

Chương I: TRƯỜNG TĨNH ĐIỆN

I.1. KHÁI NIỆM CƠ BẢN

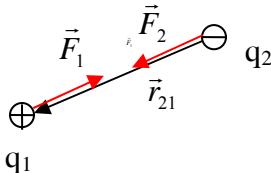
- a) Điện tích nguyên tố là điện tích nhỏ nhất có trong tự nhiên $e = 1,6 \times 10^{-19}$ C.
- b) Vật tích điện dương: khi nguyên tử hay phân tử trung hòa của vật bị mất electron.
- c) Vật tích điện âm: khi nguyên tử hay phân tử trung hòa của vật nhận thêm electron.
- d) Điện tích điểm: vật có kích thước rất nhỏ tích điện.
- e) Hệ điện tích điểm: tập hợp nhiều điện tích điểm phân bố rời rạc.
- f) Vật tích điện: là hệ điện tích điểm phân bố liên tục và có mối liên kết rắn.

- **Định luật bảo toàn điện tích:** “Trong 1 hệ cô lập, điện tích luôn được bảo toàn”.

I.2. ĐỊNH LUẬT COULOMB : Định luật tương tác giữa 2 điện tích điểm.

Phát biểu: Hai điện tích điểm q_1 và q_2 đặt cách nhau một đoạn r thì chịu tác dụng tương tác bởi lực \vec{F}_1 ,

$$\vec{F}_2 . \quad \vec{F}_1 = \frac{k}{\epsilon} \cdot \frac{q_1 \cdot q_2}{r^2} \cdot \frac{\vec{r}_{21}}{r_{21}} \quad \vec{F}_2 = \frac{k}{\epsilon} \cdot \frac{q_1 \cdot q_2}{r^2} \cdot \frac{\vec{r}_{12}}{r_{12}}$$



q_1, q_2 : các điện tích điểm

$\frac{\vec{r}_{21}}{r_{21}}$: vectơ đơn vị hướng từ điện tích gây ra tác dụng

q_2 đến điện tích chịu tác dụng q_1 .

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

$$\Rightarrow \epsilon_0 = 8.86 \cdot 10^{-12} \frac{C^2}{Nm^2} : \text{hằng số điện}$$

ϵ : là hằng số điện môi của môi trường > 1 .

Môi trường chân không $\epsilon = 1$, không khí $\epsilon \sim 1$

- | |
|--|
| $\left\{ \begin{array}{l} * \text{Điểm đặt: tại điện tích đang xét.} \\ * \text{Phương: đt nối từ } q_1 \text{ đến } q_2 \\ * \text{Chiều: } q_1 \cdot q_2 > 0 \text{ lực đẩy} \\ \qquad \qquad \qquad q_1 \cdot q_2 < 0 \text{ lực hút} \\ * \text{Độ lớn: } F_1 = F_2 = \frac{k}{\epsilon} \cdot \frac{ q_1 q_2 }{r^2} \end{array} \right.$ |
|--|

I.3. Điện trường:

1. **Điện trường của một điện tích điểm:** điện tích điểm q tạo xung quanh nó một điện trường và để xác định điện trường đó tại một vị trí thông qua một đại lượng hữu hướng \vec{E} gọi là **vectơ cường độ điện trường**.

$$q \longrightarrow M \longrightarrow \vec{E}_M = \frac{k \cdot q}{\epsilon \cdot r^2} \cdot \frac{\vec{r}}{r}$$

- | |
|---|
| $\left\{ \begin{array}{l} * \text{Điểm đặt: điểm đang xét } M. \\ * \text{Phương: đt } \vec{F}_2 \text{ nối từ } q \text{ đến } M \\ * \text{Chiều: } q > 0 \text{ } \vec{E} \text{ hướng xa điện tích} \\ \qquad \qquad \qquad q < 0 \text{ } \vec{E} \text{ hướng vào điện tích} \\ * \text{Độ lớn: } \vec{E}_M = E_M = \frac{k \cdot q}{\epsilon \cdot r^2} \end{array} \right.$ |
|---|

2. **Điện trường của một hệ điện tích điểm** (q_1, q_2, \dots, q_n) tại M như sau:

$$q_1 \longrightarrow M \longrightarrow \vec{E}_1 = \frac{k \cdot q_1}{\epsilon \cdot r_1^2} \cdot \frac{\vec{r}_1}{r_1}$$

$$q_n \longrightarrow M \longrightarrow \vec{E}_n = \frac{k \cdot q_n}{\epsilon \cdot r_n^2} \cdot \frac{\vec{r}_n}{r_n}$$

$$(q_1, \dots, q_n) \longrightarrow M \longrightarrow \vec{E} = \sum_1^n \vec{E}_i$$

Nguyên lý chồng chất điện trường: Điện trường của một hệ điện tích điểm bằng tổng điện trường của từng điện tích điểm riêng rẽ của hệ.

Ghi chú:

* Nếu các \vec{E}_i cùng phương ta cộng đại số.

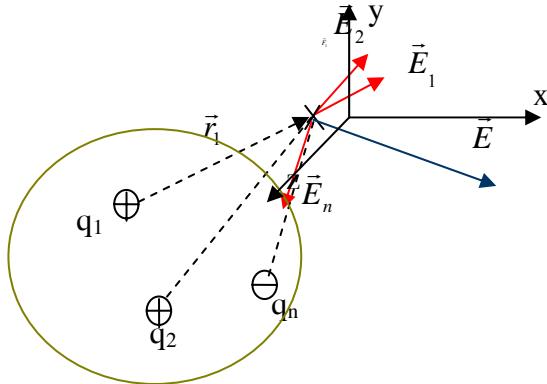
$$E = \sum_1^n E_i$$

Tóm tắt bài giảng phần Điện – Từ của GVC :Nguyễn – Minh Châu

* Nếu các \vec{E}_i khác phương ta chiếu lên ba phương:

$$E_x = \sum_1^n E_{ix}, \quad E_y = \sum_1^n E_{iy}, \quad E_z = \sum_1^n E_{iz}$$

$$\vec{E} = \vec{E}_x + \vec{E}_y + \vec{E}_z \quad \text{và} \quad E = \sqrt{E_x^2 + E_y^2 + E_z^2}$$



