

# Tài liệu tham khảo

1. **Lương Duyên Bình** (Chủ biên): Vật lý Đại cương tập 2 + Bài tập Vật lý Đại cương tập 2: Điện- Dao động- Sóng, NXB Giáo dục.
2. **Lương Duyên Bình- Dư Trí Công- Nguyễn Hữu Hồ**: Vật lý Đại cương tập 2 Điện- Dao động- Sóng, NXB Đại học và Giáo dục chuyên nghiệp.
3. **Đặng Quang Khang**: Vật lý Đại cương tập 2, Điện học, ĐH Bách Khoa Hà nội.
4. **Trần Ngọc Hợi** (Chủ biên): Vật lý Đại cương các nguyên lý và ứng dụng, tập 2, Điện, từ, dao động và sóng, NXB Giáo dục.

# PHẦN 2: ĐIỆN HỌC

## Chương I: ĐIỆN TRƯỜNG TĨNH

### Mở đầu

1.1. Định luật Coulomb

1.2. Điện trường

1.3. Định lý Ostrogratzki - Gauss

1.4. Điện thế - Hiệu điện thế

1.5. Hệ thức liên hệ giữa cường độ điện trường và điện thế

# Mở đầu

## \* Điện tích điểm

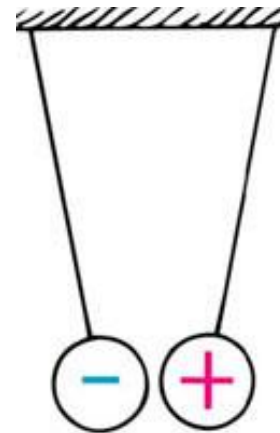
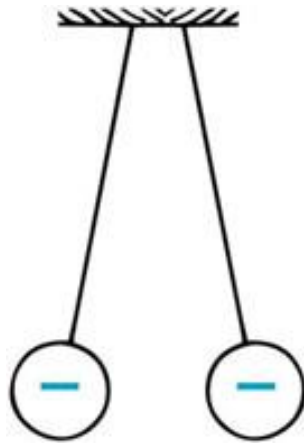
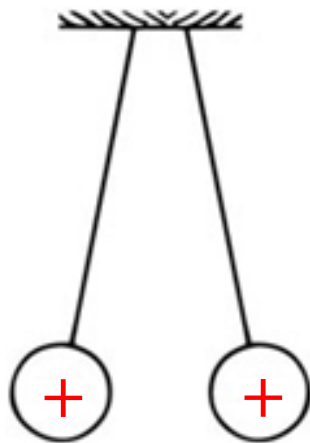
Vật mang điện tích có kích thước rất nhỏ so với khoảng cách nghiên cứu nó.

## \* Phân loại

+ Điện tích dương:



+ Điện tích âm:



Cùng dấu: đẩy nhau

Khác dấu: hút nhau

# Mở đầu

- **Bảo toàn điện tích**

Điện tích không tự sinh ra hay mất đi mà chỉ dịch chuyển bên trong một vật hoặc từ vật này sang vật khác.

- **Phân loại vật liệu**

- + **Vật liệu dẫn điện:** Chứa các hạt điện có thể chuyển động tự do trong toàn bộ thể tích vật.

- + **Vật liệu cách điện – điện môi:** Điện tích định xứ tại những miền nào đó, không thể di chuyển tự do trong vật liệu.

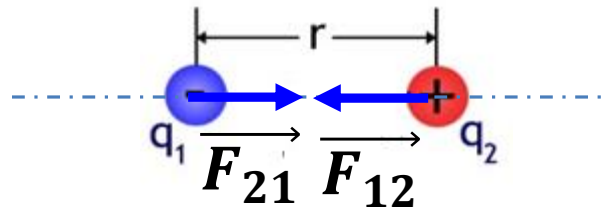
- + **Vật liệu bán dẫn:**

# 1.1. Định luật Coulomb

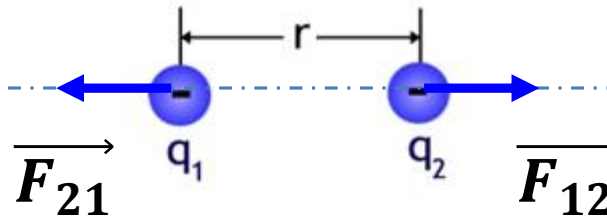
## 1. Lực tương tác giữa 2 điện tích điểm

