Chapter 1 Electrostatics

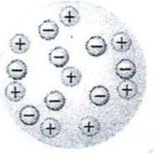
① ค่าคงที่ที่สมควร **!! JUM 🖫 !!**

ประจุของอิเล็กตรอน (q_e) = ประจุของโปรตอน (q_p) = $\pm 1.6\times 10^{-19}$ C

มวลของอิเล็กตรอน $(m_e) = 9.1\times 10^{-31}$ kg ; มวลของโปรตอน$(m_p) \approx 1840 m_e$

② วัตถุทุกชนิด ณ ภาวะปกติจะ**คงสภาพเป็นกลาง**

(หมายถึง ประจุบวกเท่ากับประจุลบ ผลรวมของค่าประจุเป็นศูนย์)



③ **ประจุบวก** : เกิดจากการสูญเสียอิเล็กตรอนแล้วมีประจุบวกมากกว่าปกติ

ประจุลบ : เกิดจากการรับอิเล็กตรอนแล้วมีประจุลบมากกว่าปกติ

④ **การกระจายของประจุ** : ประจุจะกระจายอยู่ที่ผิวนอกสุดของตัวนำ ดังนั้น **ประจุภายในเท่ากับศูนย์** และการกระจายของประจุจะอยู่ที่วัตถุปลายแหลมมากเพราะเนื้อที่การกระจายน้อย

⑤ การทดลองทาลีส (Thales) เกี่ยวกับประจุไฟฟ้า

5.1 นำแท่งอำพัน(..........) ถูกับ ผ้าขนสัตว์(.........)

5.2 นำแท่งแก้ว(........) ถูกับ ผ้าไหม(.........)

⑥ การทำให้วัตถุที่เป็นกลางมีประจุไฟฟ้าตามต้องการสามารถทำได้ 3 วิธี ดังต่อไปนี้

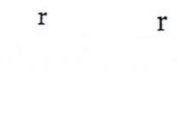
6.1 **การขัดสี :** ของวัตถุ 2 ชนิด จะทำให้เกิดประจุต่างกันบนผิวตัวนำ มักใช้กับพวกวัตถุที่เป็น **ฉนวน**

6.2 **การสัมผัส(การแตะ) :** ทำให้เกิดการถ่ายเทประจุ (e^- เคลื่อนที่เท่านั้น)

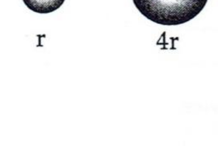
สามารถนำไปประยุกต์หาประจุบนตัวนำทรงกลมหลังจากการถ่ายเทได้จาก

$$Q_A = r_A \frac{\sum Q}{\sum r}$$

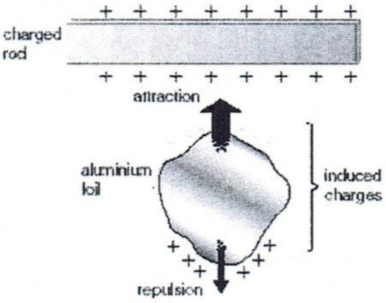
ตัวอย่างที่ 1



ตัวอย่างที่ 2



6.3 **การเหนี่ยวนำ** : เป็นการนำวัตถุที่มีประจุมาล่อใกล้ๆ ตัวนำที่เราต้องการจะทำให้เกิดประจุ ผลจะทำให้เกิดการแยกตัวของประจุบนวัตถุตัวนำและตัวนำจะเคลื่อนที่เข้าหาแท่งประจุดังภาพทางขวา

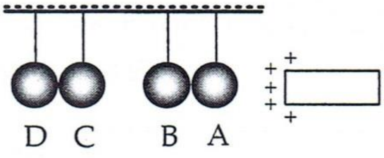


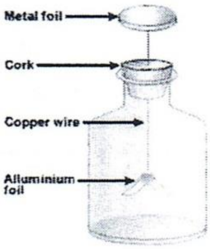
จากรูปค่า $F_{\text{ลัพธ์}} = F_{\text{ดูด}} - F_{\text{ผลัก}}$

ลักษณะตัวอย่างรูปแบบการเหนี่ยวนำ

1.

2.

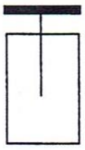
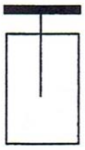
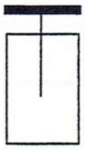
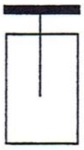




__Electroscope__ : เป็นเครื่องมือที่ใช้ทดสอบวัตถุตัวนำที่คาดว่าจะมีประจุไฟฟ้ามี 2 ชนิดที่สำคัญ

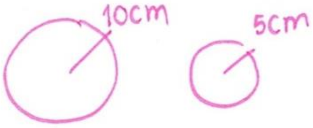
__*แบบที่ 1*__ Electroscope แบบลูกพิธ (Pitch ball) __*แบบที่ 2*__ Electroscope แบบจานโลหะ

วิธีการทำให้ Electroscope มีประจุตามต้องการทำได้โดยมี 4 ขั้นตอนหลัก คือ

ขั้นตอนการทำให้เกิดประจุ	Electroscope แบบลูกพิธ	Electroscope แบบจานโลหะ
1. นำวัตถุที่มีประจุตรงข้ามกับที่ต้องการมาเหนี่ยวนำ		
2. ต่อสายดิน (เอามือแตะ, Ground, Earth)		
3. เอาสายดินออก		
4. เอาแท่งวัตถุเหนี่ยวนำออก		

Ent 1 ทรงกลมตัวนำ 2 ลูก ลูกที่หนึ่งรัศมี 10 ซม. มีประจุไฟฟ้า Q ส่วนลูกที่สองรัศมี 5 ซม. มีประจุเป็นกลาง เมื่อนำทรงกลมทั้งสองมาแตะกันแล้วแยกออก อัตราส่วนของประจุบนลูกที่หนึ่งต่อประจุบนลูกที่สองเป็นเท่าไร

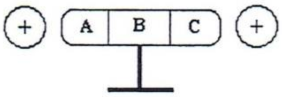
1. 1   2. 2
3. 4   4. 8



$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{r_1 \frac{\Sigma Q}{\Sigma r}}{r_2 \frac{\Sigma Q}{\Sigma r}} = \frac{10}{5} = 2$

Ent 2 โลหะทรงกระบอกยาวปลายมนเป็นกลางทางไฟฟ้าตั้งอยู่บนฐานที่เป็นฉนวน ถ้านำประจุบวกขนาดเท่ากันมาใกล้ปลายทั้งสองข้างพร้อมกัน โดยระยะห่างจากปลายเท่าๆ กันตามลำดับ การกระจายของประจุบนส่วน A ส่วน B และ C ของทรงกระบอกเป็นอย่างไร

1. A และ C เป็นลบ แต่ B เป็นกลาง
2. A และ C เป็นกลาง แต่ B เป็นบวก
3. A และ C เป็นบวก แต่ B เป็นลบ
4. A และ C เป็นลบ แต่ B เป็นบวก



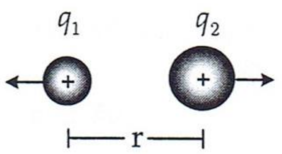
Ent 3 ถ้าต้องการให้อิเล็กโตรสโคปมีประจุบวก ควรมีขั้นตอนในการกระทำอย่างไร

ก. นำวัตถุที่มีประจุบวกเข้าใกล้จานโลหะของอิเล็กโตรสโคป
ข. นำวัตถุที่มีประจุลบเข้าใกล้จานโลหะของอิเล็กโตรสโคป
ค. ต่อสายดินกับจานโลหะของอิเล็กโตรสโคป
ง. ดึงวัตถุที่มีประจุออก
จ. ดึงสายดินออก

1. ก., ค., ง., จ.   2. ก., ค., จ., ง.   3. ข., ค., ง., จ.   4. ข., ค., จ., ง

แรงระหว่างคู่ประจุและกฎของคูลอมบ์

①



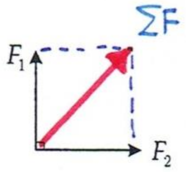
$$F = \frac{kq_1q_2}{r^2}$$

(N ← F, C ← q_1q_2, m ← r^2)

Tobtaun

เมื่อ q = ประจุบนตัวนำ (C) **(ไม่คิดเครื่องหมายในการคำนวณ)**
$k = 9\times10^9 \ N\cdot m^2/C^2$
r = ระยะห่างจาก**จุดศูนย์กลาง**ของตัวนำทั้งสอง (m)

1.



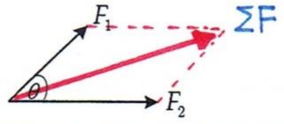
$$\sum F = \sqrt{F_1^2 + F_2^2}$$

② บางครั้งโจทย์อาจบอกประจุของตัวนำในรูปการ รับ-เสีย e^- ของตัวนำซึ่งสามารถนำไปหาประจุได้ตามสมการ

$$Q = ne$$

เมื่อ n = จำนวนอิเล็กตรอนที่ รับ-ให้ (ตัว)
$e = 1.6\times10^{-19}$ C

2.



$$\sum F = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 + 2F_1F_2\cos\theta}$$

$\cos 120^\circ = -\frac{1}{2}$
$\cos(180^\circ - \theta) = -\cos\theta$

Note 1) $k = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}$ → ε_0 สภาพยอมของสุญญากาศ

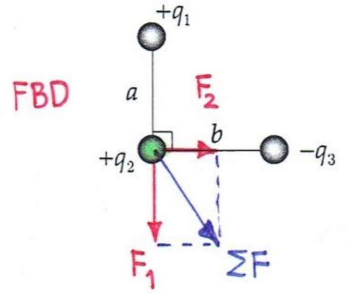
2)

→ เสีย e^- 10^{20} ตัว
$Q = 10^{20}(1.6\times10^{-19})$
$= 16$ C (บวก)

APPLY FORCE

ΣF / สมดุล, Newton

❶



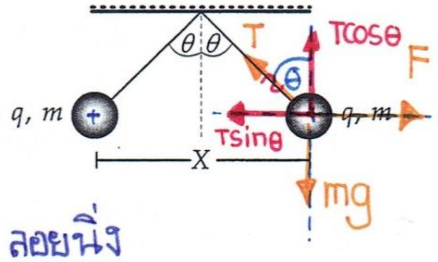
$$\Sigma F = \sqrt{F_1^2 + F_2^2}$$

$$\frac{kq_1q_2}{a^2} \qquad \frac{kq_2q_3}{b^2}$$

Trick JP (Jueny Povsky): $3\mu C$ ⊕----⊖ $-4\mu C$, ⊢2cm⊣

$F = \frac{90(3)(4)}{2^2} = 270\,N$ # (Jueny'costant)

