

I. i n tr ã ng trong chân không





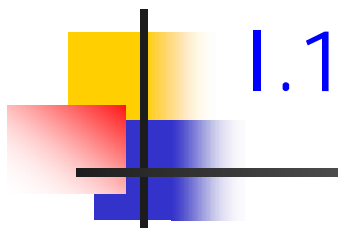
Nội dung

- Điện tích. Định luật Coulomb.
- Điện trường. Công điện trường. Năng lượng điện trường.
- Mật độ ví dụ về 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 tác của hệ điện tích điểm.
- Mối quan hệ giữa điện thế và công điện trường. Mật độ điện trường.
- Năng lượng 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 tích. nh lu t Coulomb.



1. Điện tích (Charge)

Sự tồn tại điện tích:

- Tia lửa điện: xảy ra trên các vật bằng kim loại, dây thép, ...
 - Sự đánh điện tĩnh: Lông tóc có thể hút giấy, quần áo dính vào người, ... trong thời tiết hanh khô.
- Các vật đã bị **nhuộm điện** hay trên các vật đã 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 lượng lượng tử hóa:
 $q = \pm ne$.
với $e = 1.602 \times 10^{-19} \text{ C}$: điện tích nguyên tố, $n: 1, 2, \dots$
- $n \text{ v} : \text{C}$, là một lượng điện tích đi qua thì 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**.

- **Nh luật bảo toàn điện tích:**

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

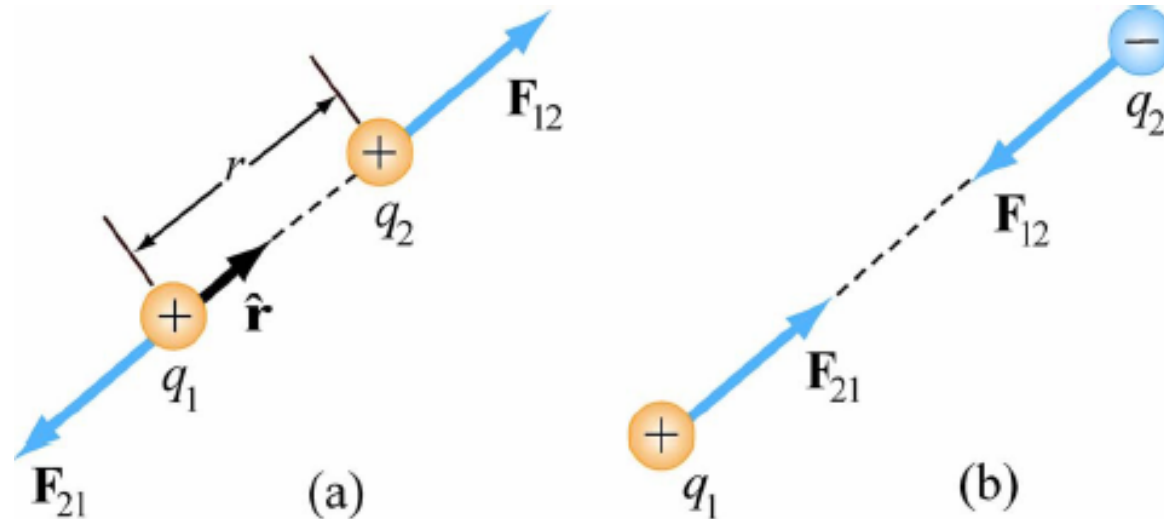


ì n tích (cont. 3)

- Q: Phân bi t v t ch t theo tính d n ì n ?
 - V t d n: ì n tích có th chuy n ng ...? trong toàn b th tích.
 - Ch t cách ì n (ì n môi): ì n tích ...?
 - Ch t bán d n.
 - 1911: Kammerlingh Onnes phát hi n Hg r n m t hoàn toàn ì n tr $T < 4.2 \text{ K} \rightarrow$ ch t siêu d n.
- Q: Y u t nào quy t nh tính d n ì n c a v t ch t ?
C u t o và b n ch t ì n c a các nguyên t .

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 gọi là tương tác tĩnh điện (tương tác Coulomb).



nh luật Coulomb (cont. 1)

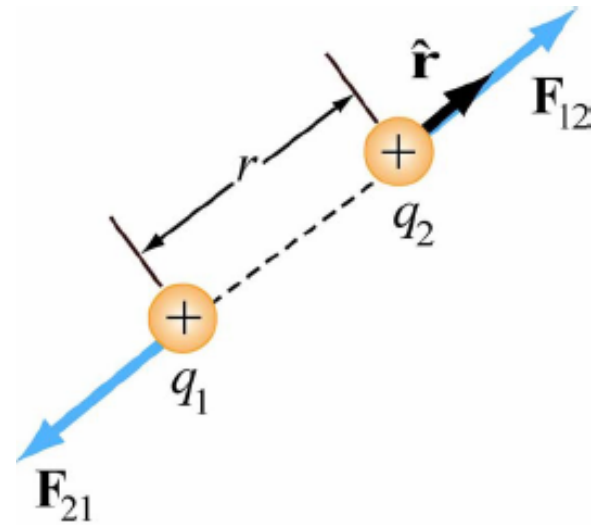
- nh luật Coulomb (1785, Charles Augustus Coulomb):

Lực tĩnh điện (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 tĩnh điện $k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 8.99 \times 10^9 \frac{Nm^2}{C^2}$

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





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 tính như điểm hay vật mang điện khác nhau không.

