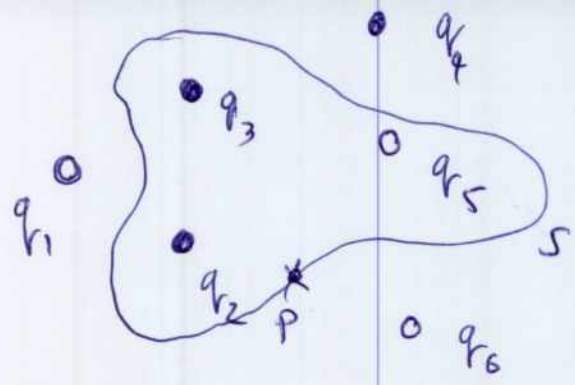


$q_1 = 4$ [C]

$q_2 = -5$ [C]

$q_3 = -3$ [C]

$q_4 = -2$ [C]

$q_5 = ?$

$q_6 = 1$ [C]

ถ้า $\Phi_E = 0$ ที่หน้าผิว S

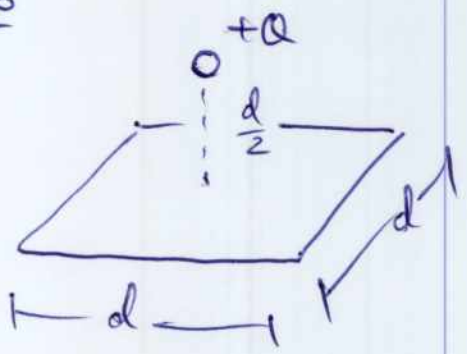
$$\Phi_E = \frac{Q_{en}}{\epsilon_0} = 0$$

$$Q_{en} = q_2 + q_3 + q_5 = 0$$ ⇐ ฟลักซ์รวม คิดเฉพาะ Q_{en}

$$q_5 = -q_2 - q_3 = -(-5) - (-3) = \boxed{8 \text{ [C]}}$$

$$\vec{E}_P = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \dots + \vec{E}_6$$ ⇐ สนามไฟฟ้ารวม คิดทุกประจุ

Ex

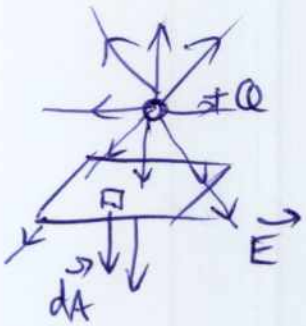


ประจุ +Q อยู่ห่างจากพื้นกลาง □ ขึ้นไป ด้านยาว d x d เป็นระยะทาง $\frac{d}{2}$

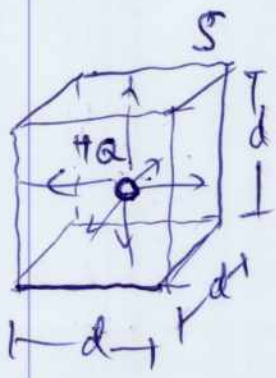
ฟลักซ์ที่ผ่านพื้นที่ □ เป็นเท่าใด?

$$\Phi_E = \vec{E} \cdot \vec{A} = \int \vec{E} \cdot d\vec{A}$$

$$\oint_S \vec{E} \cdot d\vec{A} = \frac{Q_{en}}{\epsilon_0} = \frac{Q}{\epsilon_0}$$



⇒

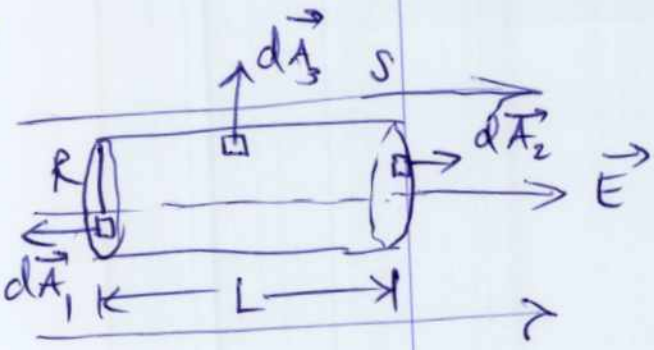


$$6\Phi_E = \frac{Q}{\epsilon_0}$$

ฟลักซ์ 1 ด้าน

$$\boxed{\Phi_E = \frac{Q}{6\epsilon_0}}$$

Ex



มีผิวปิด S ทรงกระบอก
มีสนามไฟฟ้า $\vec{E}$
ตามแกนดังรูป

Φ_E ที่ผ่านผิวปิด S = ?

