



**HỌC VIỆN NÔNG NGHIỆP VIỆT NAM**  
**VIETNAM NATIONAL UNIVERSITY OF AGRICULTURE**

# Chương 7

## Trường tĩnh điện

**Nguyễn Tiến Hiến - Bộ môn Vật lý**

**Email: [nguyentienhien@vnua.edu.vn](mailto:nguyentienhien@vnua.edu.vn)**

**Webpage: <http://fita.vnua.edu.vn/nthien/>**

# NỘI DUNG CHÍNH

- ❖ Mở đầu
- ❖ Định luật Coulomb
- ❖ Điện trường
- ❖ Điện thông, định lý Ostrogradski-Gauss
- ❖ Điện thế
- ❖ Năng lượng điện trường

# MỞ ĐẦU

- ❖ Điện là một thuộc tính nội tại của vật chất (giống như khối lượng của vật)
- ❖ Có hai loại điện tích là điện tích dương (+) và âm (-).
  - Quy ước
    - Điện tích của thủy tinh khi cọ xát vào lụa là điện tích dương (+)
    - Điện tích của thanh nhựa sẫm màu khi cọ xát vào vải khô là điện tích âm (-)
- ❖ Điện tích có giá trị nhỏ nhất bằng  $1.6 \times 10^{-19}$  C gọi là điện tích nguyên tố ( $1e = 1.6 \times 10^{-19}$  C)
- ❖ Điện tích của một vật tích điện luôn có giá trị gián đoạn và bằng bội số của điện tích nguyên tố  $Q = ne$ ,  $n$  là một số nguyên.
- ❖ Đơn vị của điện tích là coulomb (C)

# ĐỊNH LUẬT COULOMB

## ❖ Phát biểu định luật

- Lực tương tác giữa hai điện tích điểm  $q_1$  và  $q_2$  có độ lớn tỉ lệ thuận với tích độ lớn của chúng và tỉ lệ nghịch với bình phương khoảng cách giữa chúng

## ❖ Biểu thức

$$F_{12} = F_{21} = k \frac{|q_1 q_2|}{r^2}$$

- Trong chân không:  $k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9 \times 10^9 (Nm^2 / C^2)$

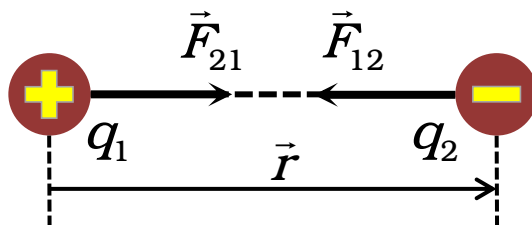
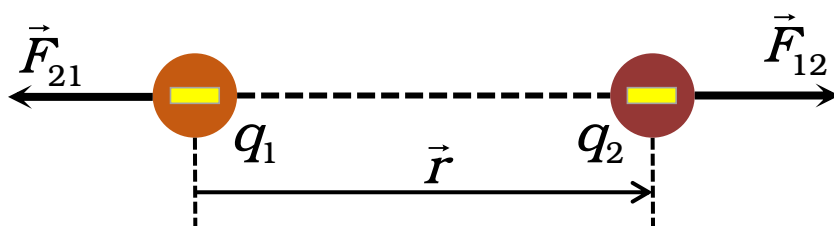
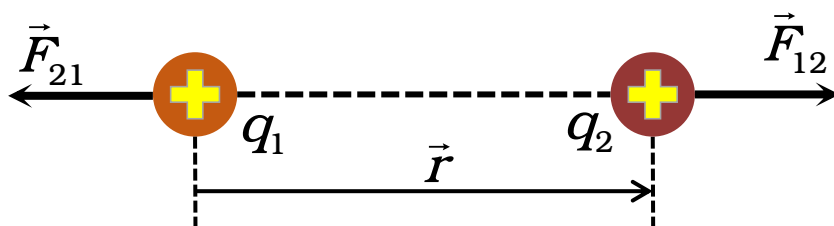
- Trong môi trường vật chất:  $k = \frac{1}{4\pi\epsilon\epsilon_0} = \frac{9 \times 10^9}{\epsilon} (Nm^2 / C^2)$

$\epsilon_0 = 8,85 \times 10^{-12}$  (F/m) là hằng số điện thẩm của chân không  
 $\epsilon$  là hằng số điện môi tỷ đối của môi trường

# ĐỊNH LUẬT COULOMB

## ❖ Phương chiều của lực tác dụng

- Phương: nằm trên đường thẳng nối hai điện tích (lực xuyên tâm)
- Chiều: các điện tích cùng dấu thì đẩy nhau, khác dấu thì hút nhau



$$\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21} = k \frac{q_1 q_2}{r^3} \vec{r}$$