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

Lực tương tác tĩnh điện giữa các điểm tích điện trong môi trường **giảm đi ϵ lần** so với lực tương tác tĩnh điện giữa chúng trong chân không:

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

với hằng số điện môi của môi trường $\epsilon > 1$ (chỉ số khúc xạ của môi trường).



nh luật Coulomb (cont. 3)

- Q: Nhấn xét về lực và hướng của lực tác động lên trong các trường hợp sau:
 - a. $q_1 = q_2 = q > 0$;
 - b. $q_1 = q_2 = -q < 0$;
 - c. $q_1 = q > 0, q_2 = -q < 0$.



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 $F_{10}, F_{20}, \dots, F_{n0}$ lần lượt là các lực tác động của q_1, q_2, \dots, q_n lên q_0 xác định theo định luật Coulomb. Khi đó lực tổng hợp tác động lên q_0 là:

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

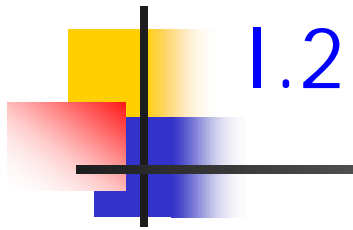
- Các định lý về trường điện tích điểm:

- Hút hoặc đẩy một hệ điện tích điểm nằm ngoài trường điện tích điểm.
- Không tác động lực điện lên hệ điện tích nằm trong trường.



nh luật Coulomb (cont. 5)

- Q: Công dụng nguyên lý chứng minh tính đúng đắn của 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 trong môi trường?
 - Không gian bao quanh các điện tích 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.

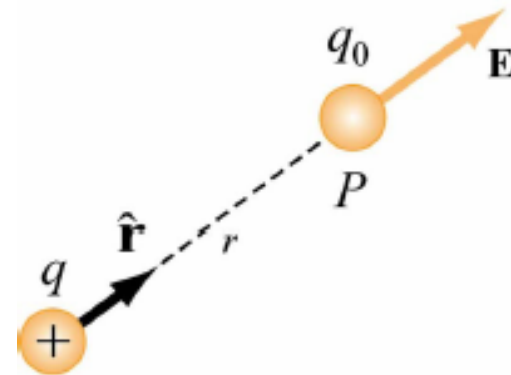
2. Cường độ điện trường.

- Định nghĩa a: 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 (thí nghiệm) và gọi là cường độ điện trường.

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





Công thức điện trường (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: Hãy xét hướng của E theo dấu của q ?

- Nguyên lý chồng chập:

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 lý ra biểu thức trên?

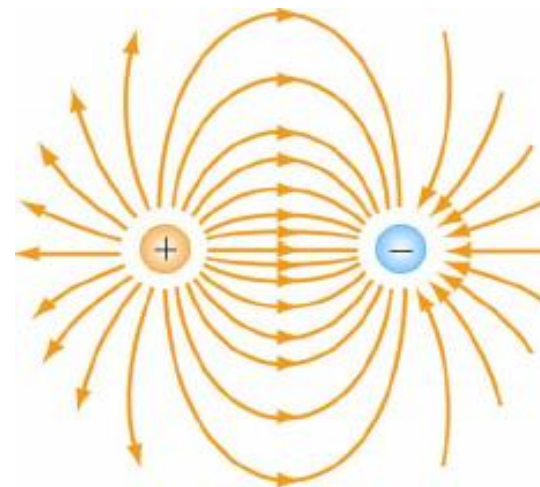
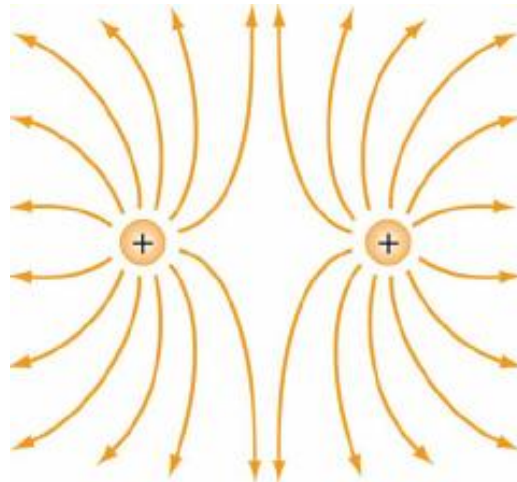


3. Đường sức điện trường (Electric field lines).

