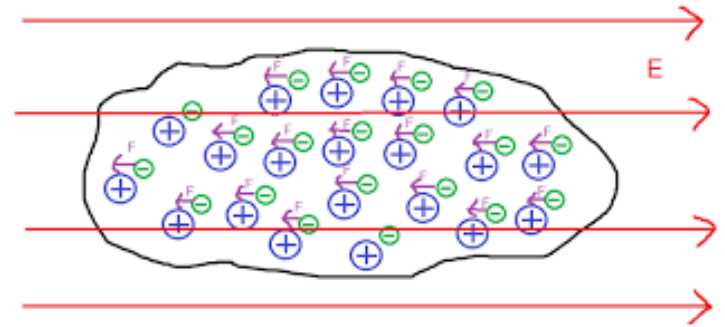


## CHƯƠNG 2



# VẬT DẪN TRONG TỈNH ĐIỆN TRƯỜNG





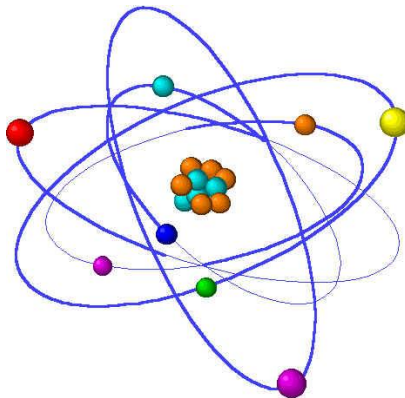
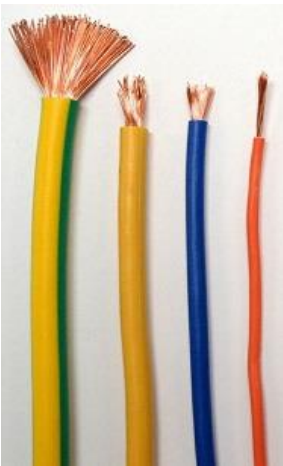
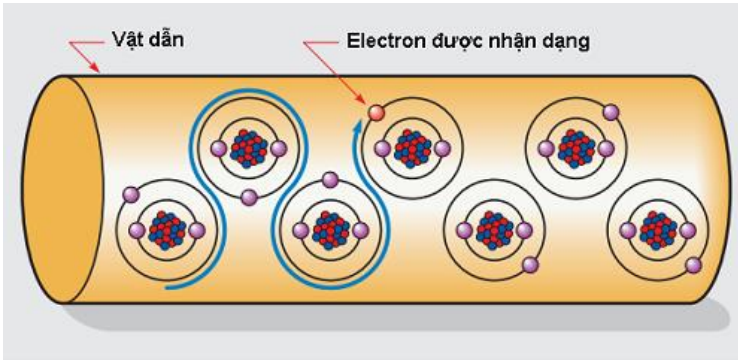
# NỘI DUNG

- 1. Vật dẫn cân bằng điện**
- 2. Hiện tượng hưởng ứng tĩnh điện**
- 3. Điện dung – Tụ điện**
- 4. Năng lượng điện trường**



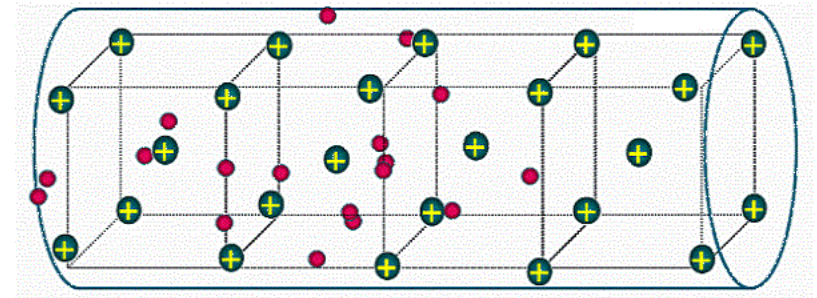
# 1. VẬT DẪN CÂN BẰNG ĐIỆN

## 1.1. Vật dẫn



**Electron tự do**

➤ Vật dẫn điện (VĐĐ) là những vật có chứa những điện tích tự do.



➤ VĐĐ ở trạng thái tự nhiên trung hòa về điện tích.

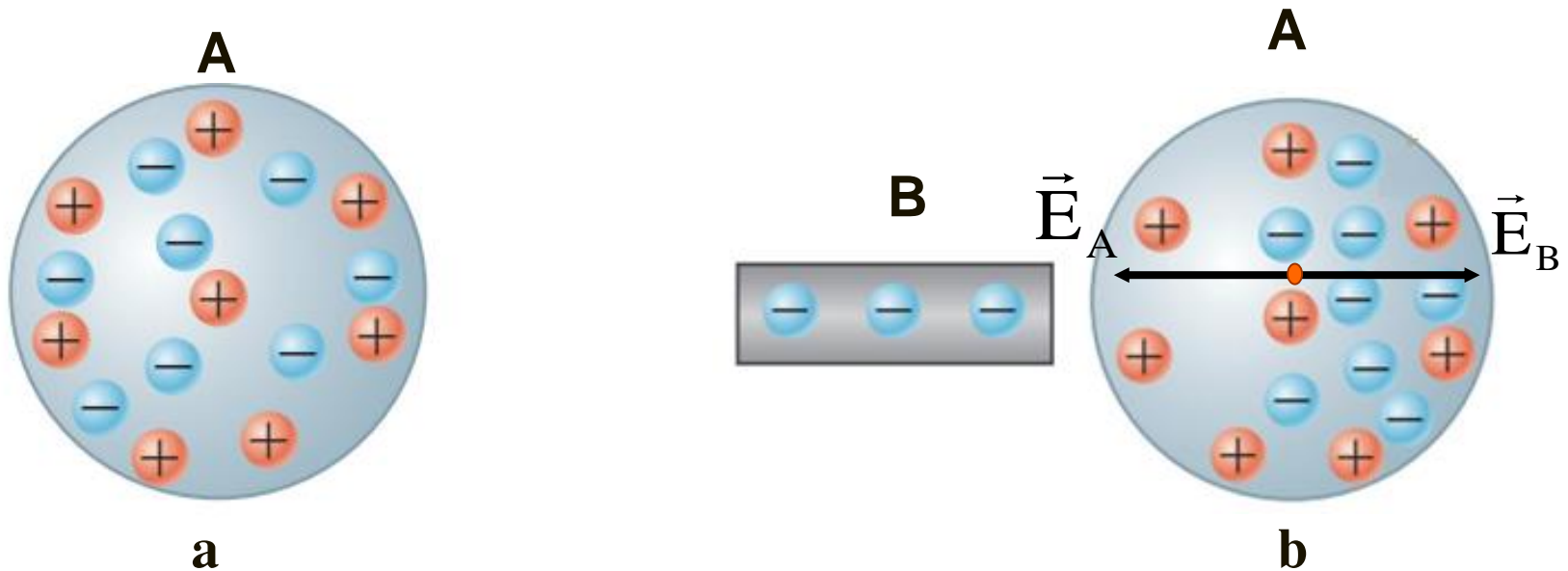
➤ Khi chưa có điện trường tác dụng vào VĐĐ thì các e tự do luôn luôn chuyển động hỗn loạn.



# 1. VẬT DẪN CÂN BẰNG ĐIỆN

## 1.2. Trạng thái cân bằng tĩnh điện

Khi tác dụng một điện trường ngoài, các e tự do sẽ phân bố lại

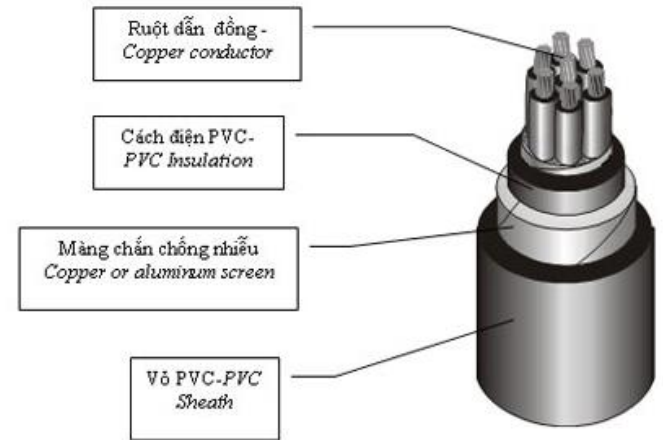
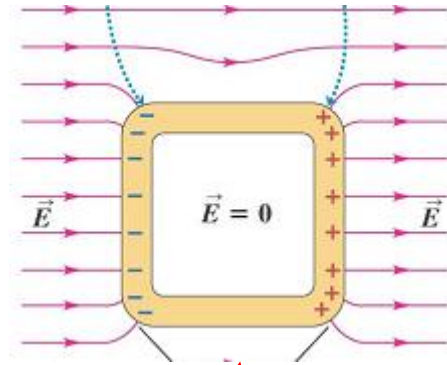
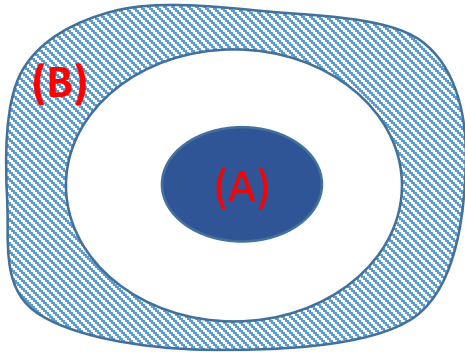