❷



ลอยนิ่ง

X : → = ←

$T\sin\theta = F$ —①

y : ↑ = ↓

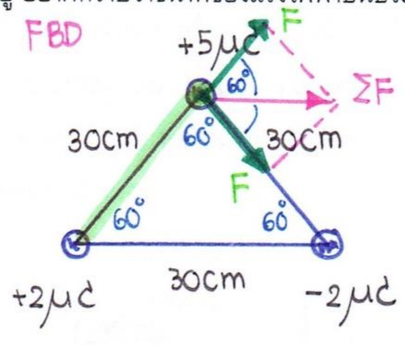
$T\cos\theta = mg$ —②

$\frac{①}{②}$; $\tan\theta = \frac{F}{mg}$

JPT. $F = mg\tan\theta$ ← ลูกพิธเบน

Ent 4 สามเหลี่ยมด้านเท่ารูปหนึ่งมีความยาวด้านละ 30 เซนติเมตร และที่แต่ละมุมของสามเหลี่ยมนี้มีจุดประจุ +2, -2 และ +5 ไมโครคูลอมบ์ วางอยู่ อยากทราบว่าขนาดของแรงไฟฟ้าบนประจุ +5 ไมโครคูลอมบ์มีค่ากี่นิวตัน

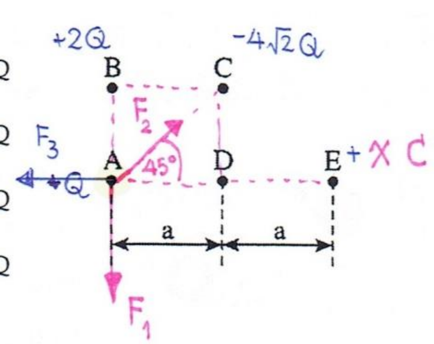
1. 0 นิวตัน
2. 1 นิวตัน
3. $\sqrt{2}$ นิวตัน
4. 2 นิวตัน



$$\Sigma F = 2F\cos 60^\circ = 2\left(\frac{90\times 2\times 5}{30^2}\right)\frac{1}{2} = 1\ N$$ #

Ent 5 ABCD เป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัสยาวด้านละ a ที่มุม A, B และ C มีประจุ +Q, +2Q, $-4\sqrt{2}$ Q คูลอมบ์ ตามลำดับที่จุด E ซึ่งห่างจากมุม D ไปเป็นระยะ a ต้องมีประจุกี่คูลอมบ์ จึงจะทำให้แรงไฟฟ้าลัพธ์กระทำต่อประจุ +Q เป็นศูนย์

1. –8Q
2. –2Q
3. +2Q
4. +8Q



→ = ←

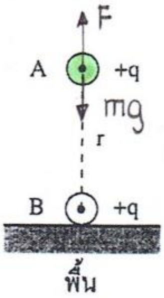
$$F_2\cos 45^\circ = F_3$$

$$\frac{kQ(4\sqrt{2}Q)}{(a\sqrt{2})^2}\times\frac{1}{\sqrt{2}} = \frac{kQx}{(2a)^2}$$

$$x = 8Q$$ #

Ent 6 ตัวนำ A และ B มีมวลและประจุเท่ากันคือ m และ +q เมื่อวาง B อยู่กับพื้นและวาง A เหนือ B ปรากฏว่า A ลอยสูงจาก B เป็นระยะ r ดังรูป จงหาว่า q มีค่าเท่าใด

1. $\sqrt{\frac{m^2gr^2}{k}}$
2. $\frac{mgr}{k}$
3. $\sqrt{\frac{mgr^2}{k}}$
4. $\frac{m^2gr}{k}$
5. $\frac{mgr^2}{k}$



$\uparrow = \downarrow$

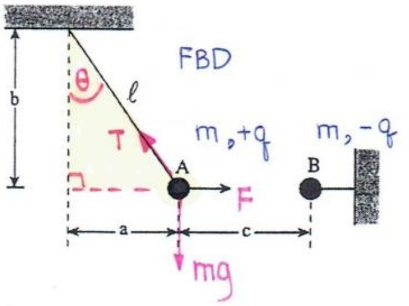
$F = mg$

$\frac{kqq}{r^2} = mg$

$q^2 = \frac{mgr^2}{k} \rightarrow q = \sqrt{\frac{mgr^2}{k}}$

Ent 7 ทรงกลม A และ B มีมวล m เท่ากัน ที่ A มีประจุ +q ที่ B มีประจุ -q ทรงกลม A ยึดกับเชือกยาว ℓ เมตร B ยึดติดกับผนัง เมื่อสมดุล A และ B อยู่ในแนวเดียวกัน ค่า $\frac{kq^2}{gm}$ มีค่าตามข้อใดกำหนด k คือค่าคงตัวทางไฟฟ้าสถิต และ g คือความเร่งเนื่องจากแรงดึงดูดของโลก

1. $\frac{ac^2}{b}$
2. $\frac{ab^2}{c^2}$
3. $\frac{ac^2}{\ell}$
4. $\frac{c^2b}{a}$



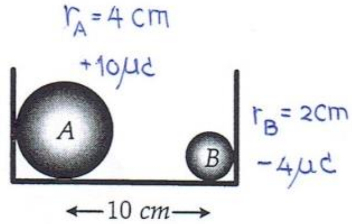
$F = mg\tan\theta$

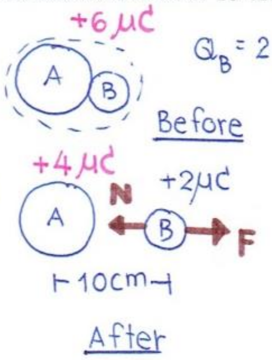
$\frac{kqq}{c^2} = mg\left(\frac{a}{b}\right)$

$\frac{kq^2}{gm} = \frac{ac^2}{b}$

Ent 8 ทรงกลมตัวนำ A รัศมี 4 เซนติเมตร ตรึงติดอยู่กับผนังทางด้านซ้าย ทรงกลมตัวนำ B รัศมี 2 เซนติเมตร กลิ้งไปมาได้ เมื่อให้ประจุ 10 ไมโครคูลอมบ์ แก่ทรงกลม A และ –4 ไมโครคูลอมบ์ ต่อทรงกลม B ทำให้ B กลิ้งมาสัมผัสทรงกลม A แต่ต่อมาสักครู่ทรงกลม B จะกลิ้งกลับไปยังผนังทางด้านขวา และทรงกลมทั้งสองห่างกัน 10 เซนติเมตร ให้หาว่าผนังทางด้านขวาออกแรงกระทำเท่าใดต่อทรงกลม B

1. 1.2 นิวตัน
2. 3.6 นิวตัน
3. 7.2 นิวตัน
4. 9.8 นิวตัน





$Q_B = \frac{2(6)}{6} = +2\,\mu C$

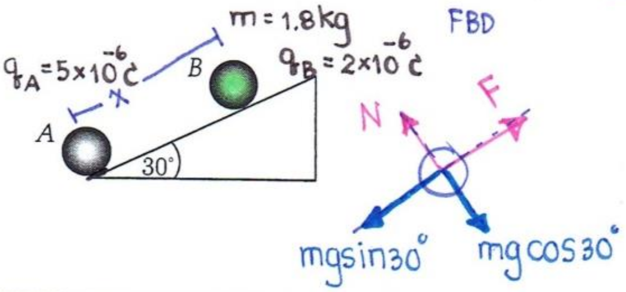
$\rightarrow = \leftarrow$

$F = N$

$N = 7.2$ N #

Ent 9 วัตถุ A มีประจุไฟฟ้า 5×10^{-6} คูลอมบ์ ถูกตรึงอยู่ที่ฐานของพื้นเอียงลื่นทำมุม 30° กับระดับ วัตถุ B มวล 1.8 kg มีประจุ 2×10^{-6} คูลอมบ์ วางอยู่บนพื้นเอียงนั้น จงหาว่าต้องวาง B ให้ห่างจาก A เท่าใด วัตถุ B จึงหยุดนิ่งอยู่ได้

1. 1.8 เมตร
2. 0.18 เมตร
3. 0.1 เมตร
4. 0.01 เมตร



$\nearrow = \swarrow$

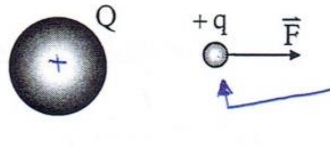
$F = mg\sin30^\circ$

$\frac{kq_1q_2}{r^2} = \frac{1}{2}mg$

$x = 0.1$ m #

สนามไฟฟ้า (Electric Field, $\overline{\mathrm{E}}$)

① **สนามไฟฟ้า** ($\overline{\mathrm{E}}$) คือบริเวณรอบ ๆ ที่ประจุไฟฟ้าส่งอำนาจไปถึง ถ้านำประจุทดสอบ +1 C ไปวางจะเกิดแรงกระทำต่อประจุทดสอบเราสามารถนิยามสนาม $\overline{\mathrm{E}}$ ได้ดังนี้ (test charge)



นิยาม

$$\bar{E} = \frac{\bar{F}}{q} \quad \left(\frac{N}{C}\right)$$

มักจำสมการเป็น $F_E = qE$

เมื่อ F_E คือ แรงเนื่องจากบริเวณที่มีสนามไฟฟ้า (N)

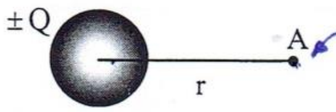
E คือ สนามไฟฟ้า (N/C) ↓ มาจากแม่กระทำ

Note : $\vec{E}$ ณ. ตำแหน่งใดๆ มีค่า เท่าเดิมเสมอ มี 2 หน่วย (N/C, V/m)

② **การพิจารณาหาค่าของสนามไฟฟ้า ($\overline{\mathrm{E}}$) พิจารณาเป็น 2 กรณี**

$$E = \frac{F}{q} = \frac{kQq/r^2}{q}$$

Case 1 สนามไฟฟ้าเนื่องจากจุดประจุ ($\overline{\mathrm{E}}$ ไม่คงที่)

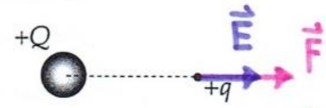


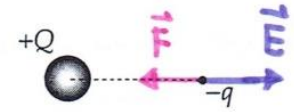
$$E = \frac{kQ}{r^2}$$

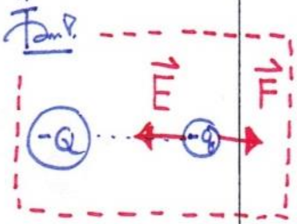
(Q → แม่, r → ระยะห่าง)

✵ การใช้สูตรนี้ไม่คิดเครื่องหมายของประจุ Q

☯ **การหาทิศทางของ $\overline{\mathrm{E}}$** ณ ตำแหน่งใด ๆ ให้เอาประจุทดสอบ +1 C ไปวาง ณ ตำแหน่งนั้นเพราะทิศทางของ $\overline{\mathrm{E}}$ **มีทิศเดียวกับ F ที่กระทำต่อประจุบวกและมีทิศตรงข้ามกับ F ที่กระทำต่อประจุลบ**

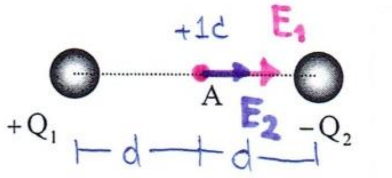
1. 