3. Điện trường của một vật tích điện

$$dq \longrightarrow M \longrightarrow d\vec{E}$$

$$\text{VTĐ} \longrightarrow M \longrightarrow \vec{E} = \int_{Vtd} d\vec{E}$$

Ghi chú:

* Nếu các $d\vec{E}$ cùng phương ta cộng đại số.

$$E = \int_{Vtd} dE$$

* Nếu các $d\vec{E}$ khác phương ta chiếu lên ba phương:

$$E_x = \int_{Vtd} dE_x, \quad E_y = \int_{Vtd} dE_y, \quad E_z = \int_{Vtd} dE_z$$

$$\vec{E} = \vec{E}_x + \vec{E}_y + \vec{E}_z \quad \text{và} \quad E = \sqrt{E_x^2 + E_y^2 + E_z^2}$$

Ghi chú:

- Nếu vật là 1 dây tích điện:

Trên 1 phần tử chiều dài $dq = \lambda dl$

$$\Rightarrow \lambda = \frac{dq}{dl} \text{ (C/m)}: \text{mật độ điện tích dài}$$

- Nếu vật là 1 mặt tích điện:

Trên 1 phần tử diện tích $dq = \sigma dS$

$$\Rightarrow \sigma = \frac{dq}{dS} \text{ (C/m}^2\text{)}: \text{mật độ điện tích mặt}$$

- Nếu vật là 1 khối tích điện:

Trên 1 đơn vị thể tích $dq = \rho dV$

$$\Rightarrow \rho = \frac{dq}{dV} \text{ (C/m}^3\text{)}: \text{mật độ điện tích khối}$$

- Nếu vật tích điện đều thì:

$$\boxed{\lambda = \frac{Q}{L}; \sigma = \frac{Q}{S}; \rho = \frac{Q}{V}}$$

là hằng số.

Áp dụng:

1/ Xác định vectơ \vec{E} do 1 lưỡng cực gây ra tại 1 điểm M trên trực đối xứng của lưỡng cực.

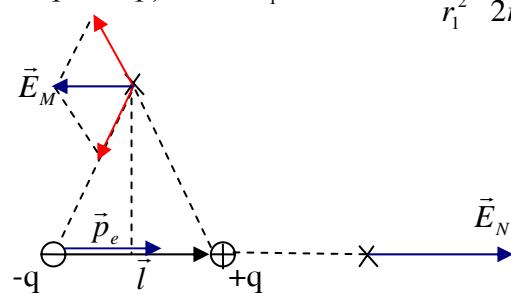
- Lưỡng cực điện là 1 hệ gồm 2 điện tích trái dấu, cùng độ lớn, đặt cách nhau 1 khoảng 1 rất nhỏ.

$$\text{Vectơ moment lưỡng cực điện: } \vec{p}_e = q\vec{l} \quad (\vec{l} \text{ hướng từ } -q \rightarrow +q) \quad E = 2 \cdot E_1 \cdot \cos \alpha = 2K \frac{q}{r_1^2} \cdot \frac{l}{2r_1}$$

(vì $r \gg l$)

$$\boxed{\vec{E}_M = -\frac{k}{\epsilon} \cdot \frac{q\vec{l}}{r^3} = -\frac{k}{\epsilon} \cdot \frac{\vec{p}_e}{r^3}}$$

$$\text{Tại N: } \vec{E}_N = \frac{k}{\epsilon} \cdot \frac{2 \cdot \vec{p}_e}{r^3}$$



Tóm tắt bài giảng phần Điện – Từ của GVC :Nguyễn – Minh Châu

2/ Điện trường gây ra bởi 1 đoạn dây thẳng L tích điện đều $\lambda > 0$ gây ra tại 1 điểm M nằm trên đường nối dài của dây và cách đầu gần nhất một đoạn a : $dq = \lambda dx$

$$\begin{array}{l} dq \rightarrow M \rightarrow d\vec{E} \\ \text{dây} \quad \rightarrow M \rightarrow \vec{E} = \int_{\text{day}} d\vec{E} \\ dE = \frac{k \lambda dx}{r^2} = \frac{k \lambda dx}{\epsilon (L+a-x)^2} \\ \Rightarrow \vec{E} = \int_{\text{day}} d\vec{E} \Leftrightarrow E = \int dE = \frac{k \lambda}{\epsilon} \int_0^L \frac{-dx}{(L+a-x)^2} \end{array}$$

$$\Rightarrow E_M = \frac{k \lambda}{\epsilon} \left(\frac{1}{a} - \frac{1}{L+a} \right)$$

Tóm tắt:

$$\vec{E}_M = \begin{cases} * \text{Điểm đặt:} \text{điểm đang xét } M. \\ * \text{Phương:} \text{đường thẳng sợi dây.} \\ * \text{Chiều:} \lambda > 0 \vec{E} \text{ hướng xa sợi dây.} \\ * \text{Độ lớn:} \\ |\vec{E}_M| = E_M = \frac{k \lambda}{\epsilon} \left(\frac{1}{a} - \frac{1}{L+a} \right) \end{cases}$$

3/ Điện trường gây ra bởi 1 đoạn dây thẳng tích

diện đều $\lambda > 0$ gây ra tại 1 điểm M nằm ngoài dây

và cách dây một đoạn a : $dq = \lambda dx$

$$\begin{array}{l} dq \rightarrow M \rightarrow d\vec{E} \\ \text{dây} \quad \rightarrow M \rightarrow \vec{E} = \int_{\text{day}} d\vec{E} \\ \text{Với: } dE = \frac{k \lambda dx}{r^2} \end{array}$$