Lực tương tác tĩnh điện giữa 2 điện tích  $q_1, q_2$  đặt trong chân không, có phương nằm trên đường thẳng nối 2 điện tích, có chiều phụ thuộc vào dấu 2 điện tích, có độ lớn tỉ lệ thuận tích số  $q_1, q_2$  và tỉ lệ nghịch với bình phương khoảng cách giữa chúng.

$$q_1 \cdot q_2 < 0$$



$$q_1 \cdot q_2 > 0$$



# 1.1. Định luật Coulomb

## 1. Lực tương tác giữa 2 điện tích điểm

*\* Trong chân không*

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

Với:

$$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9.10^9 \frac{Nm^2}{C^2}$$

$$\epsilon_0 = 8,86.10^{-12} \frac{C^2}{N.m^2}$$

*\* Trong môi trường điện môi*

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

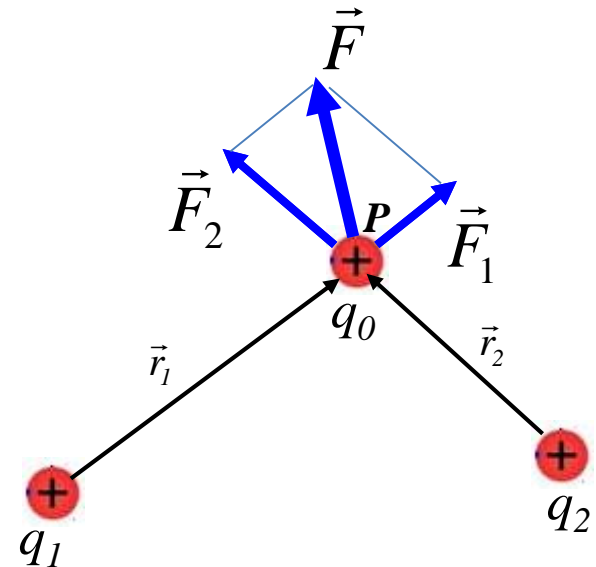
$\epsilon$ : hằng số điện môi

# 1.1. Định luật Coulomb

## 2. Nguyên lý chồng chất

- Lực điện do hệ điện tích  $q_1, q_2, \dots, q_n$  tác dụng lên  $q_0$ :

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



# 1.1. Định luật Coulomb

## 2. Nguyên lý chồng chất

- Lực điện do vật tích điện  $Q$  tác dụng lên điện tích điểm  $q_0$

$\Rightarrow$  Chia nhỏ  $Q$  thành các điện tích vô cùng nhỏ  $dq$ , coi là điện tích điểm

$\Rightarrow$  Lực tổng hợp  $Q$  tác dụng lên  $q_0$

$$\vec{F} = \int_{(V)} d\vec{F}$$



## 1.2. Điện trường

### 1. Khái niệm điện trường

- Là một dạng vật chất đặc biệt tồn tại xung quanh mỗi điện tích, đóng vai trò nhân tố trung gian truyền lực tương tác điện, từ điện tích này sang điện tích khác.
- Đặc điểm của điện trường: tác dụng lực điện lên điện tích khi đặt vào trong điện trường.

## 1.2. Điện trường

### 2. Vector cường độ điện trường

Cường độ điện trường tại M

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

Định nghĩa:

Cường độ điện trường tại một điểm là đại lượng vật lý đặc trưng cho điện trường về phương diện tác dụng lực, có độ lớn bằng độ lớn của lực điện trường tác dụng lên một đơn vị điện tích dương đặt tại điểm đó.

