Chapter 1 Electrostatics

$\vec{F}, \vec{E}$ (แผ่นโลหะ)
V & E_p
ตัวเก็บประจุ

① ค่าคงที่ที่สมควร !! JUM 🖫 !!

ประจุของอิเล็กตรอน (q_e) = ประจุของโปรตอน $(q_p) = \pm 1.6\times10^{-19}$ C $(\pm e)$

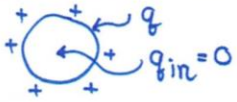
มวลของอิเล็กตรอน $(m_e) = 9.1\times10^{-31}$ kg ; มวลของโปรตอน $(m_p) \approx 1840 m_e$ $= 1.67\times10^{-27}$ kg

② วัตถุทุกชนิด ณ ภาวะปกติจะ**คงสภาพเป็นกลาง** (หมายถึง ประจุบวกเท่ากับประจุลบ ผลรวมของค่าประจุเป็นศูนย์) $\Sigma q_i = 0$

③ **ประจุบวก** : เกิดจากการสูญเสียอิเล็กตรอนแล้วมีประจุบวกมากกว่าปกติ

ประจุลบ : เกิดจากการรับอิเล็กตรอนแล้วมีประจุลบมากกว่าปกติ

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



⑤ การทดลองทาลีส (Thales) เกี่ยวกับประจุไฟฟ้า

5.1 นำแท่งอำพัน(.....−.....) ถูกับ ผ้าขนสัตว์(.....+.....)

เสีย e^-

5.2 นำแท่งแก้ว(.....+.....) ถูกับ ผ้าไหม(.....−.....)

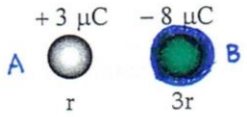
⑥ การทำให้วัตถุที่เป็นกลางมีประจุไฟฟ้าตามต้องการสามารถทำได้ 3 วิธี ดังต่อไปนี้

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

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

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

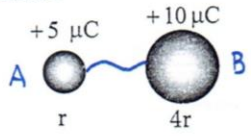
ตัวอย่างที่ 1



$Q_B = r_B \frac{\Sigma Q}{\Sigma r} = 3r \frac{(-5)}{4r}$

$= -3.75\ \mu C$ #

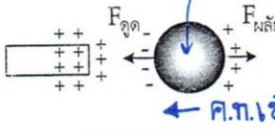
ตัวอย่างที่ 2



$\frac{Q_A}{Q_B} = \frac{r_A \frac{\Sigma Q}{\Sigma r}}{r_B \frac{\Sigma Q}{\Sigma r}} = \frac{r}{4r} = 0.25$ #

induced

6.3 **การเหนี่ยวนำ** : เป็นการนำวัตถุที่มีประจุมาล่อใกล้ๆ ตัวนำที่เราต้องการจะทำให้เกิดประจุ ผลจะทำให้เกิดการแยกตัวของประจุบนวัตถุตัวนำและตัวนำจะเคลื่อนที่เข้าหาแท่งประจุดังภาพทางขวา



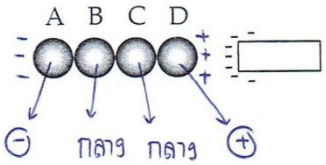
เดิมเป็นกลาง

← ศ.ก.เข้าหาแท่งเหนี่ยวนำ

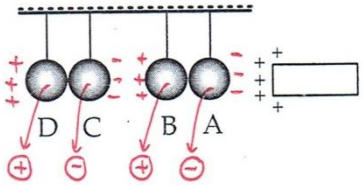
จากรูปค่า $\boxed{F_{สัมพัทธ์} = F_{ดูด} - F_{ผลัก}}$

ลักษณะตัวอย่างรูปแบบการเหนี่ยวนำ

1.



2.