⇒ Trạng thái cân bằng tĩnh điện:  $\vec{E}_A + \vec{E}_B = 0$

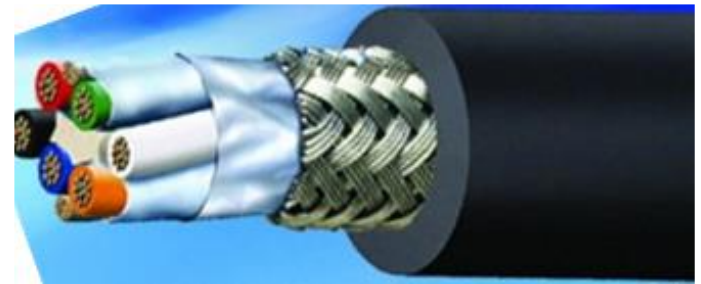


# 1. VẬT DẪN CÂN BẰNG ĐIỆN

## 1.3. Tính chất của vật dẫn cân bằng tĩnh điện



Lồng Faraday



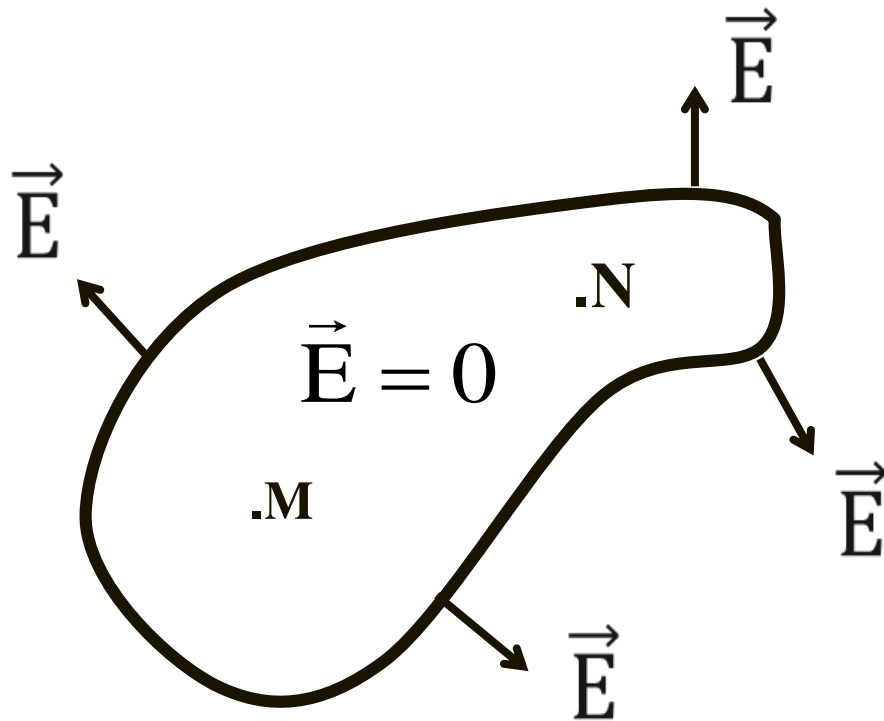
a. Vật dẫn nằm trong vật dẫn rỗng khác sẽ không bị ảnh hưởng của điện trường bên ngoài  $\Rightarrow$  Màn chắn điện.



# 1. VẬT DẪN CÂN BẰNG ĐIỆN

## 1.3. Tính chất của vật dẫn cân bằng tĩnh điện

b. Vật dẫn điện là vật đẳng thế



Xét hai điểm M và N bất kì:

$$V_M - V_N = \int_M^N \vec{E} \cdot d\vec{\ell}$$

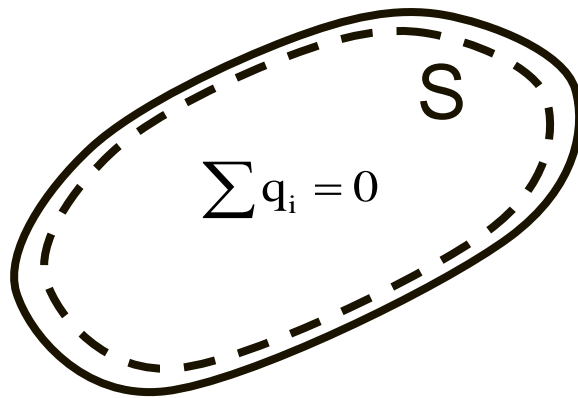
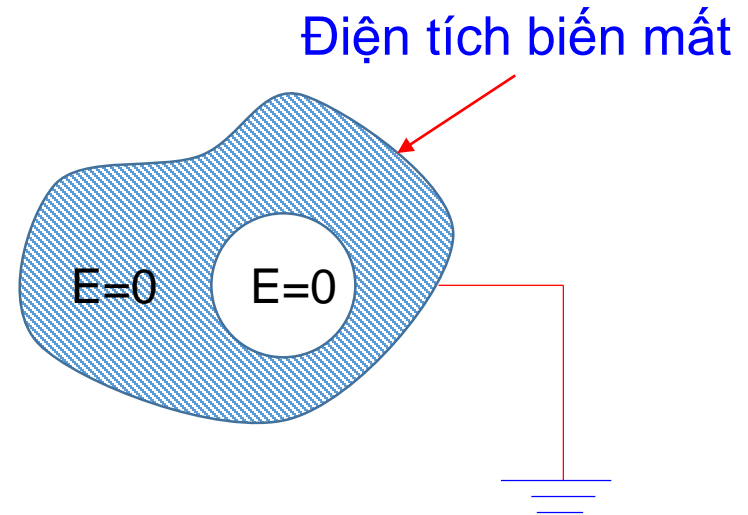
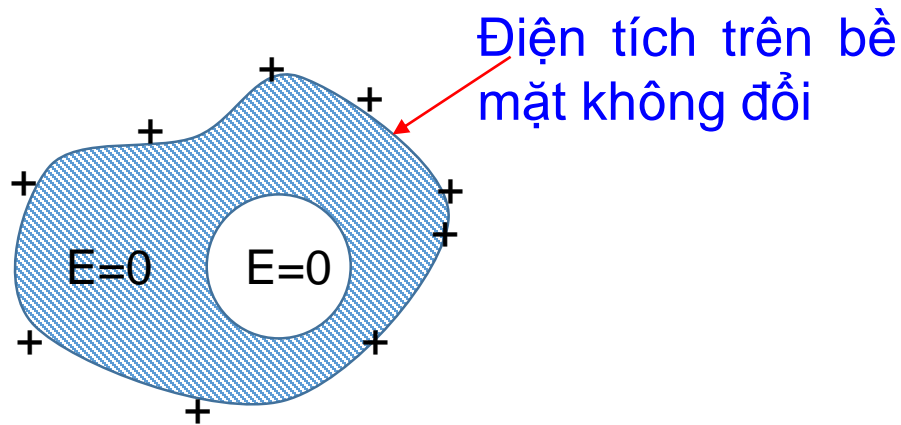
$$\vec{E} = 0 \Rightarrow V = \text{const}$$



# 1. VẬT DẪN CÂN BẰNG ĐIỆN

## 1.3. Tính chất của vật dẫn cân bằng tĩnh điện

c. Điện tích chỉ phân bố trên bề mặt vật dẫn điện



$$\oint_S \vec{E} \cdot d\vec{S} = \frac{1}{\epsilon_0} \sum_i q_i$$

$$\vec{E} = 0 \Rightarrow \sum_i q_i = 0$$

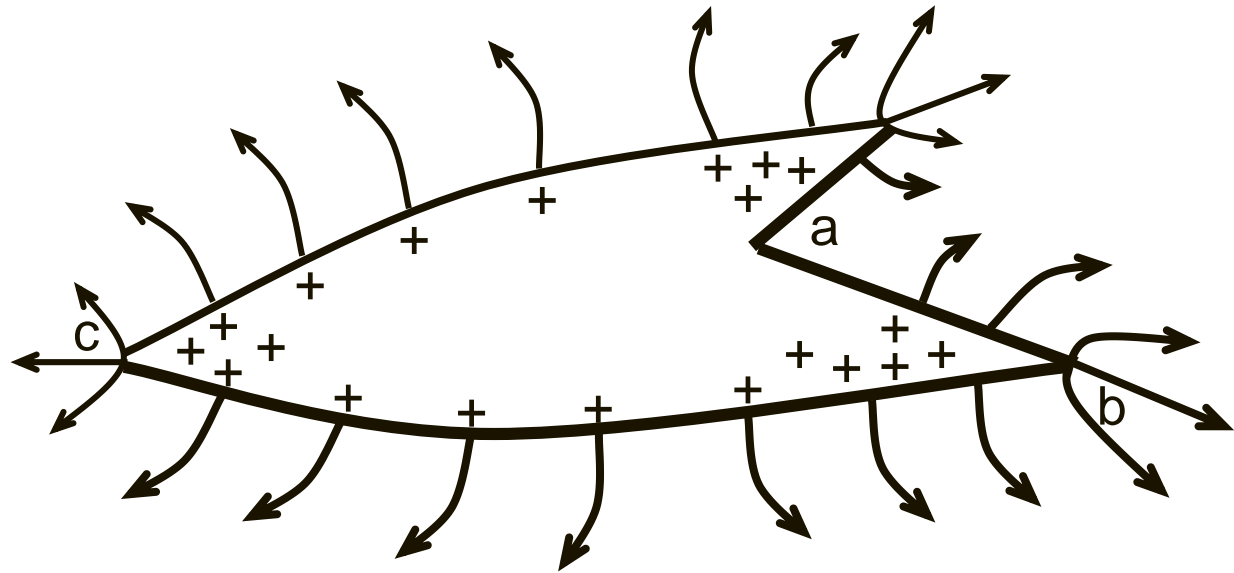




# 1. VẬT DẪN CÂN BẰNG ĐIỆN

## 1.3. Tính chất của vật dẫn cân bằng tĩnh điện

c. Điện tích chỉ phân bố trên bề mặt vật dẫn điện



- Vật đối xứng, điện tích phân bố đều trên bề mặt
- Vật không đối xứng, điện tích tập trung tại nơi có bán kính cong nhỏ nhất





# 1. VẬT DẪN CÂN BẰNG ĐIỆN

## 1.3. Tính chất của vật dẫn cân bằng tĩnh điện

**Ví dụ 2.1:** Hai quả cầu kim loại có bán kính  $R_1$  và  $R_2$  được nối với nhau bởi 1 sợi dây kim loại mỏng. Tích cho hai quả cầu một lượng điện tích  $Q$ . Tính điện tích  $Q_1$  và  $Q_2$  mà mỗi quả cầu nhận được.

**Bài giải:**

Ta có:

$$Q = Q_1 + Q_2 \quad (1)$$

Ở trạng thái cân bằng điện, ta có:

$$V_1 = V_2$$



$$k \frac{Q_1}{R_1} = k \frac{Q_2}{R_2}$$

$$Q_1 = \frac{R_1}{R_2} Q_2 \quad (2)$$

Giải hệ (1) và (2) ta thu được:

$$Q_1 = \frac{R_1}{R_1 + R_2} Q$$

$$Q_2 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} Q$$



# 1. VẬT DẪN CÂN BẰNG ĐIỆN

## 1.3. Tính chất của vật dẫn cân bằng tĩnh điện

**Ví dụ 2.2:** Hai quả cầu kim loại có bán kính  $R_1$  và  $R_2$  được nối với nhau bởi 1 sợi dây kim loại mỏng. Ở trạng thái cân bằng điện, hãy xác định tỉ số cường độ điện trường trên bề mặt của 2 quả cầu.

**Bài giải:**

Cường độ điện trường tại bề mặt của quả cầu 1:  $E_1 = k \frac{Q_1}{R_1^2}$

Cường độ điện trường tại bề mặt của quả cầu 2:  $E_2 = k \frac{Q_2}{R_2^2}$

➡ Tỉ số cường độ:  $\frac{E_1}{E_2} = \frac{R_2^2}{R_1^2} \frac{Q_1}{Q_2} \quad (1)$

Ở trạng thái cân bằng:  $V_1 = V_2$

➡  $k \frac{Q_1}{R_1} = k \frac{Q_2}{R_2}$

➡  $\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{R_1}{R_2}$

Thay vào (1), ta được:

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{R_2}{R_1}$$



# 1. VẬT DẪN CÂN BẰNG ĐIỆN

## 1.3. Tính chất của vật dẫn cân bằng tĩnh điện

Chọn phát biểu **đúng**:

- A)** Hòn bi sắt nằm trên bàn gỗ khô, sau khi được tích điện thì điện tích phân bố đều trong thể tích hòn bi.
- B)** Vật tích điện mà có điện tích phân bố trong thể tích của vật thì chắc chắn nó không phải là kim loại.
- C)** Một lá thép hình lục giác đều được tích điện, thì điện tích sẽ phân bố đều trên bề mặt lá thép.
- D)** Các vật bằng kim loại, nếu nhiễm điện thì điện tích luôn phân bố đều trên mặt ngoài của vật.