* Các $d\vec{E}_i$ khác phương ta chiếu lên hai phương:

$$E_x = \int_{\text{Vtd}} dE_x, \quad E_y = \int_{\text{Vtd}} dE_y,$$

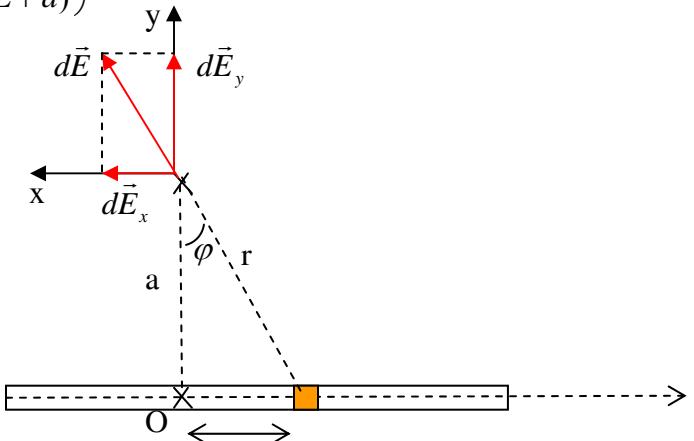
$$\vec{E} = \vec{E}_x + \vec{E}_y \quad \text{và} \quad E = \sqrt{E_x^2 + E_y^2} \quad \text{Với}$$

$$x = a \cdot \tan \varphi \Rightarrow dx = \frac{a \cdot d\varphi}{\cos^2 \varphi} \quad \text{và} \quad r = \frac{a}{\cos \varphi}$$

$$E_x = \int_{\text{day}} dE \cdot (\sin \varphi) = \int_{-\alpha_1}^{\alpha_2} \frac{k \lambda \cdot \frac{a \cdot d\varphi}{\cos^2 \varphi}}{\epsilon \left(\frac{a^2}{\cos^2 \varphi} \right)} \cdot \sin \varphi = \frac{k \lambda}{\epsilon \cdot a} \int_{-\alpha_1}^{\alpha_2} \sin \varphi \cdot d\varphi \Rightarrow E_x = \frac{k \lambda}{\epsilon \cdot a} (\cos \alpha_1 - \cos \alpha_2)$$

$$E_y = \int_{\text{day}} dE \cdot (\cos \varphi) = \int_{-\alpha_1}^{\alpha_2} \frac{k \lambda \cdot \frac{a \cdot d\varphi}{\cos^2 \varphi}}{\epsilon \left(\frac{a^2}{\cos^2 \varphi} \right)} \cdot \cos \varphi = \frac{k \lambda}{\epsilon \cdot a} \int_{-\alpha_1}^{\alpha_2} \cos \varphi \cdot d\varphi$$

$$E_y = \frac{k \lambda}{\epsilon \cdot a} [\sin \alpha_2 - \sin(-\alpha_1)] = \frac{k \lambda}{\epsilon \cdot a} (\sin \alpha_2 + \sin \alpha_1)$$



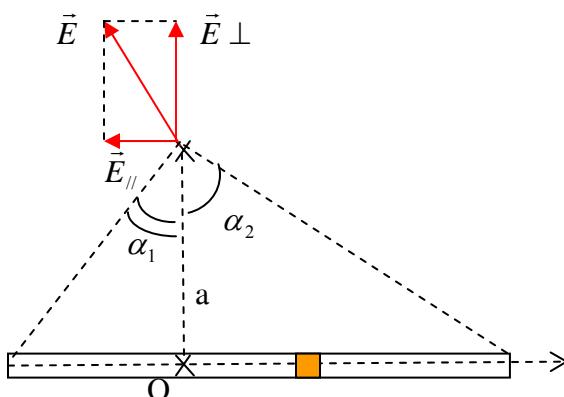
Tóm tắt bài giảng phần Điện - Từ của GVC :Nguyễn - Minh Châu

Tóm tắt: $\vec{E}_M = \vec{E}_\perp + \vec{E}_{//}$ $E_M = \sqrt{E_\perp^2 + E_{//}^2}$

Chọn $\alpha_2 > \alpha_1$: giá trị số học

\vec{E}_\perp {

- * Điểm đặt: điểm đang xét M.
- * Phương: $\vec{dt} \perp$ dây tại M
- * Chiều: hướng xa dây
- * Độ lớn: $E_\perp = \frac{k\lambda}{\epsilon.a}(\sin \alpha_2 + \sin \alpha_1)$ khi cM ∈ dây
- $E_\perp = \frac{k\lambda}{\epsilon.a}(\sin \alpha_2 - \sin \alpha_1)$ khi hcM ∉ dây



4/ Điện trường gây ra bởi 1 cung tròn (O,R) tích điện đều $\lambda > 0$ gây ra tại tâm O: $dq = \lambda \cdot dx$

góc chắn cung 2α

$$dq \rightarrow M \rightarrow d\vec{E}$$

cung $\rightarrow M \rightarrow \vec{E} = \int_{\text{day}} d\vec{E}$ Với $dE = \frac{k \lambda \cdot dl}{\epsilon \cdot r^2}$

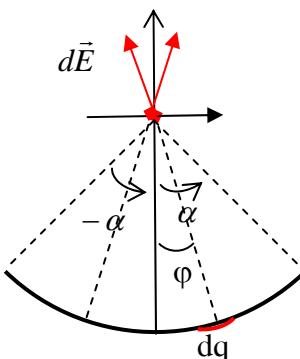
* Các $d\vec{E}_i$ khác phương ta chiếu lên hai phương x, y:

$$E_x = \int_{Vtd} dE_x = 0,$$

$$E_y = \int_{Vtd} dE_y = \int_{-\alpha}^{\alpha} \frac{k \lambda \cdot R \cdot d\varphi}{\epsilon \cdot R^2} \cdot \cos \varphi$$

$$\Rightarrow E = \frac{2k\lambda}{\epsilon \cdot R} \cdot \sin \alpha$$

Tóm tắt:



\vec{E}_O {

- * Điểm đặt: điểm đang xét O.
- * Phương: đường trung trực dây cung.
- * Chiều: $\lambda > 0$ \vec{E} hướng xa sợi dây.
- * Độ lớn: $|E_O| = E_O = \frac{2k\lambda}{\epsilon \cdot R} \cdot \sin \alpha$

5/ Điện trường gây ra bởi 1 vành tròn (O,R) tích điện đều $\lambda > 0$ gây ra tại điểm M nằm trên trục của vành và cách O một đoạn h

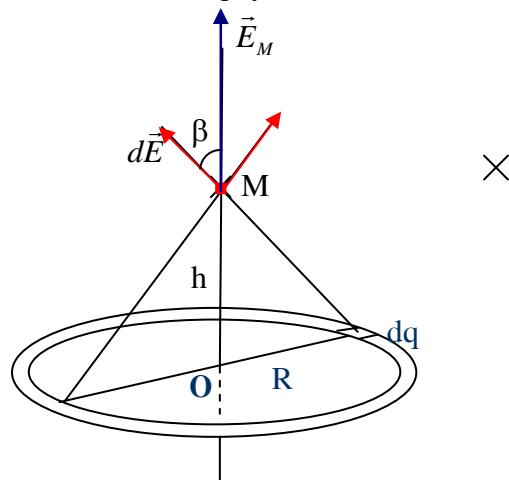
$$\cos \beta = \frac{h}{\sqrt{R^2 + h^2}}, \quad dE = \frac{k \cdot dq}{\epsilon \cdot (R^2 + h^2)}$$