- Đơn vị: V/m

## 1.2. Điện trường

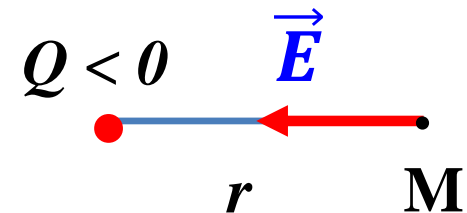
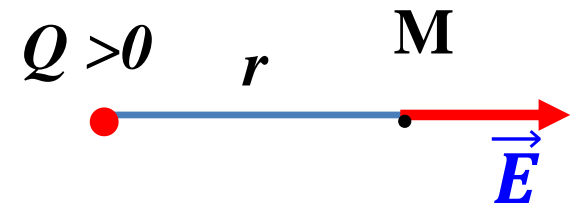
### 3. Vector cường độ điện trường gây ra bởi điện tích điểm

Cường độ điện trường tại M:  $\vec{E}$

- + **Điểm đặt:** Tại M
- + **Phương:** Đường thẳng nối Q với điểm M
- + **Chiều:** Ra xa Q nếu  $Q > 0$ ,  
hướng vào Q nếu  $Q < 0$

+ **Độ lớn:**

$$E = \frac{1}{4\pi\epsilon\epsilon_0} \frac{|Q|}{r^2} = 9 \cdot 10^9 \frac{|Q|}{\epsilon \cdot r^2}$$

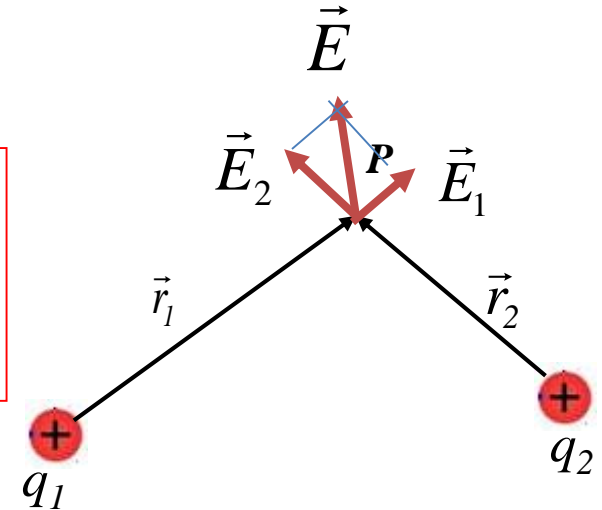


## 1.2. Điện trường

### 4. Nguyên lý chồng chất điện trường

- ✓ Điện trường gây bởi  $n$  điện tích điểm tại vị trí bất kỳ:

$$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \vec{E}_3 + \dots + \vec{E}_n = \sum_{i=1}^n \vec{E}_i$$



→ Nguyên lý chồng chất điện trường

Véc tơ cường độ điện trường gây ra bởi một hệ điện tích điểm tại một điểm bằng tổng các véc tơ cường độ điện trường gây ra bởi từng điện tích điểm của hệ tại điểm đó.

## 1.2. Điện trường

### 4. Nguyên lý chồng chất điện trường

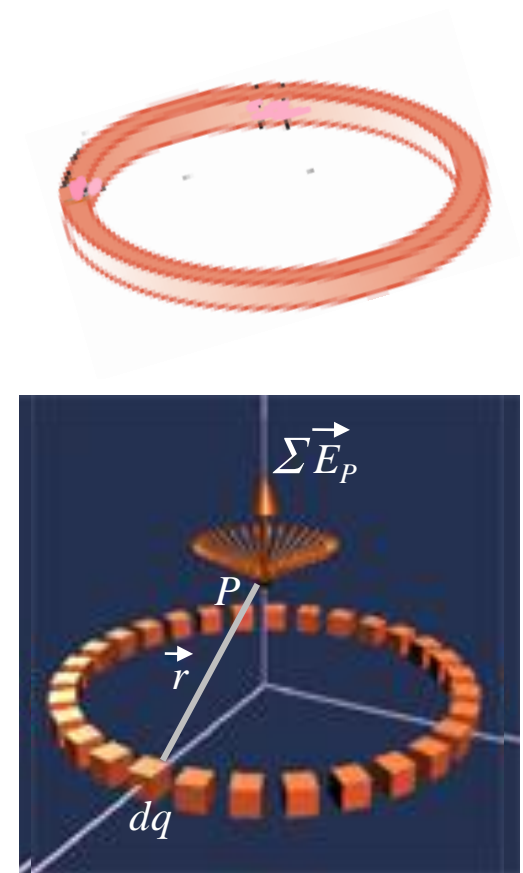
✓ Điện trường gây bởi vật mang điện có điện tích phân bố liên tục:

+ Chia vật thành vô số các phần tử vô cùng nhỏ mang điện tích  $dq$

⇔ điện tích điểm.