2. 



Trick $\vec{E}$ มีทิศ ออกจาก ⊕ (ประจุแม่) และพุ่งเข้าหา ⊖

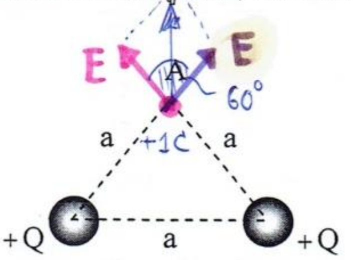
☯ การคิด $\overline{\mathrm{E}}_{\text{ลัพธ์}}$ จากจุดประจุหลายจุดประจุคิดรวมแบบ Vector (เหมือนการคิดแรงคูลอมบ์) ดังตัวอย่าง

1) 

step 1 เอา +1c ไปวาง หาทิศ

step 2 $\Sigma E = E_1 + E_2$

$$= \frac{kQ_1}{d^2} + \frac{kQ_2}{d^2}$$

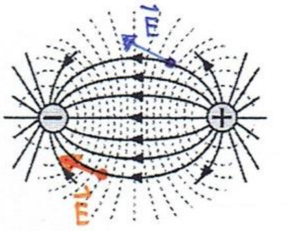
2) 

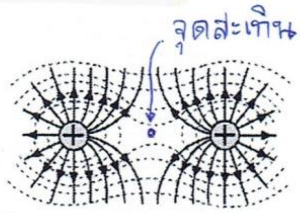
$$\Sigma E = 2E\cos 30^\circ$$

$$= 2\frac{kQ}{a^2}\cos 30^\circ$$

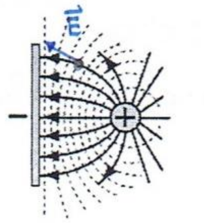
or $\Sigma E = \sqrt{E_1^2 + E_2^2 + 2E_1E_2\cos\theta}$

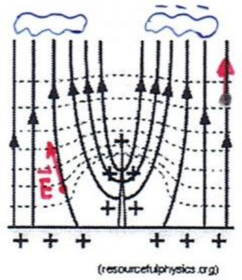
☯ **เส้นแรงไฟฟ้า** คือ เส้นสมมุติแสดงแนวทางที่ประจุทดสอบ +1 C เคลื่อนที่ผ่านไป บ่งบอกบริเวณที่มี $\vec{E}$ โดยบอกสถานภาพแนวการวางตัวของสนามไฟฟ้ามีสมบัติดังนี้





1. มีทิศพุ่งออกจากประจุบวกและพุ่งเข้าประจุลบ
2. เส้นแรงไม่ตัดกัน
3. เส้นแรงตั้งฉากที่ผิวตัวนำ
4. ทิศทางของ $\vec{E}$ ณ จุดใด ๆ จะอยู่ในแนวเส้นสัมผัสของเส้นแรง ณ จุดนั้น ไม่ต้องวาง +1C

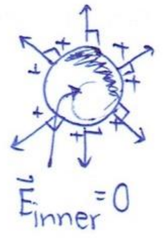


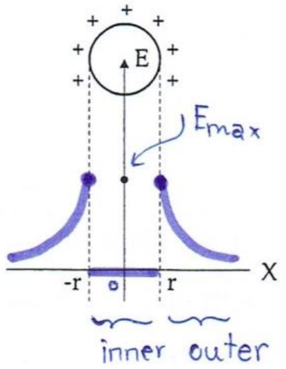


(resourcefulphysics.org)

5. เส้นแรงสิ้นสุดที่ผิวตัวนำ ดังนั้นจึงไม่มีเส้นแรงผ่านเข้าไปในตัวนำสรุป

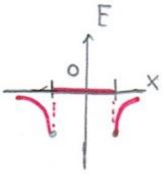
$\vec{E}_{inner} = 0$ และ $\vec{E}_{max} = \vec{E}_{surface}$





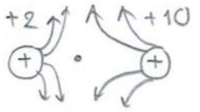
$E = \frac{kQ}{r^2}$

$r\uparrow\ E\downarrow$



☯ **จุดสะเทิน** คือ จุดหรือตำแหน่งที่มี $\vec{E}_{ลัพธ์} = 0$ (ตำแหน่งที่ไม่มีเส้นแรงไฟฟ้าผ่าน) มี 2 แบบดังนี้

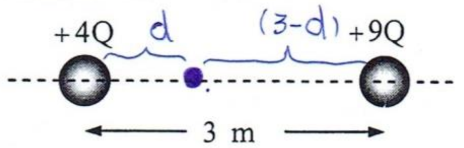
(a) <u>**ประจุไฟฟ้าชนิดเดียวกัน**</u>
- จุดสะเทินอยู่ระหว่างประจุทั้งสอง
- จุดสะเทินอยู่ใกล้ตัวน้อย
- ไม่คิดเครื่องหมายของประจุ



สมการคำนวณหาตำแหน่งจุดสะเทิน

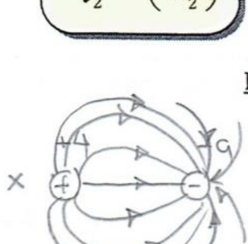
$$\vec{E}_1 = \vec{E}_2$$
$$\frac{Q_1}{Q_2} = \left(\frac{R_1}{R_2}\right)^2$$

<u>Ex (a)</u> จงคำนวณหาตำแหน่ง สะเทิน

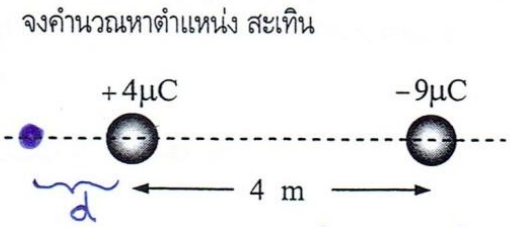


$$\frac{4Q}{9Q} = \left[\frac{d}{(3-d)}\right]^2$$
$$\frac{2}{3} = \frac{d}{3-d}$$
$$6-2d = 3d \rightsquigarrow d = 1.2\ m$$
#

(b) <u>**ประจุไฟฟ้าต่างชนิดกัน**</u>
- จุดสะเทินอยู่ภายนอกประจุทั้งสอง
- จุดสะเทินอยู่ใกล้ตัวน้อย
- ไม่คิดเครื่องหมายประจุ



<u>Ex(b)</u> จงคำนวณหาตำแหน่ง สะเทิน



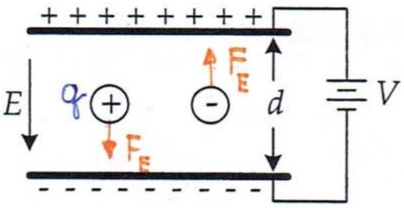
$$\frac{4\mu}{9\mu} = \left[\frac{d}{4+d}\right]^2$$
$$\frac{2}{3} = \frac{d}{4+d}$$

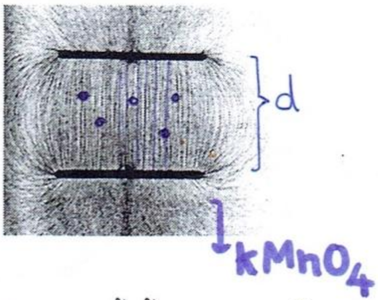
$8+2d = 3d$

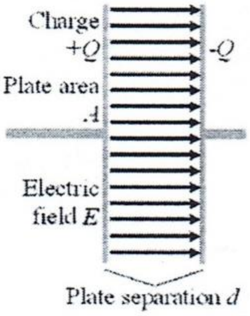
$d = 8\ m$

#

Case 2 สนามไฟฟ้าในแผ่นโลหะหรือบริเวณที่มี $\vec{E}$ คงที่มีสมการคำนวณ 2 สมการหลัก คือ





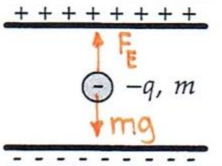
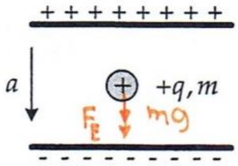
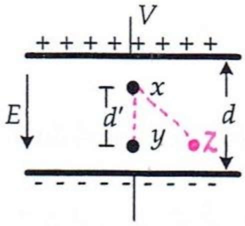
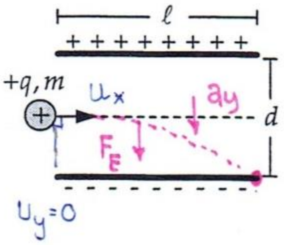


❶ $$E = \frac{V}{d}$$ เมื่อ V = ศักย์ไฟฟ้าระหว่างขั้วทั้งสองของแผ่นโลหะ (V)

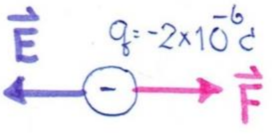
Note : ....

❷ $$F_E = qE$$ เมื่อ F_E เป็นแรงที่กระทำต่อประจุที่วางในสนามไฟฟ้า (N)

APPLY ELECTRIC FIELD

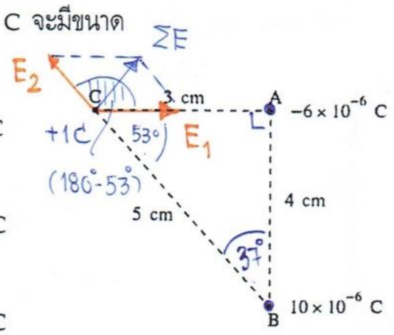
1) Equilibrium (ประจุลอยนิ่ง) 	2) Use law of Newton (ประจุเคลื่อนที่ลง) 
3) การหาค่าความต่างศักย์ระหว่างจุดใดๆ 	4) การเคลื่อนที่แบบ Projectile ใน $\vec{E}$ 

Ent 10 เมื่อนำประจุ -2×10^{-6} คูลอมบ์ เข้าไปวางไว้ ณ จุดๆ หนึ่ง ปรากฏว่ามีแรง 8×10^{-6} นิวตัน มากระทำต่อประจุนี้ ในทิศจากซ้ายไปขวา ค่าสนามไฟฟ้าตรงจุดนั้น



1. มีความเข้ม 4 โวลต์/เมตร ทิศจากซ้ายไปขวา
2. มีความเข้ม 4 โวลต์/เมตร ทิศจากขวาไปซ้าย
3. มีความเข้ม 0.25 โวลต์/เมตร ทิศจากซ้ายไปขวา
4. มีความเข้ม 0.25 โวลต์/เมตร ทิศจากขวาไปซ้าย