Tích điện  $Q < 0$  cho một quả tạ hình cầu bằng thép. Phát biểu nào sau đây là SAI?

- A)** Điện tích không phân bố trong lòng quả tạ.
- B)** Ở trong lòng quả tạ, cường độ điện trường triệt tiêu.
- C)** Điện tích phân bố đều trên bề mặt quả tạ.
- D)** Điện thế tại tâm O lớn hơn ở bề mặt quả tạ.



# 1. VẬT DẪN CÂN BẰNG ĐIỆN

## 1.3. Tính chất của vật dẫn cân bằng tĩnh điện

d. Vectơ điện trường ở sát mặt ngoài vật dẫn vuông góc với bề mặt vật dẫn và có cường độ  $\sigma/\epsilon_0$

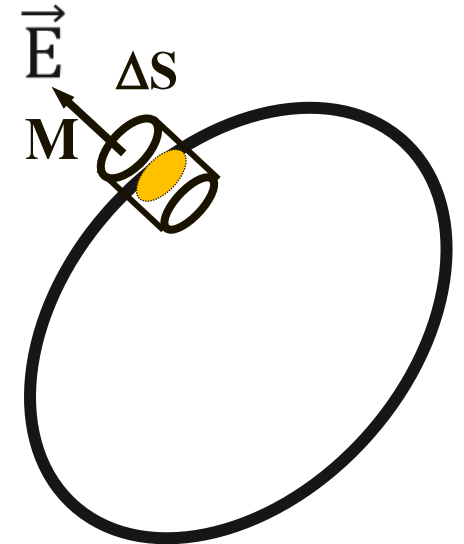
○ Theo mối quan hệ E và V:

$$V_M - V_N = \int_M^N \vec{E} \cdot d\vec{\ell} = 0 \Rightarrow \vec{E} \perp d\vec{\ell}$$

○ Theo định lý Gauss:

$$\oint_S \vec{E} \cdot d\vec{S} = \int_{\Delta S} \vec{E} \cdot d\vec{S} = E \Delta S = \frac{1}{\epsilon_0} \sigma \Delta S$$

$$\boxed{\vec{E} = \frac{\sigma}{\epsilon_0}}$$

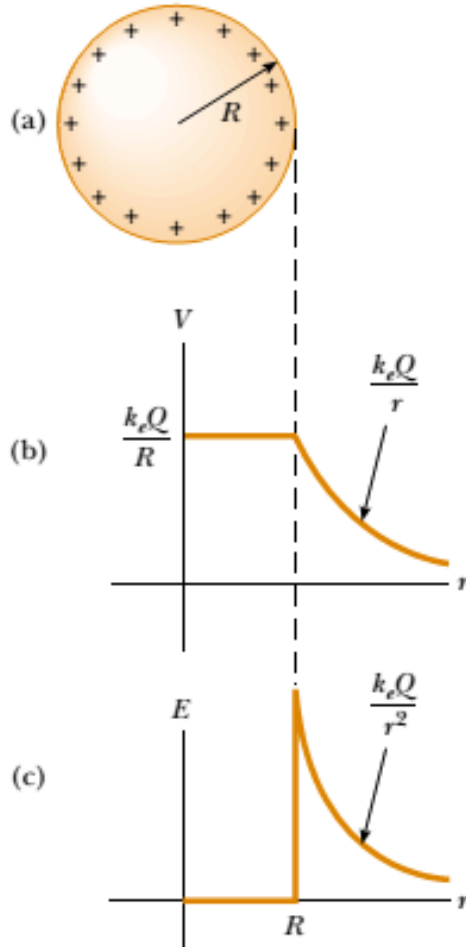


$\vec{E}$  cận mặt ngoài VDD



# 1. VẬT DẪN CÂN BẰNG ĐIỆN

## 1.3. Tính chất của vật dẫn cân bằng tĩnh điện



❖ Tại mọi điểm bên trong và trên vật dẫn

$$V = k \frac{Q}{R}$$

❖ Tại điểm bên ngoài vật dẫn ( $r > R$ )

$$V = k \frac{Q}{r} \quad E = k \frac{|Q|}{r^2}$$

❖ Tại mọi điểm bên trong vật dẫn

$$E = 0$$

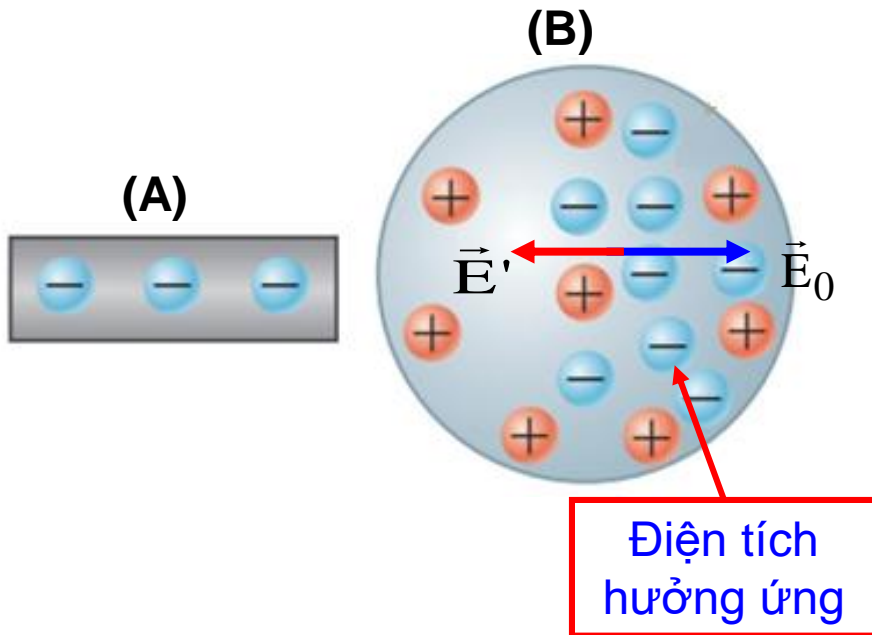
❖ Tại điểm trên bề mặt vật dẫn

$$E = k \frac{|Q|}{R^2}$$



## 2. HƯỞNG ỨNG TĨNH ĐIỆN

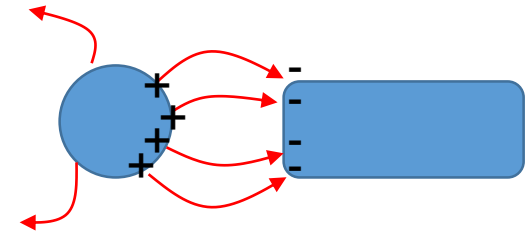
### 2.1. Hiện tượng hưởng ứng điện



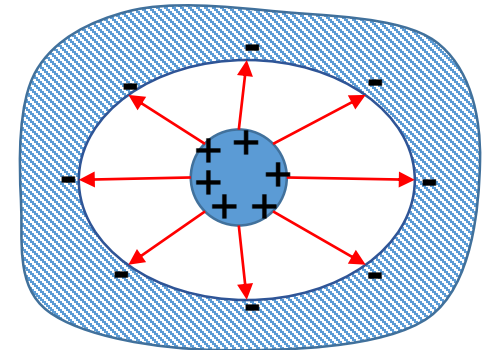
⇒ Hiện tượng hưởng ứng điện

Có 02 loại hưởng ứng điện

➤ Hưởng ứng một phần



➤ Hưởng ứng toàn phần

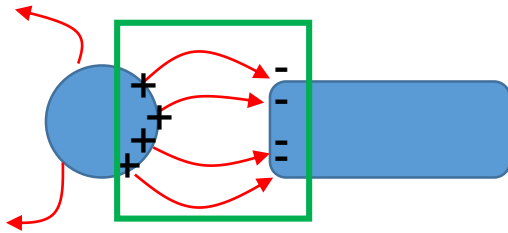




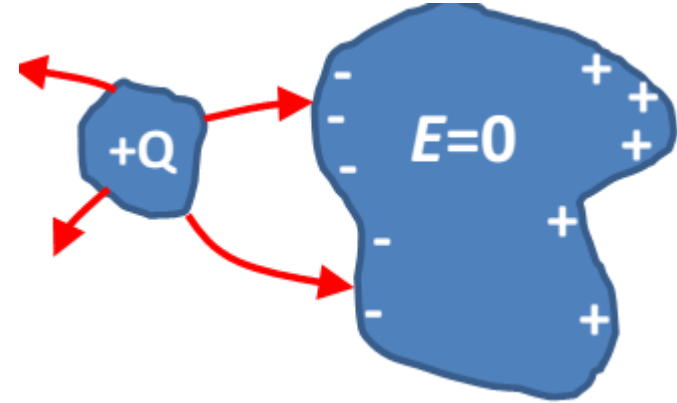
## 2. HƯỞNG ỨNG TĨNH ĐIỆN

### 2.1. Hiện tượng hưởng ứng điện

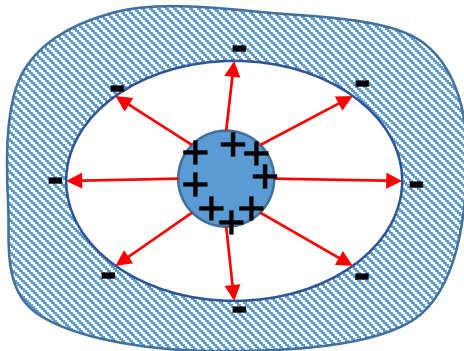
a. Hưởng ứng một phần



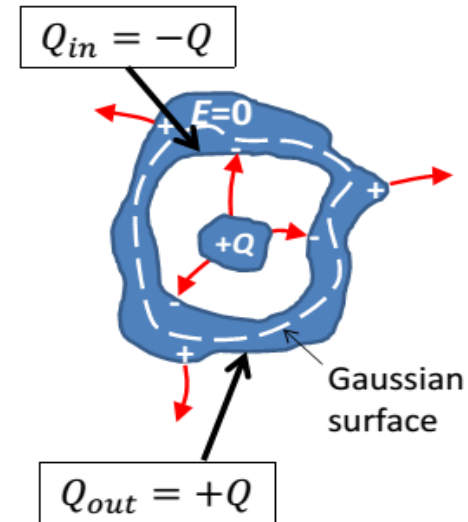
$$q < -q'$$



b. Hưởng ứng toàn phần



$$q = -q'$$

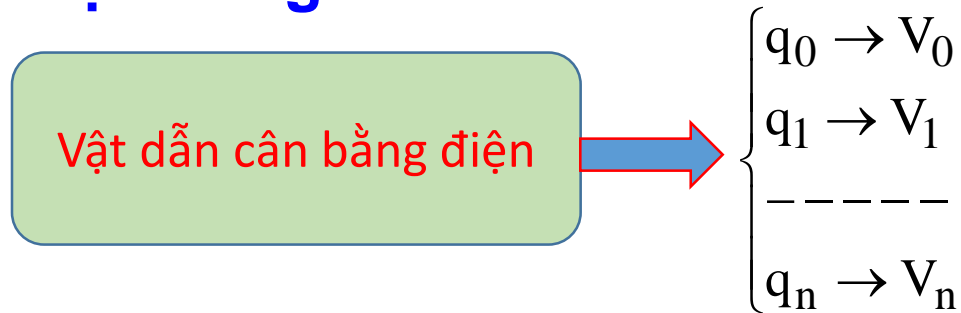






# 3. ĐIỆN DUNG – TỤ ĐIỆN

## 3.1. Điện dung



Nhưng tỉ số:  $\frac{q_0}{V_0} = \frac{q_1}{V_1} = \dots = \frac{q_n}{V_n} = \text{Const.}$