→ Điện trường tổng hợp

$$\vec{E} = \int_{\text{toàn bộ vật}} d\vec{E} = \frac{k}{\epsilon} \int_{\text{toàn bộ vật}} \frac{dq}{r^2} \frac{\vec{r}}{r}$$



### 4. Nguyên lý chồng chất điện trường

- *Chú ý:*

- + *Dây tích điện có độ dài  $l$*

Điện tích của vi phân độ dài:  $dq = \lambda dl$

( $\lambda$ : mật độ điện dài = điện tích/đơn vị độ dài)

- + *Mặt tích điện có diện tích  $S$*

Điện tích của vi phân diện tích:  $dq = \sigma dS$

( $\sigma$ : mật độ điện mặt = điện tích/đơn vị diện tích)

- + *Vật tích điện có thể tích  $V$*

Điện tích của vi phân thể tích:  $dq = \rho dV$

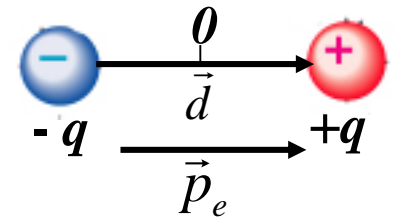
( $\rho$ : mật độ điện khối = đ/tích/đơn vị thể tích)

### 5. Ứng dụng

#### a. Lưỡng cực điện

- Định nghĩa : Hệ hai điện tích điểm có độ lớn bằng nhau nhưng trái dấu  $+q$  ( $q>0$ ) và  $-q$ , cách nhau một khoảng  $d$  rất nhỏ so với khoảng cách từ lưỡng cực điện tới điểm đang khảo sát.
- Véc tơ mô men lưỡng cực điện:

$$\vec{p}_e = q\vec{d}$$



- Trục của lưỡng cực: đường thẳng nối 2 điện tích
- Ý nghĩa  $\vec{P}_e$ : đặc trưng cho tính chất điện của lưỡng cực

## 1.2. Điện trường

### a. Lượng cực điện

#### ❖ Điện trường gây bởi lưỡng cực điện

◆ Tại điểm nằm trên đường trung trục ( $r \gg d$ )

+ Điện tích  $-q$  gây ra điện trường  $\vec{E}_1$

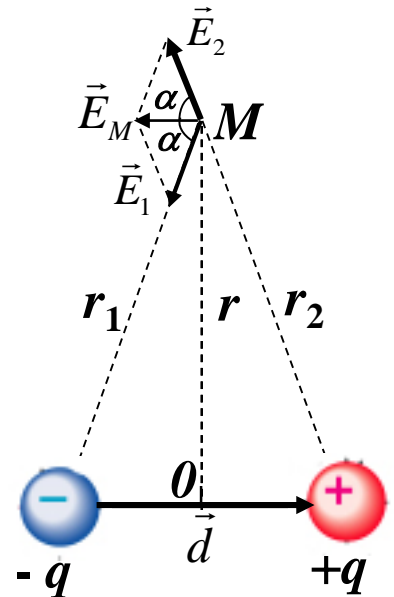
$$E_1 = \frac{1}{4\pi\epsilon\epsilon_0} \frac{q}{r_1^2}$$

+ Điện tích  $+q$  gây ra điện trường  $\vec{E}_2$

$$E_2 = \frac{1}{4\pi\epsilon\epsilon_0} \frac{q}{r_2^2}$$

→ Điện trường tổng hợp tại M

$$\vec{E}_M = \vec{E}_1 + \vec{E}_2$$





## 1.2. Điện trường

### ❖ Điện trường gây bởi lưỡng cực điện

#### ◆ Tại điểm nằm trên đường trung trục ( $r \gg d$ )

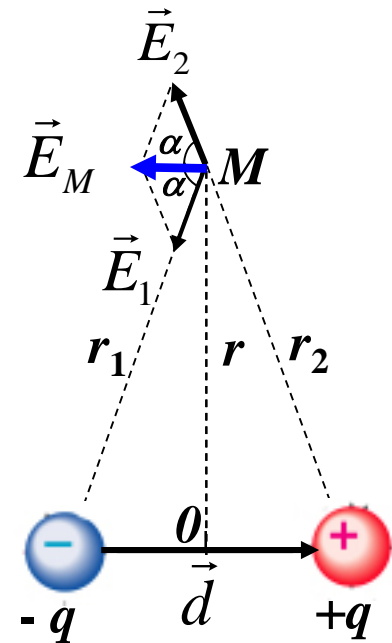
vì  $d \ll r \rightarrow r_1 \approx r_2 \approx r$

