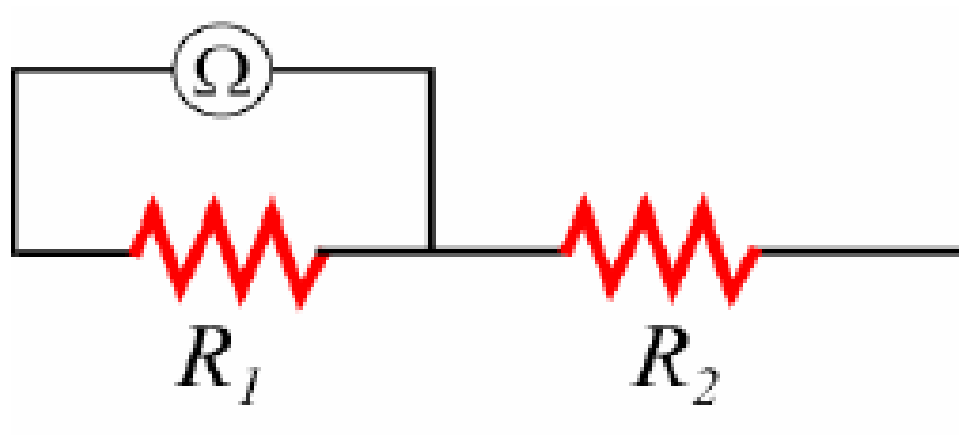
- Sử dụng ampe kế (ammeter).



- *Q: Điện trở của ampe kế ?*

Đo điện trở.

- Sử dụng ôm kế (Ohmmeter).





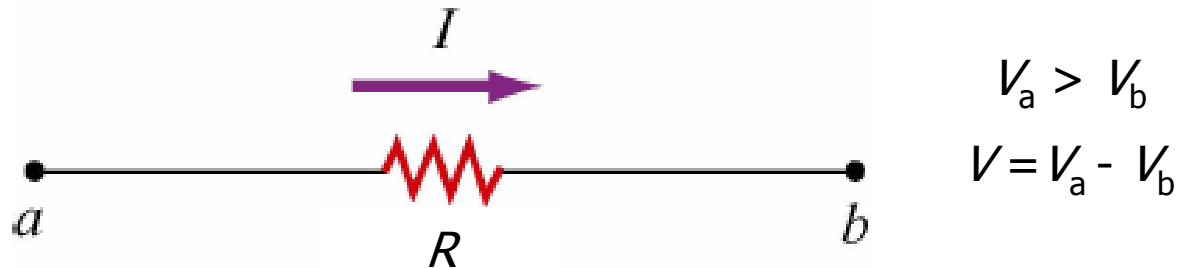
Bài tập



VI.4

Năng lượng và công suất của mạch điện.
Định luật Joule-Lenz.

1. Năng lượng của mạch điện.



- Trong khoảng thời gian dt có một lượng điện tích dq chạy từ a đến b gây ra dòng điện I trong mạch. Điện tích $dq = I \cdot dt$ chuyển qua một độ sụt thế là $V = V_a - V_b$ nên thế năng điện của nó giảm đi một lượng:

$$dU = dq \cdot V = I \cdot dt \cdot V$$

- Theo nguyên lý bảo toàn năng lượng, sự giảm thế năng điện sẽ kéo theo sự chuyển năng lượng sang một dạng khác.



Năng lượng của mạch điện (cont.1).

Ví dụ của sự chuyển năng lượng:

- Nếu trong mạch có điện trở → năng lượng được chuyển thành nhiệt năng và điện trở sẽ nóng lên.
- Nếu trong mạch có một động cơ có tải → năng lượng được chuyển thành công trên tải.
- Nếu trong mạch có acquy để nạp điện → năng lượng được chuyển thành năng lượng hóa học dự trữ trong acquy được nạp.



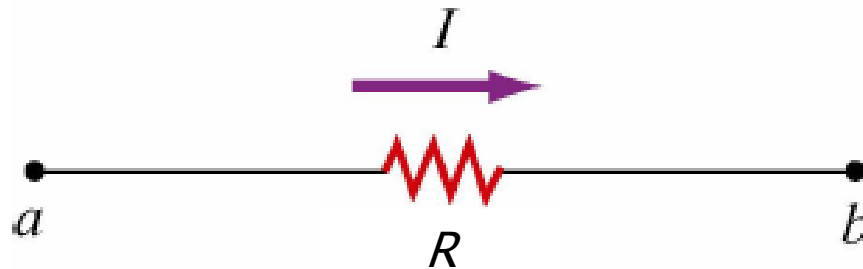
2. Công suất của mạch điện.