Chỉ phụ thuộc hình dạng, kích thước của vật dẫn

Đặt:

$$C = \frac{q}{V}$$

$\Rightarrow$  Gọi là điện dung

Đơn vị: F (Fara)  
 $1F = 1C/1V$

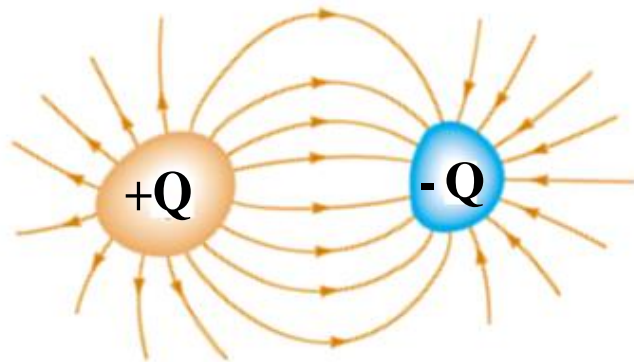
**Ví dụ 2.3:** Tính điện dung của Trái Đất?

$$C = \frac{Q}{V} = \frac{Q}{kQ/R} = 4\pi\epsilon_0 R$$



# 3. ĐIỆN DUNG – TỤ ĐIỆN

## 3.2. Tụ điện

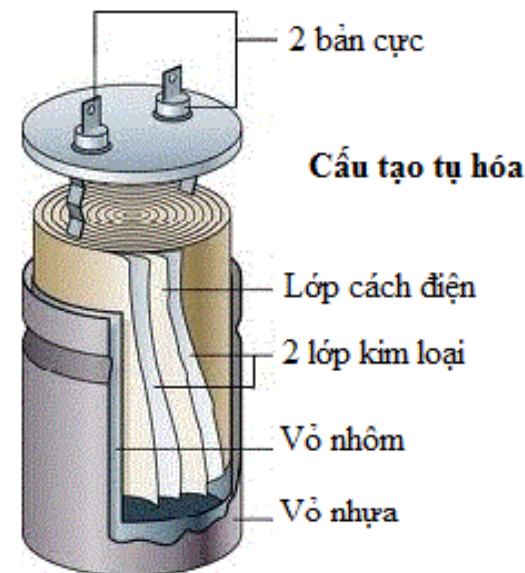
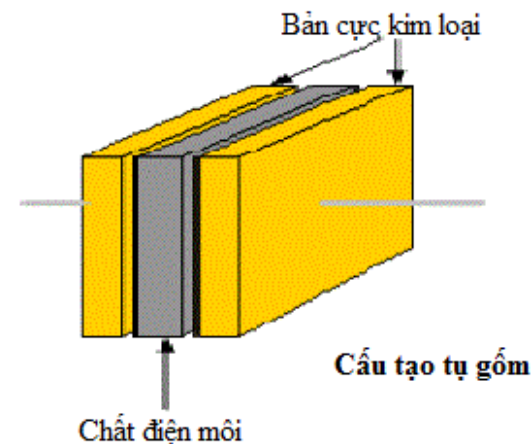


➤ Tụ điện là một hệ gồm hai vật dẫn được đặt rất gần nhau ngăn cách bởi một chất cách điện.

➤ Điện dung của tụ điện:

$$C = \frac{q}{V_1 - V_2} = \frac{q}{U}$$

⇒ Đặc trưng cho khả năng tích điện của tụ





# 3. ĐIỆN DUNG – TỤ ĐIỆN

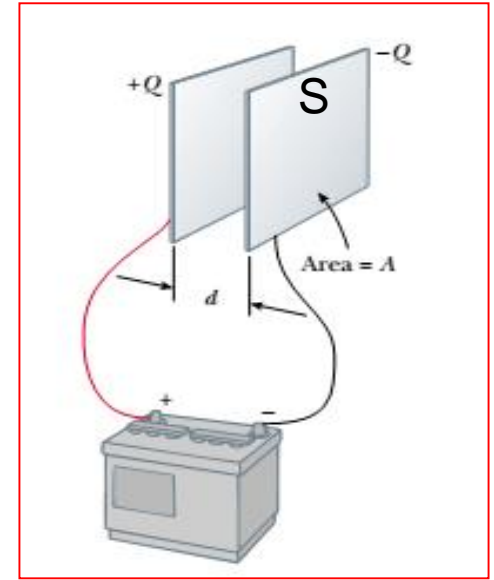
## 3.2. Tụ điện

### a. Tụ điện phẳng

$$C = \epsilon_0 \frac{S}{d}$$

$$C = \epsilon_0 \epsilon \frac{S}{d}$$

Chất điện môi

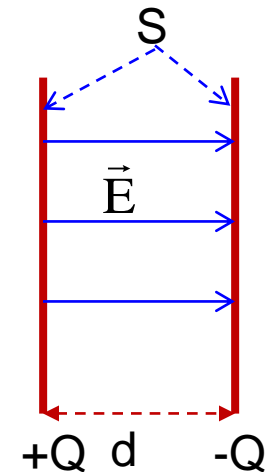


Thật vậy, theo mối quan hệ giữa E và V:

$$-dV = E dr$$

$$\Leftrightarrow -\int_{V_1}^{V_2} dV = \int_0^d E dr \Leftrightarrow V_1 - V_2 = U = E \cdot d$$

$$\Rightarrow U = E \cdot d = \frac{\sigma}{\epsilon_0} d = \frac{Q}{\epsilon_0 S} d \Rightarrow C = \frac{Q}{U} = \epsilon_0 \frac{S}{d}$$





# 3. ĐIỆN DUNG – TỤ ĐIỆN

## 3.2. Tụ điện

**Ví dụ 2.3:** Một neuron (tế bào thần kinh) được xem như một tụ điện phẳng, màng tế bào xem như chất điện môi và các ion mang điện tích trái dấu trên bản. Tìm điện dung của neuron và số ion (giả sử là điện tích cơ bản  $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{C}$ ) cần thiết để lập một hiệu điện thế 85 mV. Giả sử màng tế bào có hằng số điện môi  $\epsilon = 3$ , dày 10 nm, diện tích  $1 \cdot 10^{-10} \text{ m}^2$ .

### Bài giải:

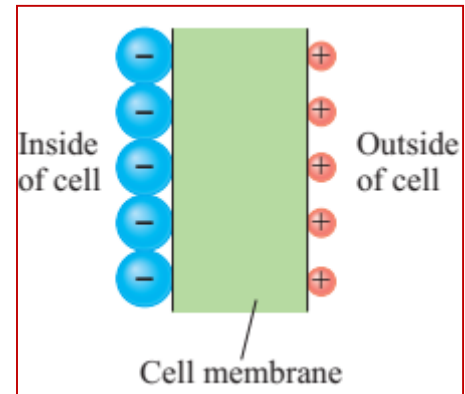
Điện dung của tế bào:

$$C = \epsilon_0 \epsilon \frac{S}{d} = 3 \times 8,85 \cdot 10^{-12} \frac{1 \cdot 10^{-10}}{10 \cdot 10^{-9}} = 2,7 \cdot 10^{-13} \text{ (F)}$$



Điện tích của tế bào:

$$Q = CU = 2,7 \cdot 10^{-13} \times 85 \cdot 10^{-3} = 2,3 \cdot 10^{-14} \text{ (C)}$$



Mặt khác

$$Q = N \cdot e \quad \Rightarrow \quad \text{Số ion cần thiết}$$

$$N = \frac{Q}{e} = \frac{2,3 \cdot 10^{-14}}{1,6 \cdot 10^{-19}} = 1,44 \cdot 10^5 \text{ (ion)}$$

# 3. ĐIỆN DUNG – TỤ ĐIỆN

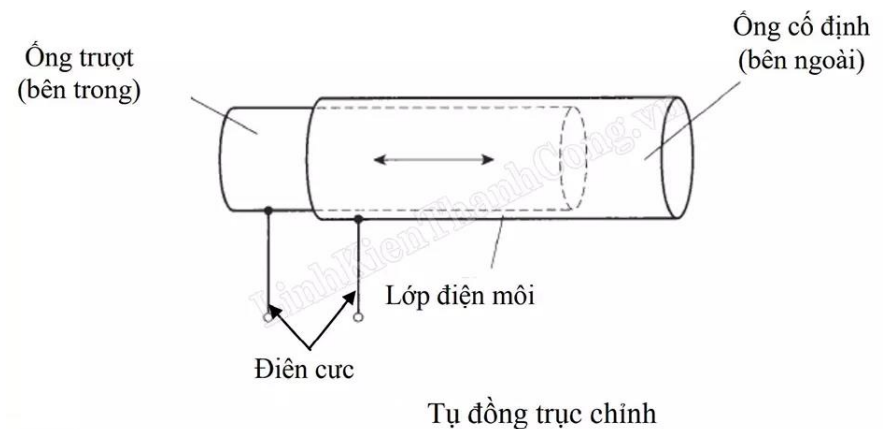
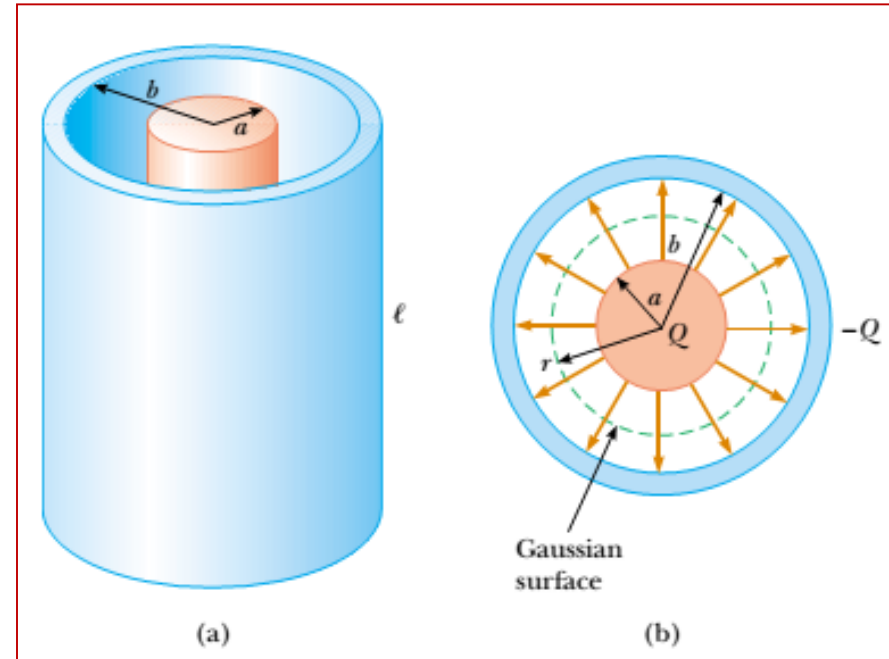
## 3.2. Tụ điện