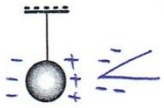
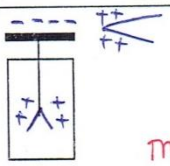
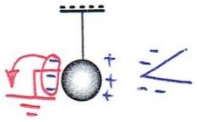
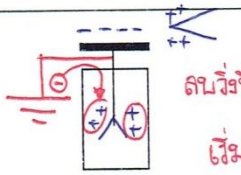
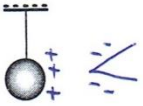
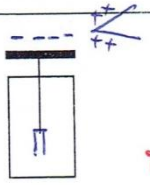
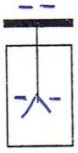


Electroscope : เป็นเครื่องมือที่ใช้ทดสอบวัตถุตัวนำที่คาดว่าจะมีประจุไฟฟ้ามี 2 ชนิดที่สำคัญ

แบบที่ 1 Electroscope แบบลูกพิธ (Pith ball) ***แบบที่ 2*** Electroscope แบบจานโลหะ

วิธีการทำให้ Electroscope มีประจุตามต้องการทำได้โดยมี 4 ขั้นตอนหลัก คือ

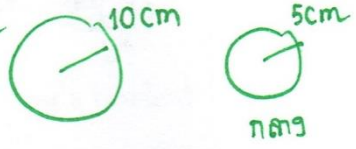
⊕ only ⊖ only

ขั้นตอนการทำให้เกิดประจุ	Electroscope แบบลูกพิธ	Electroscope แบบจานโลหะ
1. นำวัตถุที่มีประจุตรงข้ามกับที่ต้องการมาเหนี่ยวนำ		 กาง
2. ต่อสายดิน (เอามือแตะ, Ground, Earth) ทำจัด q ที่ไม่ต้องการ		 ลบวิ่งขึ้น เริ่มหุบ
3. เอาสายดินออก		 หุบ
4. เอาแท่งวัตถุเหนี่ยวนำออก		 กาง

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

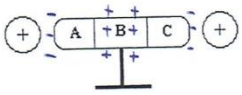
1. 1 2. 2

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

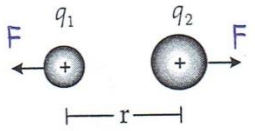
Ent 3 ถ้าต้องการให้อิเล็กโตรสโคปมีประจุบวก ควรมีขั้นตอนในการกระทำอย่างไร

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



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

$k = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}$ ↗ สภาพยอมได้ของสุญญากาศ

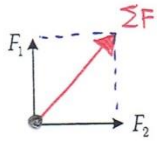
Tobtaun

เมื่อ q = ประจุบนตัวนำ (C) **(ไม่คิดเครื่องหมายในการคำนวณ)**

$k = 9\times10^9\ N\cdot m^2/C^2$

r = ระยะห่างจาก**จุดศูนย์กลาง**ของตัวนำทั้งสอง (m)

1.



$$F_{\text{ลัพธ์}} = \sqrt{F_1^2 + F_2^2}$$

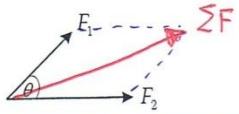
② บางครั้งโจทย์อาจบอกประจุของตัวนำในรูปการ รับ-เสีย e^- ของตัวนำซึ่งสามารถนำไปหาประจุได้ตามสมการ

$$Q = ne$$

เมื่อ n = จำนวนอิเล็กตรอนที่ รับ-ให้ (ตัว)

$e = 1.6\times10^{-19}$ C

2.

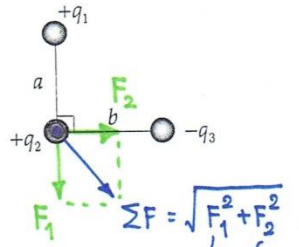


$$F_{\text{ลัพธ์}} = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 + 2F_1F_2\cos\theta}$$

