

BÀI GIẢNG VẬT LÝ ĐẠI CƯỜNG

Tác giả: PGS. TS Đỗ Ngọc Uẩn

Viện Vật lý kỹ thuật

Trường ĐH Bách khoa Hà nội

Tài liệu tham khảo:

1. Physics Classical and modern

Frederick J. Keller, W. Edward Gettys,
Malcolm J. Skove

McGraw-Hill, Inc. International Edition 1993.

2. R. P. Feynmann

Lectures on introductory Physics

3. I. V. Savelyev

Physics. A general course, Mir Publishers 1981

4. Vật lý đại cương các nguyên lý và ứng dụng,
tập I, II, III. Do Trần ngọc Hối chủ biên

Các trang Web có liên quan:

<http://ocw.mit.edu/OcwWeb/Physics/>

<http://nsdl.exploratorium.edu/>

Bài giảng có trong trang:

<http://iep.hut.edu.vn>

Vào Đào tạo -> Bài giảng VLĐCII

load bài giảng về in thành tài liệu cầm tay,
khi nghe giảng ghi thêm vào!

- **Tài liệu học** : Vật lý đại cương: Dùng cho khối các trường ĐH kỹ thuật công nghiệp (LT&BT)
Tập II: Điện, Từ, Dao động & sóng.
- **Cách học**: Lên lớp LT; mang theo tài liệu cầm tay, nghe giảng, ghi thêm vào tài liệu.
- **Về nhà**: Xem lại bài ghi, hiệu chỉnh lại cùng tài liệu -> Làm bài tập.
- **Lên lớp BT bắt đầu từ tuần 2**: SV lên bảng, thầy **kiểm tra vở** làm bài ở nhà.
- **Điểm QT** hệ số 0,3 gồm điểm kiểm tra giữa kỳ + Điểm chuyên cần; Nếu nghỉ 2,3 buổi trừ 1 điểm, nghỉ 4,5 buổi trừ 2 điểm.

- Thí nghiệm: **Đọc tài liệu TN trước**, kiểm tra xong mới được vào phòng TN, Sau khi đo được số liệu phải trình thầy và được thầy chấp nhận.
- Đợt 1: từ tuần 3 (22/2/10)
- Tài liệu: Liên hệ BM VLDC tầng 2 nhà D3.
 - Hoàn chỉnh bài này mới được làm tiếp bài sau
- Cuối cùng phải **bảo vệ TN**
 - ' Nếu SV không qua được TN, không được dự thi.
- Thi: 15 câu trắc nghiệm (*máy tính chấm*) + 2 câu tự luận, **rọc phách** (*thầy ngẫu nhiên chấm*)
Mỗi người 1 đề . Điểm thi hs 0,7
- Điểm quá trình hệ số 0,3.

Chương 1

TRƯỜNG TĨNH ĐIỆN

1. Những khái niệm mở đầu:

- Hiện tượng nhiễm điện do cọ xát
- Điện tích nguyên tố: **điện tử $-e = -1,6 \cdot 10^{-19} \text{C}$** , **$m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{kg}$** ; Proton: $+e$, $m_p = 1,67 \cdot 10^{-27} \text{kg}$
- Mất điện tử nhiễm điện dương: thủy tinh
- Nhận điện tử nhiễm điện âm: lụa
- **Định luật bảo toàn điện tích**: Tổng đại số điện tích của hệ cô lập là không đổi.
- **Phân loại vật**: Dẫn điện, điện môi, Bán dẫn -> các thuyết:

Khí điện tử tự do áp dụng cho kim loại

Lý thuyết vùng năng lượng áp dụng cho TThế

2. Định luật Coulomb

$$F_1 = F_2 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0\epsilon} \frac{|q_1q_2|}{r^2}$$

3. Khái niệm về điện trường, Véc tơ cường độ điện trường

$$\vec{E} = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r^2} \frac{\vec{r}}{r}$$

Nguyên lý chồng chất
điện trường

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

• Lượng cực điện

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

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

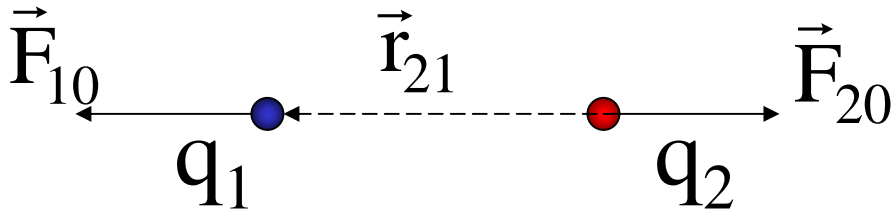
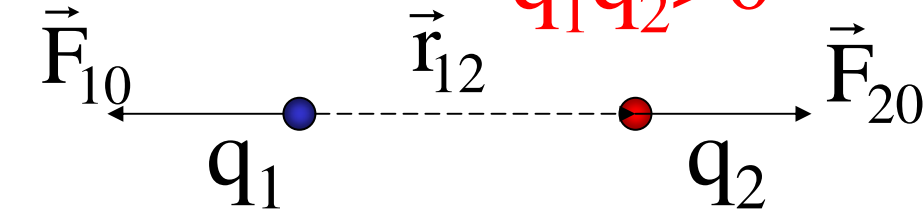
$$\vec{E}_M = -\frac{\vec{p}_e}{4\pi\epsilon_0\epsilon r^3}$$

4.1. Đường sức điện trường

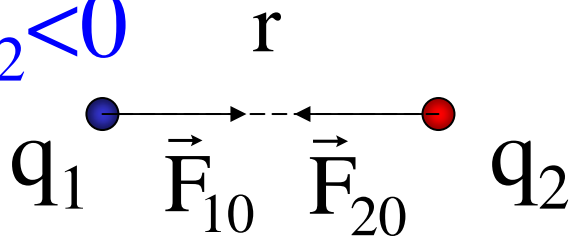
Đặc điểm: Đường sức của trường tĩnh điện là các đường hở

2. Định luật Culông

$q_1 q_2 > 0$



$q_1 q_2 < 0$



$$\epsilon_0 = 8,86 \cdot 10^{-12} \frac{\text{C}^2}{\text{Nm}^2}$$

2.1. Định luật Culông trong chân không

$$\vec{F}_{20} = k \frac{q_1 q_2}{r^2} \frac{\vec{r}_{12}}{r}$$

$$\vec{F}_{10} = k \frac{q_1 q_2}{r^2} \frac{\vec{r}_{21}}{r}$$

$$F_{10} = F_{20} = k \frac{q_1 q_2}{r^2}$$

$$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{Nm}^2}{\text{C}^2}$$

$$F_{10} = F_{20} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{|q_1 q_2|}{r^2}$$

Hằng số điện môi

- **ĐL Culông**: Lực tương tác giữa hai điện tích có phương nằm trên đường nối hai điện tích, là lực hút nhau nếu hai điện tích trái dấu và đẩy nhau nếu cùng dấu, có độ lớn tỷ lệ với độ lớn tích giữa hai điện tích đó và tỷ lệ nghịch với bình phương khoảng cách giữa hai điện tích đó

2.2. Định luật Culông trong môi trường

$$F_1 = F_2 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0\epsilon} \frac{|q_1q_2|}{r^2}$$

ϵ - Độ điện thẩm hay hằng số điện môi tỷ đối

- Độ điện thẩm hay hằng số điện môi tỷ đối ϵ của một số chất:

Chân không	1
Không khí	1,0006
Thuỷ tinh	$5 \div 10$
H ₂ O	81
Dầu cách điện	1000

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

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

3. Khái niệm về điện trường, Véc tơ cường độ điện trường

3.1. Khái niệm về điện trường:

Tương tác giữa hai điện tích điểm xảy ra như thế nào?