- 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 mặt đơn vị diện tích đặt vuông góc với đường sức bằng cường độ điện trường.
- Ví dụ : đường sức điện trường của
 - mặt điện tích (điện荷 hoặc âm).
 - hai điện tích cùng dấu, khác dấu.

ng s c i n tr ng (cont. 2)

- Nh n xét: ng s c
 - i ra t i n tích d ng và i vào i n tích âm.
 - là nh ng ng cong không khép 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 thể tích chứa qua một tiết diện thẳng → Lưu lượng Φ phụ thuộc vào diện tích S , vận tốc v .

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

- **Thông lượng:**

Xét diện tích dS nằm trên mặt S :

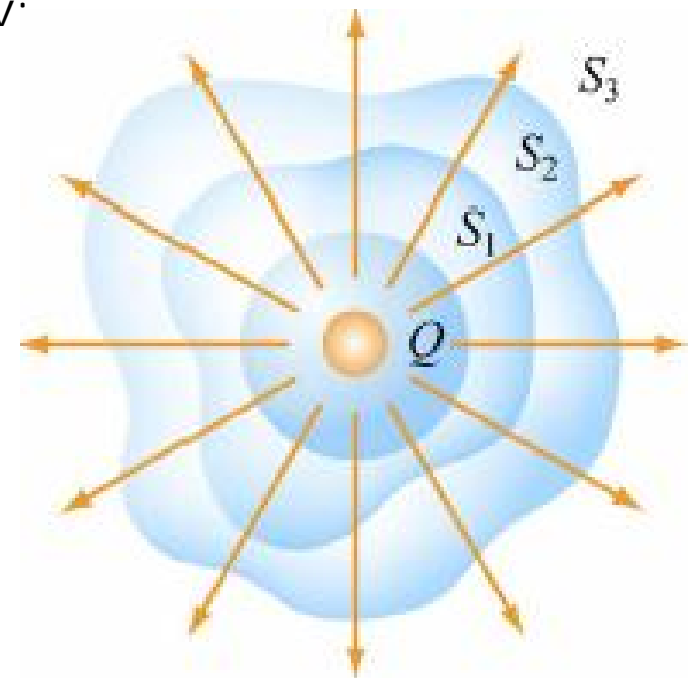
$$d\Phi_E = E \cdot dS = E \cdot dS_n \cdot n = E \cdot dS \cdot \cos(E, n)$$

Xét cho toàn mặt S :

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

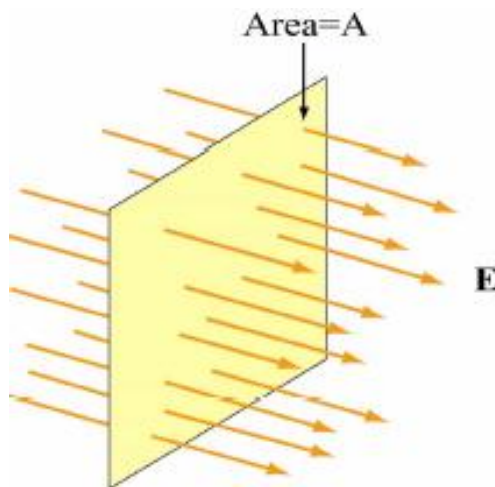
do $E = dN_E/dS_n$ với N_E là số lượng sọc qua mặt S nên $\Phi = N_E$.

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

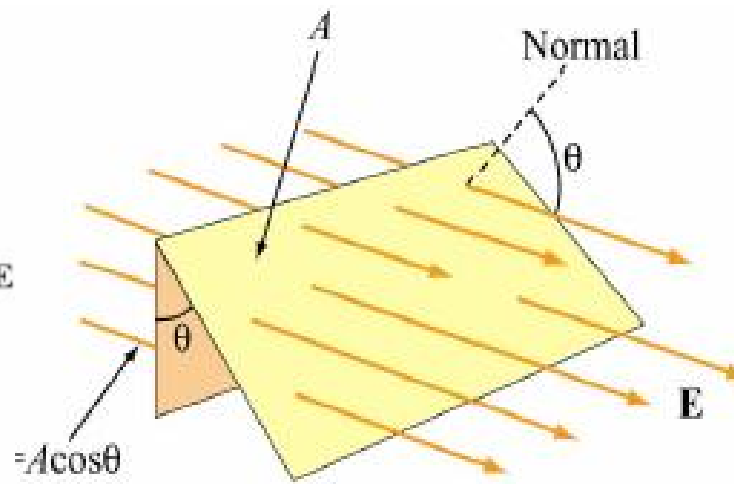


Thông lượng điện trường (cont. 1)