### b. Tụ điện trụ

$$C = \frac{2\pi\epsilon_0 \cdot h}{\ln\left(\frac{R_2}{R_1}\right)}$$

Nếu  $d = R_2 - R_1 \ll R_1$ , thì:

$$C = \epsilon_0 \frac{S}{d} \quad (S = 2\pi R_1 \cdot h)$$





# 3. ĐIỆN DUNG – TỤ ĐIỆN

## 3.2. Tụ điện

### b. Tụ điện trụ

❖ Tìm E tại  $R_1 < r < R_2$

- Theo định nghĩa về điện thông

$$\phi_e = E.S = E.2\pi r.h$$

- Theo định lý Gauss về điện thông

$$\phi_e = \frac{Q}{\epsilon_0}$$



$$E = \frac{1}{2\pi\epsilon_0} \frac{Q}{r.h}$$

Vậy, điện dung tụ điện trụ:

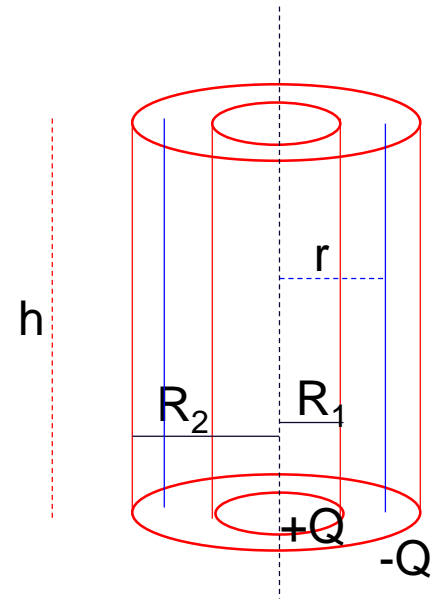
$$C = \frac{Q}{U} = \frac{2\pi\epsilon_0.h}{\ln\left(\frac{R_2}{R_1}\right)}$$

Đặt  $R_2 - R_1 = d$  là khoảng cách 2 mặt trụ

❖ Nếu  $d \ll R_1$  thì

$$\ln\left(\frac{R_2}{R_1}\right) = \ln\left(\frac{R_1 + d}{R_1}\right) = \ln\left(1 + \frac{d}{R_1}\right) \approx \frac{d}{R_1}$$

$$\Rightarrow C = \frac{2\pi\epsilon_0.h}{d/R_1} = \epsilon_0 \frac{2\pi R_1 h}{d} = \epsilon_0 \frac{S}{d}$$



❖ Tìm h.đ.thế giữa 2 mặt trụ:

$$-dV = Edr = \frac{1}{2\pi\epsilon_0} \frac{Q}{r.h} dr$$

$$\Rightarrow -\int_{V_1}^{V_2} dV = \frac{1}{2\pi\epsilon_0} \frac{Q}{h} \int_{R_1}^{R_2} \frac{dr}{r}$$

$$V_1 - V_2 = U = \frac{1}{2\pi\epsilon_0} \frac{Q}{h} \cdot \ln\left(\frac{R_2}{R_1}\right)$$



# 3. ĐIỆN DUNG – TỤ ĐIỆN

## 3.2. Tụ điện

**Ví dụ 2.4:** Cho một tụ điện trụ có bán kính  $R_2 = 2R_1$ . Người ta muốn tăng điện dung của tụ bằng cách tăng chiều cao  $h$  lên 10% hoặc tăng bán kính  $R_1$  lên 10%. Theo bạn, việc tăng chiều cao  $h$  hay tăng bán kính  $R_1$  để có điện dung cao hơn?

**Bài giải:**

$$C_0 = \frac{2\pi\epsilon_0 \cdot h}{\ln\left(\frac{R_2}{R_1}\right)} = \frac{2\pi\epsilon_0 \cdot h}{\ln(2)}$$

❖ Trường hợp tăng chiều cao  $h$

$$C_1 = \frac{2\pi\epsilon_0 \cdot h'}{\ln\left(\frac{R_2}{R_1}\right)} = \frac{2\pi\epsilon_0 \cdot 110\%h}{\ln(2)}$$



$$\frac{C_1}{C_0} = 110\% \Rightarrow C_1 = 1,1C_0$$

❖ Trường hợp tăng bán kính  $R_1$

$$C_2 = \frac{2\pi\epsilon_0 \cdot h}{\ln\left(\frac{R_2}{R_1'}\right)} = \frac{2\pi\epsilon_0 \cdot h}{\ln\left(\frac{2R_1}{110\%R_1}\right)} = \frac{2\pi\epsilon_0 \cdot h}{\ln\left(\frac{2}{110\%}\right)}$$



$$\frac{C_2}{C_0} = \frac{\ln(2)}{\ln\left(\frac{2}{110\%}\right)} = 1,16 \Rightarrow C_2 = 1,16C_0$$

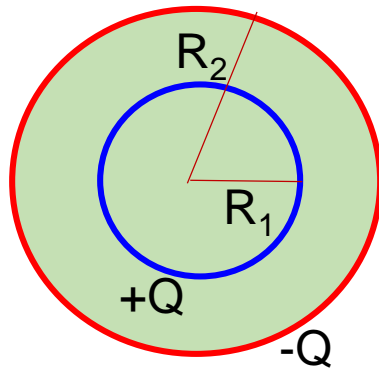




# 3. ĐIỆN DUNG – TỤ ĐIỆN

## 3.2. Tụ điện

### c. Tụ điện cầu

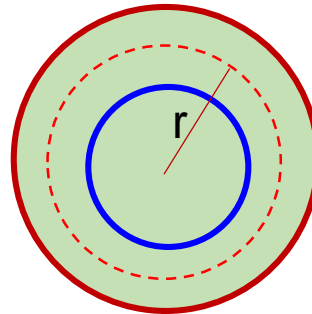


Điện dung:

$$C = 4\pi\epsilon_0 \cdot \frac{R_1 R_2}{R_2 - R_1}$$

Nếu  $d = R_2 - R_1 \ll R_1$ , thì

$$C = \epsilon_0 \frac{S}{d} \quad (S = 4\pi R_1^2)$$



### Chứng minh:

❖ Tìm E tại  $R_1 < r < R_2$

○ Theo định nghĩa về điện thông:

$$\phi_e = E \cdot S = E \cdot 4\pi r^2$$

○ Theo định lý Gauss:

$$\phi_e = \frac{Q}{\epsilon_0}$$



$$E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q}{r^2}$$

❖ Tìm h.đ. thế U giữa 2 mặt cầu:

$$-dV = E dr = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q}{r^2} dr \Rightarrow -\int_{V_1}^{V_2} dV = \int_{R_1}^{R_2} \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q}{r^2} dr$$

$$\Rightarrow V_1 - V_2 = U = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} Q \left( \frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right)$$

$$\Rightarrow C = \frac{Q}{U} = 4\pi\epsilon_0 \left( \frac{R_1 R_2}{R_2 - R_1} \right)$$



# 4. NĂNG LƯỢNG ĐIỆN TRƯỜNG

## 4.1. Năng lượng của vật dẫn

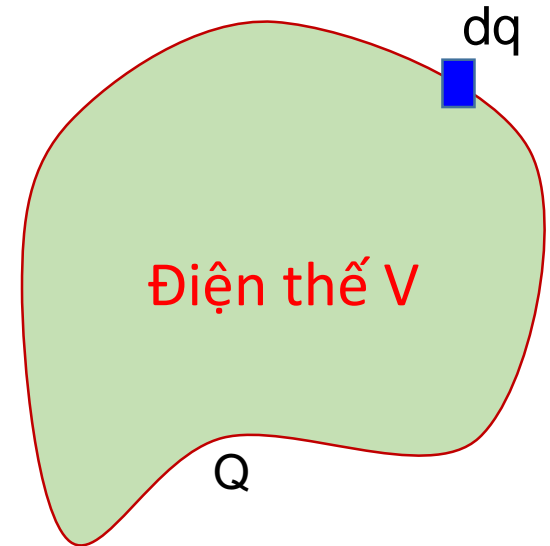
- Công đưa  $dq$  từ vô cùng tới vật dẫn:

$$dA = dW(\infty) - dW = -dW = -dqV = -\frac{q}{C}dq$$

$$\Rightarrow dW = Vdq = \frac{q}{C}dq$$

- Lấy tích phân hai vế:

$$W = \int_0^Q \frac{q}{C} dq = \frac{Q^2}{2C} = \frac{1}{2} CV^2 = \frac{1}{2} QV$$