Ent 11 จุดประจุ -6×10^{-6} คูลอมบ์ และ 10×10^{-6} คูลอมบ์ วางอยู่ห่างกัน 4 เซนติเมตร ที่ตำแหน่ง A และ B ตามลำดับ สนามไฟฟ้าที่จุด C จะมีขนาด



1. 5×10^{7} N/C
2. 7×10^{7} N/C
3. 9×10^{7} N/C
4. 10×10^{7} N/C

$E_1 = \frac{kQ_1}{r_1^2} = \frac{9\times10^9(6\times10^{-6})}{(3\times10^{-2})^2}$

$E_2 = \frac{kQ_2}{r_2^2} = \frac{9\times10^9(10\times10^{-6})}{(5\times10^{-2})^2}$

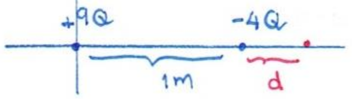
$-\cos53^\circ = -\frac{3}{5}$

$\Sigma E = \frac{9\times10^9\times10^{-6}}{10^{-4}}\sqrt{\left(\frac{2}{3}\right)^2+\left(\frac{2}{5}\right)^2+2\left(\frac{2}{3}\right)\left(\frac{2}{5}\right)\cos(180^\circ-53^\circ)}$

$= 9\times10^7\times2\sqrt{\frac{1}{9}+\frac{1}{25}-\frac{6}{75}} \approx 5\times10^7$ N/C

$\Sigma E = \sqrt{E_1^2+E_2^2+2E_1E_2\cos\theta}$

Ent 12 วางจุดประจุ +9Q คูลอมบ์ที่ตำแหน่งจุดกำเนิด (0, 0) และจุดประจุ –4Q คูลอมบ์ ที่ตำแหน่ง x = 1 เมตร y = 0 จงหาระยะทางบนแกน x ที่สนามไฟฟ้าเป็นศูนย์



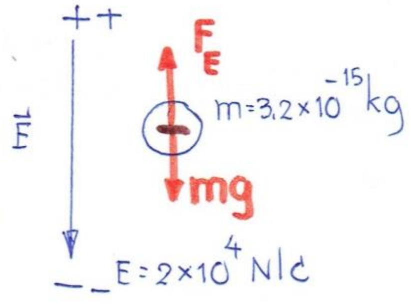
$\frac{4Q}{9Q} = \left(\frac{d}{1+d}\right)^2$

$\frac{2}{3} = \left(\frac{d}{1+d}\right)$

$d = 2 \quad \therefore x = 3$ m #

Ent 13 หยดน้ำมันหยดหนึ่งมีมวล 3.2×10^{-15} กิโลกรัม สามารถลอยนิ่งอยู่ในอากาศภายในสนามไฟฟ้าซึ่งมีทิศพุ่งลงในแนวดิ่ง ขนาด 2×10^{4} นิวตัน/คูลอมบ์ แสดงว่าหยดน้ำมันนี้ (ให้อิเล็กตรอน 1 ตัว มีประจุ -1.6×10^{-19} คูลอมบ์)

1. รับอิเล็กตรอนเพิ่มขึ้น 10 ตัว
2. เสียอิเล็กตรอนไป 10 ตัว
3. รับอิเล็กตรอนเพิ่มขึ้น 20 ตัว
4. เสียอิเล็กตรอนไป 20 ตัว



↑ = ↓

$F_E = mg$

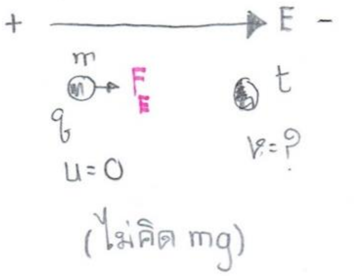
$qE = mg$

$neE = mg$

$n = \frac{mg}{eE} = \frac{(3.2\times10^{-15})(10)}{(1.6\times10^{-19})(2\times10^{4})} = 10$ ตั[ว]

Ent 14 อนุภาคมวล m มีประจุไฟฟ้า q วางไว้ในสนามไฟฟ้าที่สม่ำเสมอ E แล้วถูกปล่อยให้เคลื่อนที่ได้ด้วยแรงที่เกิดจากสนามไฟฟ้า จงหาว่า หลังจากเวลาผ่านไปแล้ว t อนุภาคนี้จะมีความเร็วเป็นเท่าไร

1. $\frac{qE}{mt}$
2. $\frac{qEt}{m}$
3. $\frac{mt}{qE}$
4. $\frac{mEt}{q}$



$v = u + at$ — (1)

$\Sigma F = ma$

$qE = ma$

$a = \frac{qE}{m}$

$v = \frac{qEt}{m}$

Ent 15 ชายคนหนึ่งมวล 80 กิโลกรัม ยืนอยู่ในห้องที่มีสนามไฟฟ้าสม่ำเสมอขนาด 3,000 นิวตัน/คูลอมบ์ มีทิศทางพุ่งขึ้นสู่เพดานในแนวดิ่ง ถ้าชายคนนี้ต้องการลอยตัวขึ้นสู่เพดานด้วยอัตราเร่ง 5 เมตร/วินาที^{2} เขาจะต้องสร้างประจุไฟฟ้าขนาดเท่าใดให้กับตนเอง กำหนดค่า $g = 10$ เมตร/วินาที^{2}

1. ประจุขนาด $\frac{8}{10}$ คูลอมบ์
2. ประจุขนาด $\frac{8}{20}$ คูลอมบ์
3. ประจุขนาด $\frac{8}{30}$ คูลอมบ์
4. ประจุขนาด $\frac{8}{60}$ คูลอมบ์

Ent 16 อนุภาคหนึ่งมวล 2×10^{-5} กิโลกรัม และมีประจุ -2×10^{-6} คูลอมบ์ เมื่อนำมาวางไว้ในสนามไฟฟ้าที่มีทิศตามแนวดิ่ง ปรากฏว่าอนุภาคจะเคลื่อนที่ลงในแนวดิ่งเป็นระยะทาง 10 เมตรในเวลา 2 วินาที จงหาขนาดและทิศทางของสนามไฟฟ้า ($g = 10$ m/s^2)

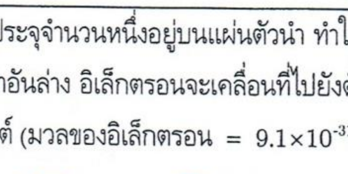
1. 50 N/C ทิศพุ่งขึ้น
2. 50 N/C ทิศพุ่งลง
3. 150 N/C ทิศพุ่งขึ้น
4. 150 N/C ทิศพุ่งลง

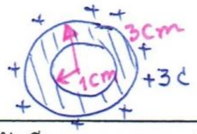
Ent 17 แผ่นตัวนำขนานห่างกัน 2.0 ซม. มีประจุจำนวนหนึ่งอยู่บนแผ่นตัวนำ ทำให้เกิดสนามไฟฟ้า สม่ำเสมอในแนวดิ่ง เมื่อปล่อยอิเล็กตรอนจากหยุดนิ่งบนแผ่นตัวนำอันล่าง อิเล็กตรอนจะเคลื่อนที่ไปยังตัวนำอันบนในเวลา 4.2×10^{-10} วินาที ถามว่าความต่างศักย์ระหว่างตัวนำทั้งสองมีกี่โวลต์ (มวลของอิเล็กตรอน = 9.1×10^{-31} kg ประจุของอิเล็กตรอน = 1.6×10^{-19} C)

1. 2.6×10^{4}
2. 11.4×10^{-13}
3. 2.1×10^{4}
4. 1.14×10^{-13}

Ent 18 แผ่นตัวนำคู่ขนานคู่หนึ่งมีขนาดยาว ℓ มีระยะห่างกัน d ก่อให้เกิดสนามไฟฟ้าที่มีความเข้มสม่ำเสมอ โดยมีความต่างศักย์ระหว่างแผ่นเป็น V ถ้าสนามไฟฟ้าทำให้ลำอิเล็กตรอนซึ่งเคลื่อนที่เข้าสู่กลางแผ่นคู่ขนานเบนไปถึงขอบล่างพอดี ดังรูป ความเร็วต้นของอิเล็กตรอนจะเป็นเท่าใด (กำหนดให้อิเล็กตรอนมีมวล m และประจุไฟฟ้า e) (Ent'37)

1. $\frac{\ell}{d}\sqrt{\frac{eV}{m}}$
2. $\frac{\ell}{d}\sqrt{\frac{eV}{2m}}$
3. $\frac{\ell}{2d}\sqrt{\frac{eV}{m}}$
4. $\frac{\ell}{2d}\sqrt{\frac{eV}{2m}}$





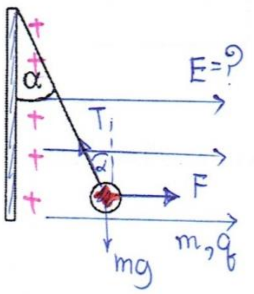
$\frac{q_{in}}{q_{out}} = \frac{0}{3}$ #

Ent 19 ลูกบอลทองแดงทรงกลมกลวงมีเนื้อหนา 2 เซนติเมตร มีรัศมีภายนอก 3 เซนติเมตร รัศมีภายใน 1 เซนติเมตร ถ้าให้ประจุไฟฟ้าขนาด + 3 คูลอมบ์แก่ลูกบอลมี อัตราส่วนของประจุที่ผิวภายในต่อประจุที่ผิวภายนอกเป็นเท่าไร (Ent'38)

1. 0 : 3   2. 1 : 3   3. 1 : 9   4. 1 : 27

Ent 20 มีประจุกระจัดกระจายสม่ำเสมอบนแผ่นพลาสติกขนาดใหญ่ทำให้เม็ดโฟมมวล m มีประจุ q ที่แขวนด้วยด้ายที่เป็นฉนวนไฟฟ้าจากแผ่นพลาสติกกางออกทำมุม กับแผ่นพลาสติก แสดงว่า เม็ดโฟมอยู่ในสนามไฟฟ้าที่มีค่าเท่าใด (Ent Mar'42)

1. $\frac{mg}{q}\sin\alpha$
2. $\frac{mg}{q}\tan\alpha$
3. $mgq\sin\alpha$
4. $mgq\tan\alpha$



J.P.