# ĐỊNH LUẬT COULOMB

- ❖ Ví dụ: Khoảng cách giữa electron và proton trong Nguyên tử hydro là  $5.3 \times 10^{-11}$  m. Xác định độ lớn của lực tương tác tĩnh điện giữa chúng.
- ❖ Bài giải

$$F = k \frac{|q_1 q_2|}{r^2}$$

$$|q_1| = |q_2| = 1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$$

$$r = 5,3 \times 10^{-11} \text{ m}$$

$$F = 9 \times 10^9 \left( \frac{\text{Nm}^2}{\text{C}^2} \right) \times \frac{(1,6 \times 10^{-19} \text{ C}) \times (1,6 \times 10^{-19} \text{ C})}{(5,3 \times 10^{-11} \text{ m})^2}$$

$$F = 8,2 \times 10^{-8} \text{ N}$$

# ĐIỆN TRƯỜNG

## ❖ Khái niệm điện trường

- Điện trường là một dạng vật chất đặc biệt tồn tại xung quanh điện tích và là nhân tố trung gian để truyền tương tác giữa các điện tích.

## ❖ Véc tơ cường độ điện trường

- Để đặc trưng cho điện trường về mặt lực tác dụng người ta sử dụng đại lượng “Cường độ điện trường”.
- Nếu đặt điện tích  $q_0$  trong điện trường của điện tích  $q$  thì  $q_0$  sẽ chịu tác dụng của một lực

$$\vec{F} = k \frac{qq_0}{r^3} \vec{r}$$

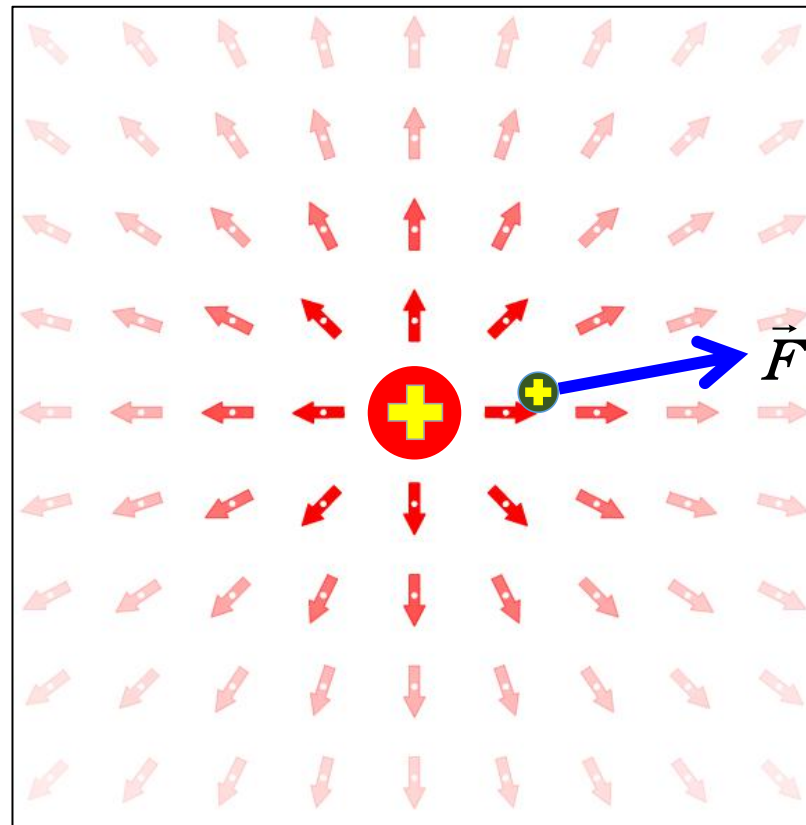
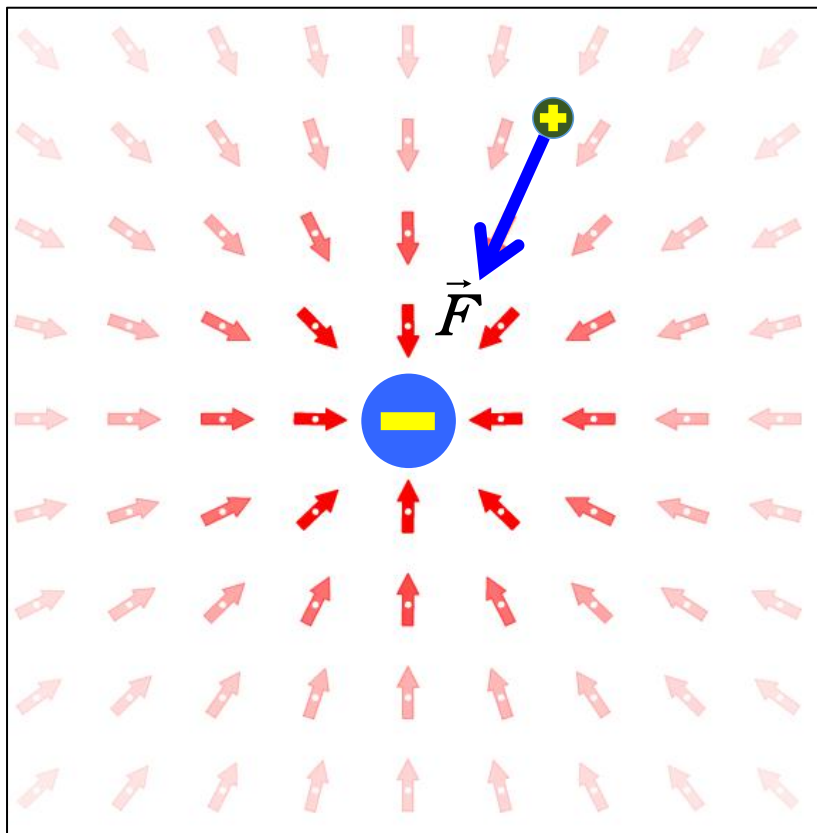
- Định nghĩa và biểu thức