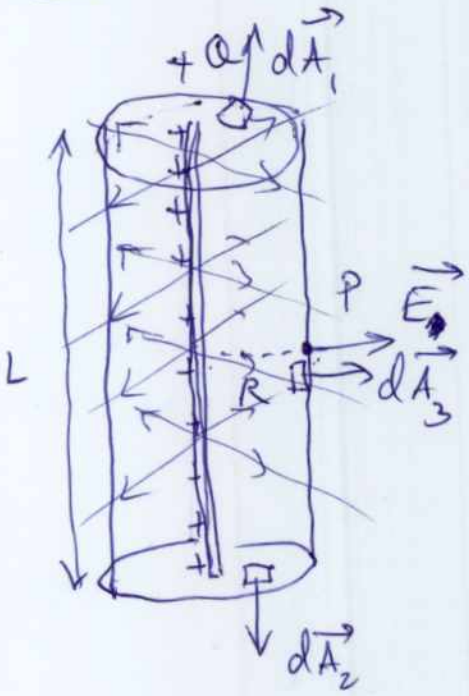
$$\Phi_E = \oint_S \vec{E}\cdot d\vec{A} = \int_{S_1} \vec{E}\cdot d\vec{A}_1 + \int_{S_2} \vec{E}\cdot d\vec{A}_2 + \int_{S_3} \vec{E}\cdot d\vec{A}_3$$

$$= -E\int_{S_1} dA_1 + E\int_{S_2} dA_2 + 0$$

$$= -E(\pi R^2) + E(\pi R^2) = 0$$

* สนามไฟฟ้าภายนอกไม่มีผลต่อฟลักซ์รวมที่ผ่านผิวปิด

Ex Electric field from long line of charge



ให้ผิวปิดเป็นทรงกระบอกกลม ยาว L รัศมี R
ประจุ +Q กระจายตัวอยู่ที่แกนกลาง

$$\Phi_E = \oint_S \vec{E}\cdot d\vec{A} = \frac{Q_{en}}{\epsilon_0}$$

$$= \int_{S_1} \vec{E}\cdot d\vec{A}_1 + \int_{S_2} \vec{E}\cdot d\vec{A} + \int_{S_3} \vec{E}\cdot d\vec{A}_3$$

$$= 0 + 0 + E\int_{S_3} dA_3$$

$$\Phi_E = E(2\pi RL) = \frac{Q}{\epsilon_0}$$

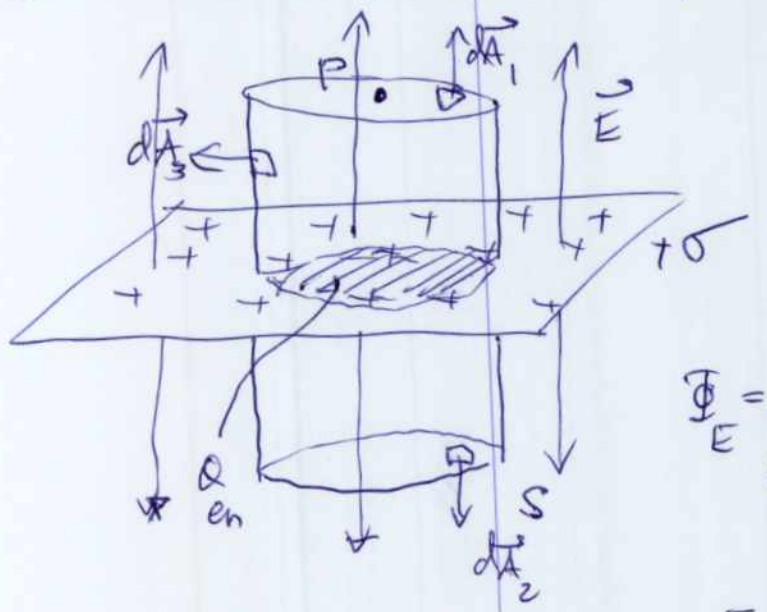
$$E = \frac{Q}{2\pi\epsilon_0 RL} = \boxed{\frac{2k_e\lambda}{R}}$$

ขึ้นอยู่กับระยะ เส้นประจุ

$$k_e = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$$

$$2k_e = \frac{1}{2\pi\epsilon_0}$$

Ex Electric field from plane of Charge



$$\Phi_E = \oint_S \vec{E}\cdot d\vec{A} = \frac{Q_{en}}{\epsilon_0}$$

$$\Phi_E = \int_{S_1} \vec{E}\cdot d\vec{A}_1 + \int_{S_2} \vec{E}\cdot d\vec{A}_2 + \cancel{\int_{S_3} \vec{E}\cdot d\vec{A}_3}^{\,0}$$