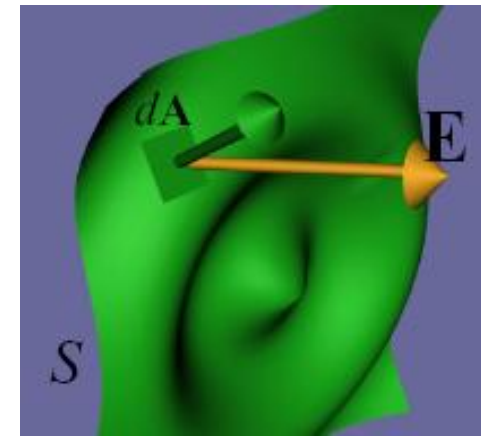
- $d\Phi_E = \mathbf{E} \cdot d\mathbf{S} = E \cdot dS_n \cdot n = E \cdot dS \cdot \cos(E, n)$



$$\cos(E, n) = 0$$



$$\cos(E, n) = \cos(\theta)$$



- 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 hấp dẫn và điện tích

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

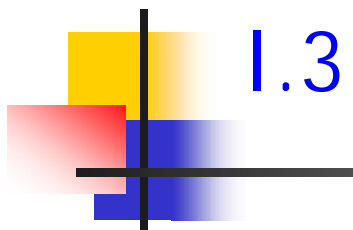
$$\vec{g} = -G \frac{M}{r^2} \left(\frac{\vec{r}}{r} \right)$$

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

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

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





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:

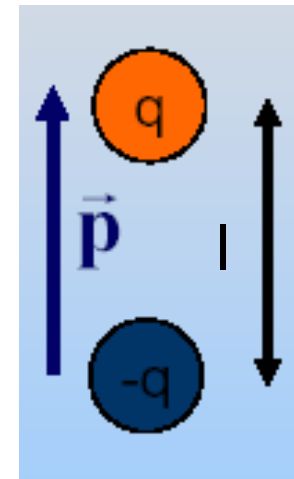
$$\vec{p} = q\vec{l}$$

- 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:

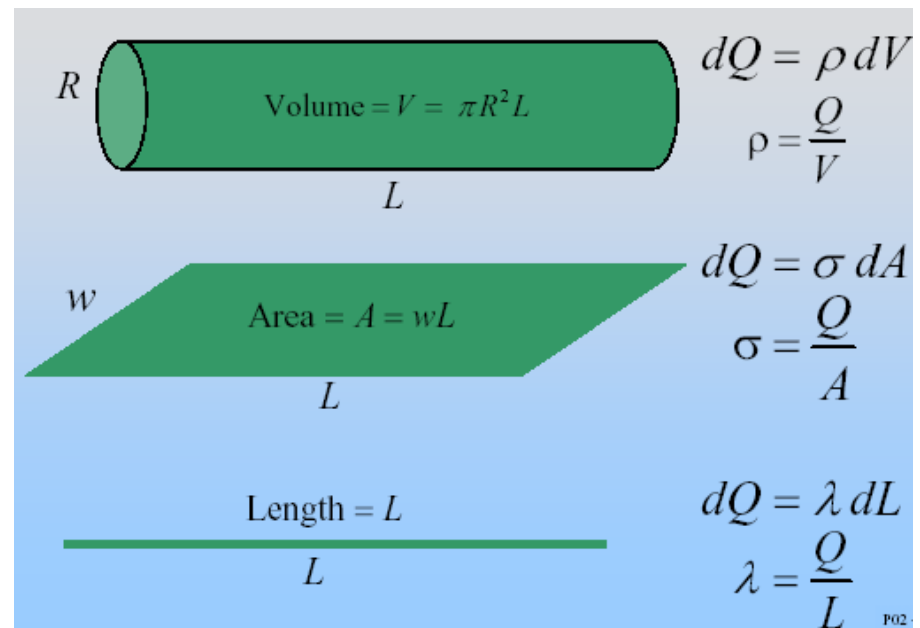
λ (C/m).

- mật độ diện tích bề mặt:

σ (C/m²).

- mật độ thể tích:

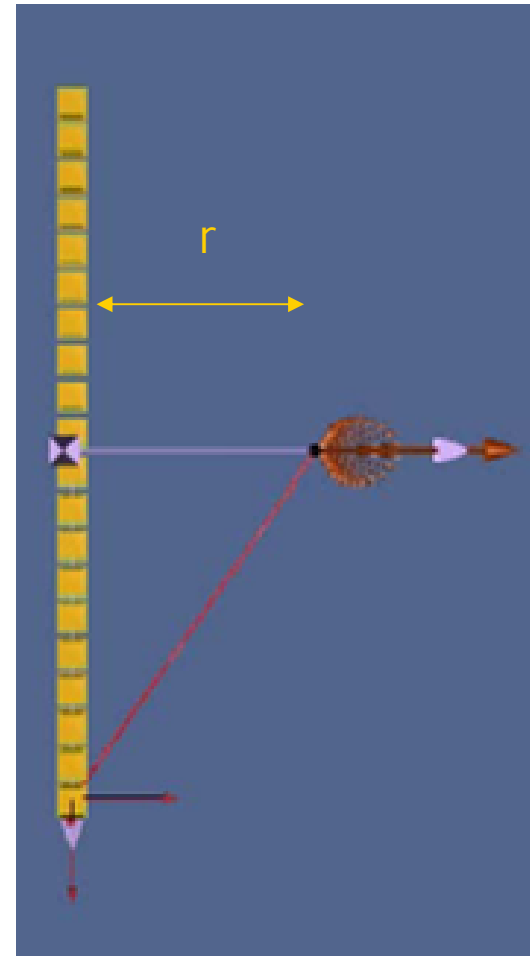
ρ (C/m³).