- Liên quan đến **sự chuyển năng lượng của mạch điện** là đại lượng **công suất của mạch điện** P , đặc trưng cho **sự thay đổi năng lượng của mạch điện trong một đơn vị thời gian**:

$$P = dU/dt = I.V$$

- Đơn vị: $A.V = (C/s). (J/C) = J/s \equiv W$ (Watt)

Công suất của mạch điện (cont.1).



$$V_a > V_b$$
$$V = V_a - V_b$$

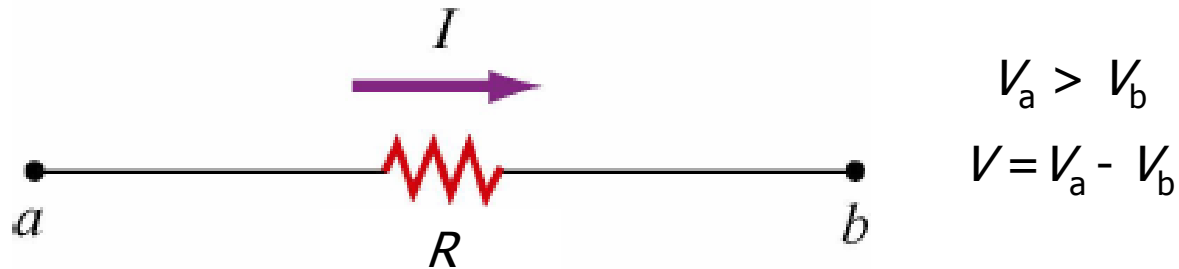
- Xét mạch điện có điện trở R :

$$P = dU/dt = I.V$$

$$\rightarrow P = I^2.R = V^2/R$$

và được gọi là sự tiêu tán trên điện trở.

3. Định luật Joule-Lenz.



- Xét mạch có điện trở: năng lượng chuyển thành nhiệt năng làm nóng điện trở và đặc trưng bởi công suất $P = I^2.R$.
- Nhiệt lượng tỏa ra trên điện trở trong thời gian t:

$$Q = W = I^2.R.t$$

Định luật Joule-Lenz: Nhiệt lượng tỏa ra trên một đoạn dây có dòng điện không đổi chạy qua tỉ lệ thuận với điện trở dây dẫn, với bình phương cường độ dòng điện và thời gian dòng điện tồn tại trong dây dẫn.



3. Nguồn điện và suất điện động.



Bài tập

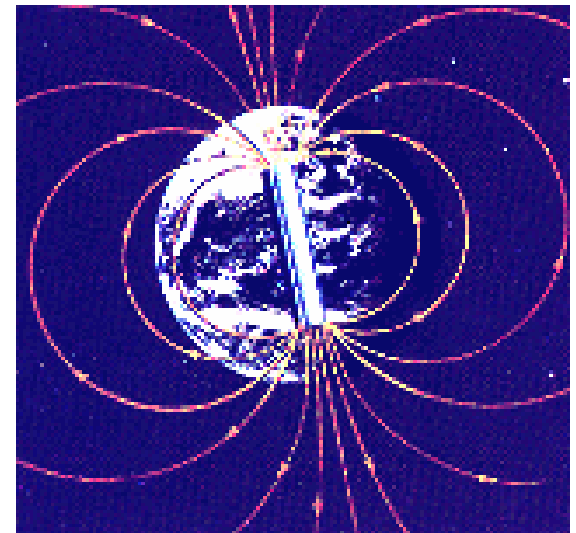
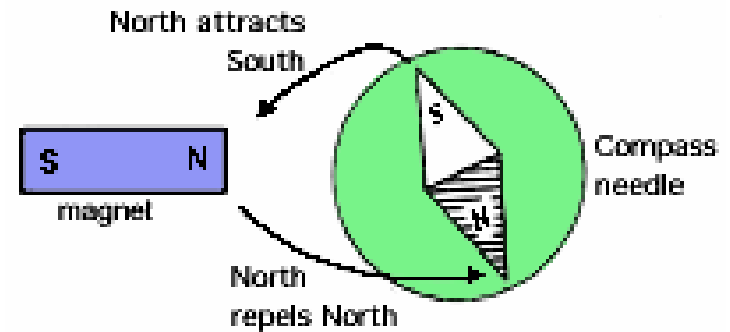
V. Từ trường không đổi