- Thuyết **tác dụng xa**: Tức thời, không thông qua môi trường nào cả -> Sai
- Thuyết **tác dụng gần**: Quanh điện tích có môi trường đặc biệt -> điện trường lan truyền với c -> vận tốc tương tác giới hạn
-> điện trường của điện tích này tác dụng lực lên điện tích kia

3.2. Véc tơ cường độ điện trường

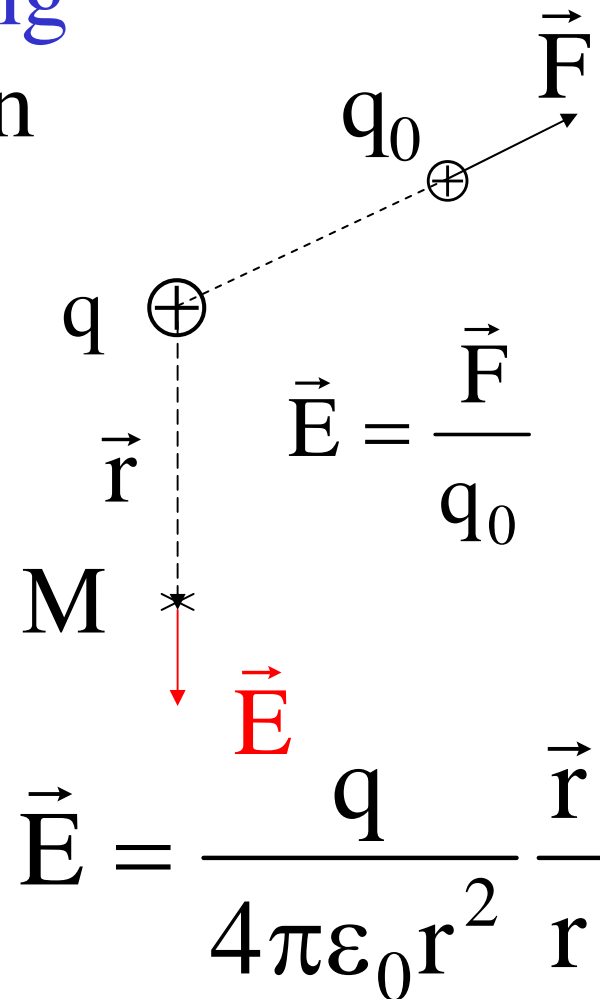
Định nghĩa: Véc tơ cường độ điện trường tại một điểm là đại lượng có giá trị bằng lực tác dụng của điện trường lên một đơn vị điện tích dương đặt tại điểm đó

Thứ nguyên: $\left(\frac{V}{m}\right)$

Véc tơ cường độ điện trường gây ra bởi điện tích điểm

$$\vec{F} = \frac{qq_0}{4\pi\epsilon_0 r^2} \frac{\vec{r}}{r}$$

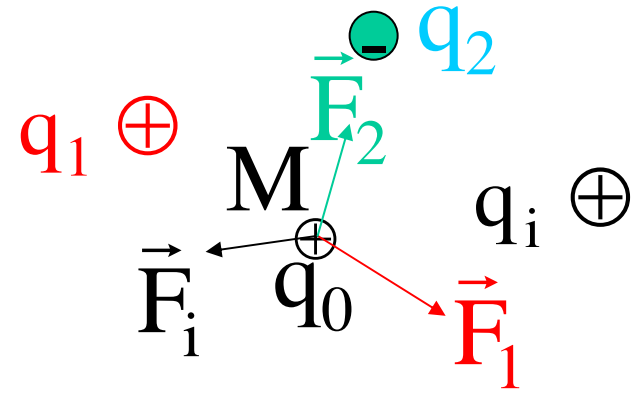
$$E = \frac{|q|}{4\pi\epsilon_0 r^2}$$



Véc tơ cường độ điện trường gây ra bởi hệ điện tích điểm

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

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_0} = \frac{\sum_{i=1}^n \vec{F}_i}{q_0} = \sum_{i=1}^n \frac{\vec{F}_i}{q_0} = \sum_{i=1}^n \vec{E}_i$$

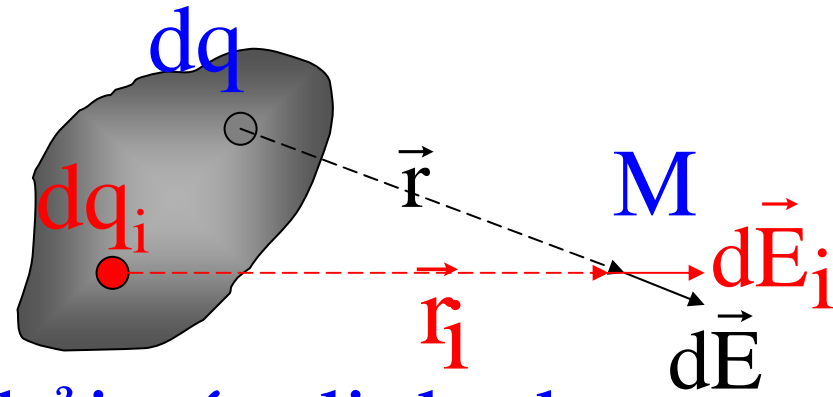


...tại M bằng tổng các véc tơ cường độ điện trường gây ra bởi các điện tích điểm tại điểm đó

-> nguyên lý chồng chất điện trường

Véc tơ cường độ điện trường gây ra bởi vật mang điện tích

$$\vec{E} = \int_{\text{Toàn bộ vật}} d\vec{E} = \int_{\text{tbv}} \frac{dq}{4\pi\epsilon_0\epsilon r^2} \frac{\vec{r}}{r}$$



Trong trường hợp cụ thể phải xác định phương và chiều bằng hình vẽ, tích phân chỉ xác định giá trị của E

Dây: λ (C/m)

$$dq = \lambda dl$$

$$\vec{E} = \int_{\text{tbv}} \frac{\lambda dl}{4\pi\epsilon_0\epsilon r^2} \frac{\vec{r}}{r}$$

Mặt: σ (C/m²)

$$dq = \sigma dS$$

$$\vec{E} = \int_{\text{tbv}} \frac{\sigma dS}{4\pi\epsilon_0\epsilon r^2} \frac{\vec{r}}{r}$$

Khối: ρ (C/m³)

$$dq = \rho dV$$

$$\vec{E} = \int_{\text{tbv}} \frac{\rho dV}{4\pi\epsilon_0\epsilon r^2} \frac{\vec{r}}{r}$$

3.3. Thí dụ

• **Lưỡng cực điện** $\vec{p}_e = q\vec{l}$

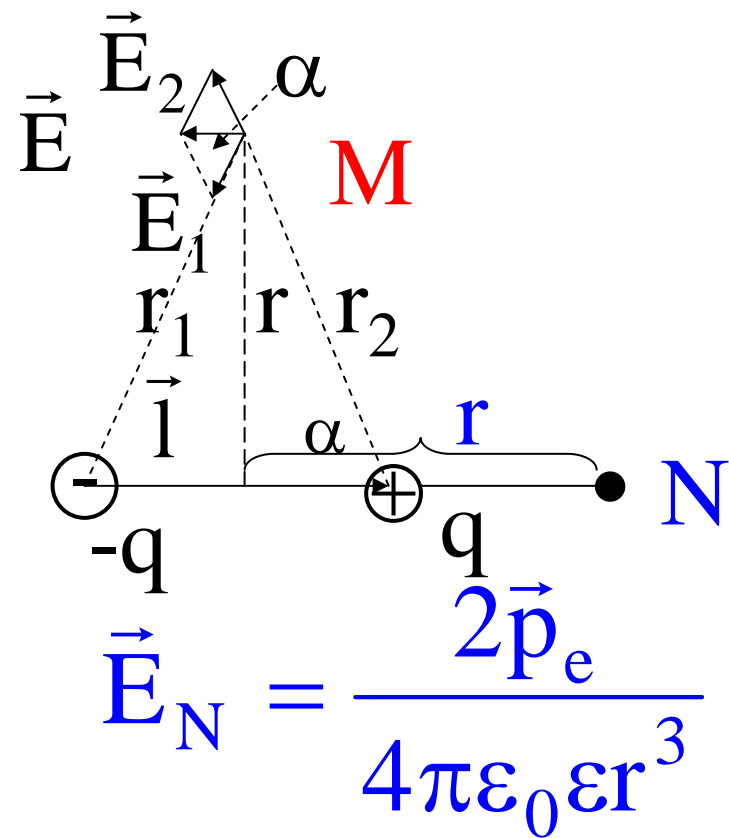
$$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 \quad E = 2E_1 \cos\alpha$$