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_0}$$

- Đơn vị của cường độ điện trường (N/C) hay (V/m)

# ĐIỆN TRƯỜNG

❖ Điện trường do một điện tích điểm gây ra



$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_0} = k \frac{q}{r^3} \vec{r}$$



# ĐIỆN THÔNG, ĐỊNH LÝ OSTROGRADSKY-GAUSS

## ❖ Đường sức điện trường

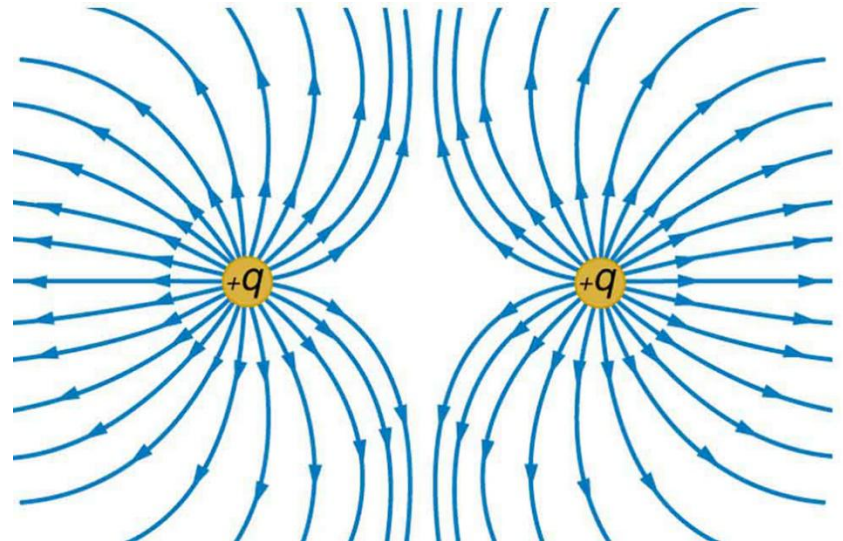
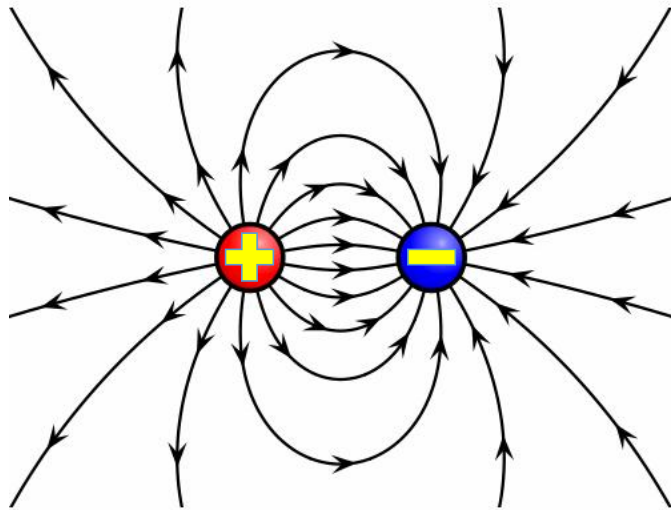
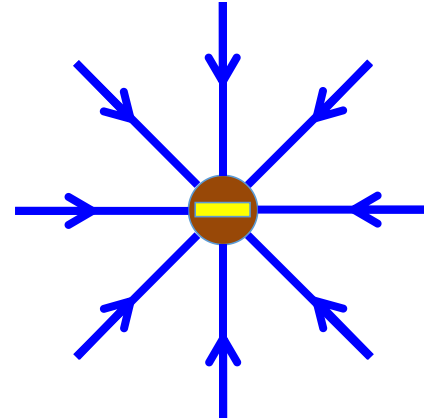
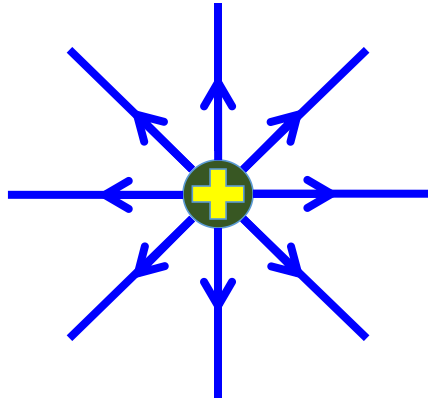
- Phương thức mô tả điện trường bằng hình ảnh
- “Đường sức điện trường là những đường cong vẽ trong điện trường sao cho tiếp tuyến của nó trùng với phương của véc tơ cường độ điện trường tại điểm đó”.