Lịch sử về từ trường trái đất

- Hiện tượng kim la bàn luôn chỉ theo hướng bắc-nam được phát hiện vào khoảng năm 1000.
- 1600: William Gilbert làm thí nghiệm và chỉ ra rằng hiện tượng trên có thể giải thích nếu giả thiết cả trái đất là một nam châm cực lớn.

"The Earth is a huge magnet, and its magnetic influence extends far into space"





Nội dung

- Tương tác giữa các dòng điện.
- Từ trường. Véc tơ cảm ứng từ.
- Định luật Biot-Savart-Laplace.
- Từ trường của dòng điện thẳng, dòng điện tròn. Lượng cực từ.
- Định luật về dòng toàn phần đối với từ trường. Ứng dụng nó để tính từ trường của ống dây điện thẳng, của ống dây điện tròn.
- Định lý Ostrogradsky-Gauss đối với từ trường.
- Tác dụng của từ trường lên dòng điện. Lực Ampere.
- Dòng điện kín trong từ trường. Cơ sở của các dụng cụ đo điện.



Mục tiêu

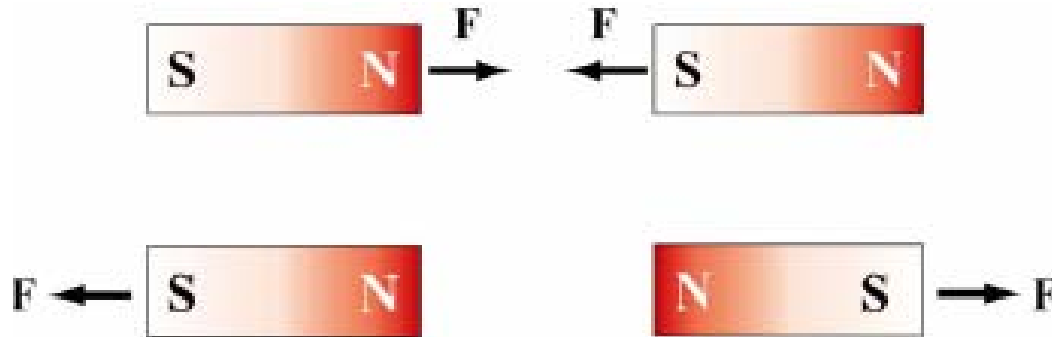
- Nắm được quy luật tương tác giữa các dòng điện (điện tích chuyển động) thông qua định luật Ampere.
- Hiểu được khái niệm từ trường, các tính chất của từ trường.
- Biết vận dụng các kiến thức trên trong một số trường hợp cụ thể.



V.1

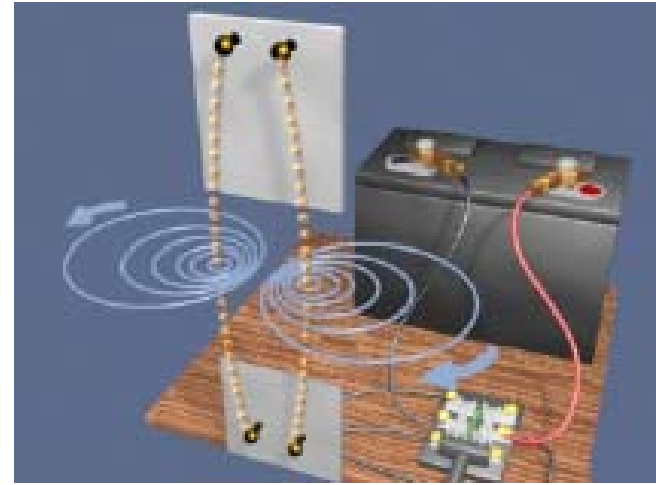
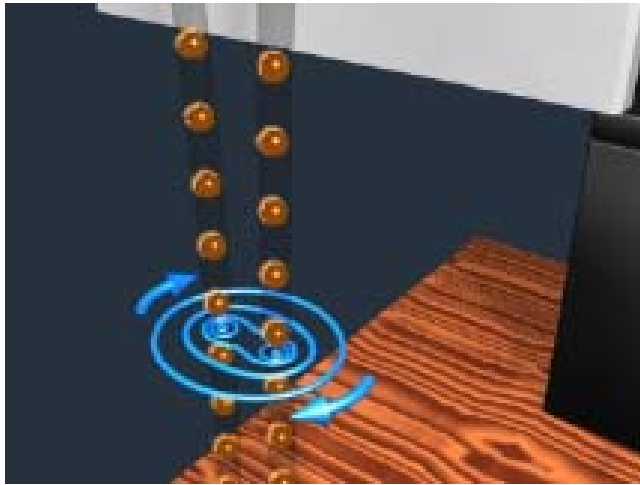
Tương tác giữa các dòng điện.