$$E = 2 \frac{q}{4\pi\epsilon_0\epsilon r_1^2} \frac{1}{2r_1} = \frac{ql}{4\pi\epsilon_0\epsilon r_1^3}$$

$$r \gg l \Rightarrow r_1 = \sqrt{r^2 + \frac{l^2}{4}} \approx r$$

$$E = \frac{p_e}{4\pi\epsilon_0\epsilon r^3}$$

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



$E \sim$ mômen lưỡng cực điện p_e

• Tác dụng điện trường đều lên lưỡng cực điện

$$\vec{\mu} = \vec{l} \times \vec{F} = \vec{l} \times q\vec{E}_0 = q\vec{l} \times \vec{E}_0$$

$$\vec{\mu} = \vec{p}_e \times \vec{E}_0 \quad \mu = qlE_0 \sin\theta$$

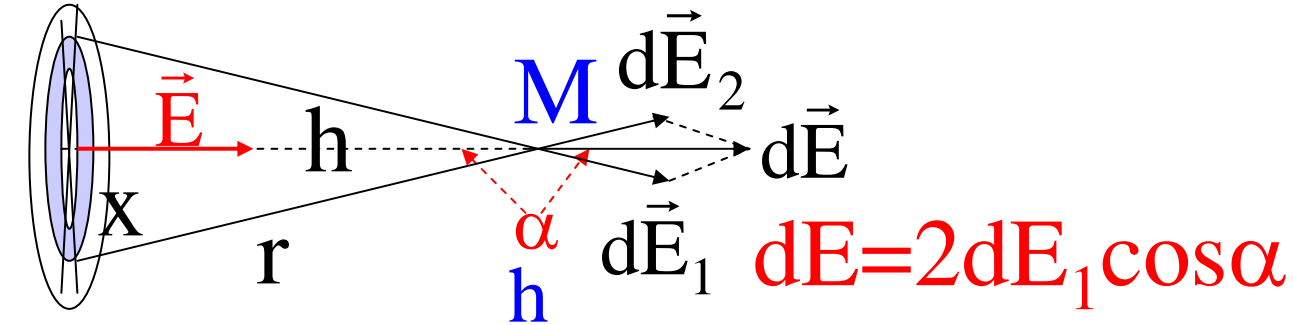
• Véc tơ cường độ điện trường gây ra bởi dây dẫn vô hạn tích điện đều

$$E = \int_{\text{tbd}} dE_n = \int_{\text{tbd}} \frac{\lambda dx}{4\pi\epsilon_0\epsilon(x^2 + r^2)} \cos\alpha$$

$$\cos^2\alpha = r^2 / (x^2 + r^2) \quad dx = \frac{r d\alpha}{\cos^2\alpha}$$

$$E = \frac{\lambda}{4\pi\epsilon_0\epsilon r} \int_{-\pi/2}^{\pi/2} \cos\alpha d\alpha \quad E = \frac{|\lambda|}{2\pi\epsilon_0\epsilon r}$$

- Véc tơ cường độ điện trường gây ra bởi đĩa tròn phẳng tích điện đều



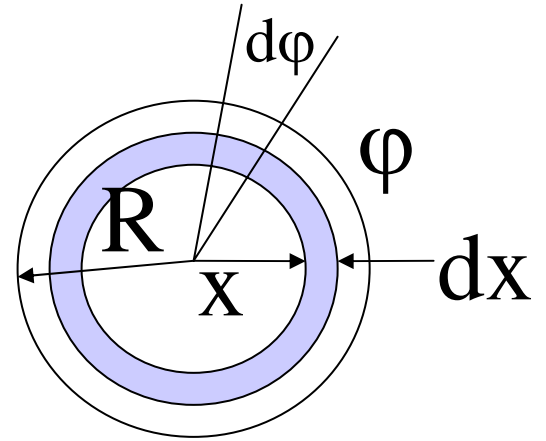
$$dE = 2dE_1 \cos \alpha$$

$$\cos \alpha = \frac{h}{(h^2 + x^2)^{1/2}}$$

$$E = \int_{\text{tbd}} dE = \int_{\text{tbd}} \frac{\sigma h}{2\pi\epsilon_0\epsilon} \frac{x dx d\varphi}{(h^2 + x^2)^{3/2}}$$

$$E = \frac{\sigma h}{2\pi\epsilon_0\epsilon} \int_0^R \frac{x dx}{(h^2 + x^2)^{3/2}} \int_0^\pi d\varphi$$