$$\begin{aligned} \rightarrow \text{Độ lớn: } E_M &= 2E_1 \cos \alpha \\ &= 2 \frac{1}{4\pi\epsilon\epsilon_0} \frac{q}{r^2} \cos \alpha \end{aligned}$$

$$\text{mà } \cos \alpha = \frac{d}{2r_1} \approx \frac{d}{2r}$$

$$\rightarrow E_M = 2 \frac{1}{4\pi\epsilon\epsilon_0} \frac{qd}{2r^3}$$

$$\Leftrightarrow E_M \approx \frac{qd}{4\pi\epsilon\epsilon_0 r^3}$$



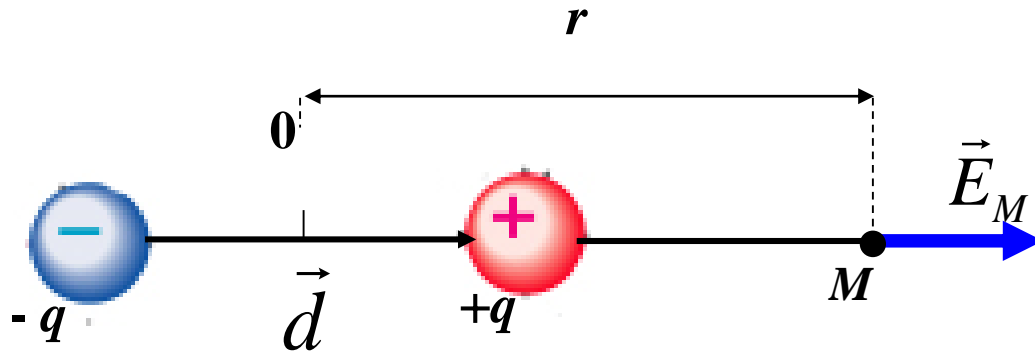
$$\rightarrow E_M = \frac{1}{4\pi\epsilon\epsilon_0} \frac{p_e}{r^3}$$



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

## 1.2. Điện trường

♦ Tại điểm nằm trên trục lưỡng cực ( $r \gg d$ )



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

## 1.2. Điện trường

### b. Điện trường gây bởi dây dẫn thẳng dài vô hạn tích điện đều

Dây dài vô hạn tích điện với mật độ điện tích dài  $\lambda$

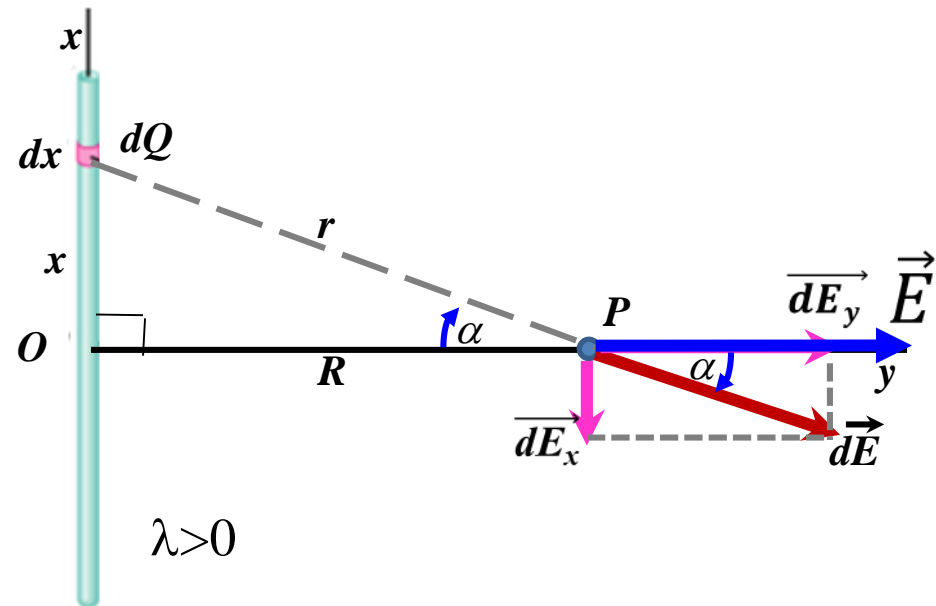
♦ Chia dây thành các phần tử độ dài  $dx$  vô cùng nhỏ, có điện tích:

$$dQ = \lambda dx$$

♦ Điện trường tại  $P$  gây bởi  $dQ$ :

$$d\vec{E} = d\vec{E}_x + d\vec{E}_y$$

♦ Điện trường tại  $P$  gây bởi  $Q$ :



$$\vec{E} = \int_{\text{dây}} d\vec{E} = \int_{\text{dây}} (d\vec{E}_x + d\vec{E}_y) = \int_{\text{dây}} d\vec{E}_x + \int_{\text{dây}} d\vec{E}_y = \int_{\text{dây}} d\vec{E}_y$$

$$\Rightarrow E = E_y = \int_{\text{dây}} dE_y = \int_{\text{dây}} dE \cdot \cos \alpha = \int_{\text{dây}} \frac{1}{4\pi\epsilon\epsilon_0} \frac{dq}{x^2 + R^2} \frac{R}{(x^2 + R^2)^{1/2}}$$

## 1.2. Điện trường

### *b. Điện trường gây bởi dây dẫn thẳng dài vô hạn tích điện đều*

$$\Rightarrow E = \frac{\lambda R}{4\pi\epsilon_0\epsilon} \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{dx}{(x^2 + R^2)^{3/2}}$$

$$\text{Đặt } x = R \tan \alpha \rightarrow dx = R d\alpha / \cos^2 \alpha$$

$$x^2 + R^2 = R^2 / \cos^2 \alpha$$

$$\longrightarrow E = \frac{\lambda}{4\pi\epsilon_0\epsilon R} \int_{-\pi/2}^{+\pi/2} (\cos \alpha) d\alpha$$

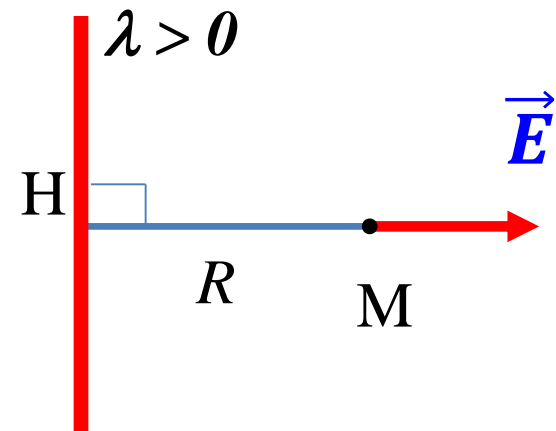
$$\longrightarrow \boxed{E = \frac{|\lambda|}{2\pi\epsilon\epsilon_0 R}}$$

## 1.2. Điện trường

### b. Điện trường gây bởi dây dẫn thẳng dài vô hạn tích điện đều

- $\vec{E}$  {
- + **Phương**: vuông góc với dây dẫn
  - + **Chiều**: ra xa dây nếu  $\lambda > 0$   
hướng vào dây nếu  $\lambda < 0$
  - + **Độ lớn**:

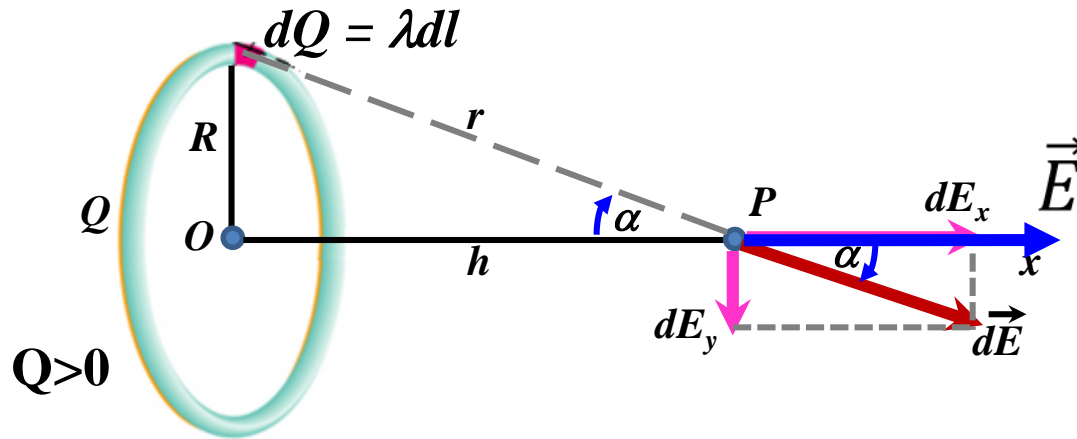
$$E = \frac{|\lambda|}{2\pi\epsilon\epsilon_0 R}$$