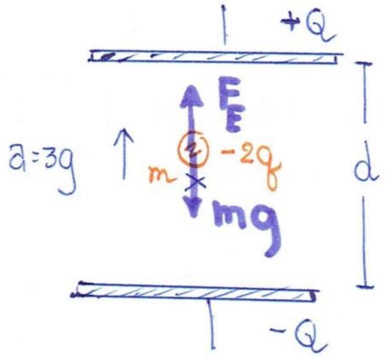
$F = mg\tan\alpha$

$qE = mg\tan\alpha$

$E = \frac{mg\tan\alpha}{q}$ #

Ent 21 แผ่นโลหะขนานสองแผ่นวางห่างกันสม่ำเสมอเป็นระยะ d แต่ละแผ่นมีประจุไฟฟ้าชนิดตรงกันข้ามเป็น +Q และ –Q ถ้าอนุภาคมวล m มีประจุไฟฟ้า -2q หลุดออกจากแผ่นลบและวิ่งด้วยความเร่ง 3 g ไปยังแผ่นบวก แผ่นโลหะทั้งสองมีความต่างศักย์ไฟฟ้าเท่าใด (Ent Oct'42)

1. $\frac{2}{3}\frac{q}{mgd}$
2. $\frac{3}{2}\frac{mg}{qd}$
3. $\frac{2}{3}\frac{mgd}{q}$
4. $\frac{3}{2}\frac{mgd}{q}$



ไม่คิด mg

$\Sigma F = ma$

$F_E = ma$

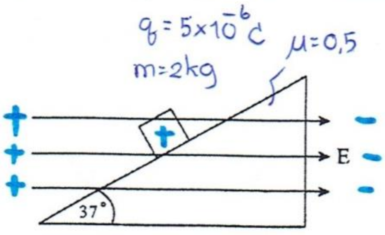
$(2q)E = m(3g)$

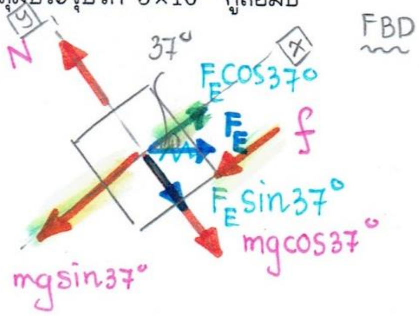
$(2q)\frac{V}{d} = 3mg$

$V = \frac{3mgd}{2q}$ #

Ent 22 วัตถุมวล 2 กิโลกรัม วางอยู่บนพื้นเอียง 37° กับแนวระดับถ้าพื้นเอียงมีสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน 0.5 จงหาค่าสนามไฟฟ้าในแนวระดับที่น้อยที่สุดที่ทำให้วัตถุเริ่มไถลขึ้นไปตามพื้นอียง ถ้าวัตถุมีประจุบวก 5×10^{-6} คูลอมบ์

1. 1.6×10^{6} N/C
2. 4×10^{6} N/C
3. 5×10^{6} N/C
4. 8×10^{6} N/C





↗ = ↙

$F_E\cos37° = mg\sin37° + \mu[mg\cos37° + F_E\sin37°]$

$\frac{4}{5}qE - \mu qE(\frac{3}{5}) = 20(\frac{3}{5}) + 0.5(20\times\frac{4}{5})$

$E[4(5\times10^{-6}) - 0.5(5\times10^{-6})3] = 100 \rightsquigarrow E = 8\times10^{6}$ N/C #

Scalar

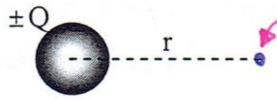
ศักย์ไฟฟ้า (Electric Potential) และพลังงานศักย์ไฟฟ้า

ศักย์ไฟฟ้า คือ ระดับขั้นทางไฟฟ้าที่มีอยู่ในวัตถุที่มีประจุไฟฟ้า(บ่งบอกพลังงานของประจุทดสอบที่วาง ณ ตำแหน่งนั้นๆ

พิจารณาเป็น 2 กรณี

+V E↑ → พลังงาน
−V E↓

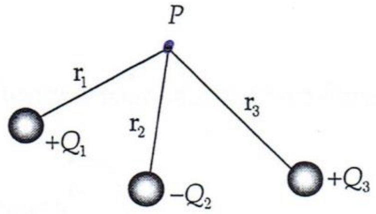
Case 1 ศักย์ไฟฟ้าเนื่องจากจุดประจุ ....



$$V = \frac{k(\pm Q)}{r}$$

✲ การใช้สูตรนี้คิดเครื่องหมายของประจุ Q ด้วยเสมอ

☯ การคิดศักย์ $V_{รวม}$ คิดแบบ Scalar และคิดเครื่องหมายของประจุด้วยตามนิยามข้างต้น



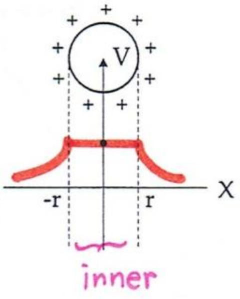
$$V_P = V_1 + V_2 + V_3$$

$$= \frac{kQ_1}{r_1} + \frac{k(-Q_2)}{r_2} + \frac{kQ_3}{r_3}$$

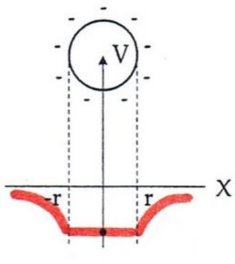
☯ ศักย์ไฟฟ้าของตัวนำทรงกลมใด ๆ

$$V_{inner} = V_{surface}$$

ดังนั้น การคิดศักย์ภายใน ณ จุดใด ๆ ให้คิดศักย์ที่ผิวเป็นเกณฑ์

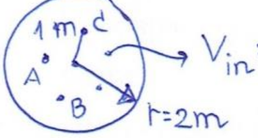


กราฟศักย์ของประจุบวก



กราฟศักย์ของประจุลบ

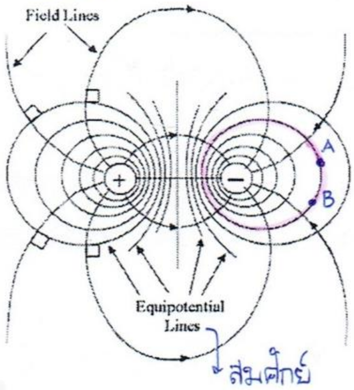
Ex $Q = 10^{-9}$ C

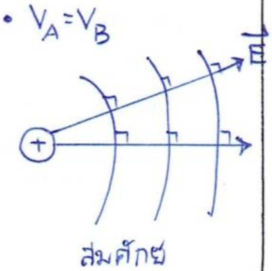


$V_{in} = V_A = V_B = V_C$

$V_C = V_S = \frac{kQ}{r} = \frac{(9\times10^{9})(10^{-9})}{2} = 4.5$ V #

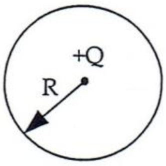
☯ **เส้นสมศักย์** คือ เส้นที่ลากผ่านบริเวณที่มีศักย์เท่ากัน และเป็นเส้นที่ตั้งฉากกับเส้นแรงไฟฟ้าด้วย





V_s E_s

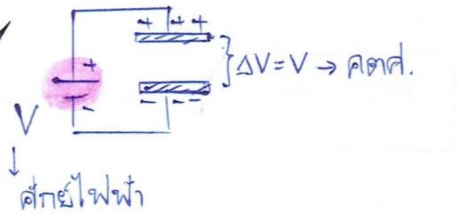
☯ ความสัมพันธ์ระหว่าง**ศักย์ที่ผิวตัวนำ** และ **สนามไฟฟ้าที่ผิว**ตัวนำ



จากรูป $V_{surface} = \frac{kQ}{R}$ และ $E_{surface} = \frac{kQ}{R^2}$ เฉพาะที่ผิว

จะได้สมการความสัมพันธ์ กล่าวคือ $E_{surface} = \frac{kQ}{R}\cdot\frac{1}{R}$ ➡ $E_{surface} = \frac{V_{surface}}{R}$

Case 2 ศักย์ในแผ่นโลหะ ....



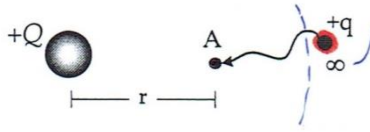
สมการคำนวณเหมือน **Case 2** ในเรื่องสนามไฟฟ้ากล่าวคือ

1. $V = Ed$ 2. $F = qE$

พลังงานศักย์ไฟฟ้า (E_p, J)

พลังงานศักย์ไฟฟ้า คือ งานที่ใช้ในการเคลื่อนประจุไฟฟ้าจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง พิจารณาเป็น 3 กรณีดังนี้

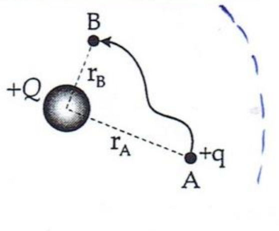
❶ พลังงานศักย์ ณ จุดใด ๆ คือ งานในการพาประจุ +q จากระยะอนันต์ (∞) มาวาง ณ ตำแหน่งนั้น



$$\therefore\ E_{P,A} = W_{\infty A} = q(V_A - V_\infty) = qV_A$$

พลังงานที่ให้กับ q เพื่อ ค.ก.มาที่ A ; $V_A = \frac{kQ}{r}$

❷ งานในการพาประจุเคลื่อนที่ระหว่าง 2 ตำแหน่งในบริเวณที่มีจุดประจุ ($\bar{E}$ ไม่คงที่)



$$W_{AB} = q(V_B - V_A)$$

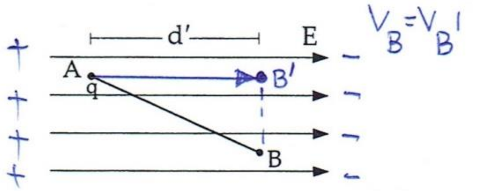
$V_B = \frac{kQ}{r_B}$, $V_A = \frac{kQ}{r_A}$

❸ งานในการพาประจุ q เคลื่อนที่ในบริเวณที่มี $\bar{E}$ คงที่

หลัก 1. ห้ามเคลื่อนประจุตัดกับ $\bar{E}$

2. ให้เคลื่อนประจุไปในแนวขนานกับ $\bar{E}$ จากจุดเริ่มต้นไปยังจุดสุดท้ายที่อยู่ในแนวเสมอกับจุดสุดท้ายที่โจทย์ต้องการ

★★ 3. การหางานกรณีที่ 3 นี้จะต้องคิดเครื่องหมายของเทอม Ed' ด้วย



จากรูป

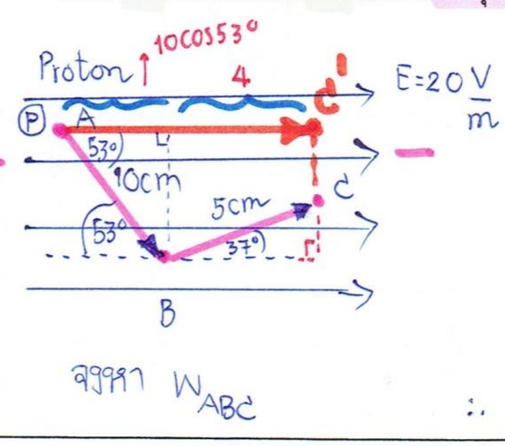
$$W_{A\to B} = W_{A\to B'} = q(V_{B'} - V_A)$$
$$W_{A\to B} = q(Ed')$$

