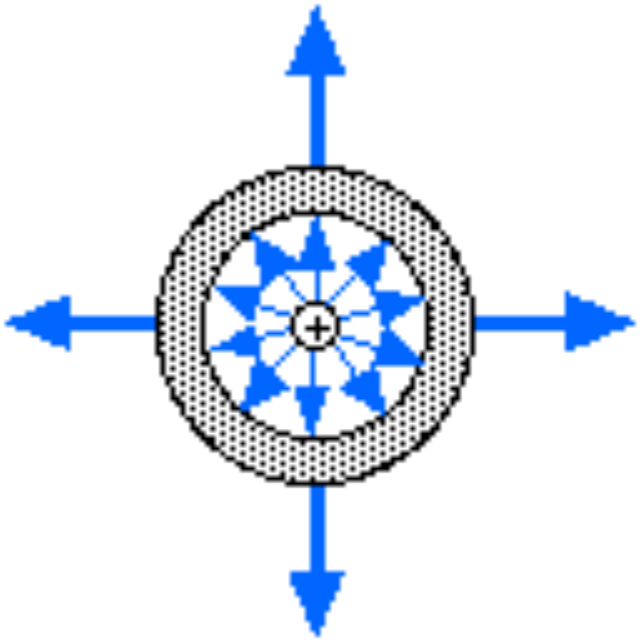
PHẦN 2: ĐIỆN HỌC

Chương I: ĐIỆN TRƯỜNG TĨNH

1.3. Định lý Ostrogratxki – Gauss (Định lý O – G)

1. Véc tơ cảm ứng điện (véc tơ điện cảm)

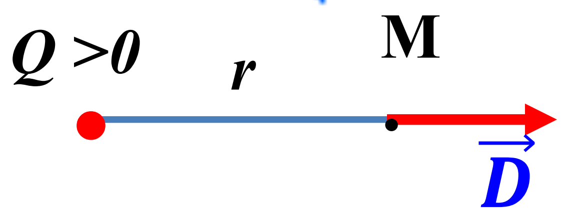


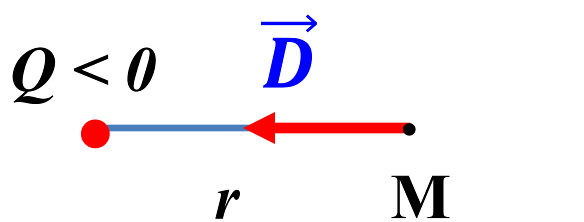
* ***Định nghĩa***: **Véc tơ cảm ứng điện (điện cảm)**

$$\boxed{\vec{D} = \varepsilon\varepsilon_0 \vec{E}} \longrightarrow \boxed{C/m^2}$$

❖ **Véc tơ cảm ứng điện gây ra bởi một điện tích điểm**

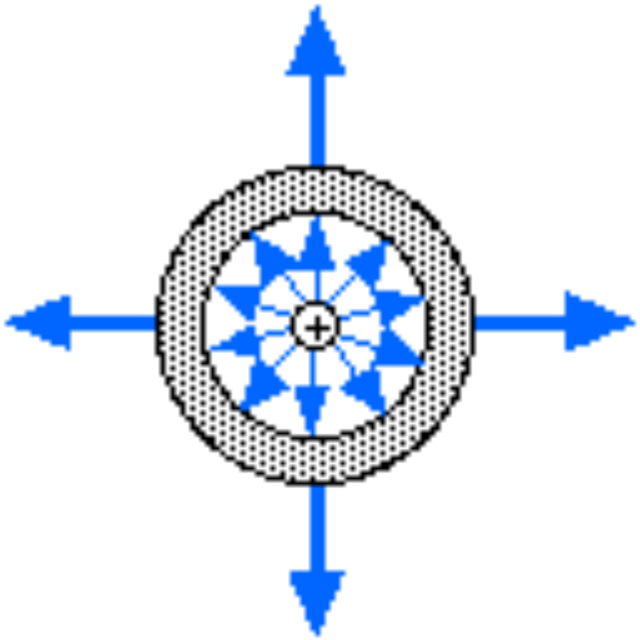
$$D = \frac{1}{4\pi}\frac{q}{r^2} \qquad \notin \varepsilon$$





1.3. Định lý Ostrogratxki – Gauss (Định lý O – G)

1. Véc tơ cảm ứng điện (véc tơ điện cảm)



→ ***Đường cảm ứng điện (đường sức của véc tơ cảm ứng điện) là đường cong mà tiếp tuyến tại mỗi điểm của nó trùng với phương của véc tơ cảm ứng điện tại điểm đó. Chiều đường cảm ứng điện là chiều véc tơ cảm ứng điện.***

→ ***Nhận xét:***

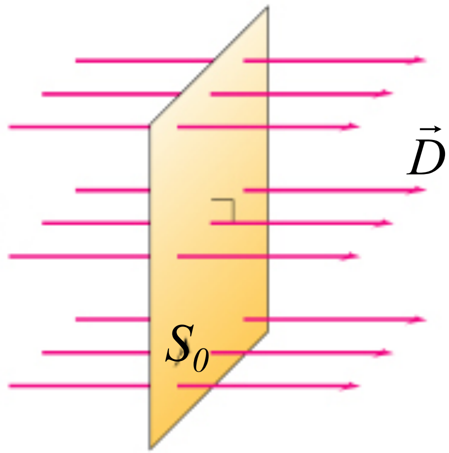
+ Số đường cảm ứng điện qua một đơn vị diện tích ⊥ đường cảm ứng điện tỉ lệ với $\left|\vec{D}\right|$ tại đó.

+ Phổ đường sức của véc tơ cảm ứng điện liên tục khi qua mặt phân cách của hai môi trường (Phổ đường sức điện trường gián đoạn khi qua mặt phân cách).

1.3. Định lý Ostrogratxki – Gauss (Định lý O – G)

2. Điện thông

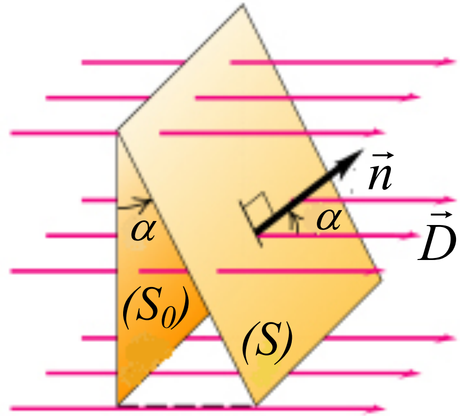
a. Khái niệm: ***Thông lượng véc tơ cảm ứng điện (điện thông) gửi qua một tiết diện nào đó có trị số tỉ lệ với số đường cảm ứng điện xuyên qua tiết diện đó.***



b. Biểu thức:

❖ ***Điện trường đều, tiết diện S phẳng, vuông góc với đường cảm ứng điện ($S \equiv S_0$)***

$$\Phi_e = DS_0$$



❖ ***Điện trường đều, tiết diện S phẳng tạo với mặt phẳng vuông góc với đường cảm ứng điện góc α ($S_0 = S.\cos\alpha$)***

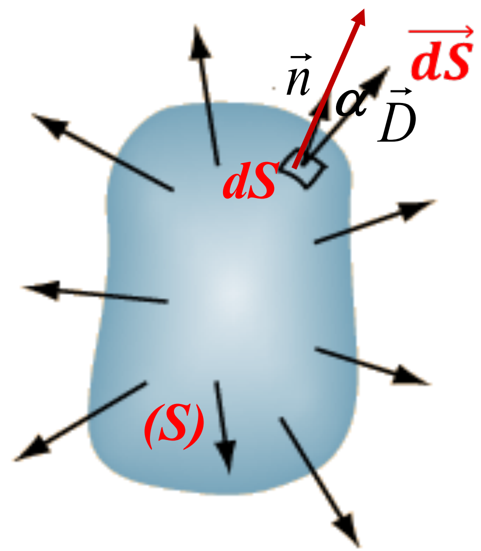
$$\Phi_e = DS_0 = DS\cos\alpha$$

1.3. Định lý Ostrogratxki – Gauss (Định lý O – G)

2. Điện thông

❖ ***Điện trường bất kỳ, tiết diện S bất kỳ***

Chia mặt S thành các mặt dS vô cùng nhỏ → Điện thông gửi qua mặt dS:



$$d\Phi_e = D.dS.\cos\alpha$$

$$\Rightarrow \quad d\Phi_e = \vec{D}.d\vec{S}$$

→ ***Tổng quát: Điện thông toàn phần gửi qua mặt S***

$$\boxed{\Phi_e = \int_S \vec{D}.d\vec{S} = \int_S D\,dS\cos\alpha}$$

+ ***Chú ý: Véc tơ pháp tuyến $\vec{n}$ của mặt kín hướng ra ngoài***

1.3. Định lý Ostrogratxki – Gauss (Định lý O – G)