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

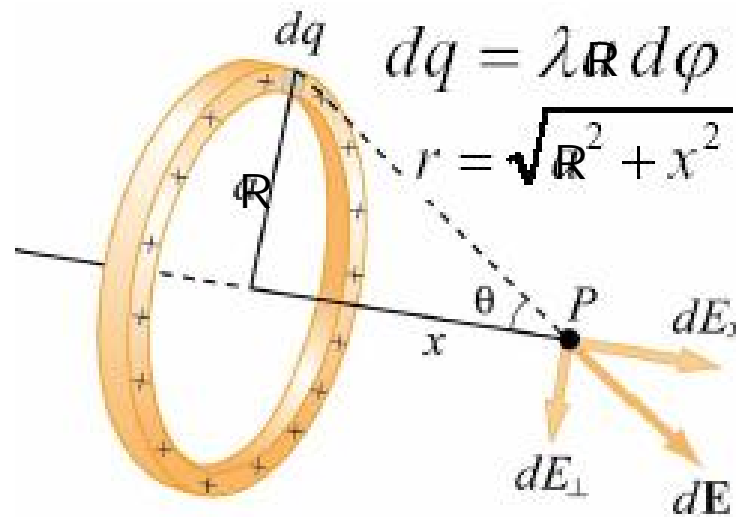
- i n tr ã ng:

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



3. Vòng m nh tích i n u.

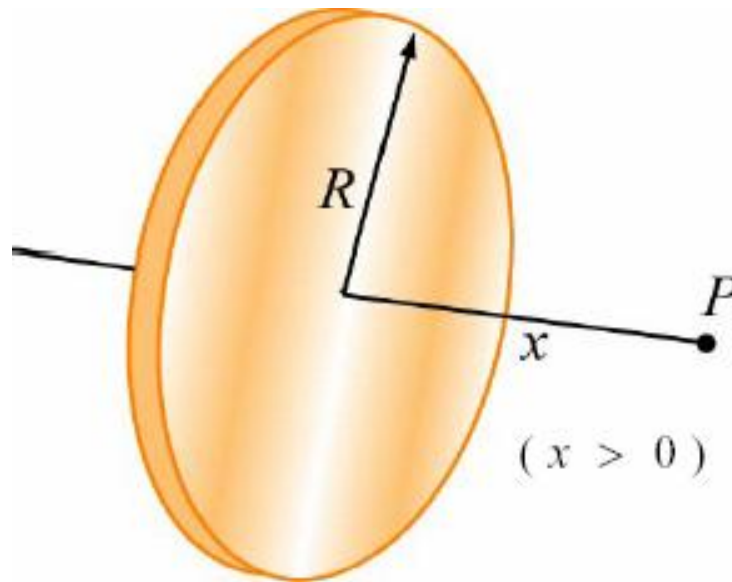
■ i n tr ng:
$$E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{qx}{\epsilon (x^2 + R^2)^{3/2}}$$



- Q: Nh n xét: $x = 0$ và $x \gg R$.

4. a tròn mang i n u.

- i n tr ng:
$$E = \frac{\sigma}{2\epsilon_0\epsilon} \left(1 - \frac{x}{(x^2 + R^2)^{1/2}} \right)$$

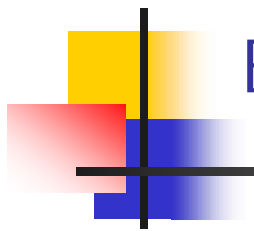


- Q: Nh n xét: $x \gg R$ và $R \rightarrow \infty$.

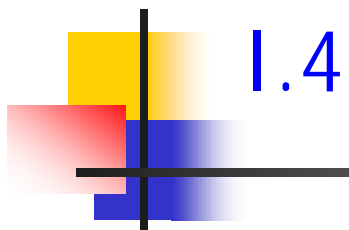


Tổng kết các ví dụ

- Dây điện thẳng : $E \sim 1/r$.
- Điện tích điểm : $E \sim 1/r^2$.
- Trường điện của dây : $E \sim 1/r^3$.
- Điện trường trong ống dẫn : ?



Bài tập



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, mặt phần nằm bên trong và mặt phần nằm bên ngoài.

- **Định lý Ostrogradsky-Gauss:**

Thông lượng toàn phần của điện trường qua mặt 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 điện lượng chứa bên trong mặt kín.



2. Ứng dụng của nh lý

Tính vị trí ứng gây b i:

- Một vật tích điện q đặt ở trung tâm, dài vô hạn, có mật độ điện tích λ .
- Một mặt cầu bán kính R tích điện u .
- Một mặt phẳng vô hạn tích điện u .
- Hai mặt phẳng tích điện u .