$\cos120^\circ = -\frac{1}{2}$

APPLY FORCE ← ΣF สมดุล Newton

❶

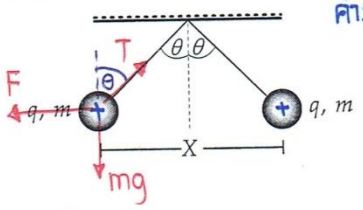


$\Sigma F = \sqrt{F_1^2 + F_2^2}$

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

Trick ⑨ $-\mu C$ r-cm ↱ Jueny's constant $F = \frac{9Q_1Q_2}{r^2}$

❷ ค้าง



x: → = ←

$T\sin\theta = F$ —①

y: ↑ = ↓

$T\cos\theta = mg$ —②

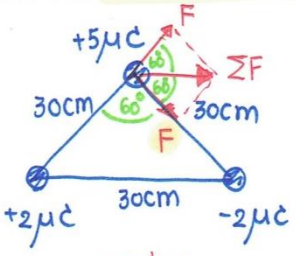
① ; $\tan\theta = \frac{F}{mg}$

$F = mg\tan\theta$ for ลูกพิธ เมน

q-μC r-cm $F = 90\frac{q_1 q_2}{r^2}$ ไม่ต้องแปลงหน่วย

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



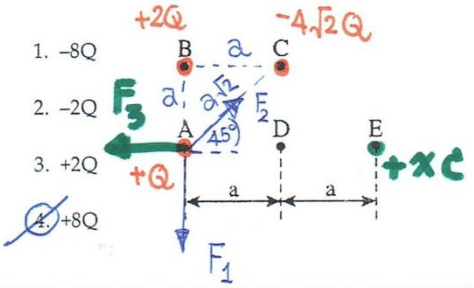
$\Sigma F = 2F\cos 60^\circ$

$= 2\left[\frac{90 \times 5 \times 2}{30^2}\right]\frac{1}{2}$

$= 1$ 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



X : $\rightarrow = \leftarrow$

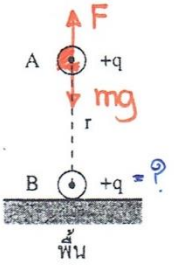
$F_2\cos 45^\circ = F_3$

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

$x = 8Q$ #

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. $\frac{mgr^2}{k}$



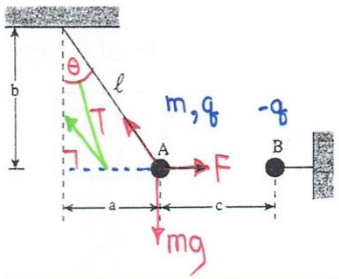
$\uparrow = \downarrow$

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

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

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. $\frac{c^2b}{a}$



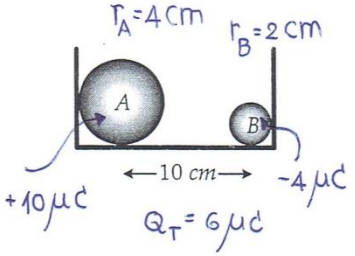
$F = mg\tan\theta$

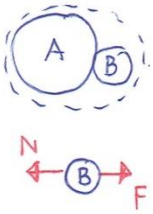
$\frac{kqq}{c^2} = mg\left(\frac{a}{b}\right)$

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

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 แต่ต่อมาลักครู่ทรงกลม B จะกลิ้งกลับไปยังผนังทางด้านขวา และทรงกลมทั้งสองห่างกัน 10 เซนติเมตร ให้หาว่าผนังทางด้านขวาออกแรงกระทำเท่าใดต่อทรงกลม B

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





$Q_A = \frac{4(6)}{6} = 4\ \mu C$

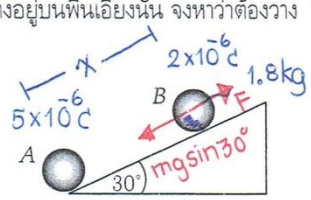
$Q_B = 2\ \mu C$

$N = F = \frac{90(4)(2)}{10^2}$

$N = 7.2\ N$ #

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



↳ สมดุล

$\nearrow = \swarrow$

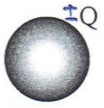
$F = mg\sin30°$

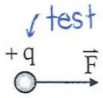
$\frac{9\times10^9(5\times10^{-6})(2\times10^{-6})}{x^2} = 1.8(10)\frac{1}{2}$

$x = 0.1$ m

สนามไฟฟ้า (Electric Field, $\vec{E}$)

① **สนามไฟฟ้า** ($\vec{E}$) คือบริเวณรอบ ๆ ที่ประจุไฟฟ้าส่งอำนาจไปถึง ถ้านำประจุทดสอบ +1 C ไปวางจะเกิดแรงกระทำต่อประจุทดสอบเราสามารถนิยามสนาม $\vec{E}$ ได้ดังนี้