3. Định lý O - G

***<u>Phát biểu</u>*: Thông lượng cảm ứng điện gửi qua một mặt kín bất kỳ bằng tổng đại số các điện tích nằm trong mặt kín đó.**

$$\boxed{\Phi_e = \oiint_S \vec{D}.d\vec{S} = \sum_k q_k}$$

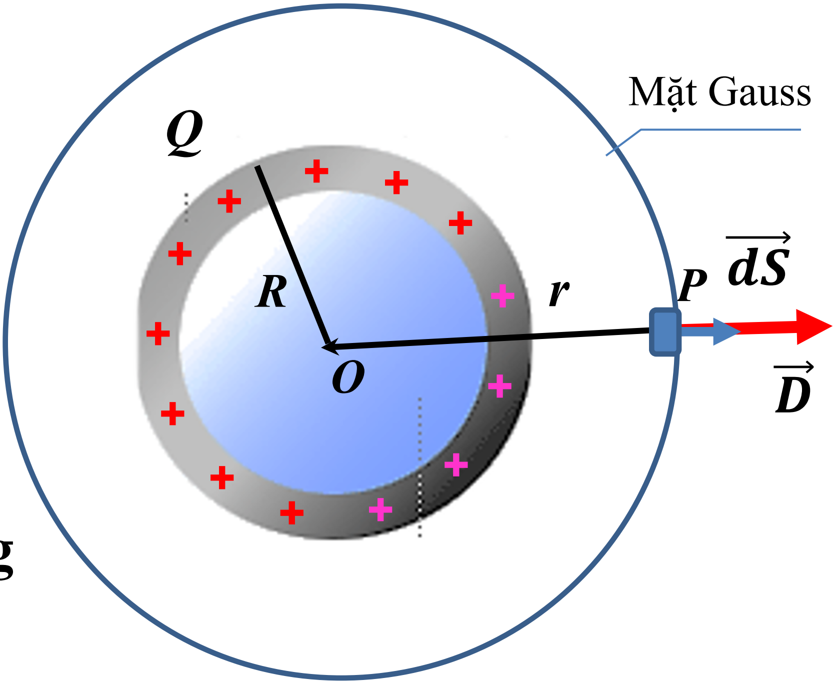
(Dạng tích phân)

$$\Rightarrow \quad div\vec{D} = \rho$$

(Dạng vi phân)

4. Ứng dụng định lý O-G

a. Quả cầu rỗng tích điện đều trên bề mặt



Điện tích phân bố đều trên mặt cầu
→ Điện trường sinh ra có tính đối xứng cầu.
→ $\vec{D}$ tại một điểm nào đó có phương qua tâm quả cầu, $|\vec{D}|$ chỉ ∈ r.

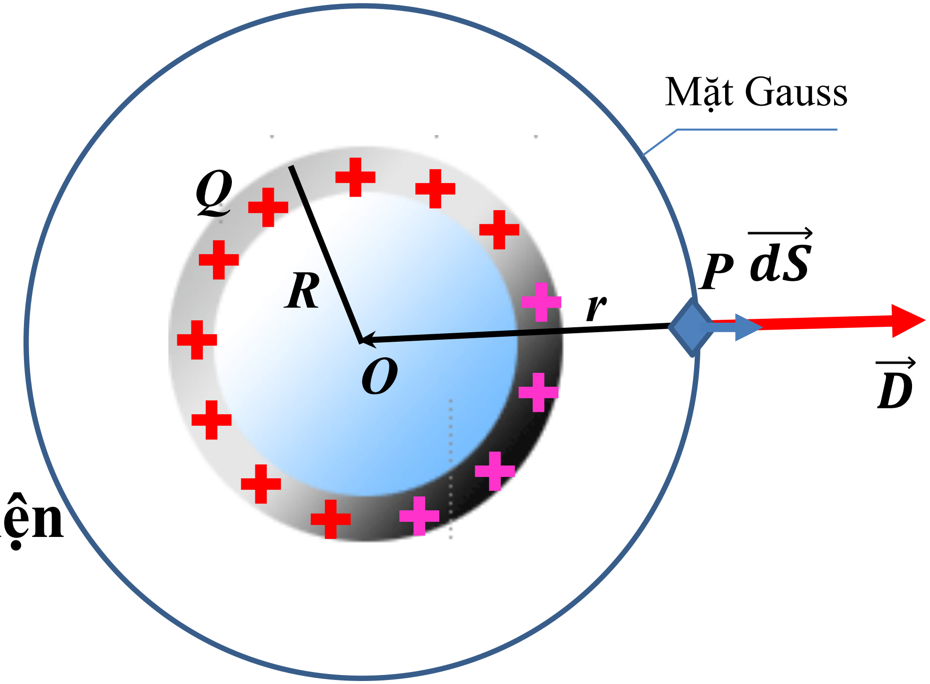
❖ ***Điểm P bên ngoài, cách O khoảng r***

- **Dựng mặt Gauss là mặt cầu tâm 0, bán kính $r > R$.**
- **Véc tơ cảm ứng điện tại mọi điểm trên mặt Gauss**

  + Có độ lớn như nhau,

  + Có phương pháp tuyến.

1.3. Định lý Ostrogratxki – Gauss (Định lý O – G)



- **Thông lượng cảm ứng điện qua mặt Gauss**

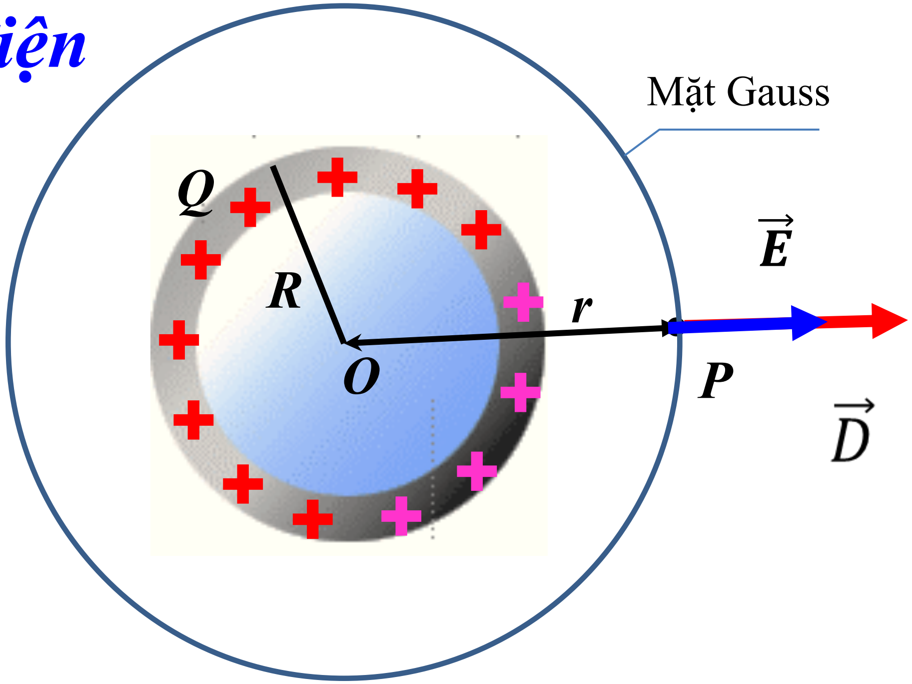
$$\Phi_e = \oint \vec{D}.d\vec{S} = \oint D.dS = D\oint dS = D4\pi r^2$$

- **Định lý O-G:** $\Phi_e = Q$

$$\Rightarrow D4\pi r^2 = Q \Rightarrow D = \frac{1}{4\pi}\frac{Q}{r^2}$$

1.3. Định lý Ostrogratxki – Gauss (Định lý O – G)

a. Quả cầu rỗng tích điện đều trên bề mặt



❖ ***Điểm P bên ngoài, cách O khoảng r.***

+ Cảm ứng điện:

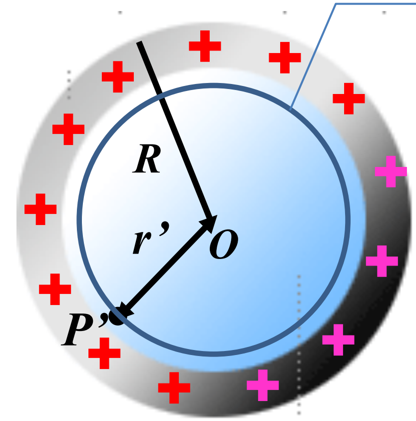
$$\boxed{D = \frac{1}{4\pi}\frac{Q}{r^2}}$$

⇒ ***Cường độ điện trường:***

$$\boxed{E = \frac{D}{\varepsilon\varepsilon_0} = \frac{1}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0}\frac{Q}{r^2}}$$