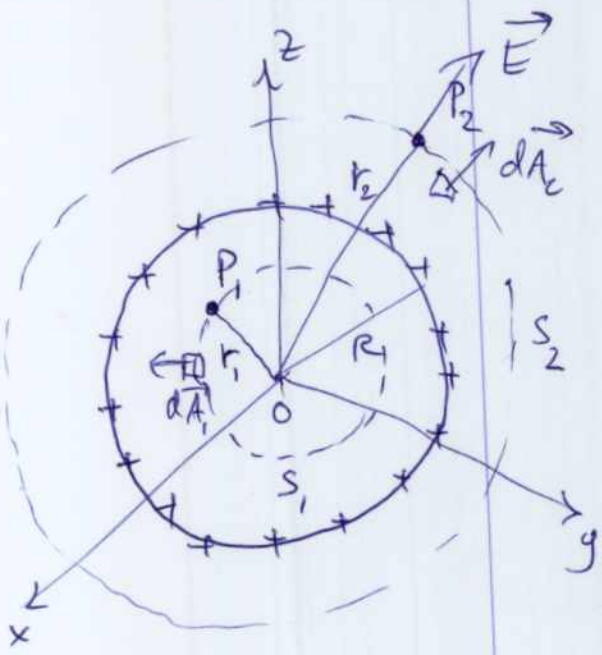
$$= E\int_{S_1} dA_1 + E\int dA_2$$

$$\Phi_E = EA + EA = \frac{Q_{en}}{\epsilon_0}$$

$$2EA = \frac{Q_{en}}{\epsilon_0}$$

$$E = \frac{Q_{en}}{2\epsilon_0 A} = \boxed{\frac{\sigma}{2\epsilon_0}}$$

Ex Electric Field from spherical shell of Charge.



ประจุ +Q กระจายตัวอย่างสม่ำเสมอ บนผิวทรงกลมรัศมี R

<u>ภายใน</u> $0 \le r_1 < R$

<u>ภายนอก</u> $r_2 > R$

⇒ สนามไฟฟ้ามีทิศตั้งฉากกับทรงกลม

ภายใน

$$\oint_{S_1} \vec{E} \cdot d\vec{A}_1 = \frac{Q_{en}}{\epsilon_0} = 0$$

$$E \oint_{S_1} dA_1 = 0 \implies \boxed{E = 0}$$

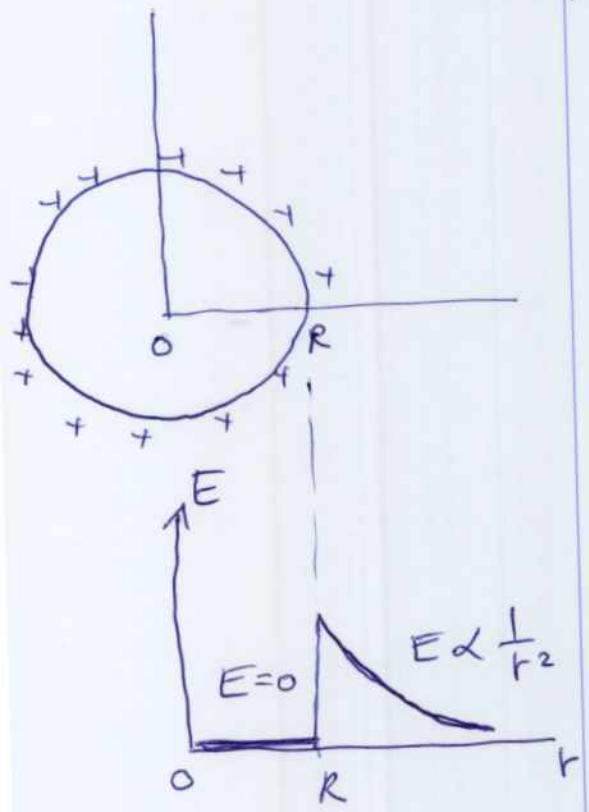
ภายนอก

$$\oint_{S_2} \vec{E} \cdot d\vec{A}_2 = \frac{Q_{en}}{\epsilon_0} = \frac{Q}{\epsilon_0}$$

$$E \oint_{S_2} dA_2 = \frac{Q}{\epsilon_0}$$

$$E\, 4\pi r_2^2 = \frac{Q}{\epsilon_0} \implies E = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r_2^2}$$