Điểm trong của vật tích điện vô hạn, dài vô hạn, có mật độ điện tích λ ?

- Xét mặt Gauss hình trụ bán kính r , cao l , song song với vật đang xét.

- Điện trường $E \perp$ trục của vật.

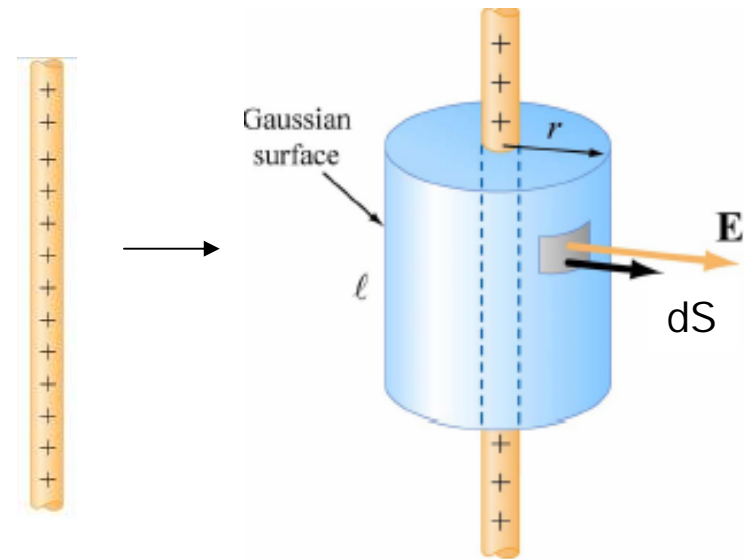
- Tổng số điện tích: $q = \lambda.l$

T thông:

$$\Phi_E = \oint_S E \cdot dS = \oint_S E \cdot dS$$

$$= E \oint_S dS = E \cdot (2\pi \cdot r \cdot l)$$

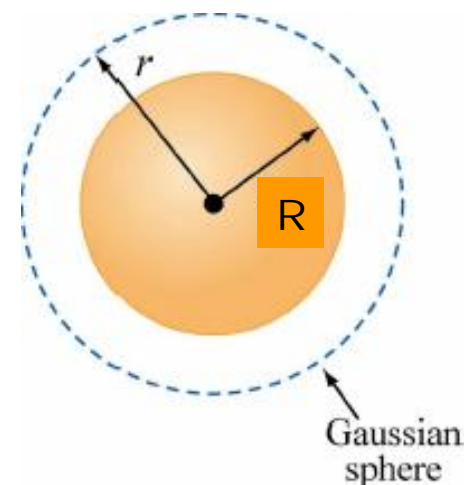
$$\rightarrow \vec{E} = \frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0 r} \left(\frac{\vec{r}}{r} \right)$$



điện trường của mặt cầu bán kính R tích điện như?

- 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 $\Phi_E = \oint_S E \cdot dS = \oint_S E \cdot dS$
 $= E \oint_S dS = E \cdot (4\pi \cdot r^2)$

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



- Q: Muốn giải bài toán cho trường hợp mặt cầu bán kính R mang điện như?

Định hướng của mặt mặt phẳng vô hạn tích điện như?

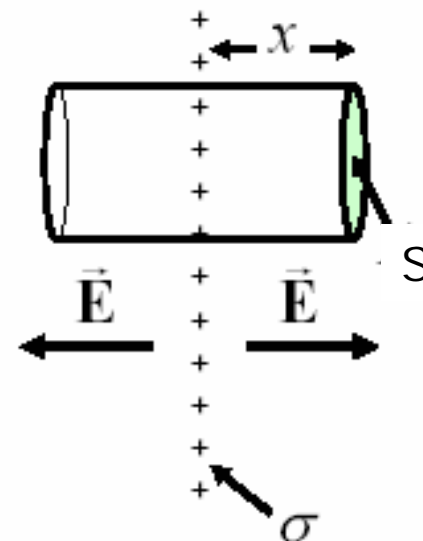
- Xét mặt Gauss hình trụ có tiết diện S , chiều cao $2x$ và có trục z vuông góc với mặt phẳng đang xét.

- Định hướng $\vec{E} \perp$ mặt phẳng.

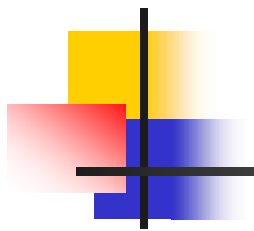
- Tổng số điện tích: $q = \sigma \cdot S$

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

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

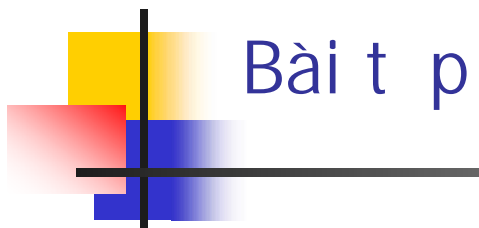


- Nhận xét: E không phụ thuộc vào $x \rightarrow E$ có giá trị như nhau mọi vị trí.