1.3. Định lý Ostrogratxki – Gauss (Định lý O – G)

a. Quả cầu rỗng tích điện đều trên bề mặt



❖ ***Điểm P' bên trong, cách O khoảng r'***

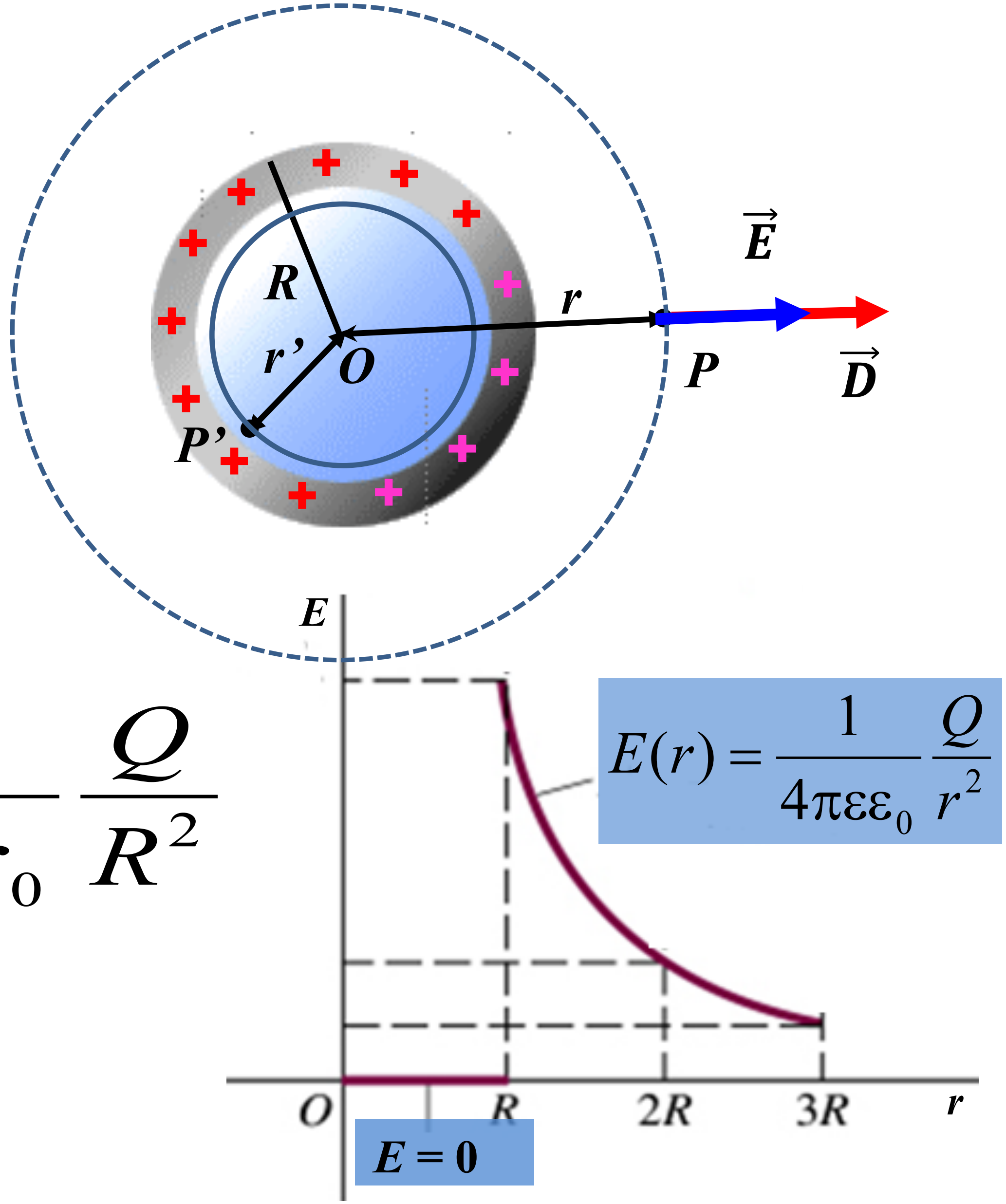
- Dựng mặt Gauss là mặt cầu tâm 0, bán kính *r' < R.*
- Do bên trong quả cầu không có điện tích nên $Q_{Gauss} = 0$
- Tương tự áp dụng định lý O –G ta có:

$$D4\pi r'^2 = 0$$

$$\Rightarrow D = 0$$

$$E = 0$$

1.3. Định lý Ostrogratxki – Gauss (Định lý O – G)



- Trên bề mặt *(r = R)*:

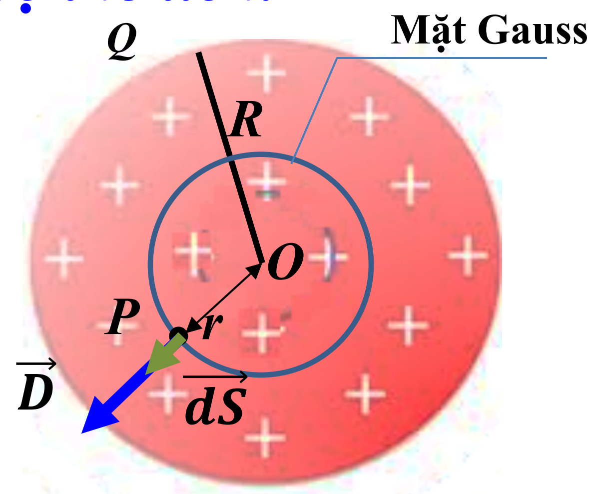
$$E = \frac{D}{\varepsilon\varepsilon_0} = \frac{1}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0}\frac{Q}{R^2}$$

1.3. Định lý Ostrogratxki – Gauss (Định lý O – G)

b. Quả cầu đặc, tích điện đều trong toàn bộ thể tích.

Mật độ điện tích khối của quả cầu:

$$\rho = \frac{Q}{V} = \frac{Q}{(4/3)\pi R^3}$$



❖ ***Điểm P bên trong, cách O khoảng r.***

- **Dựng mặt cầu Gauss (S_G): (O,r)** $r < R$
- **Điện tích bên trong mặt S_G:** $Q_{Gauss} = \rho V_{Gauss} = \rho \frac{4}{3}\pi r^3 = Q\frac{r^3}{R^3}$
- **Thông lượng cảm ứng điện qua S_G**

$$\Phi_e = \oint \vec{D}.d\vec{S} = \oint D.dS = D\oint dS = D4\pi r^2$$

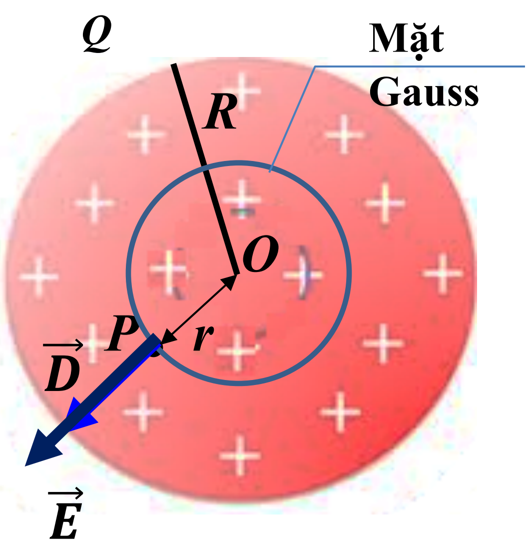
- **Định lý O-G:** $\Phi_e = Q_{Gauss}$

$$\Rightarrow D4\pi r^2 = Q_{Gauss} \Rightarrow D = \frac{1}{4\pi}\frac{Q_{Gauss}}{r^2} = \frac{1}{4\pi}\frac{Qr}{R^3}$$

1.3. Định lý Ostrogratxki – Gauss (Định lý O – G)

b. Quả cầu đặc, tích điện đều trong toàn bộ thể tích.

❖ ***Điểm P bên trong, cách O khoảng r.***



+ Cảm ứng điện:

$$\boxed{D = \frac{1}{4\pi}\frac{Qr}{R^3}}$$

+ Cường độ điện trường:

$$\boxed{E = \frac{D}{\varepsilon\varepsilon_0} = \frac{1}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0}\frac{Qr}{R^3}}$$

1.3. Định lý Ostrogratxki – Gauss (Định lý O – G)

b. Quả cầu đặc, tích điện đều trong toàn bộ thể tích.

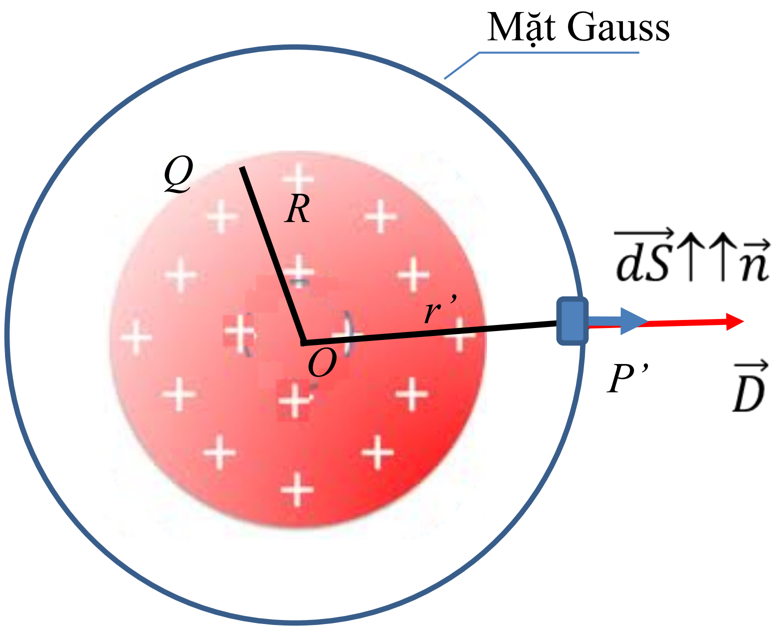
❖ ***Điểm P' bên ngoài, cách O khoảng r'***

♦ **Dựng mặt Gauss là mặt cầu tâm 0, bán kính *r'* > *R*, bao quanh quả cầu**

♦ **Tương tự có:**

$$D4\pi r'^2 = Q$$

$$\Rightarrow D = \frac{1}{4\pi}\frac{Q}{r'^2}$$



1.3. Định lý Ostrogratxki – Gauss (Định lý O – G)

b. Qủa cầu đặc, tích điện đều trong toàn bộ thể tích.