Tương tự ta có

$$E_x = \int_{Vtd} dE_x = 0,$$

$$E_y = \int_{Vtd} dE_y = \int_{\text{day}} \frac{k \cdot dq}{\epsilon \cdot (R^2 + h^2)} \cdot \cos \beta$$

$$\Rightarrow E_M = \frac{k \cdot Q \cdot h}{\epsilon \cdot (R^2 + h^2)^{3/2}} = \frac{h \cdot \lambda \cdot R}{2 \cdot \epsilon_0 \cdot \epsilon \cdot (R^2 + h^2)^{3/2}}$$



Tóm tắt bài giảng phần Điện – Từ của GVC :Nguyễn – Minh Châu

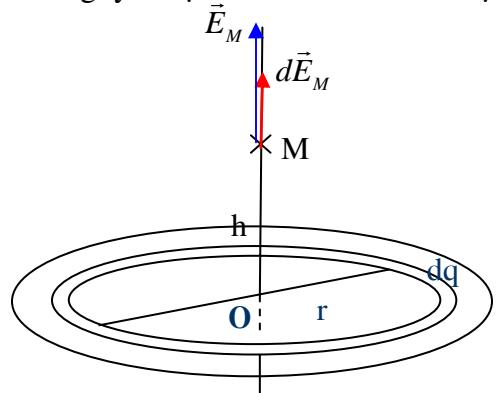
5/ Điện trường gây ra bởi 1 đĩa tròn (O,R) tích điện đều $\sigma > 0$ gây ra tại điểm M nằm trên trục của đĩa và cách O một đoạn h

$$\text{vành } dq = \sigma \cdot dS = \sigma \cdot 2\pi \cdot r \cdot dr \rightarrow M \rightarrow |\vec{dE}| = \frac{k \cdot h}{\epsilon} \cdot \frac{dq}{(r^2 + h^2)^{3/2}}$$

$$\text{đĩa} \rightarrow M \rightarrow |\vec{E}_M| = \int_0^R \frac{k \cdot h \cdot \sigma \cdot 2\pi}{\epsilon} \cdot \frac{r \cdot dr}{(r^2 + h^2)^{3/2}}$$

$$\Rightarrow E = \frac{h \cdot \sigma \cdot 2\pi}{4\pi \cdot \epsilon_0 \cdot \epsilon} \left(-\frac{1}{(r^2 + h^2)^{1/2}} \right) \Big|_0^R = \frac{h \cdot \sigma}{2\epsilon_0 \cdot \epsilon} \left(\frac{1}{h} - \frac{1}{\sqrt{R^2 + h^2}} \right)$$

$$E_M = \frac{\sigma}{2\epsilon_0 \cdot \epsilon} \left(1 - \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{R^2}{h^2}}} \right) R \rightarrow \infty : \text{mặt phẳng vô hạn} : R \rightarrow \infty : E = \frac{\sigma}{2 \cdot \epsilon_0 \cdot \epsilon}$$



Vậy điện trường gây ra bởi 1 mặt phẳng rộng vô hạn: là điện trường đều có phẳng vuông góc mặt phẳng, chiều hướng ra ngoài nếu mặt tích điện dương, không phụ thuộc vào vị trí của điểm đang khảo sát.

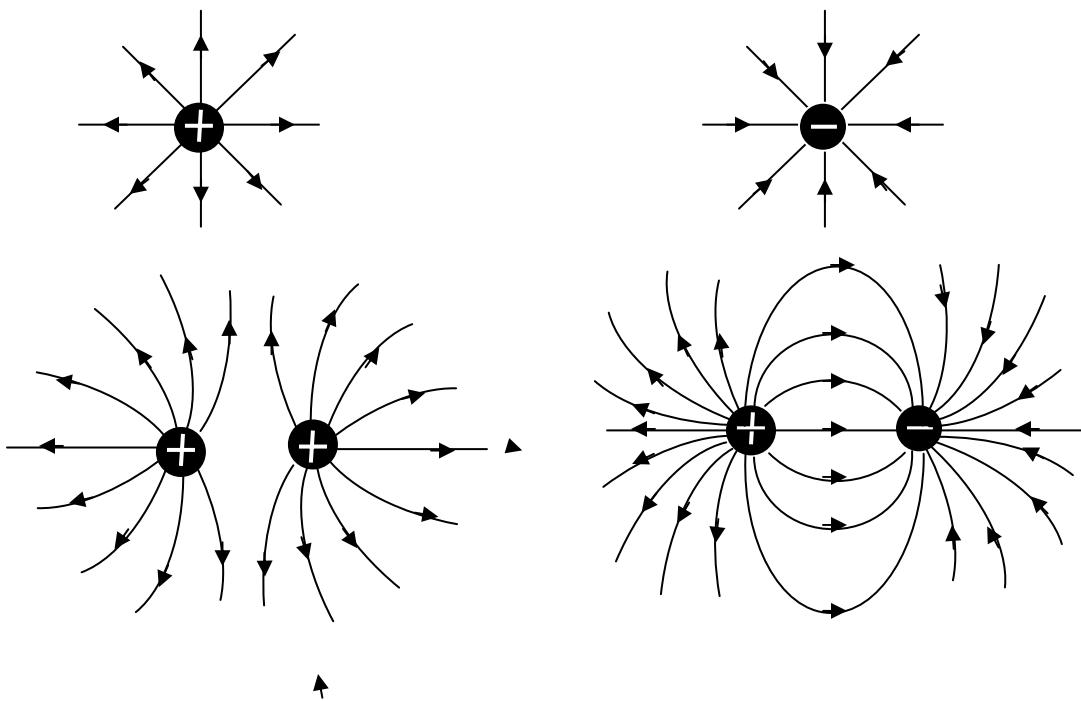
I.4. Định lý Gauss:

1. Đường sức của \vec{E} :

a/ **Định nghĩa:** là một đường cong mà tiếp tuyến tại mọi điểm trên đường cong có phẳng trùng với \vec{E} , chiều của đường sức là chiều của \vec{E} .

b/ Tính chất:

- Các đường sức không cắt nhau
- Đường sức của điện trường là đường cong hở. Xuất phát từ $+q$, kết thúc là $-q$.
- Tập hợp các đường sức của điện trường là điện phổ.
- Người ta qui ước vẽ số đường sức qua 1 đơn vị diện tích tiết diện có giá trị $|\vec{E}|$.
- Đường sức của \vec{E} khi qua mặt phân cách giữa 2 môi trường bị gián đoạn.