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



$$dq = \sigma dS = \sigma x dx d\varphi$$

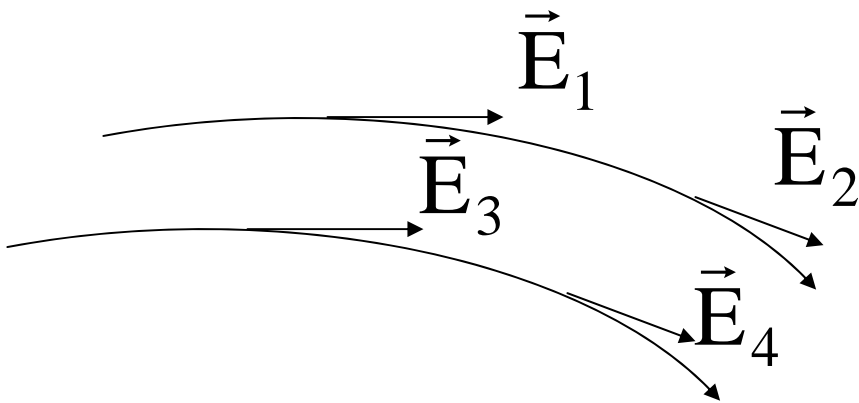
đĩa phẳng vô hạn

$$R \rightarrow \infty$$

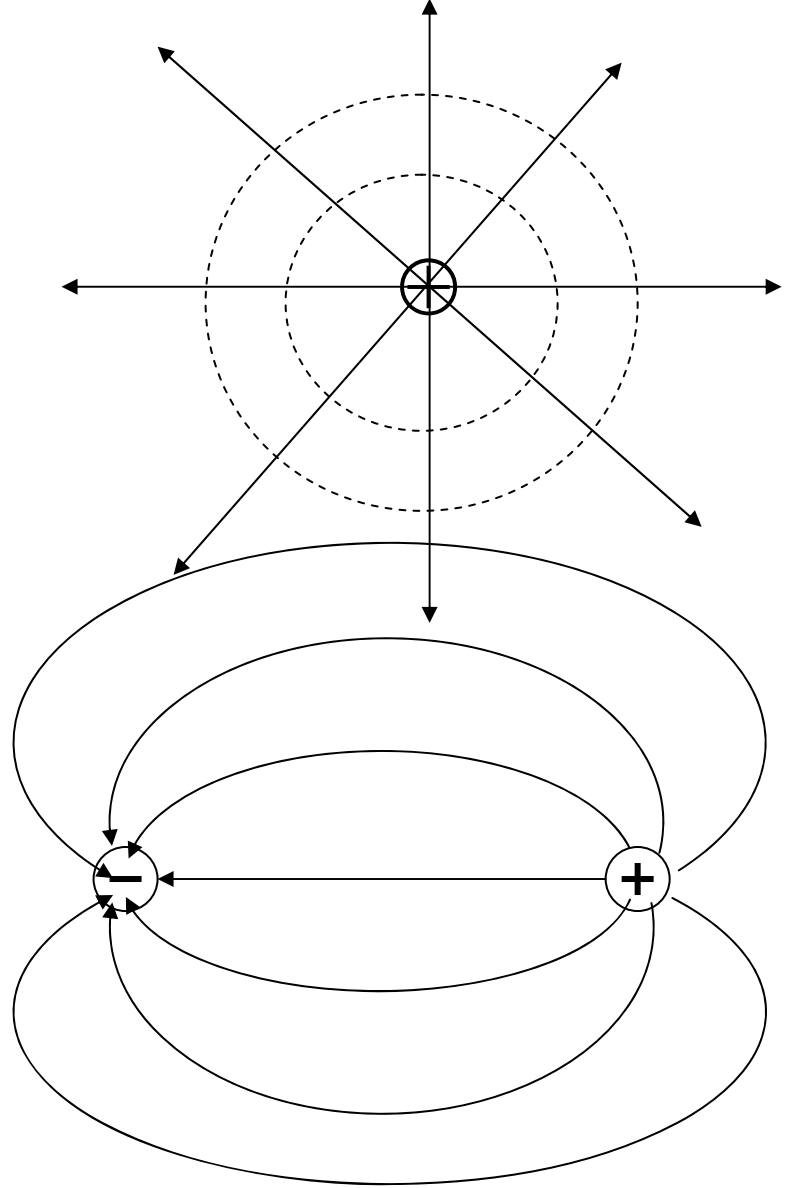
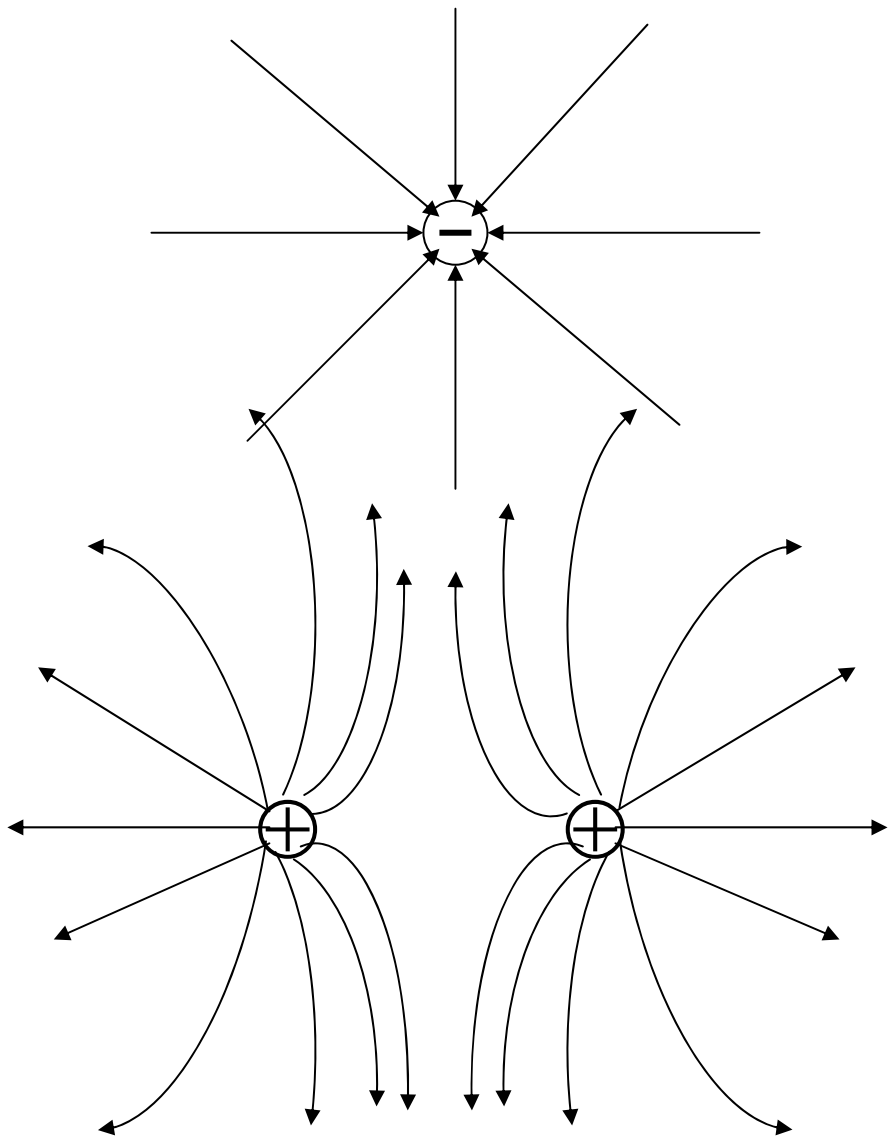
$$E = \frac{\sigma}{2\epsilon_0\epsilon}$$

4. Điện thông

4.1. Đường sức điện trường là đường cong mà tiếp tuyến tại mỗi điểm của nó trùng với phương của véc tơ cường độ điện trường tại điểm đó chiều của đường sức điện trường là chiều của véc tơ cường độ điện trường



Tập hợp đường sức của điện trường = điện phổ



Đặc điểm: Đường sức của trường tĩnh điện là các đường hở

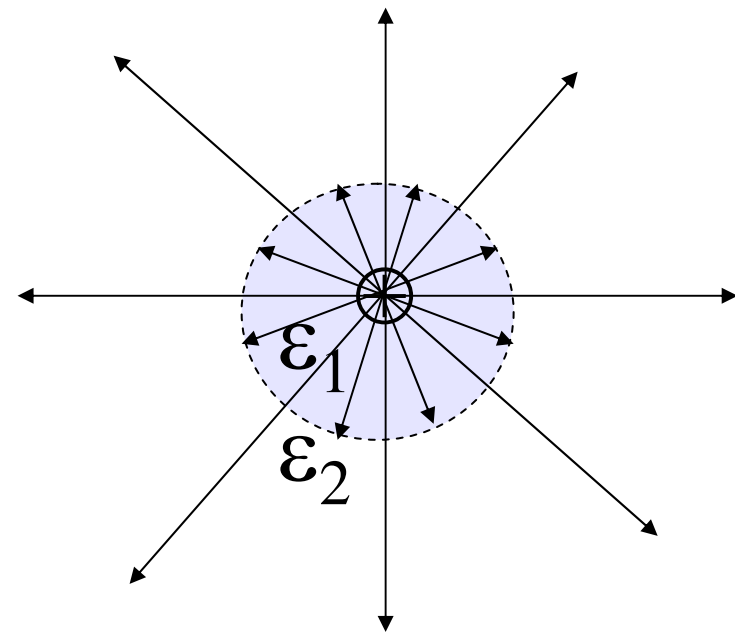
4.2. Sự gián đoạn đường sức của điện trường

Nếu $2\varepsilon_1 = \varepsilon_2$ gián đoạn tại biên giới hai môi trường
 \Rightarrow Véc tơ cảm ứng điện

$$\vec{D} = \varepsilon_0 \varepsilon \vec{E} \quad D = \varepsilon_0 \varepsilon E$$

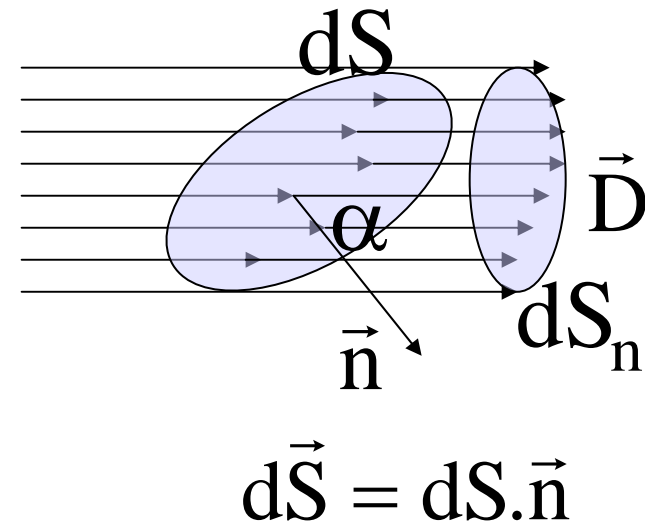
Điện tích điểm

$$\vec{D} = \frac{q}{4\pi r^2} \frac{\vec{r}}{r} \quad D = \frac{|q|}{4\pi r^2}$$