นิยาม

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}$$

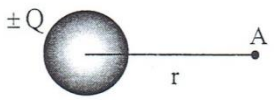
มักจำสมการเป็น $F_E = qE$

เมื่อ F_E คือ แรงเนื่องจากบริเวณที่มีสนามไฟฟ้า (N)

E คือ สนามไฟฟ้า (N/C)

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

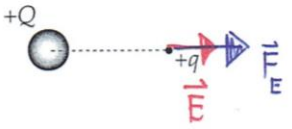
Case 1 สนามไฟฟ้าเนื่องจากจุดประจุ ($\vec{E}$ ไม่คงที่)

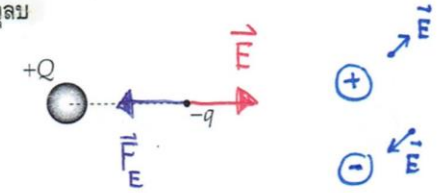


$$E = \frac{kQ}{r^2}$$

❋ การใช้สูตรนี้ไม่คิดเครื่องหมายของประจุ Q

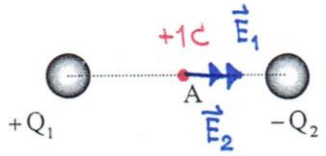
☯ **การหาทิศทางของ $\vec{E}$** ณ ตำแหน่งใด ๆ ให้เอาประจุทดสอบ +1 C ไปวาง ณ ตำแหน่งนั้นเพราะทิศทางของ $\vec{E}$ มีทิศเดียวกับ F ที่กระทำต่อประจุบวกและมีทิศตรงข้ามกับ F ที่กระทำต่อประจุลบ

1. 

2. 

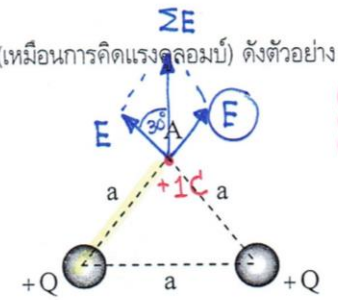
☯ การคิด $\vec{E}_{สัพธ์}$ จากจุดประจุหลายจุดประจุคิดรวมแบบ Vector (เหมือนการคิดแรงลัพธ์ลอมบ์) ดังตัวอย่าง

หาหา $\vec{E}$
S1. เอา +1C ไปวาง
S2 รวม $\Sigma\vec{E}$

1) 

$\Sigma E = E_1 + E_2$

$= \left(\frac{kQ}{r^2}\right)_1 + \left(\frac{kQ}{r^2}\right)_2$ #

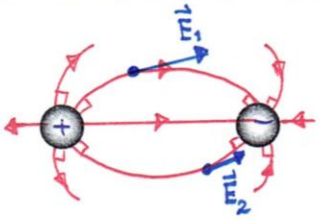
2) 

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

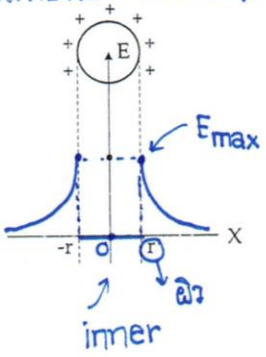
$= 2\frac{kQ}{a^2}\cos 30^\circ$ #

x: $\Sigma F = 0$

☯ **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 (ไม่ต้องเอา +1C ไปวาง)
5. เส้นแรงสิ้นสุดที่ผิวตัวนำ ดังนั้นจึงไม่มีเส้นแรงผ่านเข้าไปในตัวนำสรุป



$\vec{E}_{ภายใน} = 0$ และ $\vec{E}_{max} = \vec{E}_{ผิว}$

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

(a) **ประจุไฟฟ้าชนิดเดียวกัน**
- จุดสะเทินอยู่ระหว่างประจุทั้งสอง
- จุดสะเทินอยู่ใกล้ตัวน้อย
- ไม่คิดเครื่องหมายของประจุ