## ❖ Tính chất (*cách vẽ đường sức điện trường*)

- Đường sức điện trường là những đường cong hở
- Chiều của đường sức điện trường là chiều của điện trường (xuất phát từ bề mặt điện tích dương đi ra vô cùng hoặc kết thúc trên bề mặt điện tích âm)
- Mật độ đường sức điện trường tại một điểm bằng trị số của cường độ điện trường tại điểm đó.
- Tập hợp tất cả các đường sức điện trường gọi là điện phổ

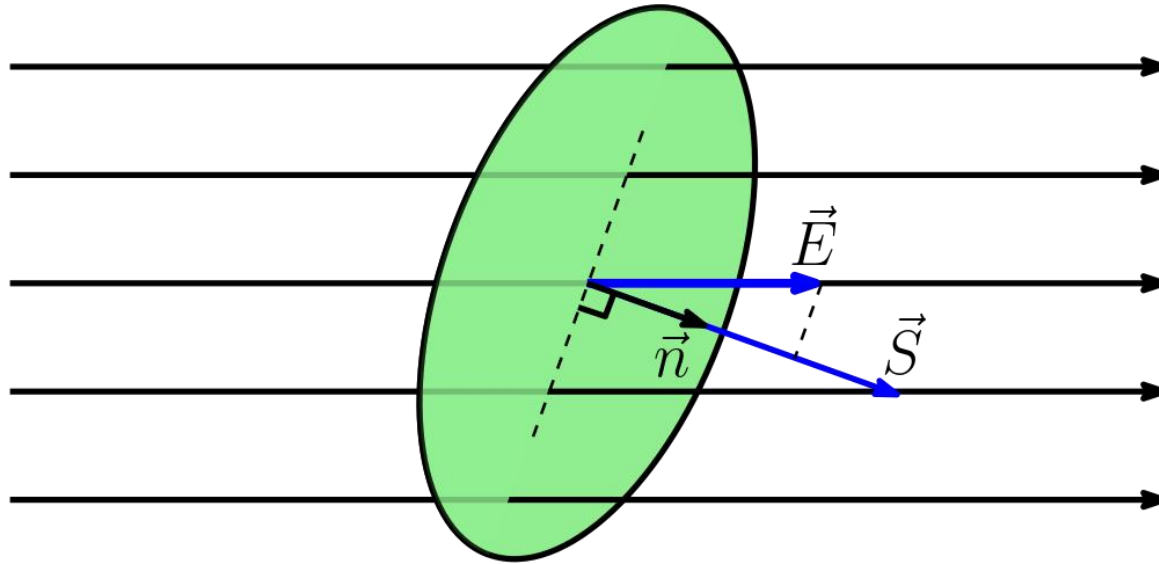
# ĐIỆN THÔNG, ĐỊNH LÝ OSTROGRADSKY-GAUSS

## ❖ Điện phổ



# ĐIỆN THÔNG, ĐỊNH LÝ OSTROGRADSKY-GAUSS

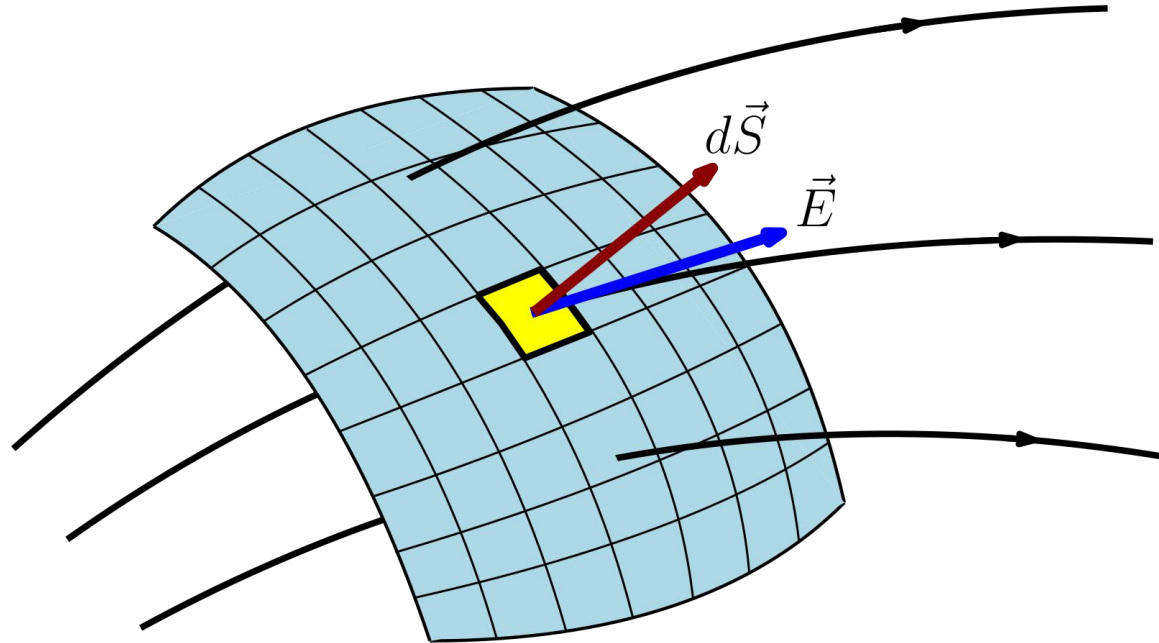
## ❖ Điện thông (thông lượng điện trường)