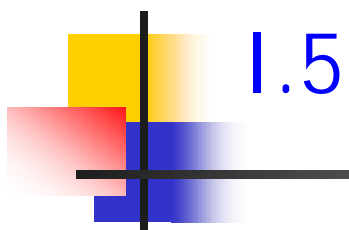


Định nghĩa của hai mặt phẳng tích chập trái và phải?

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



Bài tập



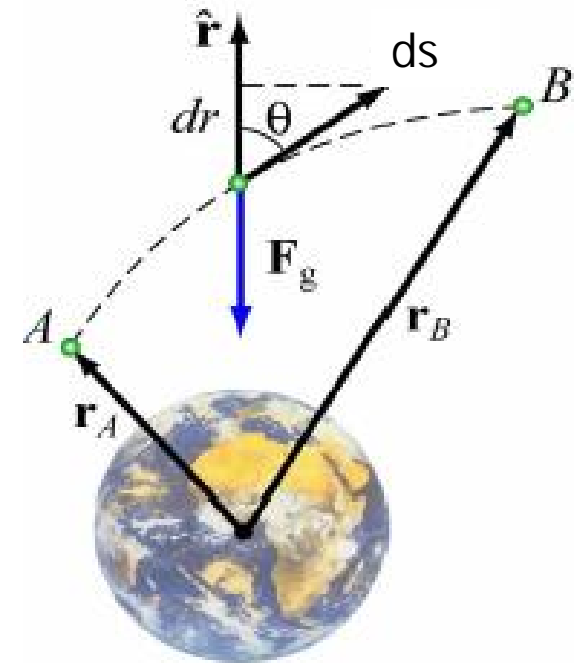
i n t h . H i u i n t h . i n t h c a h
i n t í c h i m, c a h i n t í c h p h a n
b l i e n t c .



Công của trọng trường (gravity's work)

- Lực hấp dẫn lên một vật khối lượng m : $\vec{F}_g = -G \frac{Mm}{r^2} \left(\frac{\vec{r}}{r} \right)$
- Công của trọng trường dịch chuyển một vật từ A đến B :

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





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

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

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

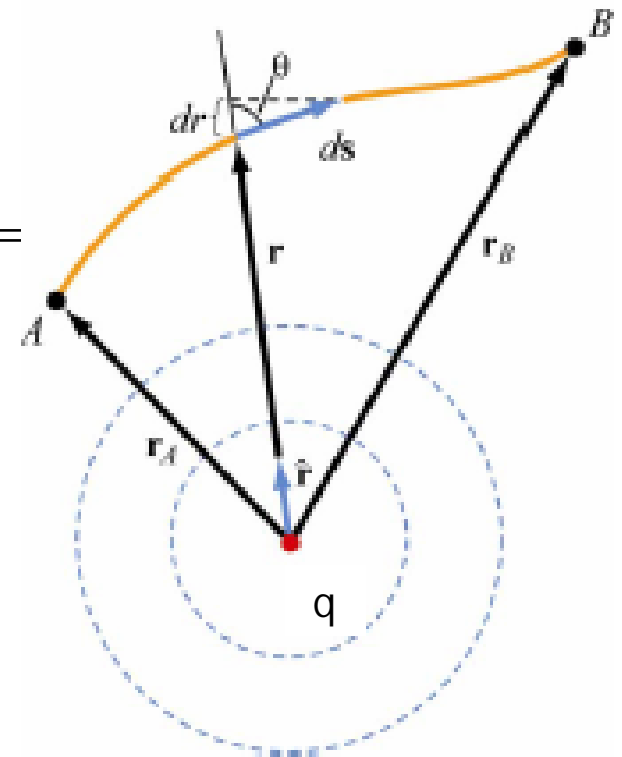
$$\Delta U_g = - \int_A^B \vec{F}_g \cdot d\vec{s}$$

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

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.

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

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 **không** 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 trường chuyển 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 tác) 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 cách tính

- Kết quả trên vẫn đúng trong trường hợp điện trường là bất kỳ (điện trường của một hệ điện tích, ...):