Thứ nguyên
 C/m^2

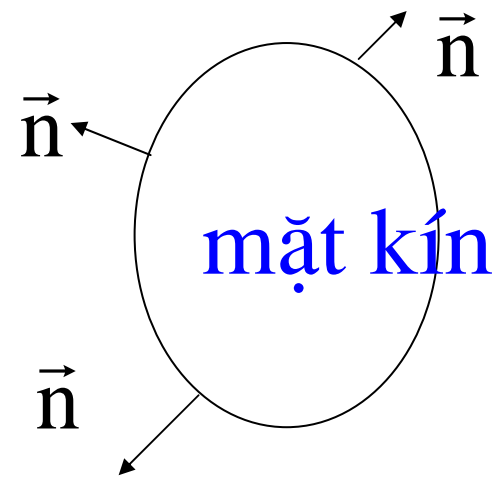
4.3. Thông lượng cảm ứng điện /điện thông là đại lượng có độ lớn bằng số đường sức vẽ vuông góc qua diện tích



$$d\Phi_e = \vec{D}d\vec{S} = DdS \cos \alpha = D_n dS = DdS_n$$

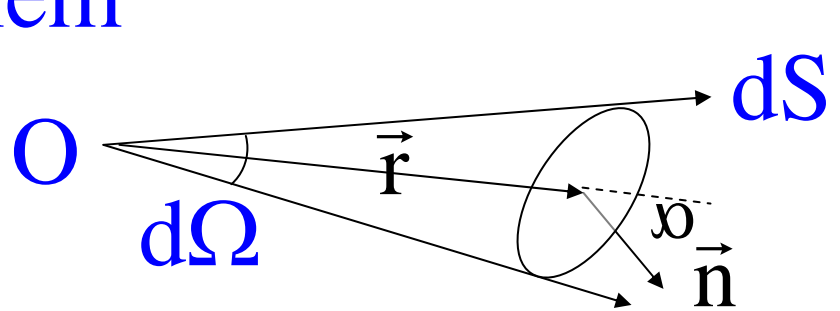
qua diện tích S

$$\Phi_e = \int_S d\Phi_e = \int_S \vec{D}d\vec{S}$$



5. Định lý Ôxtrôgratxki-Gauox (Ô-G)

5.1. Góc khối: góc nhìn một diện tích từ một điểm

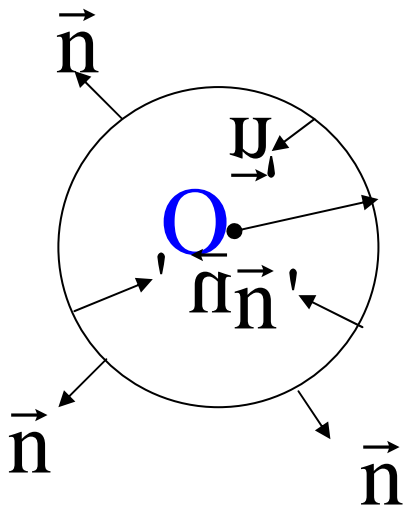


$$d\vec{S} = dS \cdot \vec{n}$$

$$d\Omega = \frac{dS \cos \alpha}{r^2}$$

$$dS \cos \alpha = dS_n$$

Góc nhìn mặt cầu (pháp tuyến ra):



$$\Omega = \int_S \frac{dS \cos \alpha}{r^2} = \int_S \frac{dS_n}{r^2} = 4\pi$$

Góc nhìn mặt cầu

(pháp tuyến vào):

$$\Omega' = -4\pi$$

5.2. Điện thông xuất phát từ điện tích điểm q

Điện thông qua dS $d\Phi_e = \vec{D}d\vec{S} = DdS \cos \alpha$

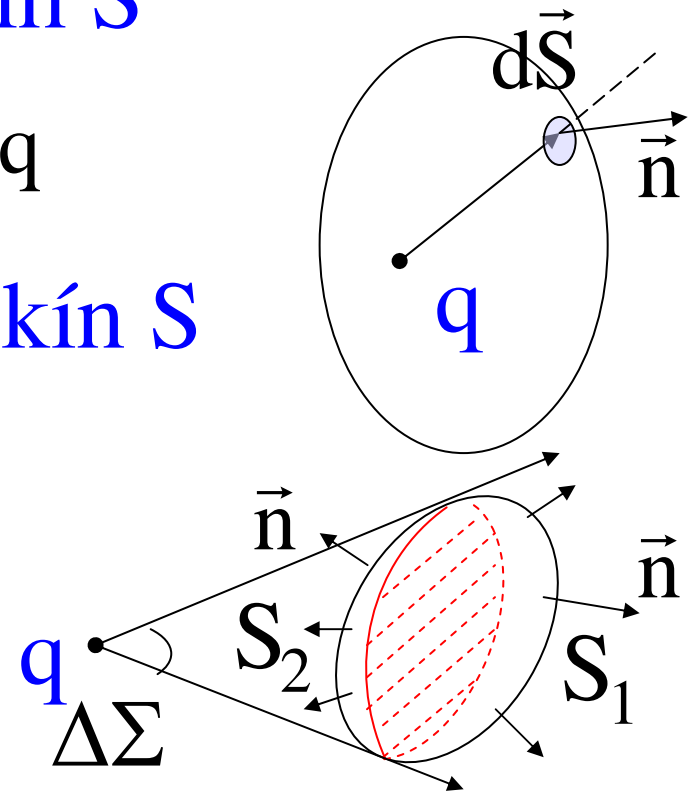
$$D = \frac{|q|}{4\pi r^2} \quad d\Phi_e = \frac{q}{4\pi r^2} dS \cos \alpha = \frac{q}{4\pi} d\Omega$$

Điện tích điểm q trong mặt kín S

$$\Phi_e = \oint_S d\Phi_e = \frac{q}{4\pi} \oint_S d\Omega = q$$

Điện tích điểm q ngoài mặt kín S

$$\begin{aligned} \Phi_e &= \frac{q}{4\pi} \left(\int_{S_1} d\Omega + \int_{S_2} d\Omega \right) \\ &= \frac{q}{4\pi} (\Delta\Sigma - \Delta\Sigma) = 0 \end{aligned}$$



5.3. Định lý Ôxtrôgratxki-Gauox (Ô-G)

Điện thông qua mặt kín bất kỳ bằng tổng đại số các điện tích chứa trong mặt kín ấy:

$$\Phi_e = \oiint_S \vec{D} d\vec{S} = \sum_i q_i \quad \Sigma q_i \text{ Tổng đại số (dấu của điện tích)}$$

5.4. Dạng vi phân định lý Ôxtrôgratxki-Gauox

$$\oiint_S \vec{D} d\vec{S} = \iiint_V \operatorname{div} \vec{D} dV \quad \operatorname{div} \vec{D} = \frac{\partial D_x}{\partial x} + \frac{\partial D_y}{\partial y} + \frac{\partial D_z}{\partial z}$$

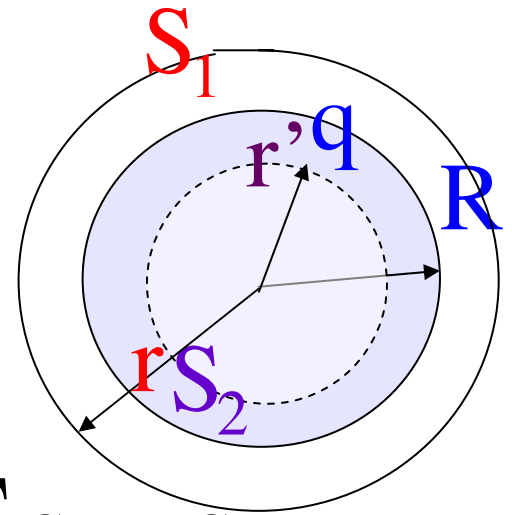
$$\sum_i q_i = \iiint_V \rho dV \quad \rho = \operatorname{div} \vec{D}$$