❖ ***Điểm P’ bên ngoài, cách O khoảng r’.***

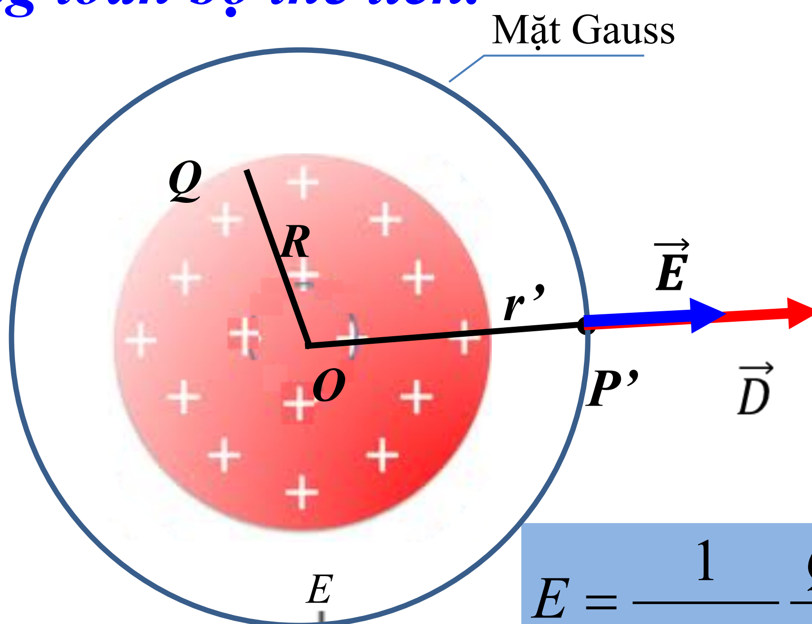
+ Cảm ứng điện:

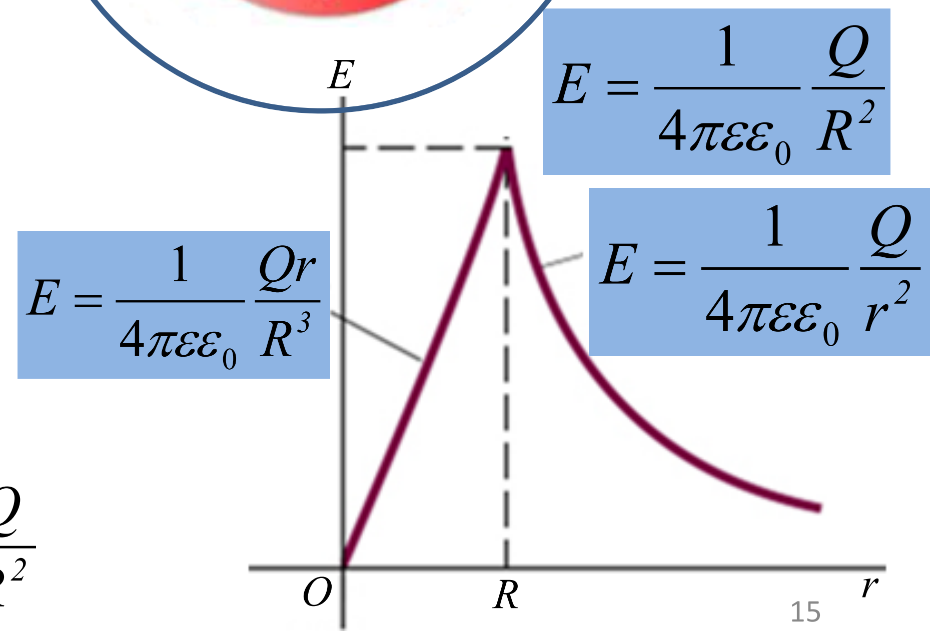
$$\boxed{\mathbf{D} = \frac{1}{4\pi}\frac{\mathbf{Q}}{\mathbf{r'^2}}}$$

+ Cường độ điện trường:

$$\boxed{E = \frac{D}{\varepsilon\varepsilon_0} = \frac{1}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0}\frac{Q}{r'^2}}$$

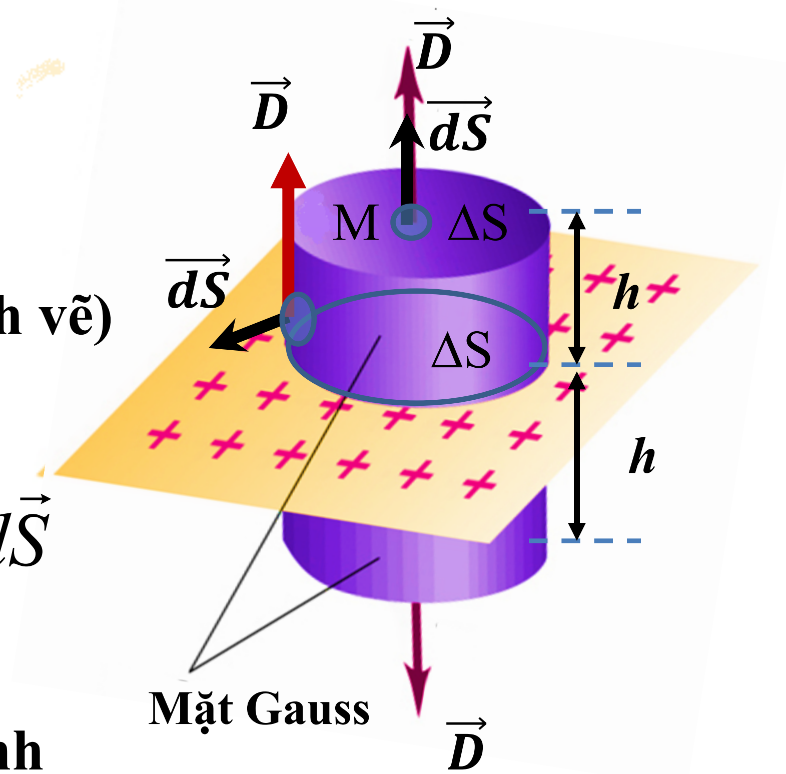
Trên bề mặt(*r = R*): $E = \dfrac{1}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0}\dfrac{Q}{R^2}$





1.3. Định lý Ostrogratxki – Gauss (Định lý O – G)

c. Mặt phẳng vô hạn tích điện đều có mật độ điện tích mặt σ



* Do tính đối xứng nên véc tơ $\vec{D}$ tại M:

+ Phương vuông góc với mặt phẳng

+ $|\vec{D}|$ chỉ có thể phụ thuộc *h*

* Vẽ mặt trụ kín S_G (mặt Gauss – hình vẽ)

→ Thông lượng cảm ứng điện qua S_G

$$\Phi_e = \oint_{S_G} \vec{D}d\vec{S} = \int_{2\,đáy} \vec{D}d\vec{S} + \int_{xquanh} \vec{D}d\vec{S}$$

Mà trên 2 đáy $\vec{D} \uparrow\uparrow \vec{dS}$, xung quanh mặt Gauss $\vec{D} \perp \vec{dS}$

$$\Rightarrow \Phi_e = \int_{2\,đáy} DdS = D\int_{2\,đáy} dS = 2D\Delta S$$

1.3. Định lý Ostrogratxki – Gauss (Định lý O – G)

c. Mặt phẳng vô hạn tích điện đều có mật độ điện tích mặt σ

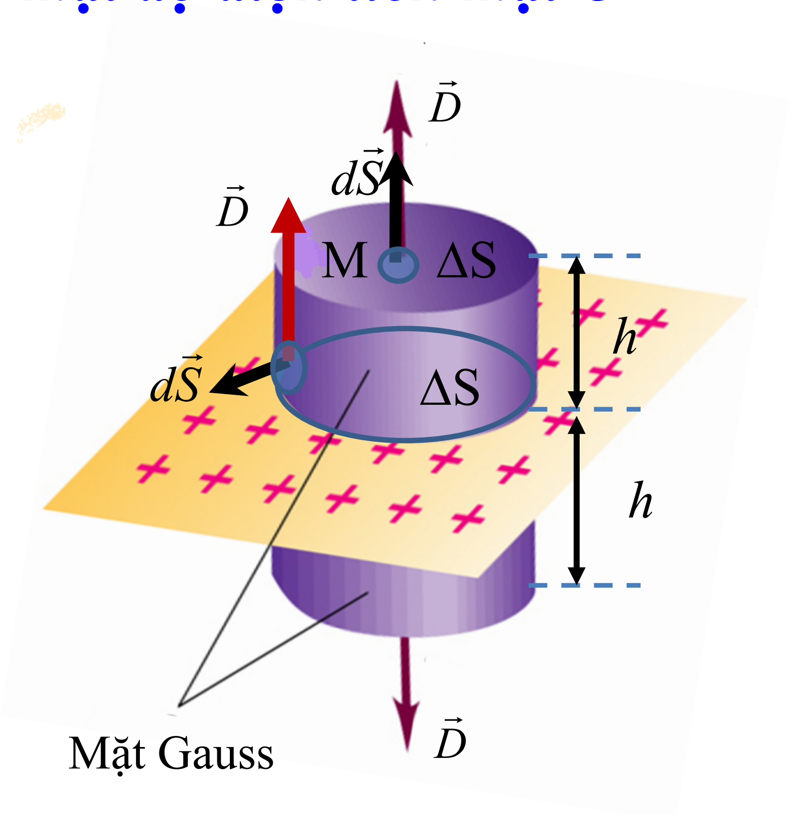
*** Áp dụng định lý O-G:**

$$\Phi_e = Q = \sigma \Delta S$$

$$\Rightarrow \boxed{D = \frac{1}{2}\frac{Q}{\Delta S} = \frac{1}{2}\frac{\sigma \Delta S}{\Delta S} = \frac{\sigma}{2}}$$

$$\Rightarrow \boxed{E = \frac{D}{\varepsilon\varepsilon_0} = \frac{\sigma}{2\varepsilon\varepsilon_0}}$$