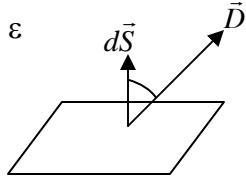


Tóm tắt bài giảng phần Điện - Từ của GVC :Nguyễn - Minh Châu

2. Vectơ điện cảm \vec{D} : $\vec{D} = \epsilon \cdot \epsilon_0 \cdot \vec{E}$ C/m^2

Đường sức của \vec{D} không phụ thuộc ϵ nên không bị gián đoạn khi qua mặt phân cách.

3. Điện thông (thông lượng của \vec{D}) gửi qua 1 diện tích dS : $d\phi = \vec{D} \cdot d\vec{S} = D \cdot dS \cdot \cos(\vec{D}, d\vec{S})$



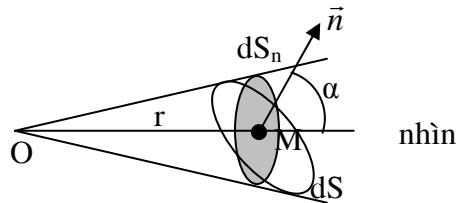
$d\vec{S}$ Điểm đặt: với mọi điểm thuộc dS
Phương: vuông góc dS
Chiều: hướng ra ngoài mặt kín.
Độ lớn: dS

4. Định lý Gauss:

a/ Góc khối: Cho một diện tích vi phân dS (coi như phẳng) và một điểm O ngoài dS ; điểm M $\in dS$ cách O một đoạn r. Góc khối từ O đến diện tích dS :

$$d\Omega = \frac{dS \cdot \cos \alpha}{r^2} = \frac{dS_n}{r^2} \text{ (sr)(stêradian)}$$

Góc khối cả không gian: $\Omega = \frac{4\pi R^2}{R^2} = 4\pi \text{ (sr)}$



nhìn

b/ Định lý Gauss đối với điện trường: Thông lượng của \vec{D} qua mặt kín S bằng tổng đại số các điện tích chứa trong mặt kín đó. $\Phi_D = \iint_{(S)} \vec{D} \cdot d\vec{S} = \sum_{i=1}^n q_i$

c/ Công thức dạng tích phân và vi phân của định lý Gauss:

$$\oint_{(S)} \vec{D} \cdot d\vec{S} = \int_{(V)} \rho \cdot dV \quad (\text{V: thể tích phần có điện tích nằm trong mặt Gauss})$$

$$\int_{(V)} \operatorname{div} \vec{D} \cdot dV = \int_{(V)} \rho \cdot dV \Rightarrow \operatorname{div} \vec{D} = \nabla \cdot \vec{D} = \rho \quad \text{với } \nabla \cdot \vec{D} = \frac{\partial D_x}{\partial x} + \frac{\partial D_y}{\partial y} + \frac{\partial D_z}{\partial z}$$

Tương tự với \vec{E} :

$$\iint_{(S)} \vec{E} \cdot d\vec{S} = \frac{\sum q_i}{\epsilon \cdot \epsilon_0} = \int_{(V)} \operatorname{div} \vec{E} \cdot dV; \operatorname{div} \vec{E} = \frac{\rho}{\epsilon \cdot \epsilon_0}$$

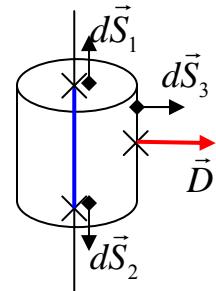
5. Áp dụng định lý Gauss để tính \vec{D} :

a/ Tại 1 điểm nằm ngoài dây tích điện đều ($\lambda > 0$) dài vô hạn.

Mặt kín S (mặt Gauss) là mặt trụ, trục là sợi dây bán kính $R = a$, độ cao h bất kỳ.

$$\iint_{(S)} \vec{D} \cdot d\vec{S} = \int_{S_1} \vec{D} \cdot d\vec{S}_1 + \int_{S_2} \vec{D} \cdot d\vec{S}_2 + \int_{S_3} \vec{D} \cdot d\vec{S}_3 = \int D \cdot dS_3 = D \int_{(S_3)} dS_3 = D \cdot 2\pi \cdot a \cdot h$$

$$D \cdot 2\pi \cdot a \cdot h = \sum q_i = \lambda \cdot h \Rightarrow D = \frac{\lambda}{2\pi a}$$



KL: Vật điện trường do dây dài vô hạn gây ra tại M có phương vuông góc dây, chiều hướng ra nếu $\lambda > 0$, hướng vào nếu $\lambda < 0$.

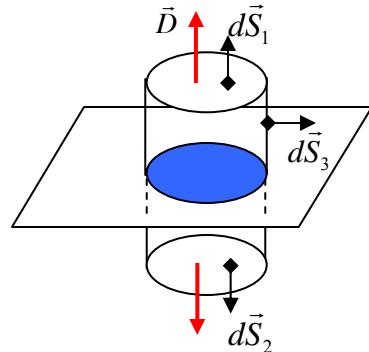
b/ Tính \vec{D} tại M cách mặt phẳng vô hạn ($\sigma > 0$) tích điện đều gây ra tại M cách khoảng h.

$$E = \frac{\sigma}{2\epsilon \cdot \epsilon_0} \Rightarrow D = \frac{\sigma}{2}$$

Mặt Gauss là mặt trụ bán kính R bất kỳ, độ cao 2h vuông góc mặt phẳng.