## 1.2. Điện trường

### c. Điện trường gây bởi vòng dây tròn tích điện đều

☞ Dây tròn: bán kính  $R$ , mật độ điện tích dài  $\lambda$ , điện tích  $Q$ .



- ◆ Chia dây thành các phần tử độ dài  $dl$  vô cùng nhỏ, có điện tích  $dQ = \lambda dl$
- ◆ Điện trường tại  $P$  gây bởi  $dQ$ :

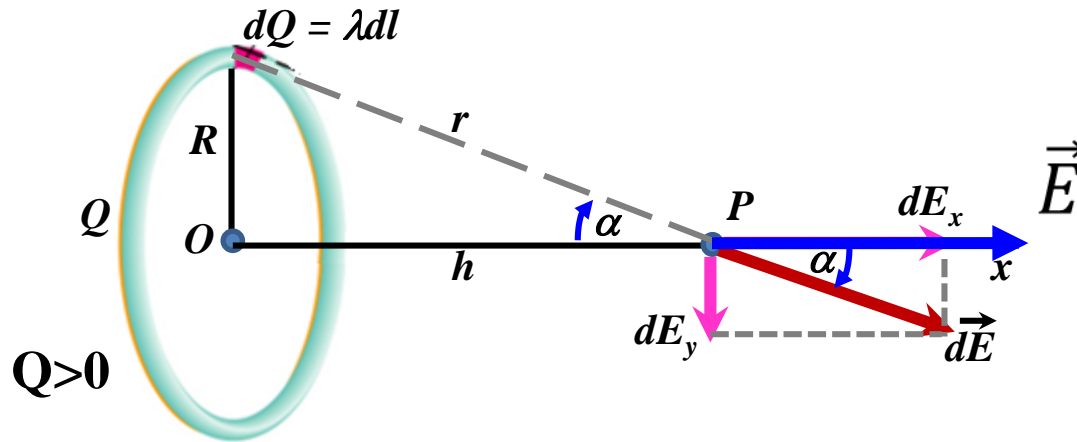
$$dE = \frac{1}{4\pi\epsilon\epsilon_0} \frac{\lambda dl}{r^2}$$

$$d\vec{E} = d\vec{E}_x + d\vec{E}_y \text{ với } dE_x = dE \cdot \cos \alpha$$

## 1.2. Điện trường

### c. Điện trường gây bởi vòng dây tròn tích điện đều

☞ Dây tròn: bán kính  $R$ , mật độ điện tích dài  $\lambda$ , điện tích  $Q$ .



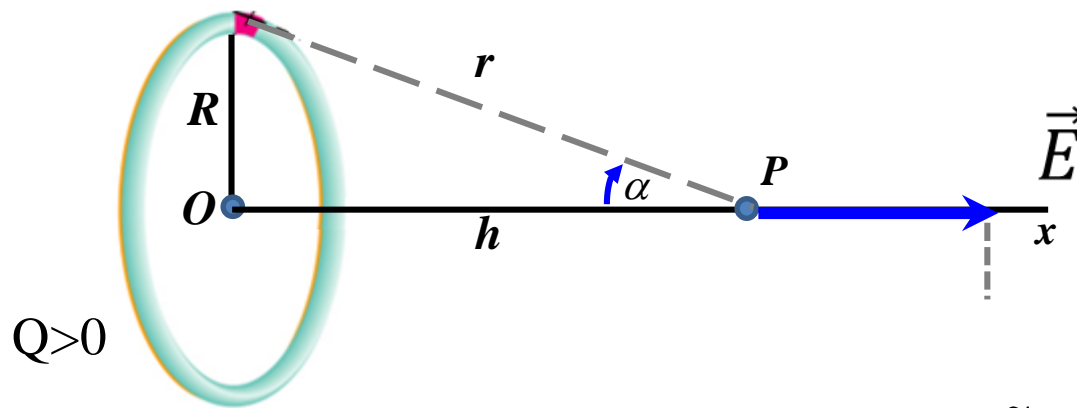
◆ Điện trường tại  $P$  gây bởi  $Q$ :