(σ: mật độ điện tích mặt)



1.3. Định lý Ostrogratxki – Gauss (Định lý O – G)

- *Hai mặt phẳng vô hạn song song tích điện bằng nhau, trái dấu $(+\sigma$ và $-\sigma)$*

✓ **Không gian giữa 2 mặt phẳng:**

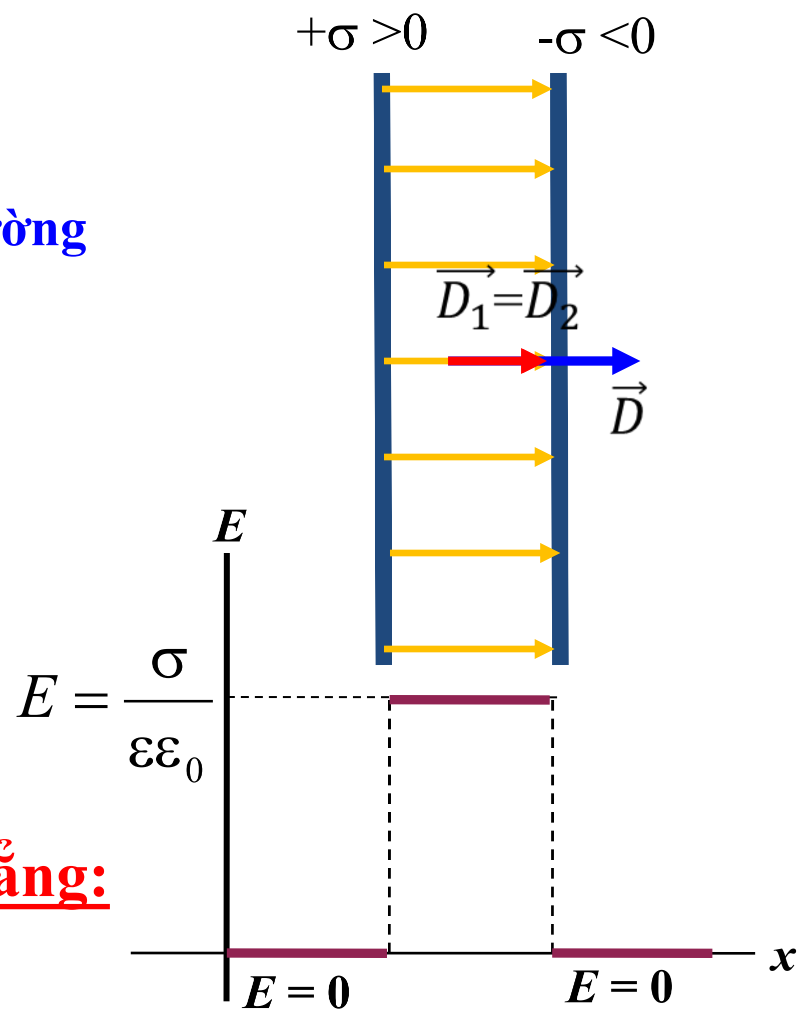
+ **Áp dụng nguyên lý chồng chất điện trường**

$$\vec{D} = \vec{D}_1 + \vec{D}_2 ; \vec{D}_1 \uparrow\uparrow \vec{D}_2$$

Độ lớn:

$$\boxed{D = \frac{\sigma}{2} + \frac{\sigma}{2} = \sigma}$$

$$\boxed{E = \frac{D}{\varepsilon\varepsilon_0} = \frac{\sigma}{\varepsilon\varepsilon_0}}$$



✓ **Không gian bên ngoài 2 mặt phẳng:**

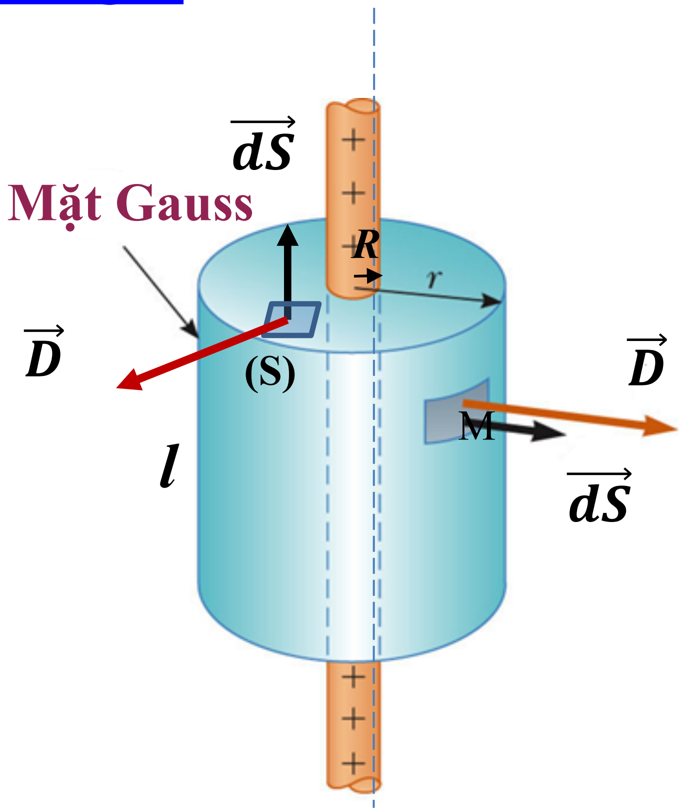
$$E = 0$$

1.3. Định lý Ostrogratxki – Gauss (Định lý O – G)

d. Mặt trụ (bán kính R) vô hạn tích điện đều, mật độ λ (σ)

❖ ***Điểm M bên ngoài, cách trục của trụ khoảng r.***

*** Do tính đối xứng nên véc tơ $\vec{D}$ tại M:**
+ Phương vuông góc với trục của trụ, giá đi qua trục của trụ
+ $|\vec{D}|$ chỉ ∈ r



*** Vẽ mặt trụ kín S_G (mặt Gauss – hình vẽ)**

→ Thông lượng cảm ứng điện qua S_G

$$\Phi_e = \oint_{S_G} \vec{D}d\vec{S} = \int_{2\,đáy} \vec{D}d\vec{S} + \int_{xquanh} \vec{D}d\vec{S}$$

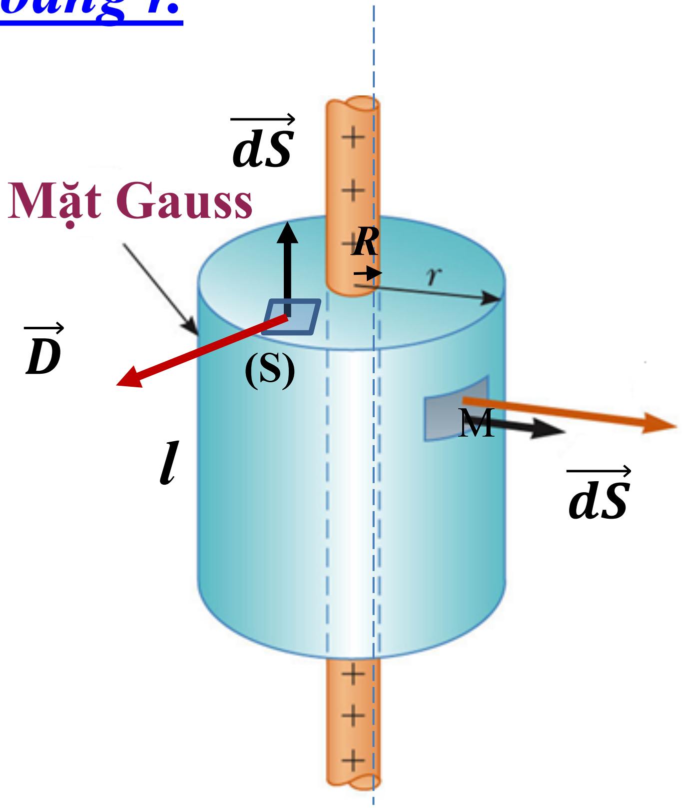
Mà trên 2 đáy $\vec{D} \perp \vec{dS}$, xung quanh mặt Gauss $\vec{D} \uparrow\uparrow \vec{dS}$

1.3. Định lý Ostrogratxki – Gauss (Định lý O – G)

d. Mặt trụ (bán kính R) vô hạn tích điện đều, mật độ λ (σ)