Tóm tắt bài giảng phần Điện – Từ của GVC :Nguyễn – Minh Châu

$$\oint_{(S)} \vec{D} \cdot d\vec{S} = \int_{(S_1)} \vec{D} \cdot d\vec{S}_1 + \int_{(S_2)} \vec{D} \cdot d\vec{S}_2 + \int_{(S_3)} \vec{D} \cdot d\vec{S}_3 \\ = D \int_{(S_1)} dS_1 + D \int_{(S_2)} dS_2 = D.S_1 + D.S_2 = 2D.S_1 \\ 2DS_1 = \sum q_i = \sigma.S_1 \Rightarrow D = \frac{\sigma}{2}$$



c/ Tính \vec{D} tại M cách tâm quả cầu đặc tích điện đều ($\rho > 0$) 1 đoạn r.

$$Q = \rho \left[\frac{4}{3} \pi R^3 \right]$$

Mặt Gauss là mặt cầu tâm 0, bán kính r.

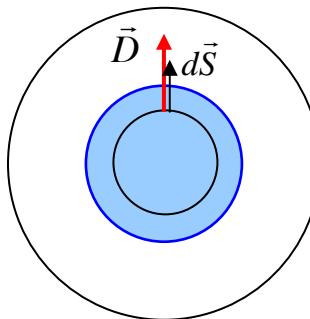
$$\oint_{(S)} \vec{D} \cdot d\vec{S} = \int_{(S)} \vec{D} \cdot d\vec{S} = D \int_{(S)} dS = D \cdot 4\pi.r^2 = \sum q_i$$

o Xét $r < R$:

$$D \cdot 4\pi.r^2 = \rho \frac{4}{3} \pi r^3 \Rightarrow D = \frac{\rho.r}{3}$$

o Xét $r > R$:

$$D \cdot 4\pi.r^2 = \rho \frac{4}{3} \pi R^3 = Q \Rightarrow D = \frac{Q}{4\pi.r^2} = \frac{\rho.R^3}{3r^2}$$



$$\vec{D} \uparrow d\vec{S}$$

* Nếu cầu rỗng: $Q = \sigma \cdot 4\pi R^2 \quad \oint \vec{D} \cdot d\vec{S} = D \cdot 4\pi r^2 = \sum q_i$

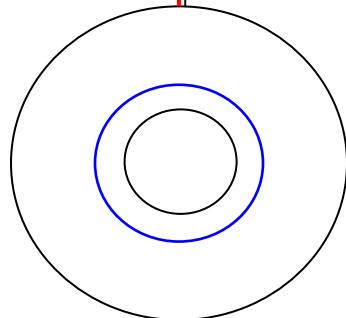
o $r < R$:

$$D \cdot 4\pi.r^2 = 0 \Rightarrow D = 0$$

o $r > R$:

$$D \cdot 4\pi.R^2 = Q = \sigma \cdot 4\pi.R^2 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow E = \frac{D}{\epsilon_0} = \frac{K.Q}{r^2} \quad D = \frac{\sigma.R^2}{r^2} = \frac{Q}{4\pi.r^2}$$



Khi 1 quả cầu tích điện đều đặc hay rỗng, với điện tích toàn thể là Q, thì ta coi quả cầu đó tương đương như điện tích điểm đặt tại tâm O quả cầu **khi xét điểm M nằm từ mặt quả cầu ra ∞** .

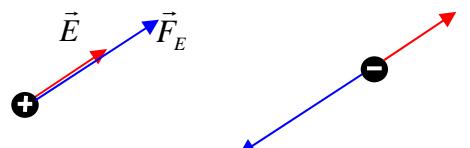
I.5. Lực tĩnh điện (lực điện): Một điện tích q_0 đặt trong điện trường mà tại đó có vectơ cường độ điện trường là \vec{E} thì điện tích q_0 chịu 1 lực: $\vec{F}_E = q_0 \cdot \vec{E}$

1/ Điện tích điểm $q_0 \rightarrow \vec{E} \rightarrow \vec{F}_E = q_0 \cdot \vec{E}$

$$dq \rightarrow \vec{E} \rightarrow d\vec{F}_E \Rightarrow$$

2/ Vật tích điện:

$$Vtd \rightarrow \vec{E} \rightarrow \vec{F}_E = \int_{Vtd} d\vec{F}$$



Vd: Hai thanh L tích điện đều $\lambda > 0$, cách khoảng a.

Tóm tắt bài giảng phần Điện - Từ của GVC :Nguyễn - Minh Châu

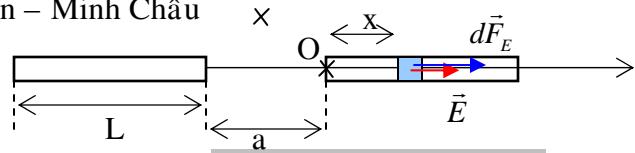
$$\rightarrow |\vec{E}_1| = \frac{k\lambda}{\epsilon} \left[\frac{1}{a+x} - \frac{1}{L+a+x} \right]$$

$$dq_2 \rightarrow \vec{E}_1 \rightarrow d\vec{F}_{2E}$$

Thanh 1: $Q_2 \rightarrow \vec{E}_1 \rightarrow \vec{F}_{2E} = \int d\vec{F}_{2E}$

$$dq_2 = \lambda dx$$

$$\Rightarrow F_{2E} = \frac{k\lambda^2}{\epsilon} \int_0^L \left[\frac{1}{a+x} - \frac{1}{L+a+x} \right] dx = \frac{k\lambda^2}{\epsilon} \left(\ln \left(\frac{a+x}{L+a+x} \right) \right)_0^L$$



$$F_1 = \frac{k\lambda^2}{\epsilon} \ln \left[\frac{(a+L)^2}{(2L+a)a} \right]$$

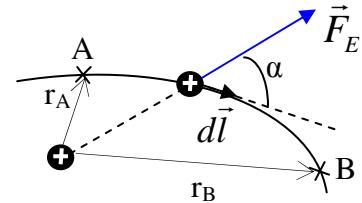
I.6. ĐIỆN THẾ

1. Công của lực tĩnh điện: Điện tích q_0 đặt trong điện trường của q chịu tác dụng của lực tĩnh điện \vec{F}_E và di chuyển từ $A \rightarrow B$:

Công nguyên tố:

$$dA = \vec{F}_E \cdot d\vec{l} \Rightarrow A = \int_A^B dA = \int_A^B \vec{F}_E \cdot dl \cos \alpha$$

Xét điện tích $q > 0$ và $q_0 > 0$ di chuyển trong điện trường của q :



$$A = \int_A^B q_0 \frac{k \cdot q}{\epsilon \cdot r^2} dl \cos \alpha = \frac{k \cdot q \cdot q_0}{\epsilon} \int_{r_A}^{r_B} \frac{dr}{r^2}$$

(vì: $dl \cos \alpha = dr$)

$$A = \frac{k \cdot q \cdot q_0}{\epsilon} \left(-\frac{1}{r} \right) \Big|_{r_A}^{r_B} = \frac{k \cdot q \cdot q_0}{\epsilon} \left(\frac{1}{r_A} - \frac{1}{r_B} \right)$$

*Công của lực tĩnh điện khi di chuyển điện tích đi từ chỉ phụ thuộc vào vị trí đầu và vị trí cuối mà không phụ thuộc vào đường đi thì lực tĩnh điện là lực thế và trường tĩnh điện là trường thế.