จากรูปข้างต้นเมื่อคิดเครื่องหมายแล้ว $W_{A\to B} = q(-Ed')$ (คิดเอง)

NOTE การคำนวณค่า W จะได้ 2 กรณี

- ถ้าค่า W คำนวณได้เป็น **บวก** แสดงว่าเราทำงานต้องให้พลังงานแก่ประจุ (เสียงาน)
- ถ้าค่า W คำนวณได้เป็น **ลบ** แสดงว่าประจุเลื่อนเองได้โดยเราไม่ต้องเสียพลังงาน (ได้งาน)

Ex



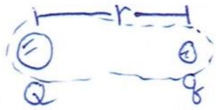
จงหา W_{ABC}

Sol[n]

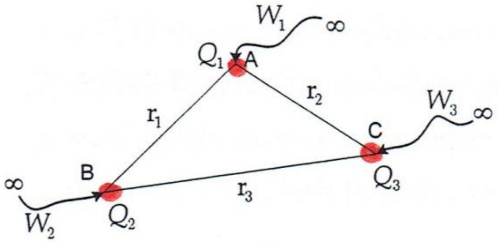
$$W_{ABC} = W_{AC'}$$
$$= q[V_{C'} - V_A]$$
$$= q[-Ed']$$
$$= 1.6\times10^{-19}[-20(10\cos53^\circ + 5\cos37^\circ)\times10^{-2}]$$
$$\therefore W_{ABC} = -3.2\times10^{-19}\ \text{J}\ \#$$

พลังงานศักย์ของระบบประจุและงานในการสร้างระบบ

ระบบประจุที่มีประจุเพียงสองตัว เช่น Q และ q พลังงานศักย์ของ q หรือ Q อย่างใดอย่างหนึ่งจะมีค่า $E_P^{pair} = \frac{kQq}{r}$ ซึ่งเราจะเรียกว่า **พลังงานศักย์ของระบบคู่ประจุ**



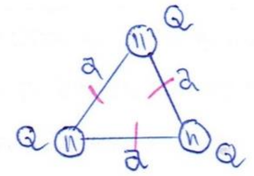
งานในการสร้างระบบ : เป็นการหาพลังงานศักย์ของคู่ประจุทั้งหมดนั่นเอง $W_{sys} = \sum_i E_{pi}^{pair}$



งานในการจัดวางระบบประจุ

จากรูปดังนั้น $W_{sys} = \frac{kQ_1Q_2}{r_1} + \frac{kQ_2Q_3}{r_3} + \frac{kQ_1Q_3}{r_2}$

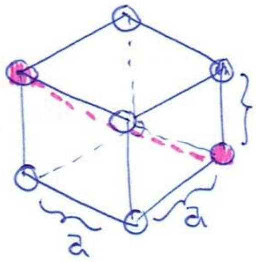
Ex

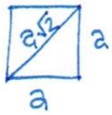


จงหา W_{sys}

$W_{sys} = 3\frac{kQQ}{a} = 3\frac{kQ^2}{a}$ #

Ex



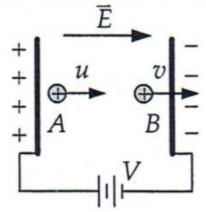


all Q
จงหา W_{sys}

$W_{sys} = 12\frac{kQ^2}{a} + 12\frac{kQ^2}{a\sqrt{2}} + \frac{4kQ^2}{a\sqrt{3}} = \left(12 + 6\sqrt{2} + \frac{4}{\sqrt{3}}\right)\frac{kQ^2}{a}$

เร่งประจุ

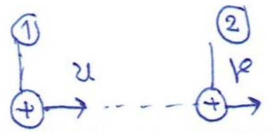
ความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานศักย์และการเปลี่ยนแปลงพลังงานจลน์



Ed or $V_A - V_B$

$$q\Delta V = \Delta E_k = \frac{1}{2}mv^2 - \frac{1}{2}mu^2$$

$\frac{1}{2}m(v^2 - u^2)$



Prove

$E_1 = E_2$

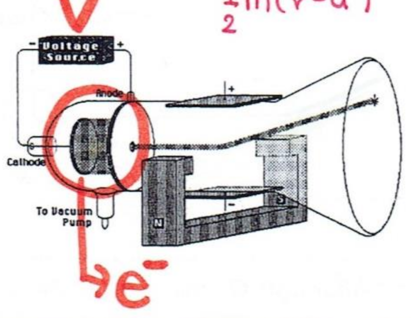
$\frac{1}{2}mu^2 + qV_1 = \frac{1}{2}mv^2 + qV_2$

$q(V_1 - V_2) = \frac{1}{2}m(v^2 - u^2)$

$q\Delta V = \frac{1}{2}m(v^2 - u^2)$

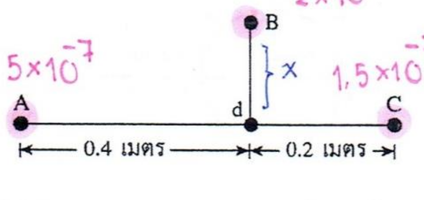
↳ พลังงานศักย์ประจุ

ตัวอย่าง หลอดรังสีแคโทด



Ent 23 จากรูปที่กำหนดให้ที่ตำแหน่ง A, B และ C มีประจุ 5×10^{-7}, -2×10^{-7} และ 1.5×10^{-7} คูลอมบ์ตามลำดับ จงหาระยะห่าง Bd ที่ทำให้ศักย์ไฟฟ้าที่ตำแหน่ง d เป็นศูนย์

1. 0.3 เมตร
2. 0.2 เมตร
3. 0.4 เมตร
4. 0.1 เมตร



$V_d = \left(\frac{kQ}{r}\right)_A + \left(\frac{kQ}{r}\right)_B + \left(\frac{kQ}{r}\right)_C$

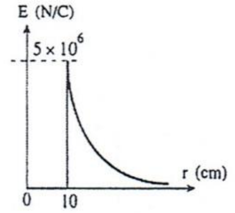
$0 = 9\times10^9(10^{-7})\left[\frac{5}{0.4} + \frac{(-2)}{x} + \frac{1.5}{0.2}\right]$

$x = 0.1$ m

#

Ent 24 ตัวนำทรงกลมมีรัศมี 10 เซนติเมตร มีประจุกระจายอย่างสม่ำเสมอบนผิวตัวนำ ถ้ากราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างขนาดสนามไฟฟ้า (E) กับระยะจากจุดศูนย์กลางของทรงกลม (r) มีค่าดังรูป ศักย์ไฟฟ้าที่ r = 5 เซนติเมตร จะมีค่าเท่าใด (Ent'40)

1. 0 V
2. 5.0×10^{5} V
3. 1.0×10^{6} V
4. 5.0×10^{7} V

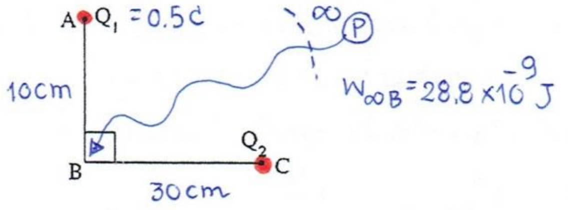


$V_{5cm} = V_{10cm}$ → surface
$= E_s r$
$= (5\times10^{6})(0.1) = 5\times10^{5}$ V #

Ent 25 ข้อความในข้อใดถูก

1. ศักย์ไฟฟ้าที่ตำแหน่งต่างๆ ภายในตัวนำทรงกลมที่มีประจุไฟฟ้าจะมีค่าเท่ากับศูนย์
2. ศักย์ไฟฟ้าที่ตำแหน่งต่างๆ ภายในตัวนำทรงกลมที่มีประจุไฟฟ้าจะมีค่าเท่ากันโดยตลอด และมีค่าไม่เท่ากับศูนย์
3. สนามไฟฟ้าที่ตำแหน่งต่างๆ ภายในตัวนำทรงกลมที่มีประจุไฟฟ้าจะมีค่าเท่ากันโดยตลอด และมีค่าไม่เท่ากับศูนย์
4. สนามไฟฟ้าที่ตำแหน่งติดกับผิวของตัวนำทรงกลมที่มีประจุไฟฟ้าจะมีค่าเท่ากับศูนย์

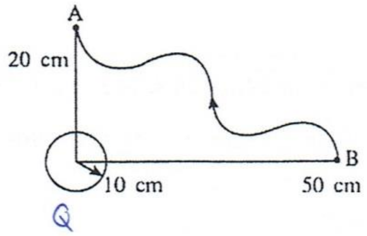
Ent 26 จากรูป ประจุ $Q_1 = +0.5$ คูลอมบ์ ระยะ AB = 10 เซนติเมตร ระยะ BC เท่ากับ 30 เซนติเมตร มุม $A\hat{B}C = 90^\circ$ ถ้างานที่ใช้ในการนำโปรตอน 1 ตัว จากอนันต์มายังจุด B มีค่า $+28.8\times10^{-9}$ จูล จงหาว่าประจุ Q_2 มีค่ากี่คูลอมบ์ (ประจุของโปรตอน $= 1.6\times10^{-19}$ คูลอมบ์)



$W_{\infty B} = qV_B$
$= q\left[\left(\frac{kQ}{r}\right)_1 + \left(\frac{kQ}{r}\right)_2\right]$

Ent 27 โลหะรูปทรงกลมรัศมี 10 เซนติเมตร มีประจุ 10^{-9} คูลอมบ์ จากรูป จงหางานในการนำโปรตอน 1 ตัว เคลื่อนที่จากจุด B มายังจุด A ดังรูป

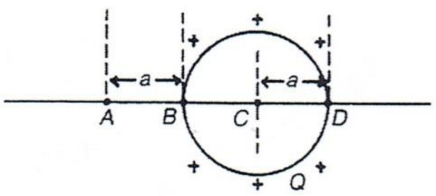
1. 2.9×10^{-18} J
2. 4.3×10^{-18} J
3. 7.2×10^{-18} J
4. 30×10^{-18} J



$W_{BA} = q(V_A - V_B)$
$= (1.6\times10^{-19})\left[\frac{kQ}{r_A} - \frac{kQ}{r_B}\right]$
$= 1.6\times10^{-19}\times9\times10^{9}\times10^{-9}\left[\frac{1}{0.2} - \frac{1}{0.5}\right]$
$= 4.3\times10^{-18}$ J #

Ent 28 ตัวนำทรงกลมกลวงรัศมี a จุด A, B, C และ D อยู่บนเส้นตรงที่ผ่านจุดศูนย์กลางของตัวนำ ตัวนำมีประจุอยู่ +Q คูลอมบ์ ให้ W_{ij} แทนงานที่ใช้ในการนำประจุ +q เคลื่อนที่จากจุด I ไปยังจุด j ในการเคลื่อนที่ประจุ +q ผ่านจุด A ,B ,C และ D นั้น ข้อความใดผิด