❖ ***Điểm M bên ngoài, cách trục của trụ khoảng r.***

$$\Rightarrow \Phi_e = \int_{xquanh} D dS = D \int_{xquanh} dS = D 2\pi r l$$



*** Áp dụng định lý O-G:**

$$\Phi_e = Q = \lambda l = \sigma 2\pi R l$$

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

1.3. Định lý Ostrogratxki – Gauss (Định lý O – G)

d. Mặt trụ (bán kính R) vô hạn tích điện đều, mật độ λ (σ)

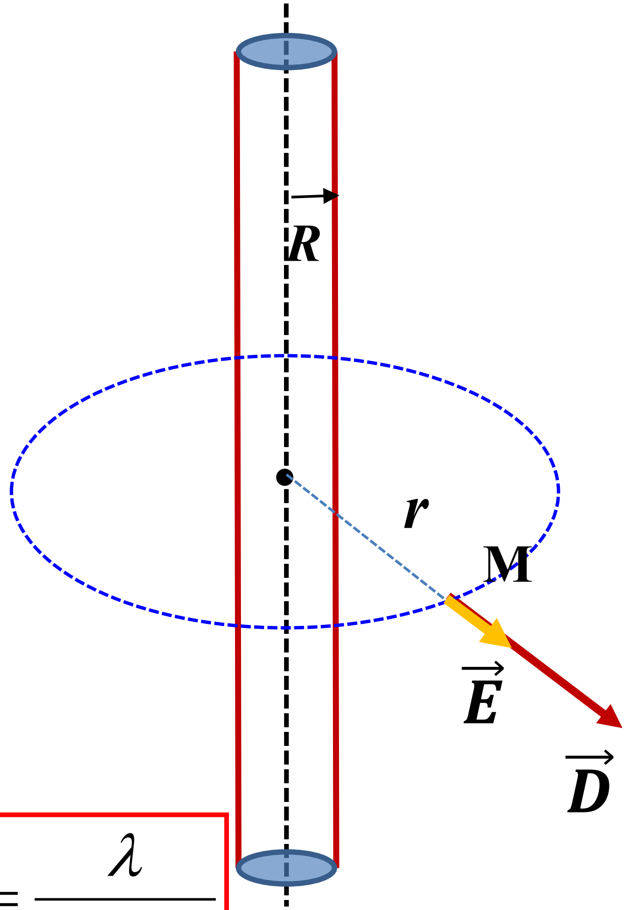
❖ ***Điểm M bên ngoài, cách trục của trụ khoảng r.***

+ Cảm ứng điện:

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

+ Cường độ điện trường:

$$\boxed{E = \frac{D}{\varepsilon\varepsilon_0} = \frac{Q}{2\pi\varepsilon\varepsilon_0 r} = \frac{\lambda}{2\pi\varepsilon\varepsilon_0 r} = \frac{\sigma R}{\varepsilon\varepsilon_0 r}}$$



(σ: mật độ điện tích mặt,
λ: mật độ điện tích dài)

♦ **Khi *R* rất nhỏ:** $\boxed{E = \frac{\lambda}{2\pi\varepsilon\varepsilon_0 r}}$

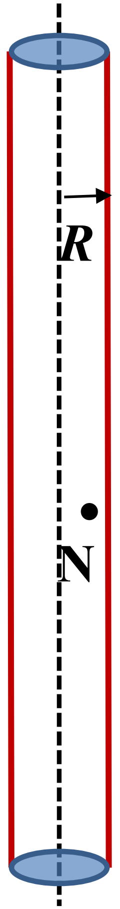
1.3. Định lý Ostrogratxki – Gauss (Định lý O – G)

d. Mặt trụ (bán kính R) vô hạn tích điện đều, mật độ λ (σ)

❖ ***Điểm N bên trong mặt trụ***

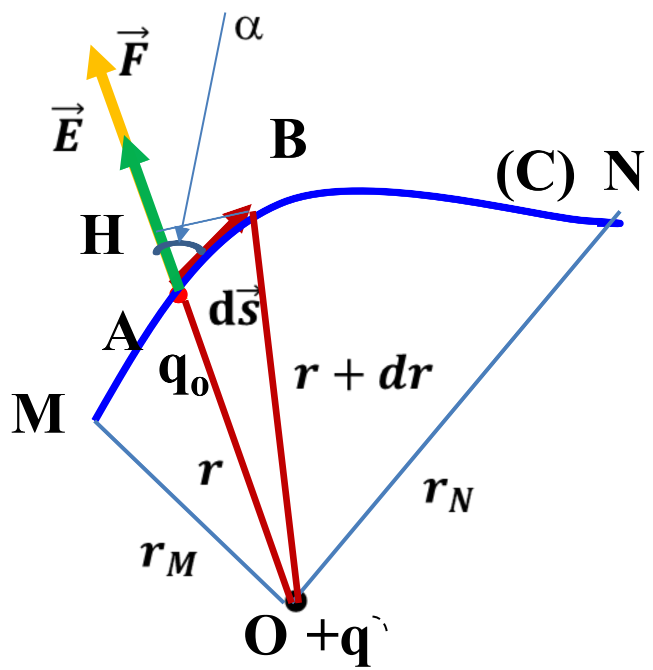
+ Cảm ứng điện: D = 0

+ Cường độ điện trường: E = 0



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

a. Công của lực tĩnh điện



+ Xét điện tích thử q_0 dịch chuyển từ M đến N trong điện trường gây ra bởi q (đứng yên tại O)

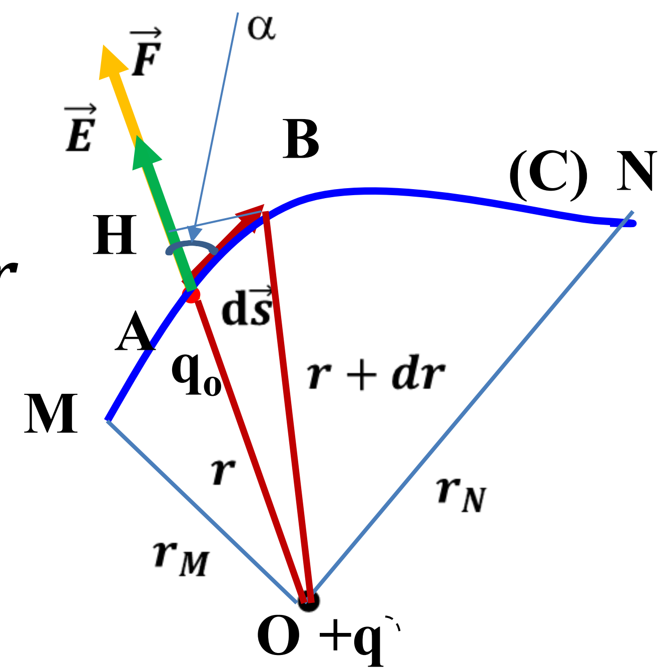
+ Lực điện do q tác dụng lên q_0

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

Với $E = \dfrac{q}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0 r^2}$

1.4. Điện thế - Hiệu điện thế

a. Công của lực tĩnh điện



+ Công vi phân trong chuyển dời *ds*:

$$\delta A = \vec{F}\overrightarrow{ds} = q_0\vec{E}\overrightarrow{ds} = q_0 E ds cos\alpha$$

Mà $dscos\alpha = \overline{AH} = r + dr - r = dr$

$$\delta A = q_0 E dr = q_0 \frac{q}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0 r^2} dr$$

→ Công của lực tĩnh điện do q tác dụng lên q_0 từ M đến N:

$$A_{MN} = \int_M^N \delta A = \int_{r_M}^{r_N} \frac{qq_0}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0 r^2} dr = \frac{qq_0}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0}\left(\frac{1}{r_M} - \frac{1}{r_N}\right)$$

$$A_{MN} = \frac{qq_0}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0 r_M} - \frac{qq_0}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0 r_N}$$

1.4. Điện thế - Hiệu điện thế

a. Công của lực tĩnh điện

- ✓ **Tổng quát: q_0 dịch chuyển từ M đến N trong điện trường gây ra bởi hệ n điện tích điểm q_i $(i = \overline{1, n})$**

$$A_{MN} = \sum_{i=1}^{n} \frac{q_i q_0}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0 r_{iM}} - \frac{q_i q_0}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0 r_{iN}}$$

1.4. Điện thế - Hiệu điện thế

a. Công của lực tĩnh điện

→ **Nhận xét:**

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

+ Không phụ thuộc vào dạng đường cong dịch chuyển;

+ Chỉ phụ thuộc vào vị trí điểm đầu và điểm cuối của chuyển dời.

→ **Lực tĩnh điện là lực thế**

→ **Trường tĩnh điện là trường lực thế**

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

b) Tính chất thế của trường tĩnh điện

+ Công của lực tĩnh điện khi q_0 dịch chuyển trong điện trường từ M đến N

$$A_{MN} = \int_M^N \vec{F} d\vec{s} = \int_M^N q_0 \vec{E} d\vec{s}$$

→ q_0 dịch chuyển theo đường cong kín:

$$A = \oint_{(C)} q_0 \vec{E} d\vec{s} = 0 \Longrightarrow \underbrace{\oint_{(C)} \vec{E} d\vec{s}}_{\text{Lưu số của véc tơ cường độ điện trường dọc theo đường cong kín}} = 0$$

1.4. Điện thế - Hiệu điện thế

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

b) Tính chất thế của trường tĩnh điện

- **Kết luận:** ***"Lưu số của véc tơ cường độ điện trường tĩnh dọc theo một đường cong kín thì bằng không"***
- **Ý nghĩa của lưu số của véc tơ cường độ điện trường:** **Đặc trưng cho tính chất thế của trường tĩnh điện**

  → Điện trường tĩnh là một trường thế.