2. Thế năng: (năng lượng phụ thuộc vào vị trí) W_t

$$\int_A^B dA = \int_{W_{t_A}}^{W_{t_B}} -dW_t = W_{t_A} - W_{t_B} = \frac{k \cdot q \cdot q_0}{\epsilon \cdot r_A} - \frac{k \cdot q \cdot q_0}{\epsilon \cdot r_B}$$

$$\Rightarrow \text{Hàm thế năng: } W_t = \frac{k \cdot q \cdot q_0}{\epsilon \cdot r} + C$$

.Chọn thế năng gốc ở ∞ :

$$W_{t(r=\infty)} = 0 \Rightarrow C = 0 \Rightarrow W_{t(r)} = \frac{K \cdot q \cdot q_0}{\epsilon \cdot r}$$

Cũng chính là công di chuyển điện tích q_0 trong điện trường gây ra bởi điện tích q đi từ $r \rightarrow \infty$.

3. Điện thế của 1 điện tích điểm đặt cách q một đoạn r :

Một điện tích điểm q sẽ tạo ra xung quanh nó 1 điện trường và điện thế (V) tại điểm M được xác định bằng.

$$V_M = \frac{k \cdot q}{\epsilon \cdot r} \quad q > 0 \rightarrow V_M > 0$$

$$q < 0 \rightarrow V_M < 0$$

*Điện thế này chính là công di chuyển 1 đơn vị điện tích q_0 từ $M \rightarrow \infty$

4. Điện thế của 1 hệ điện tích điểm (q_1, q_2, \dots, q_n) gây ra tại M:

$$\begin{cases} q_1 \rightarrow M \rightarrow V_1 \\ q_2 \rightarrow M \rightarrow V_2 \\ \vdots \\ q_n \rightarrow M \rightarrow V_n \end{cases}$$

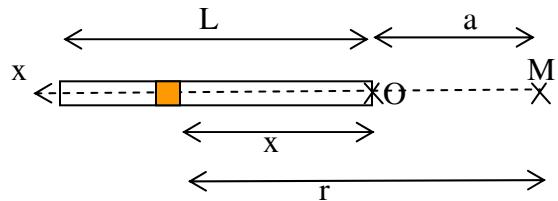
$$q_1, \dots, q_n \rightarrow M \rightarrow V_M = \sum_{i=1}^n V_i$$

5. Điện thế của vật tích điện: Vật tích điện $\rightarrow M \rightarrow V = \int_{VTD} dV$

Tóm tắt bài giảng phần Điện – Từ của GVC :Nguyễn – Minh Châu

Vd1: Điện thế tại điểm M gây ra bởi dây L tích điện đều $\lambda > 0$

$$\begin{aligned} r &= x + a \\ dq &= \lambda dx \\ \Rightarrow dV &= \frac{K.dq}{\varepsilon.r} = \frac{K.\lambda.dx}{\varepsilon(x+a)} \end{aligned}$$

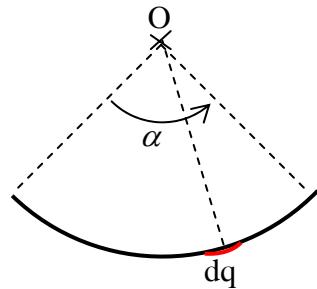


Cả thanh:

$$V = \int_0^L \frac{K.\lambda.dx}{\varepsilon(x+a)} = \frac{K.\lambda}{\varepsilon} \int_0^L \frac{dx}{x+a} = \frac{K.\lambda}{\varepsilon} \ln(x+a) \Big|_0^L \Rightarrow V = \frac{K.\lambda}{\varepsilon} \ln\left(\frac{L+a}{a}\right)$$

Vd2: Điện thế tại điểm O gây ra bởi cung (O,R) tích điện đều Q chấn góc α

$$\Rightarrow V_0 = \int_{\text{cung}} dV = \frac{k}{\varepsilon.R} \int dq = \frac{k.Q}{\varepsilon.R} = \frac{k.\lambda.R.\alpha}{\varepsilon.R} = \frac{k.\lambda.\alpha}{\varepsilon}$$



6. Mặt đằng thế:

a/ Định nghĩa: là tập hợp mọi điểm có cùng điện thế

b/ Tính chất:

- công di chuyển 1 điện tích q_0 trong mặt đằng thế thì bằng 0.

$$A_{q_0(A \rightarrow B)} = q_0 \left(\frac{K.q}{\varepsilon.r_A} - \frac{K.q}{\varepsilon.r_B} \right) = q_0 (V_A - V_B)$$

- Vecto cường độ điện trường tại 1 điểm nằm trên mặt đằng thế thì vuông góc mặt đằng thế và theo chiều giảm của điện thế.

I.7 LIÊN HỆ GIỮA \vec{E} VÀ V:

Cho 2 điểm M, N rất gần nhau trong điện trường \vec{E} : điện thế tại M là $V_M = V$ và

tại N là $V+dV$ ($dV > 0$) Ta di chuyển 1 điện tích q_0 đi từ $M \rightarrow N$

$$dA = q_0 \cdot \vec{E} \cdot d\vec{l} = q_0 \cdot E \cdot dl \cdot \cos(\vec{E}, d\vec{l}) = q_0 \cdot E_l \cdot dl$$

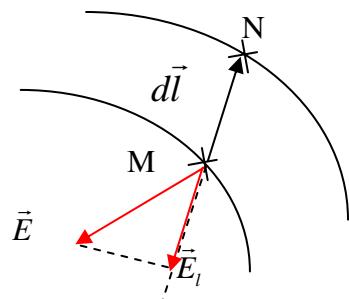
$$dA_{(M \rightarrow N)} = q_0 (V_M - V_N) = q_0 (-dV)$$

$$\Rightarrow -dV = E_l \cdot dl \Rightarrow E_l = -\frac{dV}{dl}$$

$$\text{Chọn: } l \approx x; l \approx y; l \approx z \Rightarrow \left(E_x = -\frac{dV}{dx}; E_y = -\frac{dV}{dy}; E_z = -\frac{dV}{dz} \right)$$