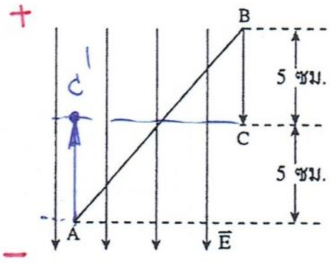
1. $W_{AB} > W_{BC}$
2. $W_{AB} = W_{AC}$
3. $W_{BC} = W_{CD}$
4. $W_{AD} = W_{BD}$
5. $W_{AD} > W_{BD}$



$W_{AD} = q(V_D - V_A)$
$W_{BD} = q(V_D - V_B) \rightarrow 0$

Ent 29 ถ้า $\vec{E}$ เป็นสนามไฟฟ้าสม่ำเสมอ มีขนาด 12 โวลต์/เมตร จงหางานที่ใช้ในการเคลื่อนที่ประจุทดสอบ 3.0×10^{-6} คูลอมบ์ จาก A ไปตาม $A\rightarrow B\rightarrow C$ จนถึง C ดังรูป

1. -1.8×10^{-6} จูล
2. $+1.8\times10^{-6}$ จูล
3. -5.4×10^{-6} จูล
4. $+5.4\times10^{-6}$ จูล



$W_{AC'} = q[V_{C'} - V_A]$
$= q[+Ed']$
$= 3\times10^{-6}[12\times5\times10^{-2}]$
$= 1.8\times10^{-6}$ J #

Ent 30 ถ้าต้องการเร่งอนุภาคมวล 4×10^{-12} กิโลกรัม มีประจุ 8×10^{-9} คูลอมบ์ จากสภาพหยุดนิ่งให้มีอัตราเร็ว 100 เมตร/วินาที จะต้องใช้ความต่างศักย์เท่าใด

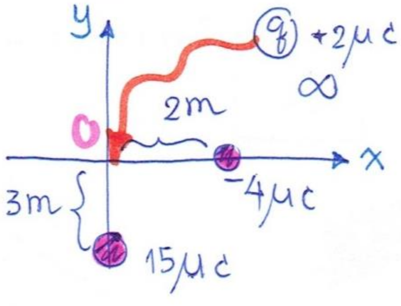
1. 0.025 โวลต์
2. 0.4 โวลต์
3. 2.5 โวลต์
4. 40 โวลต์

ΔV; (1) m, q, $u=0$; (2) $v=100$ m/s

$q\Delta V = \frac{1}{2}m(v^2-u^2)$
$8\times10^{-9}\,\Delta V = \frac{1}{2}(4\times10^{-12})(100^2)$
$8\times10^{-9}\,\Delta V = 2\times10^{-8}$
$\Delta V = 2.5$ V #

Ent 31 จุดประจุ A ขนาด 15 ไมโครคูลอมบ์ อยู่บนแกน Y ณ ตำแหน่ง y = -3.0 เมตร ในขณะที่จุดประจุ B ขนาด –4 ไมโครคูลอมบ์ อยู่บนแกน X ณ ตำแหน่ง x = 2.0 เมตร จงหาว่าต้องใช้พลังงานเท่าใดในการย้ายประจุ +2 ไมโครคูลอมบ์ จากระยะอนันต์มาไว้ยังจุดกำเนิดพิกัดฉากนี้ (Ent Oct'41)

1. –27 mJ
2. 54 mJ
3. –63 mJ
4. 63 mJ



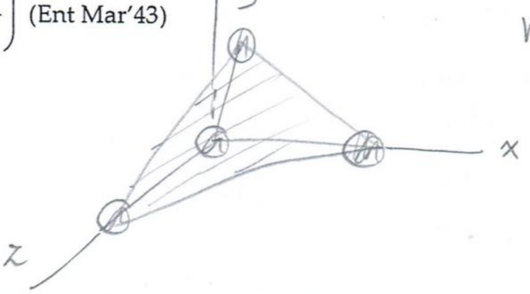
$W_{\infty O} = qV_O$
$= q\left[\frac{kQ}{r_1} + \frac{kQ}{r_2}\right]$
$= (2\times10^{-6})\times9\times10^{9}\times10^{-6}\left[\frac{15}{3} + \frac{(-4)}{2}\right]$
$= 54\times10^{-3}$ J $= 54$ mJ #

Ent 32 ทรงกลมโลหะกลวงมีรัศมี 20 เซนติเมตร ทำให้มีศักย์ไฟฟ้า 10,000 โวลต์ สนามไฟฟ้าภายนอกทรงกลมบริเวณใกล้ผิวจะมีค่าเท่าใด ในหน่วยโวลต์ต่อเซนติเมตร (Ent Mar'42 เติมคำ)

$E_S = \frac{V_S}{R} \rightarrow E_S = \frac{10{,}000}{20} = 500$ V/cm #

Ent 33 จงหางานในการนำจุดประจุจำนวนสี่จุดประจุ แต่ละจุดประจุมีขนาด +Q จากระยะอนันต์ มาไว้ที่ยอดของพีระมิดที่มีด้านยาวด้านละเท่ากับ a $\left(k = k_E = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\right)$ (Ent Mar'43)

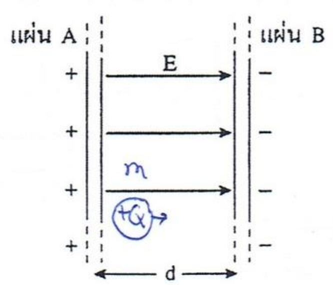
1. $\frac{6kQ}{a}$
2. $\frac{4kQ}{a}$
3. $\frac{6kQ^2}{a}$
4. $\frac{4kQ^2}{a}$



$W_{sys} = \frac{kQ^2}{a}\times6$ #

Ent 34 แผ่นโลหะคู่ขนาน มีสนามไฟฟ้าสม่ำเสมอ E ทิศดังรูป ถ้ามีไอออนมวล m ประจุ +Q หลุดจากแผ่นด้วย อัตราเร็วต้นน้อยมาก ไอออนจะถึงแผ่น B ที่ระยะห่าง d จากแผ่น A ด้วยอัตราเท่าใด (Ent Oct'43)

1. $\sqrt{\dfrac{2m}{QEd}}$
2. $\sqrt{\dfrac{m}{2QEd}}$
3. $\sqrt{\dfrac{QEd}{2m}}$
4. $\sqrt{\dfrac{2QEd}{m}}$



ตัวเก็บประจุ และความจุไฟฟ้า (C)

ความจุไฟฟ้า (C) ของตัวนำใดๆ คือ ความสามารถในการรับประจุของวัตถุตัวนำ

จากนิยามจะได้สมการความจุไฟฟ้าคือ $C = \dfrac{Q}{V}$ เมื่อ C = ความจุไฟฟ้าของตัวนำ (ฟารัด, F)

Q = จำนวนประจุไฟฟ้า ซึ่งทำให้เกิดศักย์ไฟฟ้า (C)

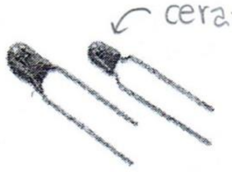
V = ศักย์ไฟฟ้าของตัวนำ (V)

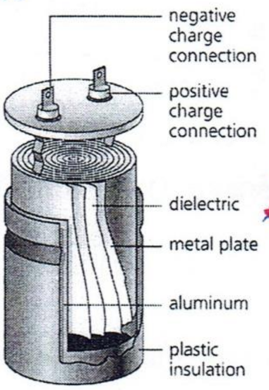
1. ความจุของตัวนำทรงกลมลูกเดียว

$C = \dfrac{R}{k}$ เมื่อ R = รัศมีของทรงกลมตัวนำ (m)

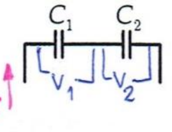
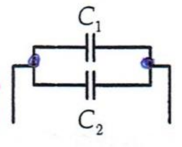
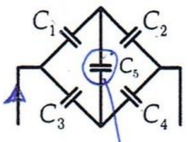
2. ความจุของตัวเก็บประจุแบบแผ่นโลหะขนาน

ใช้สมการคำนวณ $C = \dfrac{Q}{V}$ มักจำ $Q = CV$





ในการต่อตัวเก็บประจุเพื่อนำมาใช้งานนั้นที่สำคัญมี 3 แบบ ดังต่อไปนี้

....การต่อแบบอนุกรม....	.....การต่อแบบขนาน.....	....การต่อแบบบริดจ์สมดุล....
		
Concept……….	Concept……….	Concept……….
1) $\dfrac{1}{C_{รวม}} = \dfrac{1}{C_1} + \dfrac{1}{C_2}$ 2) $V_{รวม} = V_1 + V_2$ 3) $Q_{รวม} = Q_1 = Q_2$	1) $C_{รวม} = C_1 + C_2$ 2) $V_{รวม} = V_1 = V_2$ 3) $Q_{รวม} = Q_1 + Q_2$	***Check*** : $C_1C_4 = C_2C_3$ ดังนั้น C_5 จะไม่เก็บประจุไฟฟ้า ดังนั้นการหา $C_{รวม}$ ให้คิด (C_1 อนุกรม C_2) ขนาน (C_3 อนุกรม C_4)

พลังงานสะสมในตัวเก็บประจุ

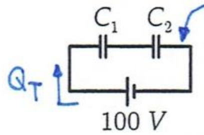
การเก็บสะสมประจุไฟฟ้าเป็นการสะสมพลังงานสถิตซึ่งพลังงานสะสมมีค่าเท่ากับ ค่าเฉลี่ยของประจุคูณกับความต่างศักย์ไฟฟ้า

$$U = \frac{1}{2}QV = \frac{1}{2}CV^2 = \frac{1}{2}\frac{Q^2}{C}$$ เมื่อ U = พลังงานสะสมในตัวเก็บประจุ (J)

$Q = CV$

Ex จงหาค่า

1. $Q_{รวม}$, Q_1, Q_2
2. $V_{รวม}$, V_1, V_2
3. $U_{รวม}$, U_1, U_2 ของวงจรที่กำหนดให้



$C_1 = 12\ \mu F$
$C_2 = 4\ \mu F$

วิเคราะห์
$Q_1 = Q_2 = Q_T$
$V_1 + V_2 = 100$
$C_T = \frac{4\cdot 12}{16} = 3\ \mu F$

(1) $Q_T = C_T V_T = (3\mu)100 = 300\ \mu C$ #
$Q_1 = Q_2 = 300\ \mu C$ #

(2) $V_T = 100\ V$ #
$V_1 = \frac{Q_1}{C_1} = \frac{300\mu}{12\mu} = 25\ V$ #
$V_2 = 75\ V$ #