1. Sự tồn tại của tương tác từ



- Hai thanh nam châm có thể hút nhau hoặc đẩy nhau, nam châm có thể hút các vụn sắt.
 - **Nam châm có từ tính** và tương tác giữa chúng là **tương tác từ**.
- 1820 (Oersted): dòng điện đi qua một dây dẫn cũng có thể hút hoặc đẩy một kim nam châm, và ngược lại nam châm có thể hút hoặc đẩy một cuộn dây có dòng điện chạy qua
 - **Dòng điện cũng có từ tính như nam châm**.

2. Tương tác giữa các dòng điện

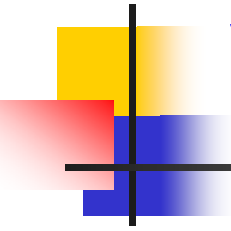


- Tương tự như hai nam châm, hai dòng điện cũng có thể hút nhau nếu cùng chiều hoặc đẩy nhau nếu ngược chiều.
- Tương tác giữa các dòng điện cũng được gọi là tương tác từ.



3. Quan hệ giữa các hiện tượng điện và từ

- Các lực xuất hiện khi *một dòng điện tác dụng lên một dòng điện, một dòng điện tác dụng lên một nam châm, một nam châm tác dụng lên một dòng điện, một nam châm tác dụng lên một nam châm* đều có cùng một bản chất.
- Các lực tương tác này được gọi là **từ lực**.



V.2

Từ trường. Véc tơ cảm ứng từ.



1. Khái niệm từ trường

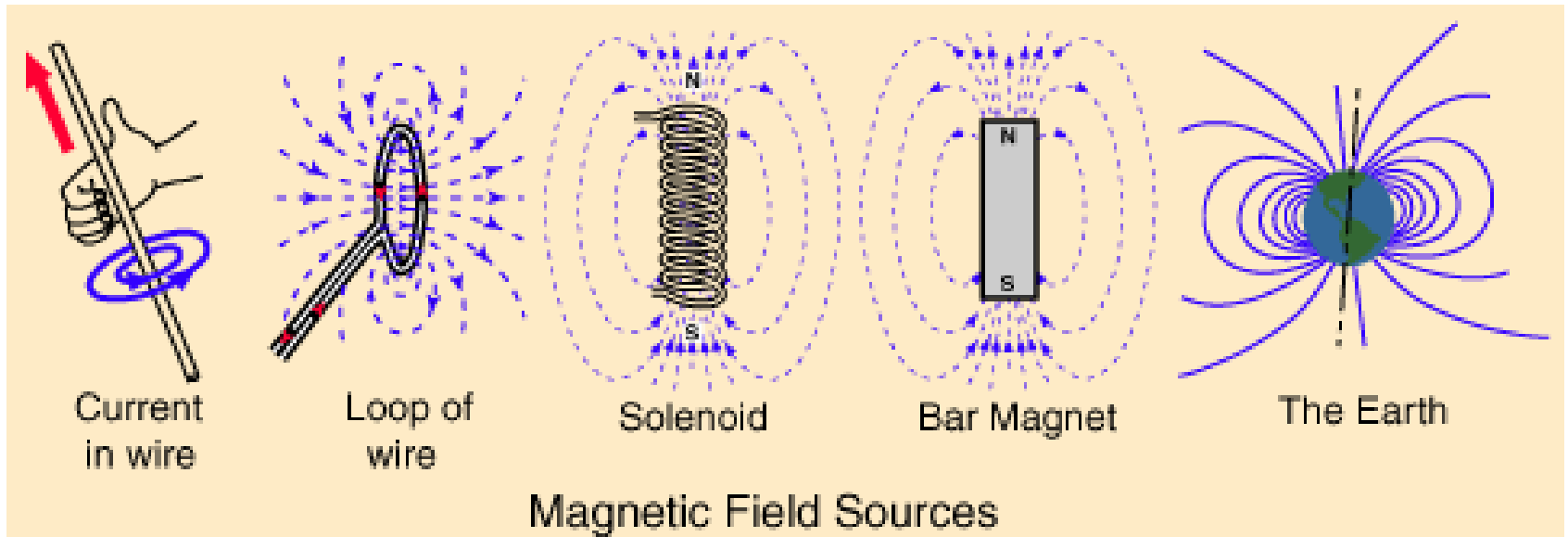
- Tương tự như điện trường, một số vấn đề cũng nảy sinh:
 - Trong trường hợp hai dòng điện, **lực tương tác giữa chúng được truyền như thế nào ?**
 - Với một dòng điện, **tính chất của không gian xung quanh dòng điện có bị thay đổi không ?**
- Chương trình Vật lý PT: thông thường khi xảy ra tương tác giữa hai vật thì:
 - các vật phải tiếp xúc nhau,
 - hoặc giữa các vật phải có một môi trường vật chất trung gian.