- Mặt phẳng có diện tích  $S$  đặt trong điện trường đều có cường độ điện trường  $E$ .
- Thông lượng điện trường:  $\Phi_e = \vec{E} \cdot \vec{S}$
- $\vec{S} = S \cdot \vec{n}$  là véc tơ diện tích, hướng theo phương pháp tuyến của  $S$  và có độ lớn bằng chính diện tích của mặt  $S$
- Véc tơ pháp tuyến luôn hướng ra phía ngoài của mặt  $S$

# ĐIỆN THÔNG, ĐỊNH LÝ OSTROGRADSKY-GAUSS

## ❖ Điện thông (thông lượng điện trường)



- Diện tích  $S$  có hình dạng bất kỳ

$$\Phi_e = \int_{(S)} d\Phi_e = \int \vec{E} \cdot d\vec{S}$$

- Ý nghĩa: “Thông lượng điện trường là đại lượng có trị số cân bằng với số đường sức điện trường xuyên qua diện tích đó”

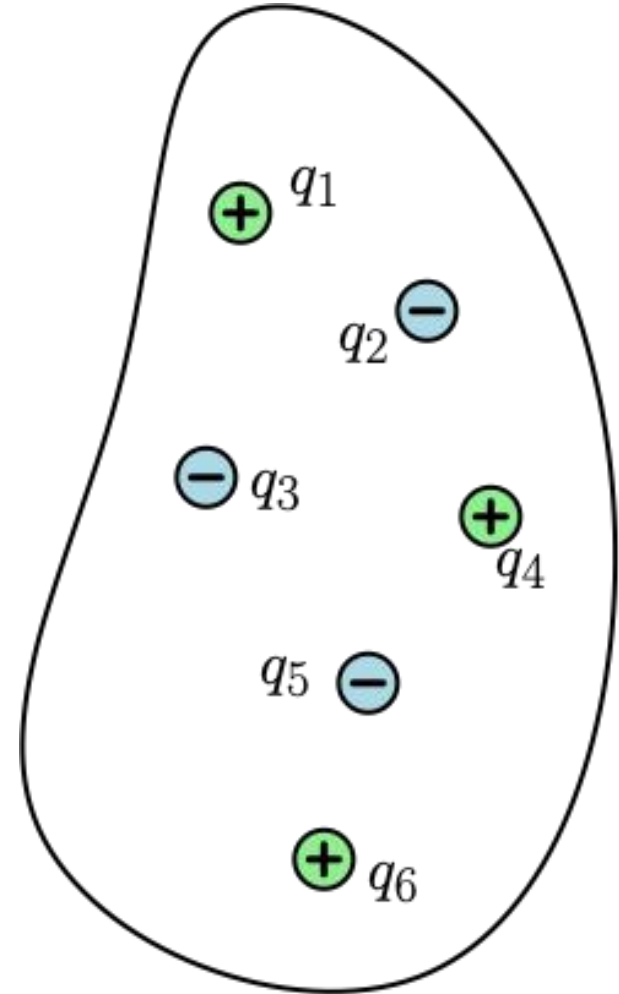
# ĐIỆN THÔNG, ĐỊNH LÝ OSTROGRADSKY-GAUSS

## ❖ Định lý Ostrogradsky-Gauss

- Mặt kín  $S$  bao quanh các điện tích điểm

$$\Phi_e = \int_{(S)} \vec{E} \cdot d\vec{S} = \frac{\sum_i q_i}{\epsilon_0 \epsilon}$$

- “Điện thông gửi qua một mặt kín có giá trị bằng tổng đại số các điện tích chứa trong mặt kín ấy chia cho
- Mặt cong kín (mặt Gauss) thường được chọn có hình dạng đối xứng để đơn giản bài toán.
- Chú ý: điện thông gây ra bởi điện tích dương mang giá trị dương, điện thông gây ra bởi điện tích dương mang giá trị âm