# 4. NĂNG LƯỢNG ĐIỆN TRƯỜNG

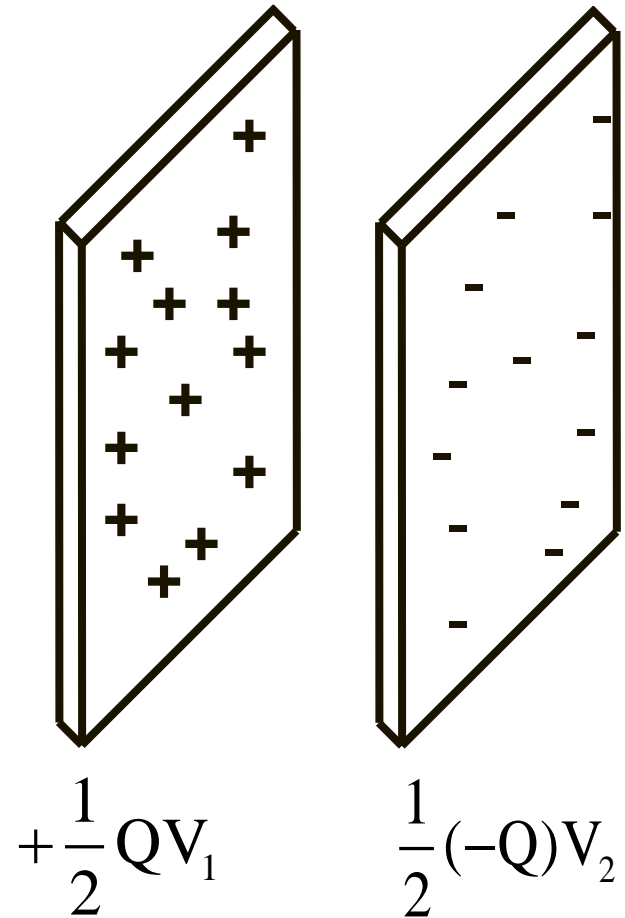
## 4.2. Năng lượng của tụ điện

➤ Là tổng năng lượng trên mỗi bản tụ:

$$W = \frac{1}{2}QV_1 + \frac{1}{2}(-Q)V_2 = \frac{1}{2}Q(V_1 - V_2) = \frac{1}{2}QU$$

Mà:  $C = \frac{Q}{U}$

Nên:  $W = \frac{1}{2}QU = \frac{Q^2}{2C} = \frac{1}{2}CU^2$





# 4. NĂNG LƯỢNG ĐIỆN TRƯỜNG

## 4.2. Năng lượng của tụ điện

**Ví dụ 2.4:** Một tụ điện chứa năng lượng 450J khi nó được tích một lượng điện tích  $8,0 \cdot 10^{-2} \text{C}$ . (a) Tính điện dung của tụ. (b) Tính hiệu điện thế giữa hai bản tụ.

**Bài giải:**

a) Điện dung của tụ

Ta có:

$$W = \frac{Q^2}{2C} \Rightarrow C = \frac{Q^2}{2W} = \frac{(8 \cdot 10^{-2})^2}{2 \times 450} = 7,1 \cdot 10^{-6} (\text{F}) = 7,1 (\mu\text{F})$$

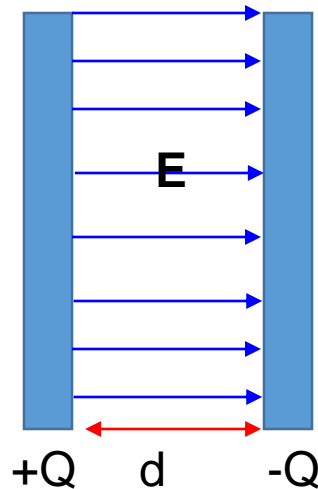
b) Hiệu điện thế:

Ta có:

$$W = \frac{1}{2} QU \Rightarrow U = \frac{2W}{Q} = \frac{2 \times 450}{8 \cdot 10^{-2}} = 11250 (\text{V})$$

# 4. NĂNG LƯỢNG ĐIỆN TRƯỜNG

## 4.3. Năng lượng của điện trường trong tụ điện



$$W = \frac{1}{2}CU^2 = \frac{1}{2}\left(\epsilon_0 \frac{S}{d}\right)(E.d)^2$$



$$W = \left(\frac{1}{2}\epsilon_0 E^2\right)(S.d)$$

**Mật độ năng lượng điện trường:**

$$w_e = \frac{W}{S.d} = \left(\frac{1}{2}\epsilon_0 E^2\right)$$

Đối với điện trường không đều:



$$dW = w_e dV = \left(\frac{1}{2}\epsilon_0 E^2\right)dV$$

$$W = \int_{(V)} \left(\frac{1}{2}\epsilon_0 E^2\right)dV$$



# 4. NĂNG LƯỢNG ĐIỆN TRƯỜNG

## 4.3. Năng lượng của điện trường trong tụ điện

**Ví dụ 2.5:** Tính năng lượng điện trường do quả cầu bán kính  $R$  mang điện tích  $Q$  tạo ra?

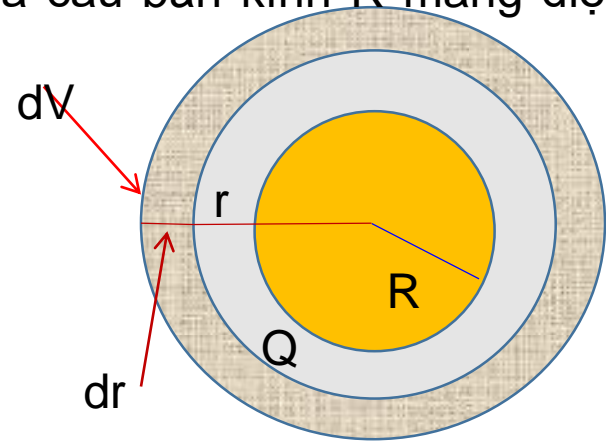
**Bài giải:**

❖ Năng lượng điện trường trong thể tích  $dV$

$$dW = w_e dV = \frac{1}{2} \epsilon_0 E^2 dV$$

➡ 
$$W = \frac{1}{2} \epsilon_0 \int_{(V)} E^2 dV = \frac{1}{2} \epsilon_0 \int_R^\infty \left( \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q}{r^2} \right)^2 4\pi r^2 dr$$

Hay 
$$W = \frac{1}{2} \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q^2}{R}$$



**Nhận xét:**

- Khi  $R$  càng nhỏ thì năng lượng tạo ra càng lớn
- Khi  $R \rightarrow 0$  thì năng lượng tạo ra vô cùng lớn



# 4. NĂNG LƯỢNG ĐIỆN TRƯỜNG

## 4.3. Năng lượng của điện trường trong tụ điện

**Ví dụ 2.6:** Cho tụ điện phẳng điện dung  $C = 1,78 \cdot 10^{-11} \text{F}$ , diện tích mỗi bản là  $S = 100 \text{ cm}^2$ , giữa 2 bản là chất điện môi  $\epsilon = 2$ . Khi một điện tích  $q = 4,5 \cdot 10^{-9} \text{C}$  được đặt ở giữa 2 bản tụ điện thì nó chịu tác dụng 1 lực  $F = 9,81 \cdot 10^{-5} \text{N}$ . Tính: **a)** H.đ.thế  $U$ ; **b)** điện tích  $Q$ ; **c)** Mật độ năng lượng  $w_e$  và năng lượng điện trường trong tụ

### Bài giải:

a) Tính h.đ. thế  $U$

Đối với tụ điện phẳng, ta có:  $U = E \cdot d$  (1)

$$\text{Với: } E = \frac{F}{q}; \quad C = \epsilon_0 \epsilon \frac{S}{d} \Rightarrow d = \epsilon_0 \epsilon \frac{S}{C}$$

Thay vào (1), ta thu được:

$$U = \frac{F}{q} \times \epsilon_0 \epsilon \frac{S}{C} = \frac{9,81 \cdot 10^{-5}}{4,5 \cdot 10^{-9}} \times 8,85 \cdot 10^{-12} \times 2 \times \frac{100 \cdot 10^{-4}}{1,78 \cdot 10^{-11}} = 217 \text{ (V)}$$





# 4. NĂNG LƯỢNG ĐIỆN TRƯỜNG

## 4.3. Năng lượng của điện trường trong tụ điện

**Ví dụ 2.6:** Cho tụ điện phẳng điện dung  $C = 1,78 \cdot 10^{-11} \text{F}$ , diện tích mỗi bản là  $S = 100 \text{ cm}^2$ , giữa 2 bản là chất điện môi  $\epsilon = 2$ . Khi một điện tích  $q = 4,5 \cdot 10^{-9} \text{C}$  được đặt ở giữa 2 bản tụ điện thì nó chịu tác dụng 1 lực  $F = 9,81 \cdot 10^{-5} \text{N}$ . Tính: **a)** H.đ.thế  $U$ ; **b)** điện tích  $Q$ ; **c)** Mật độ năng lượng  $w_e$  và năng lượng điện trường trong tụ

**Bài giải:**

b) Tính điện tích  $Q$

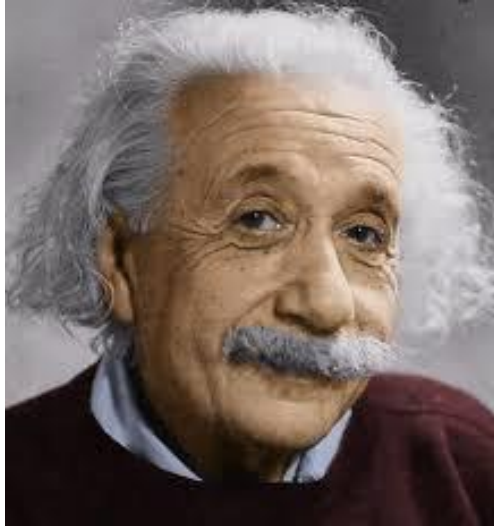
Ta có:  $C = \frac{Q}{U} \Rightarrow Q = C \cdot U = 1,78 \cdot 10^{-11} \times 217 = 3,9 \cdot 10^{-9} \text{ (C)} = 3,9 \text{ (nC)}$

c) Mật độ năng lượng

$$w_e = \frac{1}{2} \epsilon_0 \epsilon E^2 = \frac{1}{2} \epsilon_0 \epsilon \left( \frac{F}{q} \right)^2 = \frac{1}{2} \times 8,85 \cdot 10^{-12} \times 2 \times \left( \frac{9,81 \cdot 10^{-5}}{4,5 \cdot 10^{-9}} \right)^2 = 4,21 \cdot 10^{-3} \text{ (J/m}^3\text{)}$$

❖ Năng lượng điện trường:

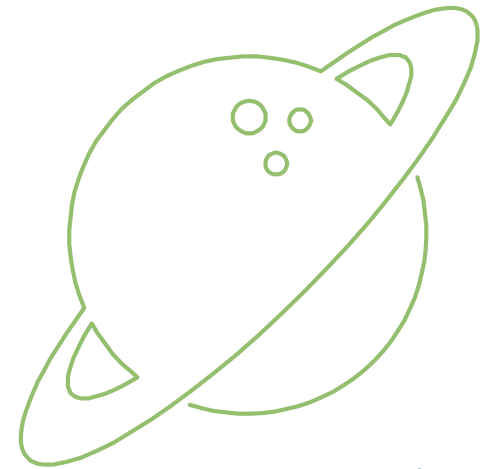
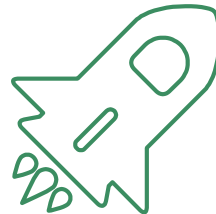
$$W = w_e V = w_e S \cdot d = w_e S \cdot \epsilon_0 \epsilon \frac{S}{C} = 4,21 \cdot 10^{-3} \times 8,85 \cdot 10^{-12} \times 2 \times \frac{(100 \cdot 10^{-4})^2}{1,78 \cdot 10^{-11}} = \dots \text{ (J)}$$



*"Cuộc sống giống như việc lái một chiếc xe đạp. Để giữ thăng bằng, bạn phải luôn tiến về phía trước"*  
Albert Einstein (1879 – 1955)

Thanks!