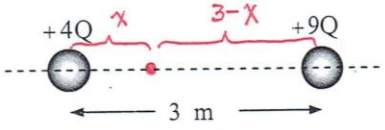
(b) **ประจุไฟฟ้าต่างชนิดกัน**
- จุดสะเทินอยู่ภายนอกประจุทั้งสอง
- จุดสะเทินอยู่ใกล้ตัวน้อย
- ไม่คิดเครื่องหมายประจุ

สมการคำนวณหาตำแหน่งจุดสะเทิน

$$\vec{E}_1 = \vec{E}_2$$

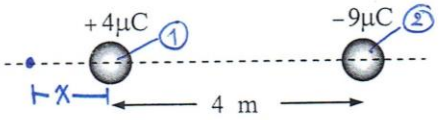
$$\frac{Q_1}{Q_2} = \left[\frac{r_1}{r_2}\right]^2$$

Ex (a) จงคำนวณหาตำแหน่ง สะเทิน



$\frac{4Q}{9Q} = \left[\frac{x}{3-x}\right]^2$; $\frac{2}{3} = \frac{x}{3-x}$; $6-2x = 3x$; $x = 1.2$ m #

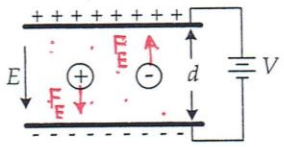
Ex(b) จงคำนวณหาตำแหน่ง สะเทิน



$\frac{4\mu}{9\mu} = \left[\frac{x}{4+x}\right]^2$; $\frac{2}{3} = \frac{x}{4+x}$; $8+2x = 3x$; $x = 8$ m #

? ออกสอบบ่อย ?

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



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

$V = Ed$

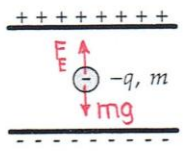
NOTE E จากสูตรข้างต้นมีหน่วย V/m ดังนั้น E จึงมี 2 หน่วย คือ N/C และ V/m

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

- สมดุล
- Newton
- Projectile
- SHM

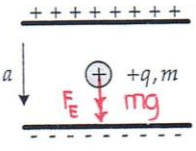
APPLY ELECTRIC FIELD

1) Equilibrium (ประจุลอยนิ่ง)



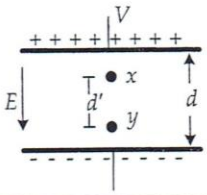
↑ = ↓ ; $qE = mg$; ne ; $\frac{V}{d}$ #

2) Use law of Newton (ประจุเคลื่อนที่ลง)



$\Sigma F = ma$; $F_E + mg = ma$ # ; qE

3) การหาค่าความต่างศักย์ระหว่างจุดใดๆ

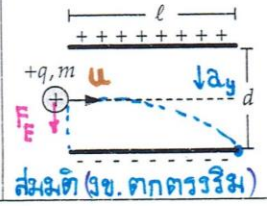


$V = Ed$

$V_{xy} = Ed'$ โดย $d' // \vec{E}$ เท่านั้น

$V_x - V_y$

4) การเคลื่อนที่แบบ Projectile ใน $\vec{E}$



สมมติ (ขข. ตกตรงริม)

m น้อยมาก (ไม่คิด mg)

x: $s_x = u_x t \rightarrow \ell = ut$ —①

y: $s_y = u_y t + \frac{1}{2} a_y t^2$

$\frac{d}{2} = 0 + \frac{1}{2} a_y t^2$ —②

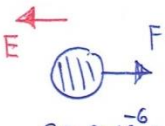
$\Sigma F_y = ma_y$

$F_E = ma_y$ —③

qE

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



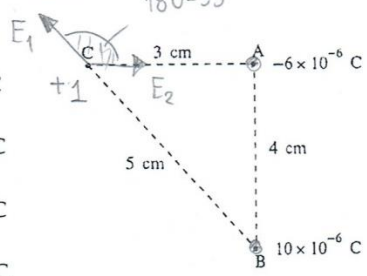
$E=\frac{F}{q}=\frac{8\times10^{-6}}{2\times10^{-6}}$