Phương trình Poisson (Poát Xông)

5.5. Ứng dụng: Tính D & E

5.5.1 Cầu bán kính R tích điện mặt q

Xác định điện trường tại điểm:



- **Ngoài cầu ($r > R$):** $\Phi_e = \oiint_{S_1} \vec{D} d\vec{S} = \sum_i q_i = q$

$$D 4\pi r^2 = q \quad D = \frac{q}{4\pi r^2} \quad E = \frac{D}{\epsilon_0 \epsilon} = \frac{q}{4\pi \epsilon_0 \epsilon r^2}$$

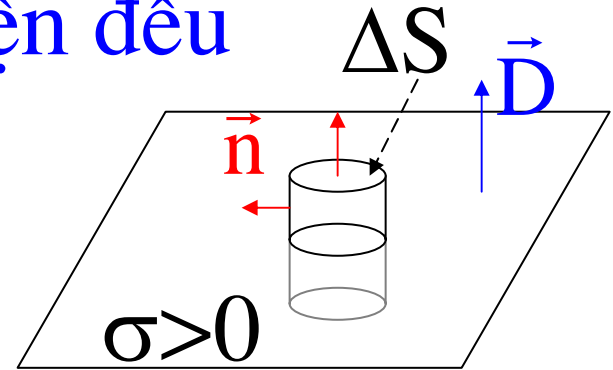
- **Trên mặt cầu (R):** $D = \frac{q}{4\pi R^2} \quad E = \frac{q}{4\pi \epsilon_0 \epsilon R^2}$

- **Trong cầu ($r' < R$):**

$$\Phi_e = \oiint_{S_2} \vec{D} d\vec{S} = \sum_i q_i = 0 \quad D=0, E=0$$

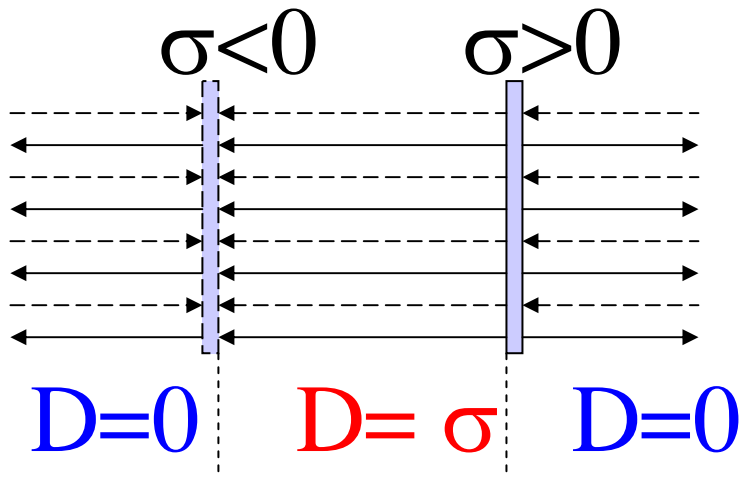
5.5.2 Mặt phẳng vô hạn tích điện đều

$$\Phi_e = \oiint \vec{D} d\vec{S} = \iint_{\text{mặt trụ}} \vec{D} d\vec{S} + \iint_{\text{mặt bên}} \vec{D} d\vec{S} + \iint_{\text{2đáy}} \vec{D} d\vec{S}$$



$$\left. \begin{array}{l} \iint_{\text{mặt bên}} \vec{D} d\vec{S} = 0 \\ \iint_{\text{2đáy}} \vec{D} d\vec{S} = D \cdot 2\Delta S \\ \Phi_e = \iint_{\text{2đáy}} \vec{D} d\vec{S} = \Delta S \sigma \end{array} \right\} \begin{array}{l} D = \frac{\sigma}{2} \\ E = \frac{\sigma}{2\epsilon_0 \epsilon} \end{array}$$

5.5.3 Giữa 2 mặt phẳng vô hạn tích điện đều

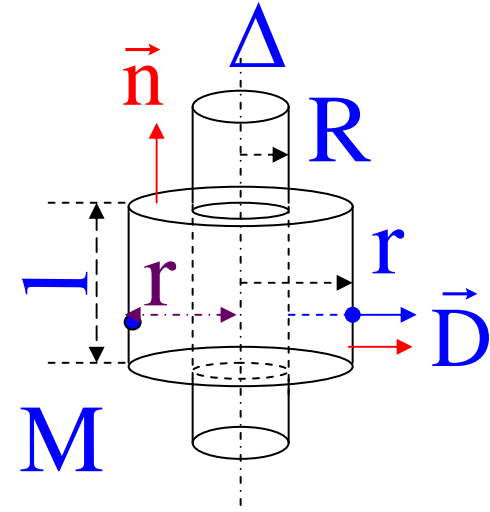


Giữa: E đều $E = \frac{\sigma}{\epsilon_0 \epsilon}$

Ngoài: E=0

5.5.4 Mặt trụ vô hạn tích điện đều

Vẽ mặt trụ: qua M, bán kính r, cao l



$$\Phi_e = \oiint \vec{D} d\vec{S} = \iint_{\text{mặt bên}} \vec{D} d\vec{S} + \iint_{2\text{đáy}} \vec{D} d\vec{S}$$

$$\iint_{2\text{đáy}} \vec{D} d\vec{S} = 0 \quad \iint_{\text{mặt bên}} \vec{D} d\vec{S} = D 2\pi r l$$

$$\Phi_e = \iint_{\text{mặt bên}} \vec{D} d\vec{S} = Q = 2\pi R l \sigma = \lambda l$$

$$D = \frac{Q}{2\pi r l} = \frac{\sigma R}{r} = \frac{\lambda}{2\pi r}$$

Q - Điện tích trên mặt trụ trong, cao l

$$E = \frac{Q}{2\pi \epsilon_0 \epsilon_r l} = \frac{\sigma R}{\epsilon_0 \epsilon_r} = \frac{\lambda}{2\pi \epsilon_0 \epsilon_r r}$$

σ - Mật độ điện mặt
 λ - Mật độ điện dài

6. Điện thế

6.1 Công của lực tĩnh điện. Tính chất thế của trường tĩnh điện

$$dA = Fd\vec{s} = q_0 E d\vec{s}$$

$$dA = q_0 \frac{q}{4\pi\epsilon_0\epsilon r^3} \vec{r} d\vec{s}$$

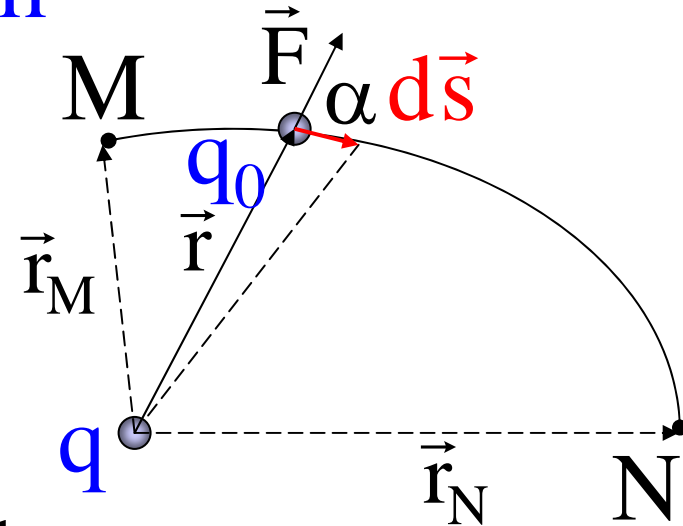
$$= \frac{q_0 q}{4\pi\epsilon_0\epsilon r^2} ds \cos\alpha = \frac{q_0 q dr}{4\pi\epsilon_0\epsilon r^2}$$

$$A_{MN} = \frac{q_0 q}{4\pi\epsilon_0\epsilon} \int_{r_M}^{r_N} \frac{dr}{r^2} = \frac{q_0 q}{4\pi\epsilon_0\epsilon} \left(-\frac{1}{r}\right) \Big|_{r_M}^{r_N}$$