Any questions?



*"Life is like riding a bicycle. To keep your balance, you must keep moving."*



# BÀI TẬP ÔN TẬP

**Bài 1.** Một vật dẫn rỗng, cô lập, hình cầu tâm O, bán kính ngoài  $R_2 = 21$  cm, bán kính trong  $R_1 = 19$  cm, mang điện tích  $Q = 10^{-6}$  C. Xác định cường độ điện trường và điện thế tại điểm M cách tâm O một khoảng  $r = 10$  cm,  $r = 20$  cm và  $r = 30$  cm.

## Bài giải:

❖ Tại  $r = 10$  cm  $< R_1 < R_2$

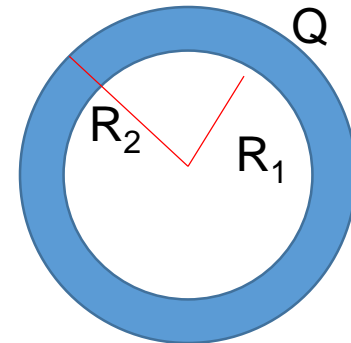
- Điện trường:

Do điện tích chỉ phân bố trên mặt cầu nên:

$$E = 0$$

- Điện thế:

$$V = k \frac{Q}{R_2} = 9 \cdot 10^9 \times \frac{10^{-6}}{0,21} = \dots (\text{V})$$





# BÀI TẬP ÔN TẬP

**Bài 1.** Một vật dẫn rỗng, cô lập, hình cầu tâm O, bán kính ngoài  $R_2 = 21 \text{ cm}$ , bán kính trong  $R_1 = 19 \text{ cm}$ , mang điện tích  $Q = 10^{-6} \text{ C}$ . Xác định cường độ điện trường và điện thế tại điểm M cách tâm O một khoảng  $r = 10 \text{ cm}$ ,  $r = 20 \text{ cm}$  và  $r = 30 \text{ cm}$ .

## Bài giải:

❖ Tại  $R_1 < r = 20 \text{ cm} < R_2$

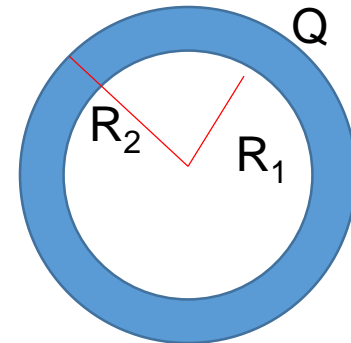
- Điện trường:

Do điện tích chỉ phân bố trên mặt cầu nên:

$$E = 0$$

- Điện thế:

$$V = k \frac{Q}{R_2} = 9 \cdot 10^9 \times \frac{10^{-6}}{0,21} = \dots (\text{V})$$





# BÀI TẬP ÔN TẬP

**Bài 1.** Một vật dẫn rỗng, cô lập, hình cầu tâm O, bán kính ngoài  $R_2 = 21 \text{ cm}$ , bán kính trong  $R_1 = 19 \text{ cm}$ , mang điện tích  $Q = 10^{-6} \text{ C}$ . Xác định cường độ điện trường và điện thế tại điểm M cách tâm O một khoảng  $r = 10 \text{ cm}$ ,  $r = 20 \text{ cm}$  và  $r = 30 \text{ cm}$ .

## Bài giải:

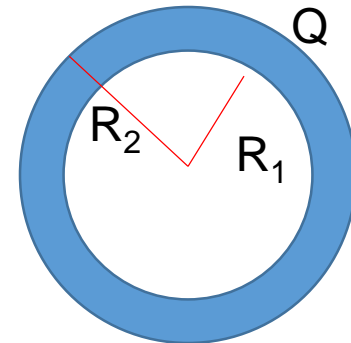
❖ Tại  $R_1 < R_2 < r = 30 \text{ cm}$

- Điện trường:

$$E = k \frac{Q}{r^2} = 9 \cdot 10^9 \times \frac{10^{-6}}{0,3^2} = \dots (\text{V/m})$$

- Điện thế:

$$V = k \frac{Q}{r} = 9 \cdot 10^9 \times \frac{10^{-6}}{0,3} = \dots (\text{V})$$





# BÀI TẬP ÔN TẬP

**Bài 2.** Một quả cầu kim loại tâm O, bán kính  $R = 50\text{cm}$ , tích điện  $Q = 5 \cdot 10^{-5}\text{C}$ . Xác định cường độ điện trường và điện thế tại một điểm:

- A) Nằm cách mặt cầu  $100\text{cm}$ .      C) Tại  $r = 0$   
B) Nằm sát mặt ngoài  
C) Ở tâm quả cầu.      - Điện trường:  $E = 0$

**Bài giải:**

- Điện thế:  $V = k \frac{Q}{R} = 9 \cdot 10^9 \times \frac{5 \cdot 10^{-5}}{0,5} = \dots (\text{V})$

A) Tại  $r = R + d$

- Điện trường:  $E = k \frac{Q}{r^2} = k \frac{Q}{(R + d)^2} = 9 \cdot 10^9 \times \frac{5 \cdot 10^{-5}}{(0,5 + 1)^2} = \dots (\text{V/m})$

- Điện thế:  $V = k \frac{Q}{r} = k \frac{Q}{(R + d)} = 9 \cdot 10^9 \times \frac{5 \cdot 10^{-5}}{(0,5 + 1)} = \dots (\text{V})$

B) Tại  $r = R$

- Điện trường:  $E = k \frac{Q}{R^2} = 9 \cdot 10^9 \times \frac{5 \cdot 10^{-5}}{(0,5)^2} = \dots (\text{V/m})$

- Điện thế:  $V = k \frac{Q}{R} = 9 \cdot 10^9 \times \frac{5 \cdot 10^{-5}}{0,5} = \dots (\text{V})$



# BÀI TẬP ÔN TẬP

**Bài 3.** Ba vỏ cầu dẫn điện mỏng, đồng tâm có bán kính và điện tích toàn phần như trên hình 2.1. Điện thế ở vô cùng là bằng không.

- (a) Tính điện thế trên vỏ cầu thứ ba.
- (b) Tính hiệu điện thế  $V_1 - V_2$  giữa vỏ cầu 1 và vỏ cầu 2.
- (c) Tìm điện tích toàn phần ở *trên mặt ngoài* của vỏ cầu 2.

## Bài giải:

a) Tính  $V_3$

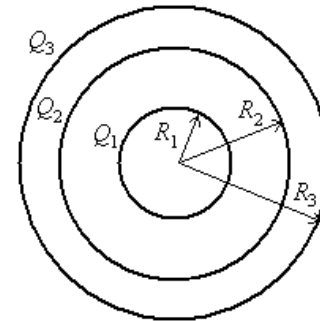
Điện trường tại  $r > R_3$ :

$$E = k \frac{Q_1 + Q_2 + Q_3}{r^2}$$

Ta có mối liên hệ giữa  $E$  và  $V$ :  $-dV = E dr = k \frac{(Q_1 + Q_2 + Q_3)}{r^2} dr$

$$\Rightarrow - \int_{V_3}^{V_\infty} dV = \int_{R_3}^{\infty} k \frac{(Q_1 + Q_2 + Q_3)}{r^2} dr$$

$$V_3 - V_\infty = k \frac{(Q_1 + Q_2 + Q_3)}{R_3} = 9 \cdot 10^9 \frac{(3 \cdot 10^{-6} + 3 \cdot 10^{-6} - 5 \cdot 10^{-6})}{0,07} = \dots (V)$$



$R_1 = 2 \text{ cm}$   
 $R_2 = 5 \text{ cm}$   
 $R_3 = 7 \text{ cm}$   
 $Q_1 = +3 \text{ } \mu\text{C}$   
 $Q_2 = +3 \text{ } \mu\text{C}$   
 $Q_3 = -5 \text{ } \mu\text{C}$





# BÀI TẬP ÔN TẬP

**Bài 3.** Ba vỏ cầu dẫn điện mỏng, đồng tâm có bán kính và điện tích toàn phần như trên hình 2.1. Điện thế ở vô cùng là bằng không.

- (a) Tính điện thế trên vỏ cầu thứ ba.
- (b) Tính hiệu điện thế  $V_1 - V_2$  giữa vỏ cầu 1 và vỏ cầu 2.
- (c) Tìm điện tích toàn phần ở *trên mặt ngoài* của vỏ cầu 2.

## Bài giải:

b) Tính  $V_1 - V_2$

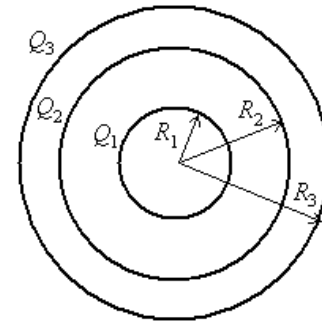
Điện trường tại  $R_1 < r < R_2$ :

$$E = k \frac{Q_1}{r^2}$$

Ta có mối liên hệ giữa  $E$  và  $V$ :  $-dV = E dr = k \frac{Q_1}{r^2} dr$

$$\Rightarrow - \int_{V_1}^{V_2} dV = \int_{R_1}^{R_2} k \frac{Q_1}{r^2} dr$$

$$V_1 - V_2 = kQ_1 \left( \frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right) = 9 \cdot 10^9 \times 3 \cdot 10^{-6} \times \left( \frac{1}{0,02} - \frac{1}{0,05} \right) = \dots (V)$$



$$\begin{aligned}
 R_1 &= 2 \text{ cm} \\
 R_2 &= 5 \text{ cm} \\
 R_3 &= 7 \text{ cm} \\
 Q_1 &= +3 \text{ } \mu\text{C} \\
 Q_2 &= +3 \text{ } \mu\text{C} \\
 Q_3 &= -5 \text{ } \mu\text{C}
 \end{aligned}$$



# BÀI TẬP ÔN TẬP

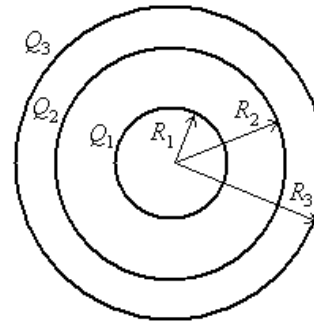
**Bài 3.** Ba vỏ cầu dẫn điện mỏng, đồng tâm có bán kính và điện tích toàn phần như trên hình 2.1. Điện thế ở vô cùng là bằng không.

- (a) Tính điện thế trên vỏ cầu thứ ba.
- (b) Tính hiệu điện thế  $V_1 - V_2$  giữa vỏ cầu 1 và vỏ cầu 2.
- (c) Tìm điện tích toàn phần ở *trên mặt ngoài* của vỏ cầu 2.