2. Thế năng của một điện tích trong điện trường

❖ q_0 dịch chuyển trong điện trường tĩnh (trường lực thế)

. Trong chuyển dời $d\vec{s}$: $\delta A = -dW = q_0 \vec{E} d\vec{s}$

. Trong chuyển dời $M \rightarrow N$:

$$A_{MN} = \int_M^N \delta A = \int_M^N -dW = W_M - W_N$$

+ Mà khi q_0 dịch chuyển trong điện trường gây ra bởi điện tích điểm q ta có:

$$\boxed{A_{MN} = W_M - W_N = \frac{qq_0}{4\pi\varepsilon_0\varepsilon r_M} - \frac{qq_0}{4\pi\varepsilon_0\varepsilon r_N} \quad (*)}$$

1.4. Điện thế - Hiệu điện thế

2. Thế năng của một điện tích trong điện trường

⟹ ***Thế năng tương tác của điện tích điểm q và q_0:***

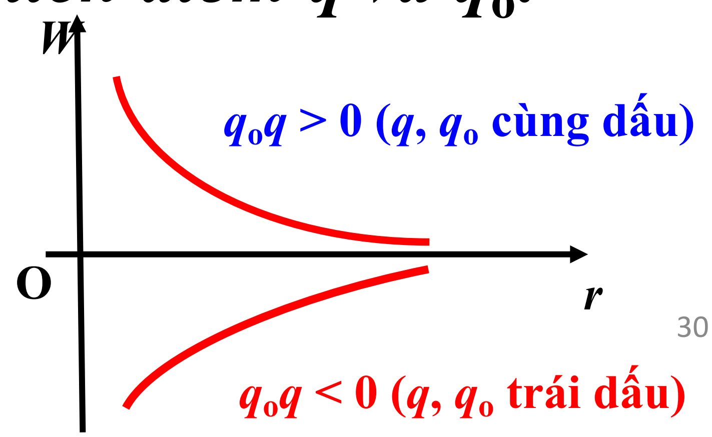
$$\boxed{W = \frac{qq_0}{4\pi\varepsilon_0\varepsilon r} + C}$$

(C là hằng số phụ thuộc vào việc chọn mốc thế năng)

❖ ***Quy ước: $W = 0$ khi $r \to \infty \Rightarrow C = 0$***

- ***Thế năng tương tác của điện tích điểm q và q_0:***

$$\boxed{W = \frac{qq_0}{4\pi\varepsilon_0\varepsilon r}}$$



1.4. Điện thế - Hiệu điện thế

2. Thế năng của một điện tích trong điện trường

→ ***Thế năng tương tác của điện tích điểm q_o và n điện tích điểm q_i***

$$\boxed{W = \sum_{i=1}^{n} W_i = \sum_{i=1}^{n} \frac{q_o q_i}{4\pi\varepsilon\varepsilon_o r_i}}$$

→ ***Thế năng của điện tích điểm q_o trong điện trường bất kỳ***

$$\boxed{W_M = \int_M^\infty q_o \vec{E}\, d\vec{s}}$$

- ***Kết luận:***

Thế năng của điện tích điểm q_o tại một điểm trong điện trường là một đại lượng có giá trị bằng công của lực tĩnh điện trong sự dịch chuyển điện tích đó từ điểm đang xét ra xa vô cùng.

3. Điện thế và hiệu điện thế

a) Điện thế

❖ ***Định nghĩa***: **Điện thế tại điểm M trong điện trường**

$$\boxed{V_M = \frac{W_M}{q_0}}$$

(W_M thế năng của q_0 trong điện trường tại M)

1.4. Điện thế - Hiệu điện thế

3. Điện thế và hiệu điện thế

a) Điện thế

❖ ***Biểu thức xác định điện thế:***

Ta có

$$\boxed{A_{MN} = \int_{M}^{N} q_0 \vec{E}\,\overrightarrow{ds} = W_M - W_N}$$

$$\Rightarrow \quad \boxed{\frac{W_M - W_N}{q_0} = \int_{M}^{N} \vec{E}\,\overrightarrow{ds}}$$

$$\Rightarrow \quad \boxed{V_M = V_N + \int_{M}^{N} \vec{E}\,d\vec{s}}$$

→ Điện thế tại M phụ thuộc vào mốc điện thế tại N

1.4. Điện thế - Hiệu điện thế

3. Điện thế và hiệu điện thế

a) Điện thế

❖ ***Biểu thức xác định điện thế (mốc $V_N = 0$ khi $N \to \infty$):***

- ***Điện thế gây ra tại M bởi điện tích điểm q***

$$\boxed{V = \frac{q}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0 r}}$$

- ***Điện thế gây ra tại M bởi hệ điện tích điểm***

$$\boxed{V = \sum_{i=1}^{n} V_i = \sum_{i=1}^{n} \frac{q_i}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0 r_i}}$$

1.4. Điện thế - Hiệu điện thế

3. Điện thế và hiệu điện thế

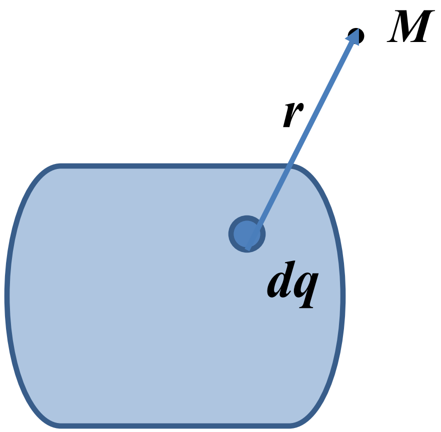
a) Điện thế

- ***Điện thế gây bởi vật có điện tích (q) phân bố liên tục***

+ Chia vật thành các phần tử điện tích *dq*.

+ Điện thế do dq gây ra tại M:

$$\boxed{dV = \frac{1}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0}\frac{dq}{r}}$$



+ Điện thế do vật gây ra tại M:

$$\boxed{V_M = \int_{\text{toàn bộ vật}} dV = \frac{1}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0}\int_{\text{toàn bộ vật}} \frac{dq}{r}}$$

3. Điện thế và hiệu điện thế

a) Điện thế

- ***Điện thế gây ra tại M bởi một điện trường bất kỳ***

$$\boxed{V_{\mathrm{M}} = \int_{M}^{\infty} \vec{E}\,\mathrm{d}\vec{s}}$$

b) Hiệu điện thế

Định nghĩa: Hiệu điện thế giữa hai điểm M và N trong điện trường

$$\boxed{U_{MN} = V_M - V_N = \frac{A_{MN}}{q_0} = \frac{W_M - W_N}{q_0}}$$

1.4. Điện thế - Hiệu điện thế

b) Hiệu điện thế

Suy ra:

$$\boxed{A_{MN} = \int_M^N q_0 \vec{E} d\vec{s} = q_0 (V_M - V_N)}$$

→ Hiệu điện thế giữa hai điểm M và N trong điện trường

$$\boxed{V_M - V_N = \int_M^N \vec{E} d\vec{s}}$$

c) Đơn vị điện thế, hiệu điện thế

Vôn (V)

d) Ý nghĩa của điện thế, hiệu điện thế

Đặc trưng cho điện trường về mặt dự trữ năng lượng

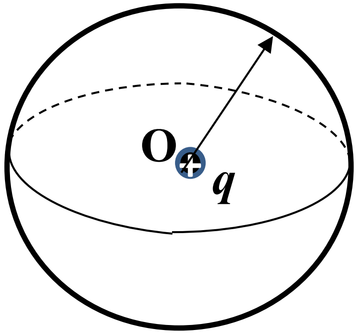
4. Mặt đẳng thế

a) Định nghĩa:

- Mặt đẳng thế là quỹ tích của những điểm có cùng điện thế

$$V = C = \text{const}$$

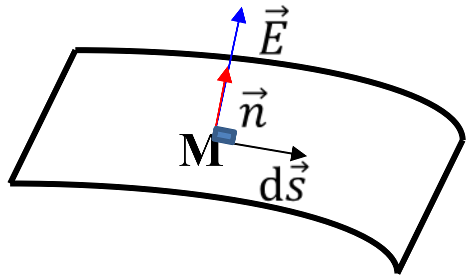
- *Ví dụ:* Mặt đẳng thế gây ra bởi 1 điện tích điểm là mặt cầu