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

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



* Từ

$$V \Rightarrow \vec{E} = -\overrightarrow{\text{grad}}.V = -\vec{\nabla}V = -\left(\frac{\partial}{\partial x} \vec{i} + \frac{\partial}{\partial y} \vec{j} + \frac{\partial}{\partial z} \vec{k} \right) V$$

Vd: Cho điện thế trong điện trường phân bố theo quy luật: $V=x^2+y^3+z$ (V)

$$V = x^2 + y^3 + z \Rightarrow \vec{E} = -(2x \vec{i} + 3y^2 \vec{j} + \vec{k})$$

Vd: Điện thế tại điểm M nằm trên đường nối dài của dây (trục x) cách đầu gần nhất gốc O một đoạn x là:

Tóm tắt bài giảng phần Điện - Từ của GVC :Nguyễn - Minh Châu

$$V_M = \frac{K\lambda}{\epsilon} \left[\ln \frac{L+x}{x} \right] = \frac{K\lambda}{\epsilon} [\ln(L+x) - \ln x]$$

$$\Rightarrow \vec{E} = -\frac{K\lambda}{\epsilon} \left[\frac{1}{L+x} - \frac{1}{x} \right] \vec{i} \text{ hay } E = \frac{K\lambda}{\epsilon} \left[\frac{1}{x} - \frac{1}{L+x} \right]$$

*Từ: $\vec{E} \rightarrow V$: Chọn phương \vec{E} là phương \vec{r} \Rightarrow Tổng quát: $-dV = E_r dr$

$$\boxed{\Rightarrow \int_{V_A}^{V_B} -dV = \int_{r_A}^{r_B} E_r dr \Rightarrow V_A - V_B = \int_{r_A}^{r_B} E_r dr}$$

Lưu ý:

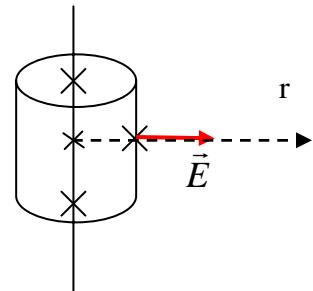
- Công thức: $V = \frac{K.q}{\epsilon.r}$ (ta chọn thế năng $W_{t(r=0)} = 0$, hay $V_\infty = 0$) thì điện tích phải hữu hạn (không được tiến ra ∞).
- Khi điện tích phân bố vô hạn thì ta tính hiệu điện thế chứ không thể tính được điện thế tại 1 điểm.

Vd1: Dây dài vô hạn tích điện đều $\lambda > 0$ tính hiệu điện thế giữa hai điểm M và N cách dây r_M và r_N . Hay hai mặt trụ dài vô hạn, đồng trục, tích điện đều có mật độ điện dài theo trục là $+\lambda$ và $-\lambda$ tính hiệu điện thế hai mặt trụ. Dùng định lý Gauss $\Rightarrow E \Rightarrow V_M - V_N$

$$E = \frac{2k\lambda}{\epsilon.r} = \frac{1}{2\pi\epsilon\epsilon_0} \cdot \frac{\lambda}{r}$$

$$\int_{V_M}^{V_N} -dV = \int E_r dr = \frac{\lambda}{2\pi\epsilon\epsilon_0} \int_{r_M}^{r_N} \frac{dr}{r}$$

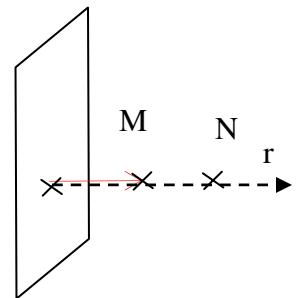
$$\Leftrightarrow V_M - V_N = \frac{\lambda}{2\pi\epsilon\epsilon_0} \ln r \Big|_{r_M}^{r_N} = \frac{\lambda}{2\pi\epsilon\epsilon_0} \ln \frac{r_N}{r_M}$$



Vd2:

Mặt phẳng vô hạn tích điện đều σ tính hiệu điện thế giữa hai điểm M và N cách mặt phẳng r_M và r_N :

$$\int dr E_r = \int \frac{\sigma}{2\epsilon\epsilon_0} dr = - \int dV \Rightarrow \int_{V_M}^{V_N} -dV = \frac{\sigma}{2\epsilon\epsilon_0} \cdot r \Big|_{r_M}^{r_N} \Leftrightarrow V_M - V_N = \frac{\sigma}{2\epsilon\epsilon_0} (r_N - r_M)$$



Vd3: Quả cầu đặc: $(0, R)$ tích điện đều ρ hay điện tích toàn thể là Q tính điện thế ở điểm O, A ∈ mặt cầu và M cách O một đoạn r.

$0 < r < R$:

$$E_r = \frac{\rho \cdot r}{3\epsilon\epsilon_0} \Rightarrow \int_{V_0}^{V_A} -dV = \int E_r dr = \frac{\rho}{3\epsilon\epsilon_0} \int_0^R r dr \Leftrightarrow V_0 - V_A = \frac{\rho}{3\epsilon\epsilon_0} \cdot \frac{R^2}{2} = \frac{\rho \cdot R^2}{6\epsilon\epsilon_0}$$

$$V_A = \frac{KQ}{\epsilon R} = \frac{1}{4\pi\epsilon\epsilon_0 R} \rho \cdot \frac{4}{3} \pi R^3 = \frac{\rho R^2}{3\epsilon\epsilon_0} \Rightarrow V_0 = \frac{\rho R^2}{6\epsilon\epsilon_0} + \frac{\rho R^2}{3\epsilon\epsilon_0} = \frac{\rho R^2}{2\epsilon\epsilon_0}$$

$$V_0 - V_M = \frac{\rho \cdot r^2}{6\epsilon\epsilon_0} \Rightarrow V_M = \frac{\rho R^2}{2\epsilon\epsilon_0} - \frac{\rho r^2}{6\epsilon\epsilon_0}$$

$$r > R : V_M = \frac{kQ}{\epsilon r}$$