## Bài giải:

c) Tính  $Q_{\text{total,out},3}$

Dựa vào hiện tượng hưởng ứng điện, ta có:



$$\begin{aligned} R_1 &= 2 \text{ cm} \\ R_2 &= 5 \text{ cm} \\ R_3 &= 7 \text{ cm} \\ Q_1 &= +3 \text{ } \mu\text{C} \\ Q_2 &= +3 \text{ } \mu\text{C} \\ Q_3 &= -5 \text{ } \mu\text{C} \end{aligned}$$

- Điện tích mặt trong của vỏ cầu 2:  $Q_{\text{in},2} = -Q_1$
- Điện tích toàn phần trên mặt ngoài của vỏ cầu 2:

$$Q_{\text{total,out},2} = Q_2 + (-Q_{\text{in},2}) = Q_2 + Q_1$$

- Điện tích mặt trong của vỏ cầu 3:  $Q_{\text{in},3} = -Q_{\text{total,out},2}$
- Điện tích toàn phần trên mặt ngoài của vỏ cầu 3:

$$Q_{\text{total,out},3} = Q_3 + (-Q_{\text{in},3}) = Q_3 + Q_{\text{total,out},2} = Q_3 + Q_2 + Q_1$$



# BÀI TẬP ÔN TẬP

**Bài 4.** Một tụ điện phẳng có một bản mang điện tích  $5,5 \cdot 10^{-7} \text{C}$  và bản kia mang điện tích  $-5,5 \cdot 10^{-7} \text{C}$ . Khi khoảng cách giữa hai bản tụ tăng thêm 50% sao cho điện tích không thay đổi thì năng lượng trong tụ thay đổi như thế nào?

## Bài giải

❖ Năng lượng của tụ lúc đầu:

$$W_0 = \frac{1}{2} \frac{Q^2}{C_0} = \frac{1}{2} \frac{Q^2}{\epsilon_0 S / d_0} = \frac{1}{2} \frac{Q^2}{\epsilon_0 S} \cdot d_0$$

❖ Khi  $d = d_0 + 50\%d_0 = 1,5d_0$

$$W = \frac{1}{2} \frac{Q^2}{C} = \frac{1}{2} \frac{Q^2}{\epsilon_0 S / d} = \frac{1}{2} \frac{Q^2}{\epsilon_0 S} \cdot d = \frac{1}{2} \frac{Q^2}{\epsilon_0 S} \cdot 1,5d_0 = 1,5W_0$$



Năng lượng của tụ tăng thêm 50%



# BÀI TẬP ÔN TẬP

**Bài 5.** Một tụ điện phẳng gồm hai bản hình vuông có cạnh 10 cm đặt cách nhau 0,75mm. (a) Tính điện tích của tụ điện khi nó được áp vào một hiệu điện thế 150V. (b) Tính năng lượng điện trường chứa trong tụ điện.

## Bài giải:

a) Tính Q

Ta có:  $Q = CU = \epsilon_0 \frac{S}{d} U = 8,85.10^{-12} \times \frac{0,1 \times 0,1}{0,75.10^{-3}} \times 150 = \dots(C)$

b) Tính W

Ta có:

$$W = \frac{1}{2} CU^2 = \frac{1}{2} \epsilon_0 \frac{S}{d} U^2 = \frac{1}{2} \times 8,85.10^{-12} \times \frac{0,1 \times 0,1}{0,75.10^{-3}} \times (150)^2 = \dots(J)$$



# BÀI TẬP ÔN TẬP

**Bài 6.** Một vật dẫn rỗng, cô lập, hình cầu tâm O, bán kính ngoài  $R_2 = 21\text{cm}$ , bán kính trong  $R_1 = 19\text{cm}$ , mang điện tích  $Q = 10^{-6}\text{C}$ . Xác định cường độ điện trường và điện thế tại điểm M cách tâm O một khoảng  $r = 10\text{ cm}$ ,  $r = 20\text{ cm}$  và  $r = 30\text{ cm}$ .

a. Khi  $r = 10\text{ cm}$  và  $r = 20\text{ cm}$

Áp dụng định lý Gauss: 
$$\oint_{\Sigma} \mathbf{E} d\mathbf{S} = \frac{0}{\epsilon_0 \epsilon} \Leftrightarrow E 4\pi r^2 = 0 \Rightarrow E = 0 \text{ V/m}$$

Lưu số điện trường: 
$$\int_0^r -dV = \int_0^r E dr = 0 \Rightarrow V_O - V_r = 0 \Rightarrow V_r = V_O = k \frac{Q}{R_2}$$

b. Khi  $r = 30\text{ cm}$

Áp dụng định lý Gauss: 
$$\oint_S \mathbf{E} d\mathbf{S} = \frac{Q}{\epsilon_0} \Leftrightarrow E 4\pi r^2 = \frac{Q}{\epsilon_0} \Rightarrow E = \frac{Q}{4\pi \epsilon_0 r^2} \text{ V/m}$$

Lưu số điện trường: 
$$\int_{\infty}^r -dV = \int_{\infty}^r E dr = \frac{Q}{4\pi \epsilon_0} \int_{\infty}^r \frac{dr}{r^2} \Rightarrow V_{\infty} - V_r = \frac{Q}{4\pi \epsilon_0} \left( \frac{1}{\infty} - \frac{1}{r} \right)$$
  

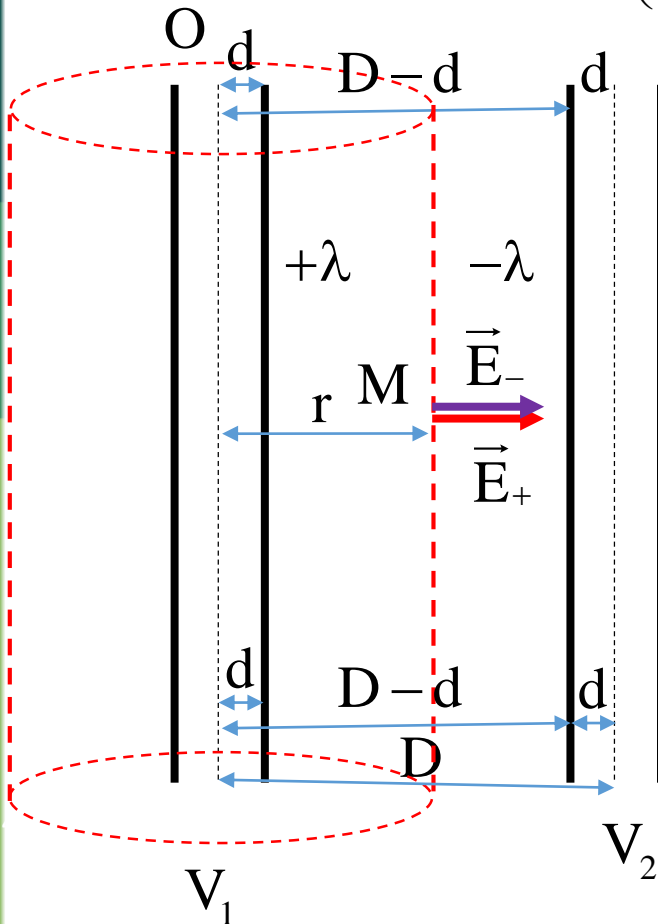
$$\Rightarrow V_r = k \frac{Q}{r}$$



# BÀI TẬP ÔN TẬP

**Bài 7.** Hai dây dẫn **dài vô hạn** phân bố điện tích đều với mật độ điện mặt  $+\lambda$  và  $-\lambda$ , đặt song song nhau. Mỗi dây dẫn có bán kính  $d$  và đặt cách nhau (tính từ trục của mỗi dây) một khoảng  $D$ . Chứng minh rằng điện dung trên mỗi đơn vị chiều dài của hệ hai dây này là:

$$\frac{C}{\ell} = \frac{\pi\epsilon_0}{\ln\left(\frac{D-d}{d}\right)}$$



Áp dụng định lý Gauss:

$$\oint_s \vec{E}_+ \cdot d\vec{S} = \frac{1}{\epsilon_0} \int_{dd} dq \Leftrightarrow E_+ 2\pi r \ell = \frac{\lambda \ell}{\epsilon_0} \Rightarrow E_+ = \frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0 r} \text{ V/m}$$

Cường độ điện trường tại M (giữa hai dây dẫn):

$$\vec{E}_M = \vec{E}_+ + \vec{E}_- \Rightarrow E_M = E_+ + E_- = 2E_+ = 2E_- = \frac{\lambda}{\pi\epsilon_0 r}$$

Mặt khác:

$$-dV = E dr \Leftrightarrow \int_{V_1}^{V_2} -dV = \frac{\lambda}{\pi\epsilon_0} \int_d^{D-d} \frac{dr}{r}$$

$$\Leftrightarrow V_1 - V_2 = U = \frac{\lambda \ell}{\ell \pi \epsilon_0} \ln\left(\frac{D-d}{d}\right) = \frac{Q}{\ell \pi \epsilon_0} \ln\left(\frac{D-d}{d}\right)$$

$$\Rightarrow \frac{C}{\ell} = \frac{Q}{U \ell} = \frac{\pi\epsilon_0}{\ln\left(\frac{D-d}{d}\right)}$$



# BÀI TẬP ÔN TẬP

**Bài 8.** Vào một ngày đẹp trời, điện trường hướng xuống mặt đất có độ lớn 150 V/m. (a) Giả sử Trái đất là vật dẫn có điện tích phân bố trên bề mặt của nó. Nếu tại những điểm ngay sát bề mặt Trái đất có điện trường là 150 V/m thì hãy tính điện tích và mật độ điện mặt của Trái đất. (b) Tại độ cao 120 m, điện trường là 120 V/m. Tính mật độ điện tích của không khí.

a. Áp dụng định lý Gauss:

$$\oint_S \vec{E} \cdot d\vec{S} = \frac{\int_S Q_{inS}}{\epsilon_0} = \frac{\int_S \sigma dS}{\epsilon_0} \Rightarrow E 4\pi R^2 = \frac{\sigma 4\pi R^2}{\epsilon_0}$$

$$\Rightarrow \sigma = \epsilon_0 E = -1,3 \cdot 10^{-9} \text{ C/m}^2 \Rightarrow Q = \sigma 4\pi R^2 = -6,8 \cdot 10^5 \text{ C}$$

b. Áp dụng định lý Gauss:

$$\oint_S \vec{E} \cdot d\vec{S} = \frac{1}{\epsilon_0} (Q_{TD} + Q_{kk}) = \frac{1}{\epsilon_0} \left( \int_{S_{TD}} \sigma dS + \int_{S_{kk}} \rho dV \right) \quad (r = R + h)$$

$$E \cdot 4\pi r^2 = \frac{1}{\epsilon_0} \left( \int_{S_{TD}} \sigma dS + \int_{S_{kk}} \rho dV \right) \Rightarrow \rho = 10^{-12} \text{ C/m}^3$$