4. Mặt đẳng thế

❖ **Tính chất mặt đẳng thế**

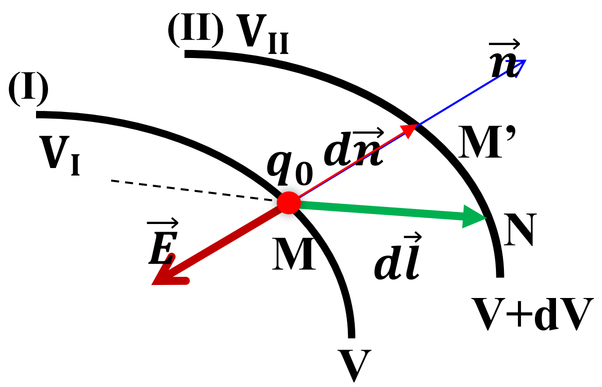
- **Các mặt đẳng thế không cắt nhau.**
- **Công của lực tĩnh điện trong sự dịch chuyển một điện tích q_o trên một mặt đẳng thế bằng không.**
- **Véc tơ cường độ điện trường tại một điểm trên mặt đẳng thế vuông góc với mặt đẳng thế tại điểm đó.**



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

1. Hệ thức liên hệ giữa $\vec{E}$ và V

- **Xét hai mặt đẳng thế (I) và (II) rất gần nhau trong điện trường, điện thế: *V* và *V+dV* (d*V*>0)**
- **Công của lực điện trường khi dịch chuyển một điện tích dương q_0 từ M đến N:**



$$\delta A_{MN} = q_0 \vec{E}\, d\vec{l} \qquad (1)$$

mà

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

$$\Leftrightarrow \delta A_{MN} = -q_0 dV \quad (2)$$

- **Từ (1) và (2), ta có:**

$$-\vec{E}\, d\vec{l} = dV$$

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

1. Hệ thức liên hệ giữa $\vec{E}$ và V

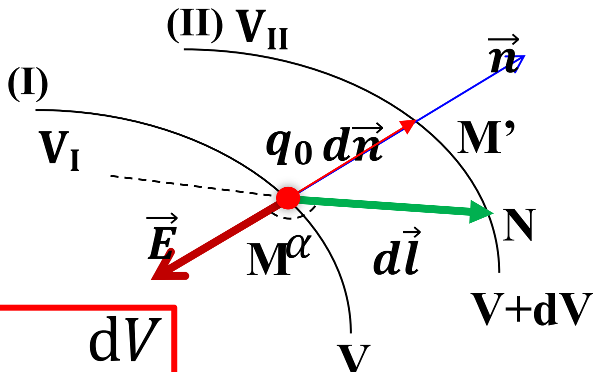
→ ***Nhận xét***:

* $dV = -cos\alpha E dl$ mà $dV > 0$

nên $cos\alpha < 0$

$\Rightarrow \alpha > 90^o$

⇒ Véc tơ cường độ điện trường $\vec{E}$ luôn hướng từ nơi có điện thế cao đến nơi có điện thế thấp.



* $dV = -cos\alpha E dl = -E_l dl$

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

Kết luận: **Hình chiếu của véc tơ cường độ điện trường $\vec{E}$ trên một phương nào đó về trị số bằng độ giảm điện thế trên một đơn vị dài của phương đó.**

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

1. Hệ thức liên hệ giữa $\vec{E}$ và V

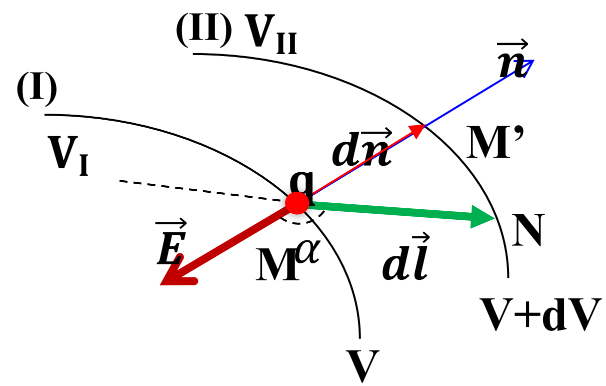
Trong hệ trục tọa độ Descarter:

- **Theo phương Ox:** $E_x = -\frac{\partial V}{\partial x}$
- **Theo phương Oy:** $E_y = -\frac{\partial V}{\partial y}$
- **Theo phương Oz:** $E_z = -\frac{\partial V}{\partial z}$

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

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

$$\Rightarrow \quad \boxed{\vec{E} = -\overrightarrow{grad}V}$$



⇒ Véc tơ cường độ điện trường $\vec{E}$ tại một điểm bất kỳ trong điện trường bằng và ngược chiều với gradient của điện thế tại điểm đó.

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

2. Ứng dụng:

Ta có: $dV = -\vec{E}\,d\vec{l} \Rightarrow V_1 - V_2 = -\int_{V_1}^{V_2} dV = \int_{(1)}^{(2)} \vec{E}\,d\vec{l}$

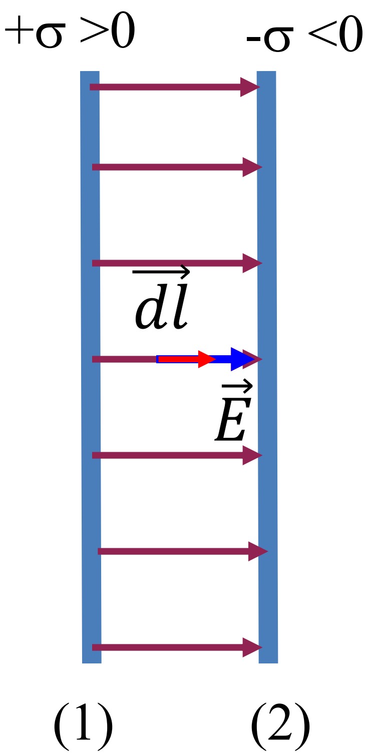
a. Hiệu điện thế giữa hai mặt phẳng song song, vô hạn, tích điện đều.

$\vec{E} = \overrightarrow{const},\ E = \dfrac{\sigma}{\varepsilon\varepsilon_0}$

$\Rightarrow V_1 - V_2 = \int_{(1)}^{(2)} \vec{E}\,d\vec{l} = \int_{(1)}^{(2)} E\,dl$

$\Rightarrow V_1 - V_2 = \mathrm{E}\int_{(1)}^{(2)} dl$

$\Rightarrow V_1 - V_2 = Ed = \dfrac{\sigma d}{\varepsilon\varepsilon_0}$



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

2. Ứng dụng:

b. Hiệu điện thế giữa hai điểm trong điện trường của một mặt cầu mang điện đều

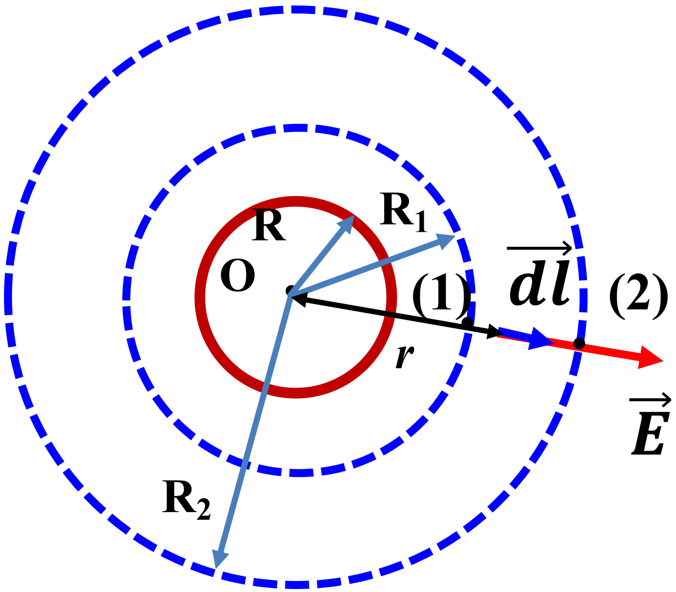
- *Cường độ điện trường do mặt cầu (q) gây ra*

$$E = \frac{q}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0 r^2}$$

$$\Rightarrow V_1 - V_2 = \int_{(1)}^{(2)} \vec{E}\, d\vec{l} = \int_{(1)}^{(2)} E\, dl\cos\alpha$$

$$\Rightarrow V_1 - V_2 = \int_{(1)}^{(2)} E dr = \int_{R_1}^{R_2} \frac{q}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0 r^2} dr$$

$$\Rightarrow V_1 - V_2 = \frac{q}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0}\left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2}\right)$$



***Nếu $R_1 = R$, $R_2 = \infty$**

$\rightarrow V = V_1 = \frac{q}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0 R}$ **: Điện thế tại một điểm trên mặt cầu**

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

2. Ứng dụng:

c. Hiệu điện thế giữa hai điểm trong điện trường của một mặt trụ dài vô hạn, mang điện đều (λ, σ)

- ***Cường độ điện trường do mặt trụ gây ra***

$$E = \frac{\lambda}{2\pi\varepsilon\varepsilon_0 r} = \frac{\sigma R}{\varepsilon\varepsilon_0 r}$$

$$\Rightarrow V_1 - V_2 = \int_{(1)}^{(2)} \vec{E}\, d\vec{l} = \int_{(1)}^{(2)} E\, dl\cos\alpha$$

$$\Rightarrow V_1 - V_2 = \int_{(1)}^{(2)} E dr = \int_{R_1}^{R_2} \frac{\sigma R}{\varepsilon\varepsilon_0 r} dr$$

$$\Rightarrow V_1 - V_2 = \frac{\sigma R}{\varepsilon\varepsilon_0} \ln\frac{R_2}{R_1} = \frac{\lambda}{2\pi\varepsilon\varepsilon_0} ln\frac{R_2}{R_1}$$