$E=4$ V/m

ทิศตรงข้ามกับ F กระทำต่อประจุลบ

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



$\Sigma E=\sqrt{E_1^2+E_2^2+2E_1E_2\cos(180^\circ-53^\circ)}$

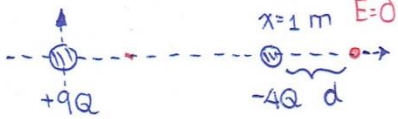
$E_1=\frac{k(10\times10^{-6})}{(5\times10^{-2})^2}$

$E_2=\frac{k(6\times10^{-6})}{(3\times10^{-2})^2}$

$=k\times\frac{10^{-6}}{10^{-4}}\sqrt{\left(\frac{2}{5}\right)^2+\left(\frac{2}{3}\right)^2+2\left(\frac{2}{5}\right)\left(\frac{2}{3}\right)-\left(\frac{3}{5}\right)}$

$\approx5\times10^{7}$ N/C #

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

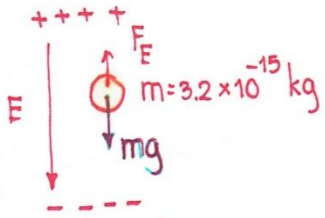


$\frac{Q_1}{Q_2}=\left(\frac{r_1}{r_2}\right)^2 \rightarrow \frac{9Q}{4Q}=\left(\frac{1+d}{d}\right)^2 \rightarrow \frac{3}{2}=\frac{1+d}{d}$

$d=2$ m ∴ $x=1+2=3$ 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



$E=2\times10^{4}$ N/C

$\uparrow=\downarrow$

$F_E=mg$

$qE=mg$

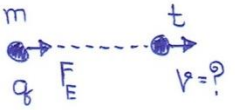
$neE=mg$

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

∴ $n=10$ ตัว รับ e^-

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. $\frac{mEt}{q}$



$\Sigma F=ma$

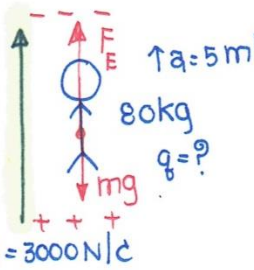
$qE=ma \rightarrow a=\frac{qE}{m}$

$v=u+at$

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

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



$\Sigma F = ma$

$qE - mg = ma$

$q = \frac{m(g+a)}{E}$

$q = \frac{80}{3000}(10+5) = \frac{8}{20}$ C #

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

$s = ut + \frac{1}{2}at^2$

$10 = 0 + \frac{1}{2}a(2)^2$

$a = 5\ m/s^2$

∵ $a < g$ F_E ↑ ดีจ

$\Sigma F = ma$

$mg - qE = ma$

$m(g-a) = qE$

$E = \frac{2\times10^{-5}(10-5)}{2\times10^{-6}}$

$= 50$ N/C #

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}

$s = ut + \frac{1}{2}at^2$

$2\times10^{-2} = 0 + \frac{1}{2}a(4.2\times10^{-10})^2$

$a = \frac{4\times10^{-2}}{(4.2\times10^{-10})^2}$

$a = 2.27\times10^{17}$

$\Sigma F = ma$

$qE = ma$

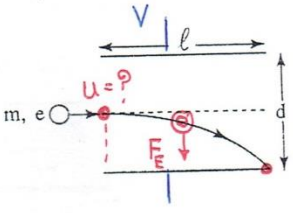
$q\frac{V}{d} = ma$

$V = \frac{9.1\times10^{-31}(2.27\times10^{17})2}{1.6\times10^{-19}\times 100}$

$V = 2.6\times10^{4}$ V.

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



$x: \ell = ut \rightarrow u = \frac{\ell}{t}$ —①

$y: \frac{d}{2} = 0 + \frac{1}{2}a_y t^2$

$d = \frac{qE}{m}t^2$

$t = \sqrt{\frac{md}{qE}}$

$\Sigma F = ma$

$qE = ma_y$

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

$q = e$ จาก ①; $u = \ell\sqrt{\frac{qE}{md}} = \frac{\ell}{d}\sqrt{\frac{qV}{m}}$ #