# ĐIỆN THÔNG, ĐỊNH LÝ OSTROGRADSKY-GAUSS

## ❖ Định lý Ostrogradsky-Gauss

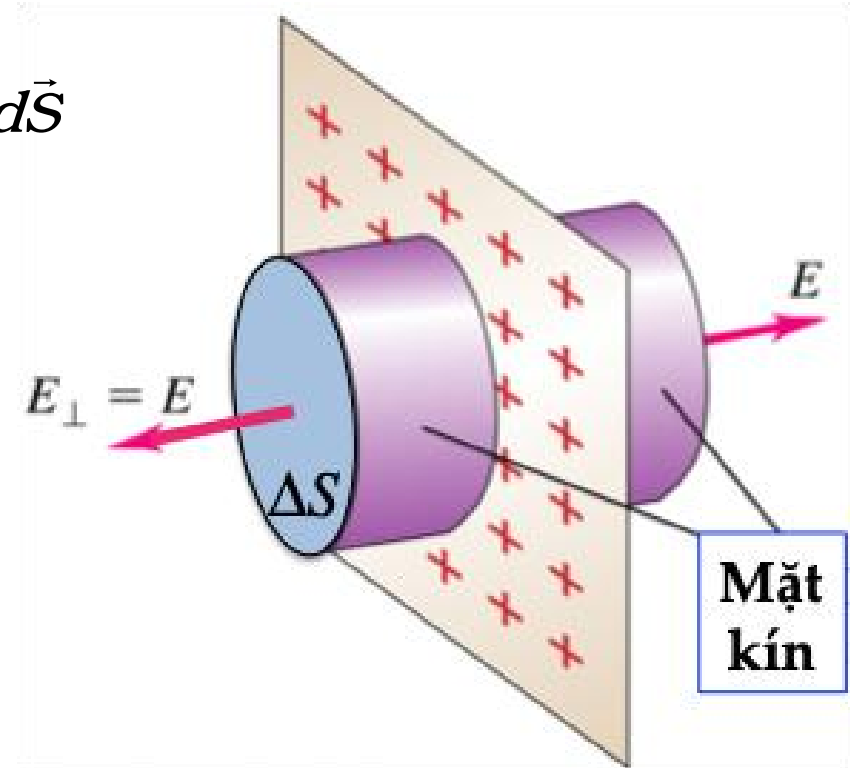
- Ví dụ áp dụng: Xác định điện trường do một mặt phẳng vô hạn tích điện đều với mật độ  $\sigma$  (C/m<sup>2</sup>) gây ra

- $$\Phi_e = \oint_{(S)} \vec{E} \cdot d\vec{S} = \underbrace{\oint_{(S)} \vec{E} \cdot d\vec{S}}_{\text{Mặt bên}} + \underbrace{\oint_{(S)} \vec{E} \cdot d\vec{S}}_{\text{Hai đáy}}$$

- $$\oint_{(S)} \vec{E} \cdot d\vec{S} = 0$$

- $$\oint_{(S)} \vec{E} \cdot d\vec{S} = 2E \cdot \Delta S$$

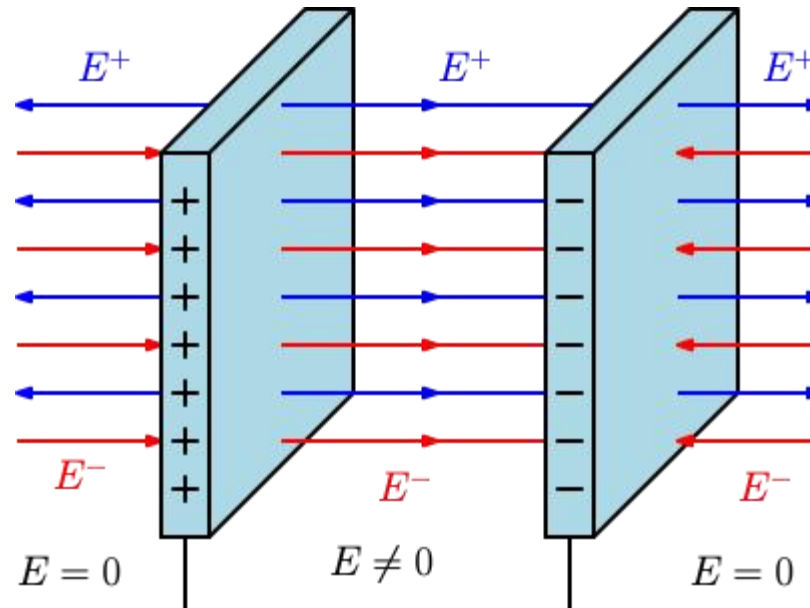
- $$\Phi_e = 2E \cdot \Delta S = \frac{\Delta q}{\epsilon_0 \epsilon} = \frac{\sigma \Delta S}{\epsilon_0 \epsilon} \Rightarrow E = \frac{\sigma}{2\epsilon_0 \epsilon}$$



# ĐIỆN THÔNG, ĐỊNH LÝ OSTROGRADSKY-GAUSS

## ❖ Định lý Ostrogradsky-Gauss

- Ví dụ áp dụng: điện trường bên trong tụ điện



- Điện trường chỉ tồn tại bên trong tụ điện
- Bên ngoài tụ điện điện trường do hai bản tụ triệt tiêu nhau
- Độ lớn của điện trường bên trong tụ điện

$$E = E^+ + E^- = \frac{\sigma}{\epsilon_0 \epsilon}$$



# ĐIỆN THỂ

## ❖ Tính chất thế của trường tĩnh điện

- Giả sử điện tích  $q_0$  di chuyển từ M đến N trong điện trường của điện tích  $q$
- Công của lực điện trường bằng