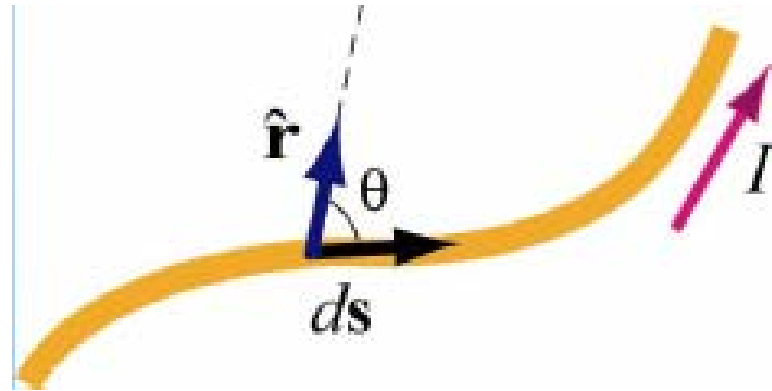
Khái niệm từ trường (cont. 1)

- Các giả thuyết và **khái niệm từ trường**:
 - Thuyết tác dụng xa: từ lực được truyền một cách tức thời từ dòng điện này tới dòng điện kia mà không cần môi trường trung gian, tốc vận tốc truyền $\rightarrow \infty$.
 - **Thuyết tác dụng gần**: không gian bao quanh các dòng điện bị biến đổi và tồn tại một **dạng đặc biệt của vật chất gọi là từ trường**, vận tốc truyền là hữu hạn và bằng vận tốc ánh sáng trong chân không.
- **Tính chất cơ bản của từ trường**: mọi dòng điện đặt trong từ trường đều bị một từ lực tác dụng.

2. Các cách tạo từ trường



3. Định luật Ampere



- **Ý nghĩa:** cho biết sự tương tác giữa hai phần tử dòng điện.
- **Phần tử dòng điện:** là một đoạn rất ngắn ds của dây dẫn có dòng điện I chạy qua \rightarrow biểu diễn phần tử dòng điện là vector $I \cdot ds$ nằm trên chính đoạn ds đang xét, có phương chiều của dòng điện và có độ lớn bằng $I \cdot ds$.

Định luật Ampere (cont. 1)

- **Định luật:** Từ lực do phần tử dòng điện $I_1 \cdot d\mathbf{s}_1$ tác dụng lên phần tử dòng điện $I_2 \cdot d\mathbf{s}_2$ cùng đặt trong chân không là một vector $d\mathbf{F}$:
 - có phương vuông góc với mặt phẳng chứa phần tử $I_1 \cdot d\mathbf{s}_1$ và pháp tuyến \mathbf{n} .
 - có chiều sao cho ba vector $d\mathbf{s}_1$, \mathbf{n} và $d\mathbf{F}_0$ tạo thành một tam diện thuận.
 - có độ lớn bằng:
$$dF_0 = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{I_1 ds_1 \sin \theta_1 \cdot I_2 ds_2 \sin \theta_2}{r^2}$$

trong đó $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}$ H/m - hằng số từ.