Công của lực tĩnh điện

=> Tính chất thế

$$A_{MN} = \frac{q_0 q}{4\pi\epsilon_0\epsilon r_M} - \frac{q_0 q}{4\pi\epsilon_0\epsilon r_N}$$



$ds \cdot \cos\alpha = dr$

Trong điện trường của q

Trong điện trường bất kì

q_0 ch động trong điện trường của hệ q_1, q_2, \dots, q_n

$$\vec{F} = \sum_{i=1}^n \vec{F}_i = q_0 \sum_{i=1}^n \vec{E}_i$$
$$A_{MN} = \sum_{i=1}^n \frac{q_0 q_i}{4\pi\epsilon_0 \epsilon r_{iM}} - \sum_{i=1}^n \frac{q_0 q_i}{4\pi\epsilon_0 \epsilon r_{iN}}$$

Công của lực tĩnh điện trong sự dịch chuyển điện tích q_0 trong điện trường bất kì:

- Không phụ thuộc vào dạng của đường cong dịch chuyển

- Chỉ phụ thuộc vào điểm đầu và cuối của chuyển dời

- \Rightarrow Tính chất thế: $A = \oint \vec{F} d\vec{s} = q_0 \oint \vec{E} d\vec{s} = 0$

. Lưu số véc tơ cường độ đtrường dọc theo một đường cong kín bằng không: $\oint \vec{E} d\vec{s} = 0$

6.2 Thế năng của một điện tích trong điện trường

Công bằng độ giảm thế năng $dA = -dW$

$$A_{MN} = \int_M^N dA = \int_M^N -dW = W_M - W_N \quad W_M = \frac{q_0 q}{4\pi\epsilon_0 \epsilon r_M}$$

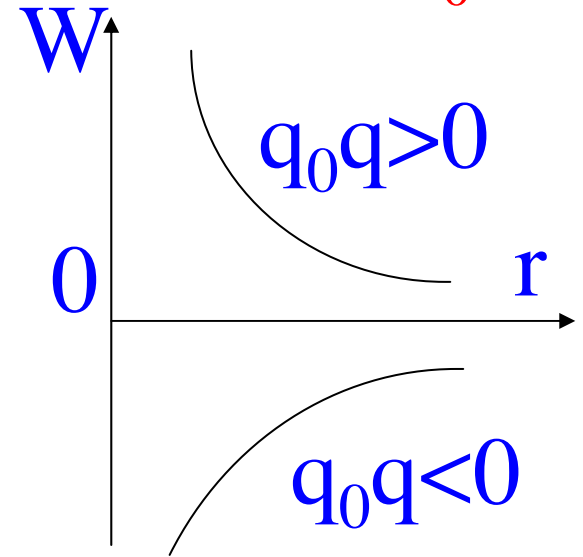
$$A_{MN} = \frac{q_0 q}{4\pi\epsilon_0 \epsilon r_M} - \frac{q_0 q}{4\pi\epsilon_0 \epsilon r_N} \quad W_N = \frac{q_0 q}{4\pi\epsilon_0 \epsilon r_N}$$

$$W = \frac{q_0 q}{4\pi\epsilon_0\epsilon r} + C \quad W_M = \int_M^\infty q_0 \vec{E} d\vec{s}$$

$$W_\infty = 0 \Rightarrow C=0$$

$$W = \frac{q_0 q}{4\pi\epsilon_0\epsilon r}$$

- Thế năng q_0 tại M trong điện trường là đại lượng về trị số bằng công của lực tĩnh điện trong sự dịch chuyển q_0 từ M ra xa vô cùng



6.3. Điện thế

6.3.1 Định nghĩa: W/q_0 không phụ thuộc vào điện tích q_0 mà chỉ phụ thuộc vào vị trí trong điện trường và điện tích gây ra điện trường

Điện thế tại điểm đang xét của đt $V = \frac{W}{q_0}$

Điện thế q gây ra tại r $V = \frac{q}{4\pi\epsilon_0\epsilon r}$

Điện thế hệ q_i gây ra tại r $V = \sum_i V_i = \sum_i \frac{q_i}{4\pi\epsilon_0\epsilon r_i}$

. **Điện thế tại M** trong điện trường là đại lượng về trị số bằng **Công của lực tĩnh điện** trong sự dịch chuyển đơn vị điện tích dương từ **M ra ∞**

$$V_M = \int_M^{\infty} \vec{E} d\vec{s}$$

Công dịch chuyển q_0 từ M \rightarrow N:

$$A_{MN} = W_M - W_N = q_0(V_M - V_N)$$

6.3.2 Ý nghĩa

$$q_0 = +1 \Rightarrow V_M - V_N = A_{MN}$$

$$V_M - V_N = \frac{A_{MN}}{q_0}$$

- Hiệu điện thế giữa 2 điểm M, N = Công của lực điện trường dịch chuyển đơn vị điện tích dương từ M \rightarrow N.

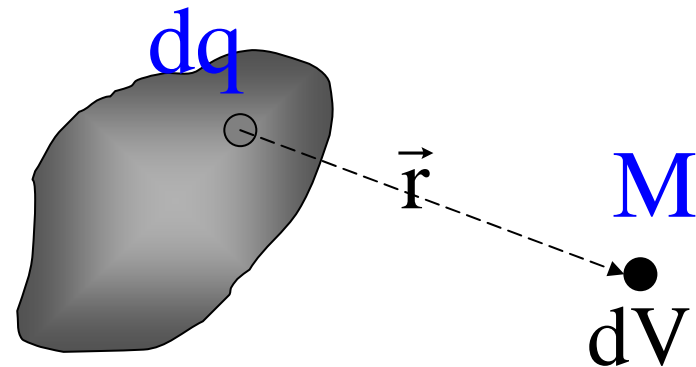
$$V_M - V_\infty = A_{M\infty} \rightarrow V_M = A_{M\infty}$$

. Điện thế tại điểm M = Công dịch chuyển đơn vị điện tích dương từ M $\rightarrow \infty$.

• Điện thế tại 1 điểm trong điện trường của hệ điện tích:

$$V = \int_{\text{Cả hệ dt}} dV = \int_{\text{Cả hệ dt}} \frac{1}{4\pi\epsilon_0\epsilon} \frac{dq}{r}$$

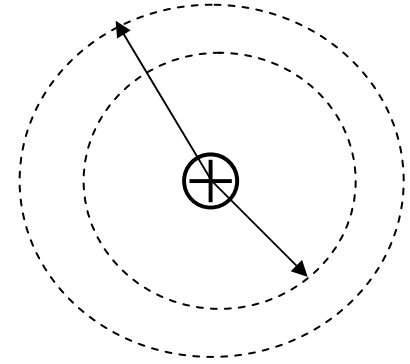
thứ nguyên V là vôn



7. Mặt đẳng thế

7.1. Định nghĩa: Quỹ tích của những điểm có cùng điện thế. $V = C = \text{const}$