$$\boxed{E = \frac{k_e Q}{r_2^2}}$$

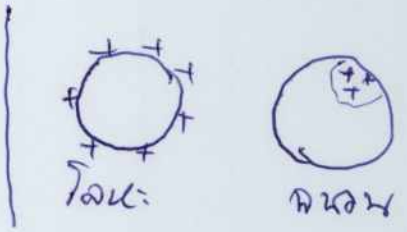


⟹ ไม่มีประจุภายใน
ประจุอยู่เฉพาะที่ผิว ดังนั้นมีเพียง
สนามไฟฟ้าภายในเป็นศูนย์

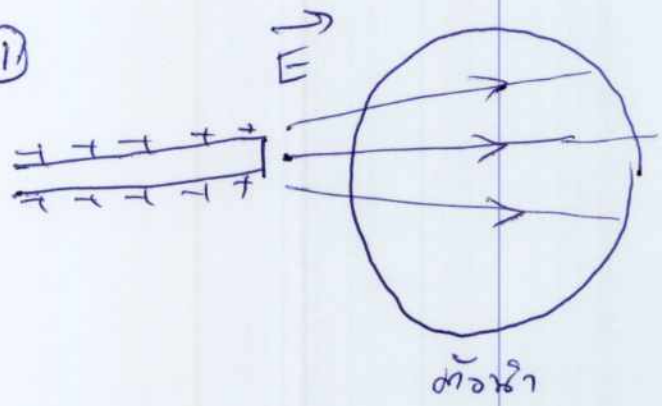
ตัวนำไฟฟ้า (Conductor)

ในวัสดุตัวนำไฟฟ้า (โลหะ Metal) จะมีประจุไฟฟ้าอิสระที่สามารถเคลื่อนที่ได้ภายในตัวนำไฟฟ้าอย่างอิสระ

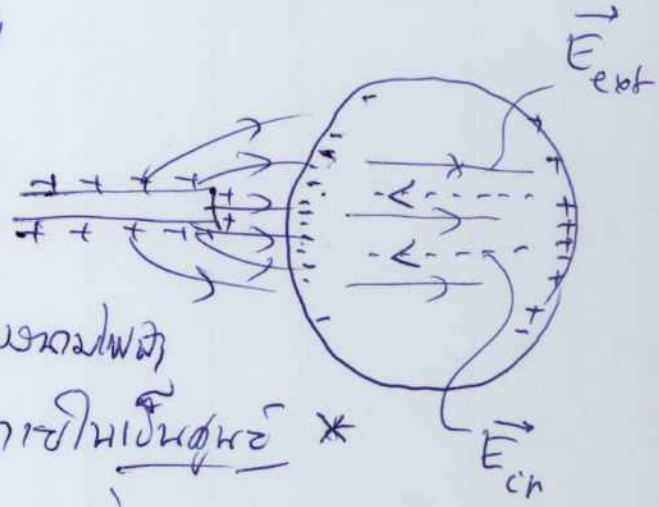
⇒ ถ้าให้ประจุสุทธิกับตัวนำ ประจุจะเคลื่อนที่จนกระทั่งอยู่ในสมดุลไฟฟ้า ⇒ หยุดการไหลตัว



(1)



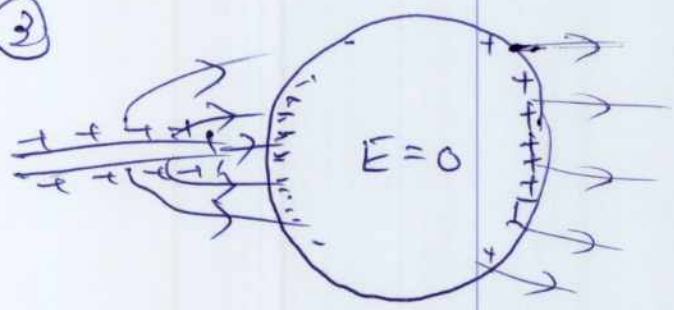
(2)