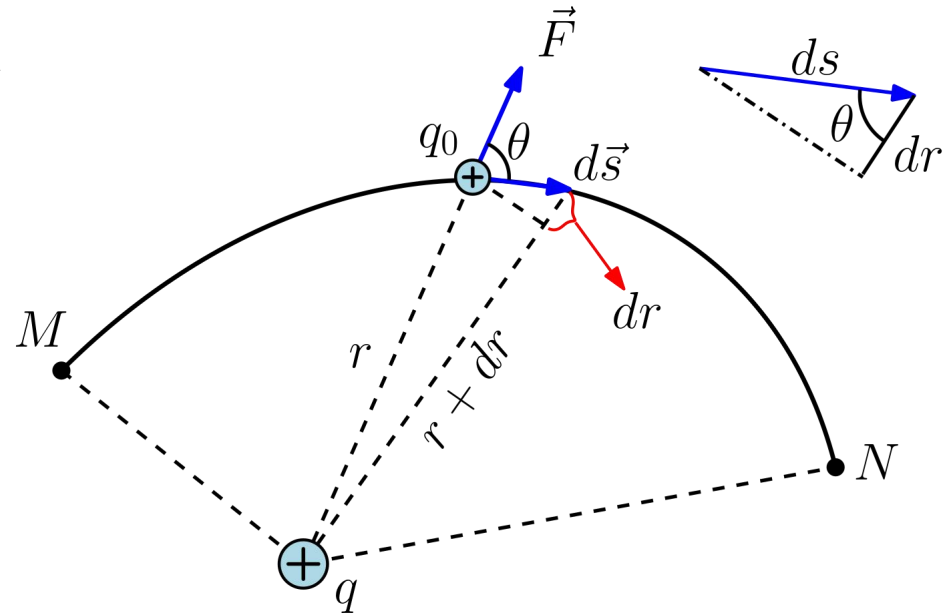
$$\circ A_{MN} = \int_M^N dA = \int_M^N \vec{F} \cdot d\vec{s}$$

$$\circ dA = \vec{F} \cdot d\vec{s} = F \cdot ds \cdot \cos \theta$$

$$= k \frac{qq_0}{r^2} \cdot ds \cdot \cos \theta$$

$$= k \frac{qq_0}{r^2} \cdot dr \quad (\text{vì } ds \cdot \cos \theta = dr)$$

$$\circ A_{MN} = \int_M^N dA = \int_M^N k \frac{qq_0}{r^2} \cdot dr = k \frac{qq_0}{r_M} - k \frac{qq_0}{r_N}$$





# ĐIỆN THỂ

## ❖ Tính chất thế của trường tĩnh điện

- Nhận xét

$$A_{MN} = k \frac{qq_0}{r_M} - k \frac{qq_0}{r_N}$$

“Công của lực tĩnh điện chỉ phụ thuộc vào điểm đầu và điểm cuối của quỹ đạo mà không phụ thuộc vào dạng quỹ đạo.”

- Kết luận:  $\Rightarrow$  “Trường tĩnh điện có tính chất thế”

## ❖ Thế năng của một điện tích trong điện trường

- Bảo toàn năng lượng:  $A_{MN} = W_{tM} - W_{tN}$

- Quy ước thế năng tại vô cùng bằng không, do đó

$$A_{M\infty} = k \frac{q_0q}{r_M} - k \frac{q_0q}{\infty} = k \frac{q_0q}{r_M}$$

$$A_{M\infty} = W_{tM} - W_{t\infty} = W_{tM} \Rightarrow W_{tM} = k \frac{q_0q}{r_M}$$

- Vậy biểu thức thế năng của điện tích trong điện trường là

$$W_t(r) = k \frac{q_0q}{r}$$

# ĐIỆN THỂ

## ❖ Điện thế

- Đại lượng đặc trưng cho điện trường về mặt thế năng (tức là khả năng sinh công)
- Xác định bằng

$$V(r) = \frac{W_t(r)}{q_0} = k \frac{q}{r}$$

- Đơn vị: Vôn (V)

## ❖ Hiệu điện thế

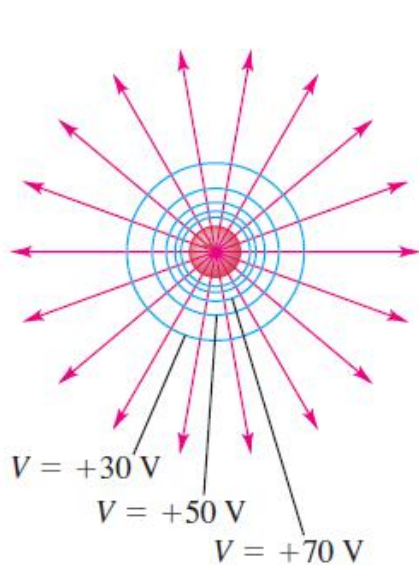
$$A_{MN} = W_{tM} - W_{tN} = q_0(V_M - V_N) = q_0 U_{MN}$$