- Mở rộng cho một môi trường: $dF = \mu \cdot dF_0$

trong đó μ là độ từ thẩm của môi trường.



Định luật Ampere (cont. 2)

- Biểu thức cường độ từ lực:

$$dF = \frac{\mu_0 \mu}{4\pi} \frac{I_1 ds_1 \sin \theta_1 \cdot I_2 ds_2 \sin \theta_2}{r^2}$$

- Biểu thức tổng quát dạng vector:

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

4. Vector cảm ứng từ.

- **Ý nghĩa:** đặc trưng cho từ trường về mặt định lượng.
- **Vector cảm ứng từ:**
 - Liên hệ giữa điện trường và từ trường

$$\vec{F} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0\epsilon} \frac{q_0 \cdot q}{r^2} \left(\frac{\vec{r}}{r} \right) \rightarrow \vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_0} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0\epsilon} \frac{q}{r^2} \left(\frac{\vec{r}}{r} \right)$$

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

- Đơn vị vector cảm ứng từ: Tesla (T).

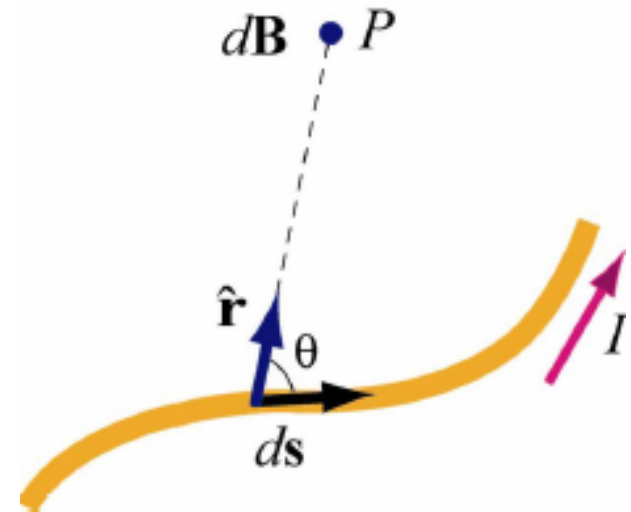
Vector cảm ứng từ (cont. 2)

■ Định luật Biot-Savart:

Vector cảm ứng từ $d\mathbf{B}$ do phần tử dòng điện $I \cdot d\mathbf{s}$ gây ra tại điểm P cách phần tử một khoảng r là một vector:

- có gốc tại điểm P.
- có phương vuông góc với mặt phẳng chứa phần tử $I \cdot d\mathbf{s}$ và điểm P.
- có chiều sao cho ba vector $d\mathbf{s}$, \mathbf{r} và $d\mathbf{B}$ tạo thành một tam diện thuận.

- có độ lớn bằng:
$$d\vec{B} = \frac{\mu_0 \mu}{4\pi} \frac{I d\vec{s} \times \vec{r}}{r^3}$$



5. Nguyên lý chồng chất từ trường

- **Nguyên lý:**

Vector cảm ứng từ **B** do một dòng điện bất kì gây ra tại một điểm bằng tổng các vector cảm ứng từ $d\mathbf{B}$ do tất cả các phần tử nhỏ của dòng điện gây ra tại điểm ấy.

- Trường hợp từ trường do nhiều dòng điện sinh ra:

Vector cảm ứng từ **B** của nhiều một dòng điện bằng tổng các vector cảm ứng từ do từng dòng điện sinh ra.

$$\vec{B} = \vec{B}_1 + \vec{B}_2 + \dots + \vec{B}_n = \sum_{i=1}^n \vec{B}_i$$



6. Vector cường độ từ trường

- **Ý nghĩa:** là đại lượng vector không phụ thuộc vào tính chất của môi trường trong đó đặt dòng điện.

- **Định nghĩa:**

Vector cường độ từ trường **H** tại một điểm trong từ trường là một vector bằng tỉ số giữa vector cảm ứng từ **B** tại điểm đó và tích số $\mu_0\mu$:

$$\vec{H} = \frac{\vec{B}}{\mu_0\mu}$$

Đơn vị: A/m.



VI.4

Từ trường của dòng điện thẳng, tròn.



Từ trường của dòng điện thẳng.



Từ trường của dòng điện tròn.



Bài tập