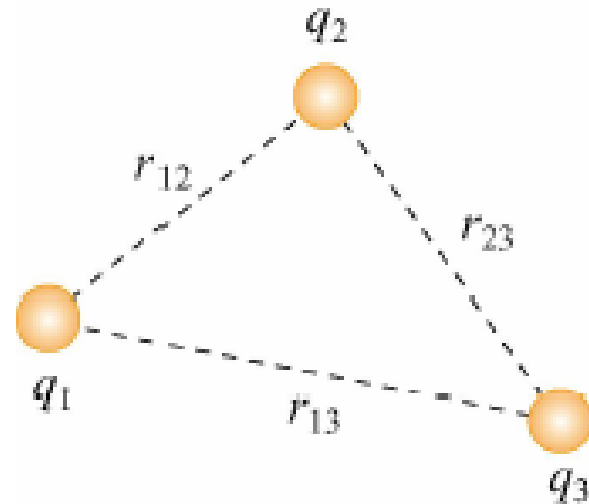
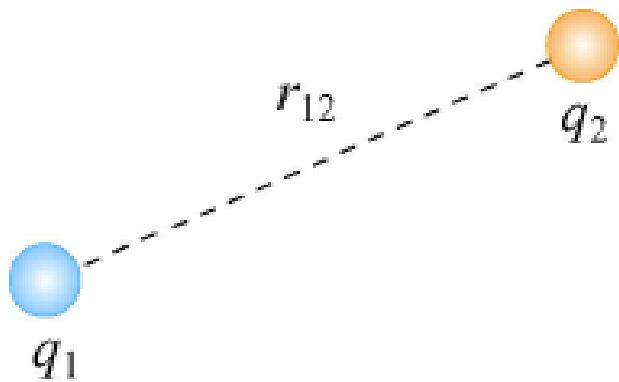
$$U = \sum_{i=1}^n U_i = \sum_{i=1}^n \frac{q_0 q_i}{4\pi\epsilon_0 \epsilon r_i}$$

- Quy ước $W_\infty = 0$: Thế năng của điện tích q_0 tìm tại điểm trong điện trường là một đại lượng có giá trị bằng công của lực tĩnh điện dịch chuyển điện tích đó từ điểm đang 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.

- Nhận xét: tỉ số 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 tại điểm đang xét

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

Đơn vị điện thế: $J/C \equiv V$

- Công của lực điện khi dịch 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 điện tích: $W_{AB} = U_A - U_B = q_0(V_A - V_B)$

- $q_0 = +1$ đơn vị điện 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 bằng công của lực điện khi dịch chuyển một đơn vị điện tích dương từ A đến B.

- $q_0 = +1$ đơn vị điện 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 một điểm trong điện trường là một đại lượng vô hướng bằng công của lực điện khi dịch chuyển một đơn vị điện tích dương từ điểm đó 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 độ cao.
- Mặt phẳng có tính chất:
 - Các mặt phẳng không cắt nhau.
 - Công thức tính diện tích chuyển đổi mặt diện tích trên mặt phẳng không.
 - Vector pháp tuyến là vectơ vuông góc với mặt phẳng tại điểm đó.



Quan hệ giữa trường điện từ và điện thế

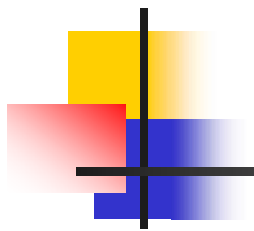
- Vector cường độ điện trường hướng theo chiều giảm của điện thế.
- Hình chiếu của vector cường độ điện trường trên mặt phẳng nào đó vẽ trên bảng ghi điện thế trên mặt đó vẽ dài của đường đó:

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

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

$$\text{or } \vec{E} = -g\vec{rad}V$$

→ Vector cường độ điện trường tại điểm bất kỳ trong điện trường bằng và ngược dấu với gradient của điện thế tại điểm đó.



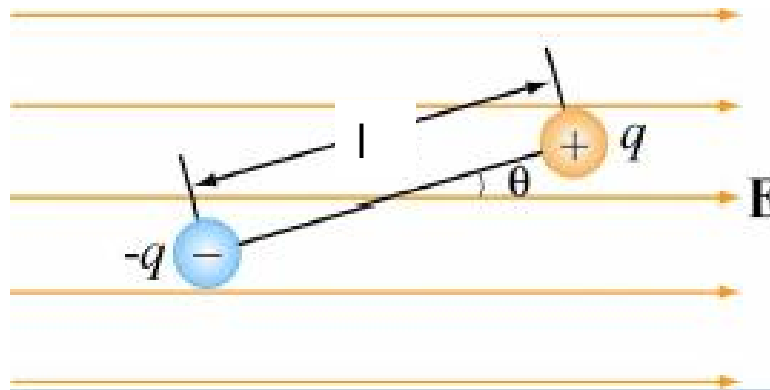
ng d ng

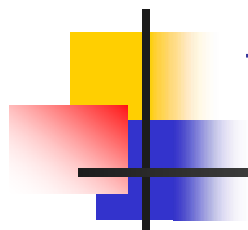
Xác nh hi u i n th gi a:

- 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 ?

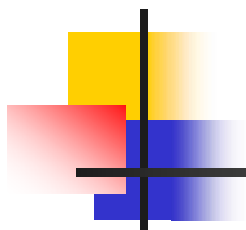
Lực tác dụng lên lưỡng cực điện trong điện trường đều.

- Xuất hiện lực $F = qE$ và $-qE$ và cánh tay đòn $l \sin \theta \rightarrow$ moment lưỡng cực $\mu = l \times F = ql \times E = p_e \times E$





trong i n tr ng không u?



Bài tập