- Đại lượng  $U_{MN}$  được gọi là hiệu điện thế giữa hai điểm M, N trong điện trường
- Ý nghĩa của hiệu điện thế: nếu chọn  $q_0 = +1$  C thì  $U_{MN} = A_{MN}$
- $\Rightarrow$  “Hiệu điện thế giữa hai điểm M và N trong điện trường có giá trị bằng công của lực điện trường làm di chuyển một đơn vị điện tích dương giữa hai điểm ấy”

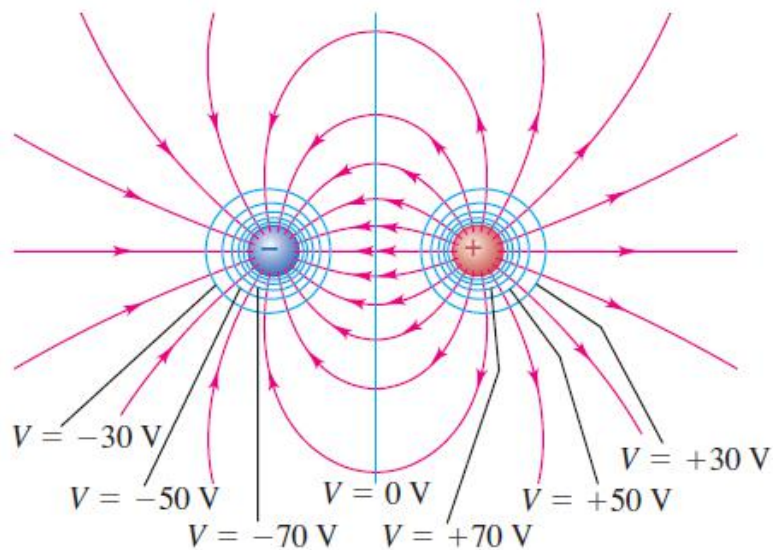
# ĐIỆN THỂ

## ❖ Mặt đẳng thế

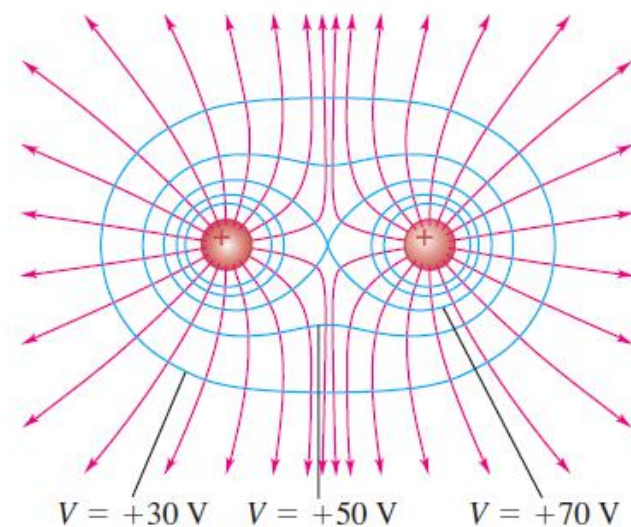
- “Mặt đẳng thế là quỹ tích của những điểm có cùng thế năng”
- Ví dụ



Hạt điện tích dương



Lưỡng cực điện



Hệ hai điện tích dương

# ĐIỆN THỂ

## ❖ Tính chất của mặt đẳng thế

- TC1: “Công của lực tĩnh điện trong sự di chuyển một điện tích bất kỳ  $q_0$  trên mặt đẳng thế bằng không”

$$A_{MN} = q_0 (V_M - V_N)$$
$$V_M = V_N \Rightarrow A_{MN} = 0$$

- TC2: “Véc tơ cường độ điện trường tại mọi điểm trên mặt đẳng thế luôn vuông góc với mặt đẳng thế tại điểm đó”

$$A_{MN} = 0 \Rightarrow \int_M^N \vec{F} \cdot d\vec{s} = 0 \Rightarrow \vec{F} \cdot d\vec{s} = 0$$
$$\Rightarrow q\vec{E} \cdot d\vec{s} = 0 \Rightarrow \vec{E} \cdot d\vec{s} = 0 \Rightarrow \vec{E} \perp d\vec{s}$$



**HỌC VIỆN NÔNG NGHIỆP VIỆT NAM**  
**VIETNAM NATIONAL UNIVERSITY OF AGRICULTURE**

# Hết chương 7

**Nguyễn Tiến Hiến - Bộ môn Vật lý**

**Email: [nguyentienhien@vnua.edu.vn](mailto:nguyentienhien@vnua.edu.vn)**

**Webpage: <http://fita.vnua.edu.vn/nthien/>**