ประจุไฟฟ้าอิสระเคลื่อนที่ตามอิทธิพลของสนามไฟฟ้า

⇒ ประจุหยุดเคลื่อนที่ สนามไฟฟ้าภายในเป็นศูนย์ *

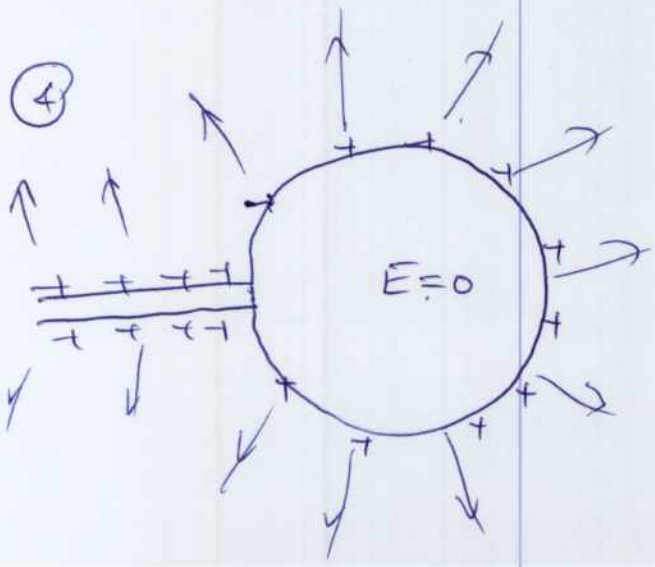
(3)

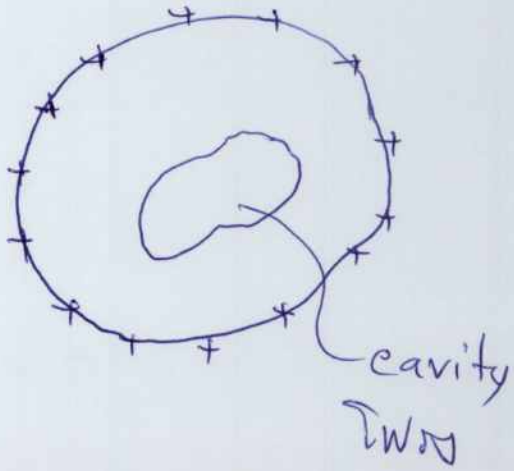


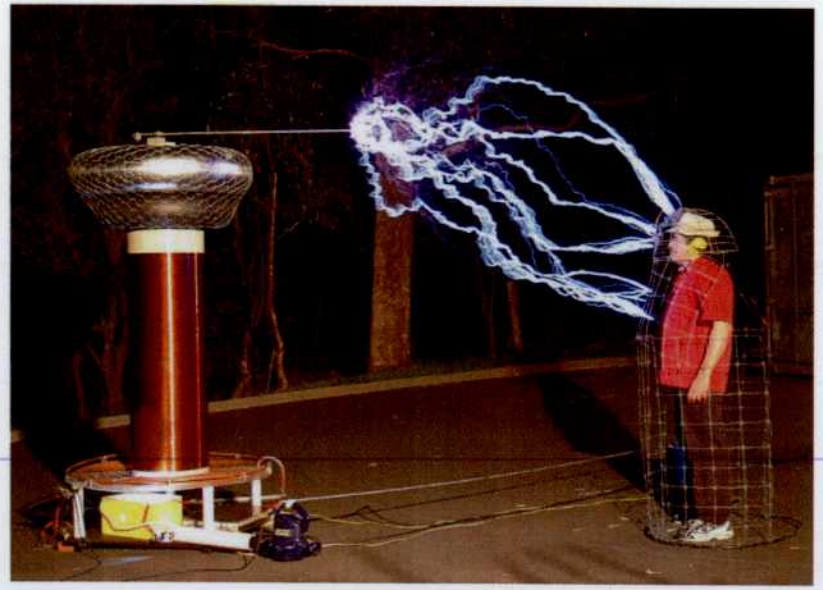
* สนามไฟฟ้าภายนอกตั้งฉากกับผิวตัวนำ

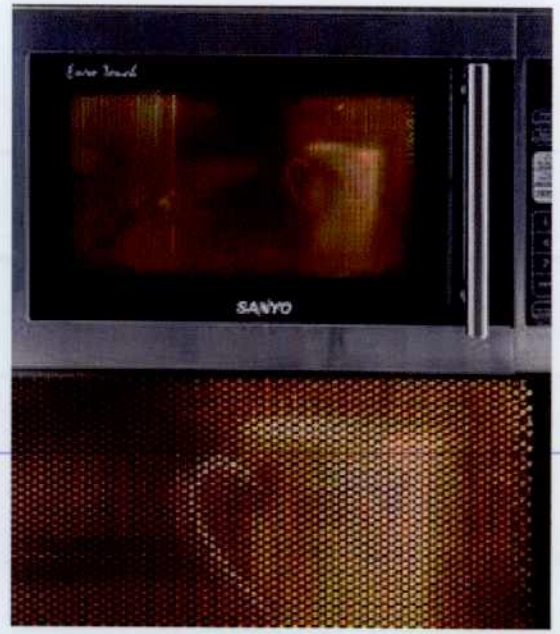
* ประจุสุทธิอยู่ที่ผิวตัวนำ (นอก)

(4)









A Faraday cage for the Sistine Chapel