$$\vec{E} = \int_{\text{vdây}} d\vec{E} = \int_{\text{vdây}} (d\vec{E}_x + d\vec{E}_y) = \int_{\text{vdây}} d\vec{E}_x + \int_{\text{vdây}} d\vec{E}_y = \int_{\text{vdây}} d\vec{E}_x$$

$$\Rightarrow E = E_x = \int_{\text{vdây}} \frac{1}{4\pi\epsilon\epsilon_0} \frac{\lambda dl}{r^2} \cos \alpha = \frac{\lambda}{4\pi\epsilon\epsilon_0} \frac{h}{r^3} \int_0^{2\pi R} dl = \frac{1}{4\pi\epsilon\epsilon_0} \frac{Qh}{r^3}$$

## 1.2. Điện trường

### c. Điện trường gây bởi vòng dây tròn tích điện đều



- $\vec{E}$  {
- + **Phương**: trùng với trục của dây dẫn
  - + **Chiều**: ra xa dây nếu  $Q > 0$   
hướng vào dây nếu  $Q < 0$
  - + **Độ lớn**:

$$E = \frac{1}{4\pi\epsilon\epsilon_0} \frac{Qh}{r^3} = \frac{1}{4\pi\epsilon\epsilon_0} \frac{Qh}{(h^2 + R^2)^{3/2}} \Rightarrow \begin{cases} h \ll R: & E = \frac{1}{4\pi\epsilon\epsilon_0} \frac{Qh}{R^3} \\ h \gg R: & E = \frac{1}{4\pi\epsilon\epsilon_0} \frac{Q}{h^2} \end{cases}$$



## 1.2. Điện trường

### d. Điện trường gây bởi mặt đĩa tích điện đều

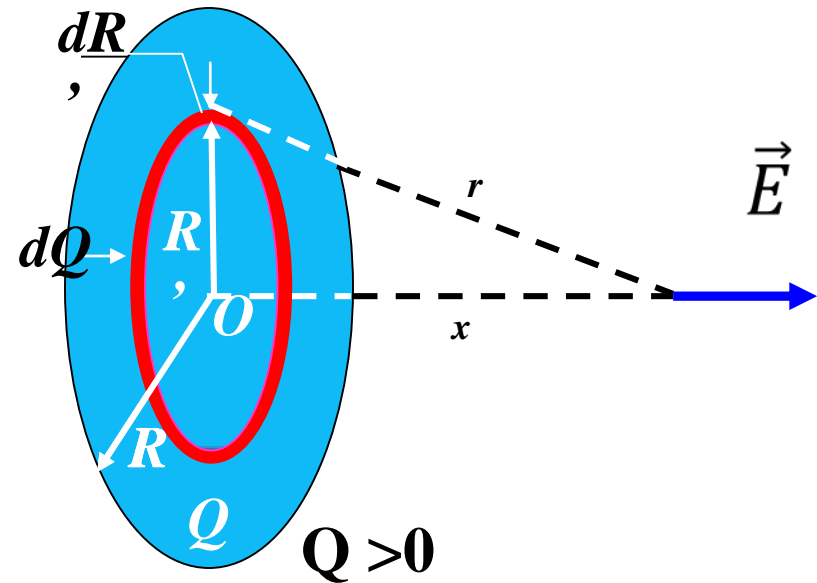
Đĩa có bán kính  $R$ , điện tích  $Q$ , mật độ điện tích  $\sigma$ .

♦ Xét hình vành khăn có diện tích  $ds$ , độ rộng  $dR'$ , điện tích  $dQ$ :

$$dQ = \sigma ds = \sigma 2\pi R' dR'$$

→ Điện trường gây bởi  $Q$ :

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



♦ Nếu  $R \rightarrow \infty$  (mặt phẳng vô hạn)  $\Rightarrow$

$$E = \frac{\sigma}{2\epsilon\epsilon_0}$$