Điện tích điểm: $r = \text{const}$

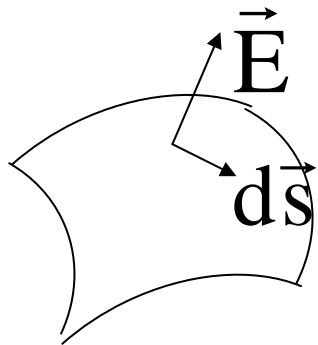


7.2. Tính chất mặt đẳng thế:

^ Công của lực điện trường dịch chuyển q_0 :

$$A_{MN} = q_0(V_M - V_N) = 0 \quad (M, N \text{ trên mặt đt})$$

^ Véc tơ cường độ điện trường tại một điểm trên mặt đt luôn vuông góc với mặt đt tại điểm đó



$$dA = q_0 \vec{E} d\vec{s} = 0$$

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

^ Các mặt đẳng thế không cắt nhau

8. Liên hệ giữa véc tơ cường độ điện trường và điện thế

$$dA = q_0 [V - (V + dV)] = -q_0 dV$$

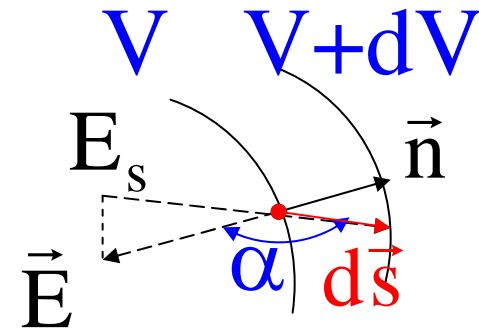
$$dA = q_0 \vec{E} d\vec{s} \quad \longrightarrow \quad \vec{E} d\vec{s} = -dV$$

$$dV > 0 \rightarrow E ds \cos \alpha < 0$$

$\cos \alpha < 0 \rightarrow \alpha > \frac{\pi}{2}$ Véc tơ cường độ điện trường theo chiều giảm điện thế

$$E ds \cos \alpha = E_s ds = -dV \quad \rightarrow \quad E_s = -\frac{dV}{ds}$$

. Hình chiếu véc tơ cường độ điện trường trên một phương nào đó có trị số bằng độ giảm điện thế trên đơn vị dài của phương đó



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

$$\vec{E} = \vec{i}E_x + \vec{j}E_y + \vec{k}E_z$$

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

$$\vec{E} = -\overrightarrow{\text{grad}V}$$

- Véc tơ cường độ điện trường tại một điểm bằng về giá trị nhưng ngược chiều với gradien của điện thế tại điểm đó

E_n là hình chiếu của \vec{E} trên pháp tuyến

đối với mặt

đẳng thế:

$$E_n = -\frac{dV}{dn} = E \quad E_s = -\frac{dV}{ds} = E \cdot \cos \alpha$$

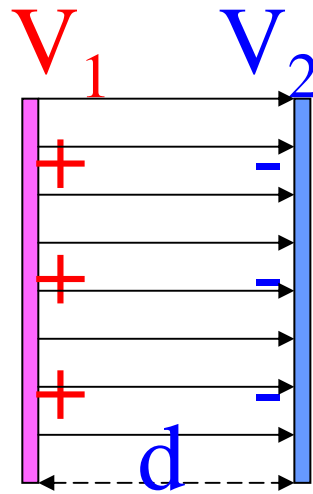
7 Điện thế biến thiên nhiều nhất theo pháp tuyến với mặt đẳng thế

$$\left| \frac{dV}{ds} \right| \leq \left| \frac{dV}{dn} \right|$$

Ứng dụng

a, Hiệu điện thế giữa hai mặt phẳng song song tích điện đều

$$E = \frac{V_1 - V_2}{d} \quad E = \frac{\sigma}{\epsilon_0 \epsilon} \quad V_1 - V_2 = \frac{\sigma d}{\epsilon_0 \epsilon}$$



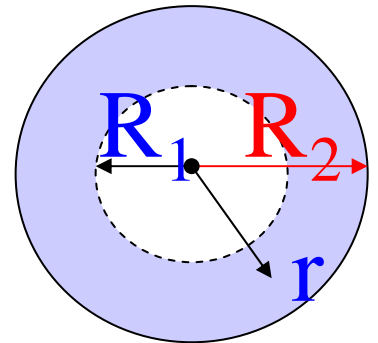
$$d=1\text{m}, V_1 - V_2 = 1\text{vôn} \rightarrow E = 1\text{V/m}$$

V/m là cường độ điện trường trong ĐT đồng tính
mà hiệu điện thế trên mỗi m là 1vôn

b, Hiệu điện thế giữa hai mặt cầu mang điện đều

$$-dV = E dr = \frac{q dr}{4\pi\epsilon_0\epsilon r^2}$$

$$V_1 - V_2 = \int_{R_1}^{R_2} \frac{q dr}{4\pi\epsilon_0\epsilon r^2} = \frac{q}{4\pi\epsilon_0\epsilon} \left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right)$$



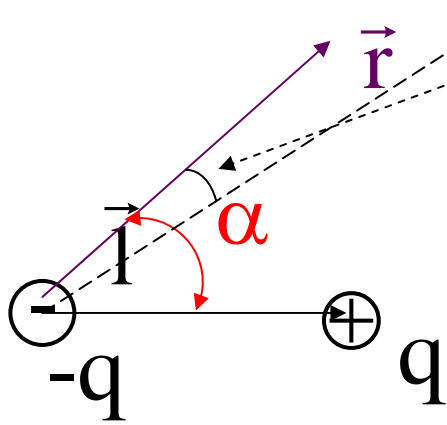
c, Hiệu điện thế giữa hai điểm trong điện trường của mặt trụ tích điện đều

$$E = \frac{Q}{2\pi\epsilon_0\epsilon l r} = \frac{\sigma R}{\epsilon_0\epsilon r} = \frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0\epsilon r}$$

$$\begin{aligned} V_1 - V_2 &= \int_{R_1}^{R_2} E dr = \frac{Q}{2\pi\epsilon_0\epsilon l} \ln \frac{R_2}{R_1} \\ &= \frac{\sigma R}{\epsilon_0\epsilon} \ln \frac{R_2}{R_1} = \frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0\epsilon} \ln \frac{R_2}{R_1} \end{aligned}$$

*d, Véc tơ cường độ điện trường
gây bởi lưỡng cực điện*

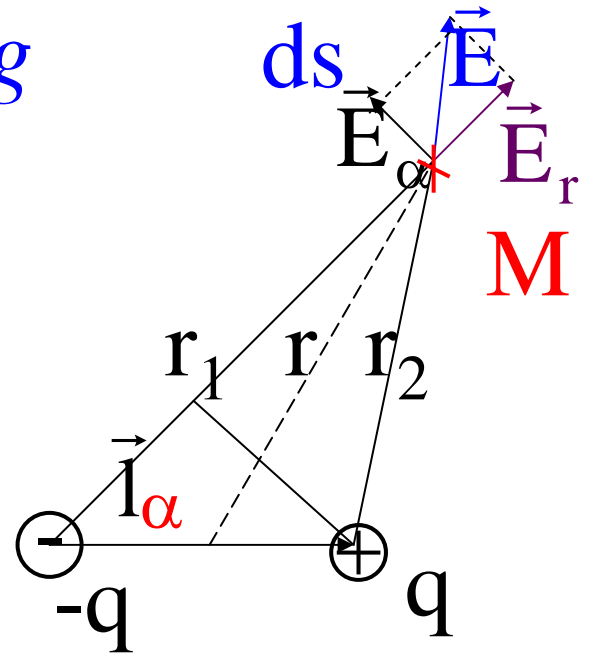
Lấy $-q$ làm gốc Toạ độ cực



$$d\alpha = \frac{ds}{r}$$

phân tích

$$\vec{E} = \vec{E}_r + \vec{E}_\alpha$$



$$V = \frac{-q}{4\pi\epsilon_0\epsilon r_1} + \frac{q}{4\pi\epsilon_0\epsilon r_2} = \frac{q}{4\pi\epsilon_0\epsilon} \frac{r_1 - r_2}{r_1 r_2}$$

$$r_1 - r_2 = l \cos \alpha \text{ và } r_1 r_2 \approx r^2$$

$$V = \frac{q}{4\pi\epsilon_0\epsilon} \frac{l \cos \alpha}{r^2} = \frac{p_e \cos \alpha}{4\pi\epsilon_0\epsilon r^2}$$

$$E_r = -\frac{\partial V}{\partial r} = \frac{2p_e \cos \alpha}{4\pi\epsilon_0\epsilon r^3}$$

$$E_\alpha = -\frac{\partial V}{r\partial\alpha} = \frac{p_e \sin \alpha}{4\pi\epsilon_0\epsilon r^3}$$

$$E = \sqrt{E_r^2 + E_\alpha^2} = \frac{p_e}{4\pi\epsilon_0\epsilon r^3} \sqrt{3\cos^2 \alpha + 1}$$