(3) $U_T = \frac{1}{2}Q_T V_T = \frac{1}{2}(300\mu)(100)$
$= 15000\ \mu J$ #
$U_1 = \frac{1}{2}Q_1 V_1 = \frac{1}{2}(300\mu)25$
$= 3750\ \mu J$ #
$U_2 = \frac{1}{2}Q_2 V_2 = \frac{1}{2}(300\mu)75$
$= 11250\ \mu J$ #

Note $U_T = U_1 + U_2 = \Sigma U_i$

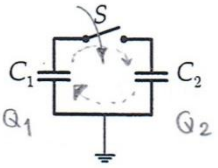
การต่อตัวเก็บประจุแบบพิเศษ (ต่อเพื่อการถ่ายเทประจุ)

ก่อนต่อ

C_1, Q_1, V_1 C_2, Q_2, V_2

ตัวเก็บประจุแต่ละตัวเก็บประจุ Q_1, Q_2 ตามลำดับ

หลังต่อ



เมื่อนำมาต่อลักษณะดังรูปทางซ้ายมือประจุจะเกิดการถ่ายเทจนกระทั่งเกิดความสมดุลของประจุ(ศักย์ไฟฟ้าเท่ากัน) สามารถคำนวณหาศักย์หลังการต่อได้ดังนี้

$$V_{รวม} = \frac{Q_1 + Q_2}{C_1 + C_2}$$ เมื่อ $V_{รวม} = V_1 = V_2$

หลักของการถ่ายเทประจุ
1) ประจุรวมก่อนต่อ = ประจุรวมหลังต่อ
2) ศักย์ก่อนต่อ $\neq$ ศักย์หลังต่อ

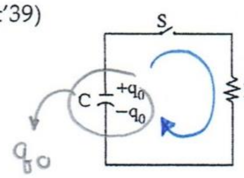
Ent 35 โลหะทรงกลมรัศมี 10 เซนติเมตร มีความจุไฟฟ้าเท่าใด ในหน่วย pF (picofarad)

1. 11
2. 22
3. 90
4. 100

$C = \frac{R}{k} = \frac{0.1}{9\times10^9} = 11\times10^{-12}\ F$
$= 11\ pF$

Ent 36 ตัวเก็บประจุ (C) มีประจุที่แผ่นบวกและลบ $+q_0$ และ $-q_0$ ตามลำดับ หลังเปิดสวิตซ์ S ให้มีกระแสในวงจรดังรูป จะเกิดความร้อนใน R เท่าไร (Ent'39)

1. 0
2. q_0C
3. $2\left(\frac{q_0^2}{C}\right)$
4. $\frac{1}{2}\left(\frac{q_0^2}{C}\right)$

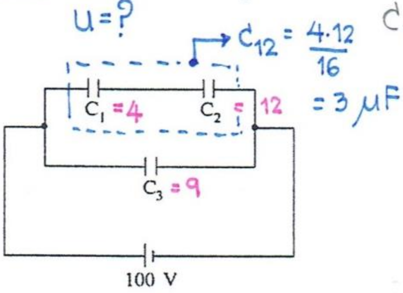


$U_R = U_C = \frac{1}{2}\frac{q_0^2}{C}$ #

Ent 37 จากวงจรและข้อมูลที่กำหนดให้ พลังงานสะสมในวงจรมีค่ากี่จูล

C_1 = 4 ไมโครฟารัด
C_2 = 12 ไมโครฟารัด
C_3 = 9 ไมโครฟารัด

1. 0.0012
2. 0.03
3. 0.06
4. 0.12



$C_T = 3 + 9 = 12\ \mu F$

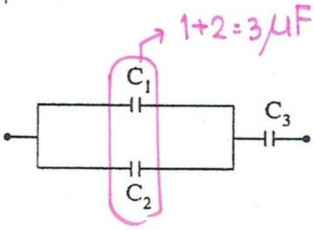
$U_T = \frac{1}{2}C_TV_T^2$

$= \frac{1}{2}(12\times10^{-6})100^2$

$= 0.06$ J #

Ent 38 ตัวเก็บประจุ 3 ตัว มีความจุดังนี้ $C_1 = 1$ ไมโครฟารัด $C_2 = 2$ ไมโครฟารัด และ $C_3 = 3$ ไมโครฟารัด ต่อกันอยู่ดังในรูป ความจุรวมจะเท่ากับกี่ไมโครฟารัด

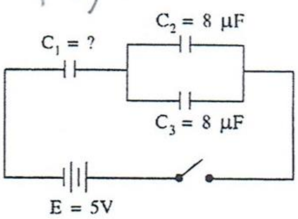
1. $\frac{2}{3}$
2. $1\frac{1}{2}$
3. $3\frac{2}{3}$
4. $4\frac{1}{2}$



$C_T = \frac{3\times3}{3+3} = \frac{3}{2}$ #

Ent 39 เมื่อสับสวิตซ์ลงในวงจรดังแสดงในรูป จะมีประจุขนาด 40 ไมโครคูลอมบ์ไหลจากแบตเตอรี่ไปเก็บอยู่ในตัวเก็บประจุ C_1, C_2 และ C_3 ขนาดความจุของตัวเก็บประจุที่ไม่ทราบค่า C_1 มีค่ากี่ไมโครฟารัด

1. 2
2. 4
3. 8
4. 16



$C_T = \frac{16x}{16+x}\ \mu F$

$Q_T = C_TV_T$

$40\mu = \left(\frac{16x}{16+x}\mu\right)5$

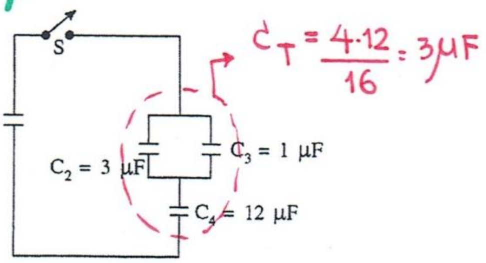
$16 + x = 2x$

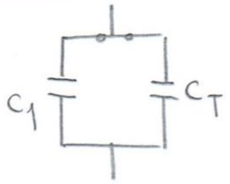
$x = 16$ #

Ent 40 จากวงจรตามรูป ขณะยังไม่สับสวิตซ์ S มีประจุไฟฟ้าสะสมอยู่ในตัวเก็บประจุ C_1 เท่ากับ 40 ไมโครคูลอมบ์ ส่วนตัวเก็บประจุตัวอื่นๆ ไม่มีประจุสะสมอยู่ หลังจากสับสวิตซ์ S ศักย์ไฟฟ้าที่คร่อม C_1 เป็นเท่าไร (Ent'38)

$Q_1 = 40\mu C$

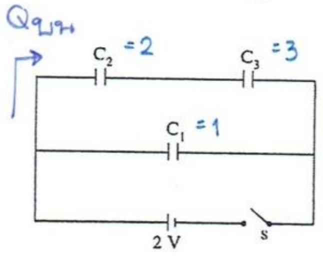
1. 5.5 V
2. 21.3 V
3. 2.3 V
4. 5.0 V





$V_T = \frac{Q_T}{C'_T} = \frac{40\mu}{(5+3)\mu} = 5$ V #

Ent 41 ตัวเก็บประจุ C_1, C_2 และ C_3 มีขนาดความจุ $1\ \mu F$, $2\ \mu F$ และ $3\ \mu F$ ตามลำดับก่อนนำมาต่อกับแบตเตอรี่ขนาด 2 V ดังวงจร ตัวเก็บประจุทั้งสามยังไม่มีประจุอยู่ภายในเลย เมื่อปิดสวิตช์ S เป็นเวลานานพอที่จะทำให้อยู่ในสภาพสมดุลย์ พลังงานไฟฟ้าที่สะสมอยู่ในตัวเก็บประจุ C_2 จะมีขนาดเท่าใดในหน่วยไมโครจูล (Ent'37 เติมคำ)

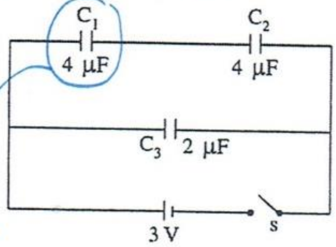


$U_2 = \frac{1}{2}\frac{Q_2^2}{C_2}$ —(1)

จาก $Q_{บน} = C_บ V_บ$
$= \left(\frac{6}{5}\mu\right)2$
$= \frac{12}{5}\ \mu C$

$\therefore\ U_2 = \frac{1}{2}\left(\frac{12}{5}\mu\right)^2 \frac{1}{2\mu}$
$= 1.44\ \mu J$ #

Ent 42 จากรูป เมื่อก่อนปิดวงจรตัวเก็บประจุทั้งสามยังไม่มีประจุไฟฟ้าอยู่ภายในเลย เมื่อปิดวงจรและเมื่อเวลาผ่านไปนานพอสมควร พลังงานไฟฟ้าที่สะสมอยู่ในตัวเก็บประจุ C_1 มีค่าเท่าใด (Ent Oct'42)

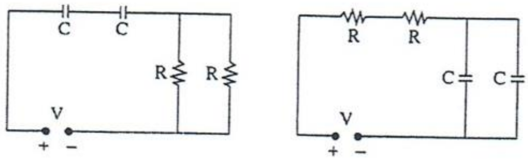


1. 4.5×10^{-6} J
2. 6.0×10^{-6} J
3. 9.0×10^{-6} J
4. 18.0×10^{-6} J

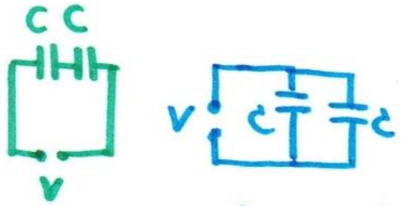
$V_1 = \frac{3}{2} = 1.5V$

$U_2 = \frac{1}{2} C_1 V_1^2$
$= \frac{1}{2}(4\mu)\left(\frac{3}{2}\right)^2$
$= 4.5\times10^{-6}$ J #

Ent 43 จากรูปวงจรไฟฟ้า A และ B ประกอบด้วยตัวเก็บประจุ C สองตัว (ขนาดเท่ากัน) ตัวต้านทาน R สองตัว (ขนาดเท่ากัน) และแหล่งกำเนิดไฟฟ้าความต่างศักย์ V แบบเดียวกัน พลังงานไฟฟ้าที่สะสมในตัวเก็บประจุของรูป A จะเป็นกี่เท่าของพลังงานไฟฟ้าที่สะสมในตัวเก็บประจุของรูป B (Ent Oct'43)



วงจร A วงจร B



1. $\frac{1}{4}$ เท่า
2. $\frac{1}{2}$ เท่า
3. 2 เท่า
4. 4 เท่า

$\frac{U_A}{U_B} = \frac{\left(\frac{1}{2}CV^2\right)_A}{\left(\frac{1}{2}CV^2\right)_B} = \frac{\frac{C}{2}}{2C} = \frac{1}{4}$ #

MEMO..