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

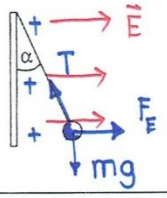
1. 0 : 3 2. 1 : 3 3. 1 : 9 4. 1 : 27

$\frac{Q_{in}}{Q_S} = \frac{0}{3}$

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. $mgq\tan\alpha$



$F = mg\tan\theta$

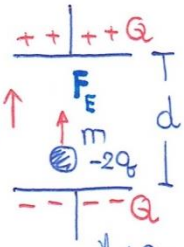
$qE = mg\tan\alpha$

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

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. $\frac{3}{2}\frac{mgd}{q}$



$a = 3g \uparrow$

$\Sigma F = ma$

$F_E = ma$

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

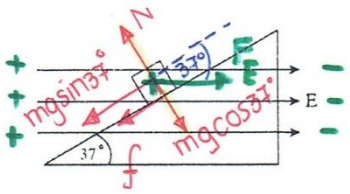
$(2q)\frac{V}{d} = 3mg$

(ไม่คิด mg)

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

Ent 22 วัตถุมวล 2 กิโลกรัม วางอยู่บนพื้นเอียง 37° กับแนวระดับถ้าพื้นเอียงมีสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน 0.5 จงหาค่าสนามไฟฟ้าในแนวระดับที่น้อยที่สุดที่ทำให้วัตถุเริ่มไถลขึ้นไปตามพื้นเอียง 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



↗ = ↙

$F_E\cos37^\circ = mg\sin37^\circ + f$ (μN)

$q_0E\left(\frac{4}{5}\right) = 20\left(\frac{3}{5}\right) + 0.5\left[mg\cos37^\circ + F_E\sin37^\circ\right]$

$\frac{4}{5}q_0E = 12 + 0.5\left[20\left(\frac{4}{5}\right) + q_0E\left(\frac{3}{5}\right)\right]$

$\frac{4}{5}q_0E - 0.3q_0E = 20 \rightarrow 0.5(5\times10^{-6})E = 20$

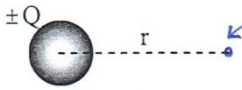
$E = 8\times10^{6}$ N/C #

→ Scalar

ศักย์ไฟฟ้า (Electric Potential) และพลังงานศักย์ไฟฟ้า

ศักย์ไฟฟ้า คือ ระดับขั้นทางไฟฟ้าที่มีอยู่ในวัตถุที่มีประจุไฟฟ้า(บ่งบอกพลังงานของประจุทดสอบที่วาง ณ ตำแหน่งนั้นๆพิจารณาเป็น 2 กรณี

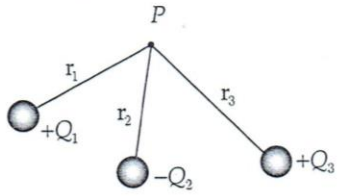
Case 1 ศักย์ไฟฟ้าเนื่องจากจุดประจุ .....



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

✲ การใช้สูตรนี้คิดเครื่องหมายของประจุ Q ด้วยเสมอ

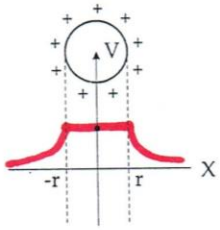
☯ การคิดศักย์ $V_{รวม}$ คิดแบบ Scalar และคิดเครื่องหมายของประจุด้วยตามนิยามข้างต้น



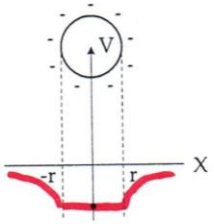
$$V_P = V_1 + V_2 + V_3 = \Sigma V_i$$
$$= \left(\frac{kQ}{r}\right)_1 + \left(\frac{kQ}{r}\right)_2 + \left(\frac{kQ}{r}\right)_3$$

☯ ศักย์ไฟฟ้าของตัวนำทรงกลมใด ๆ

$V_{ภายใน} = V_{ที่ผิว}$ ดังนั้น การคิดศักย์ภายใน ณ จุดใด ๆ ให้คิดศักย์ที่ผิวเป็นเกณฑ์

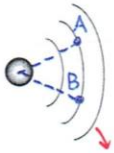


กราฟศักย์ของประจุบวก



กราฟศักย์ของประจุลบ

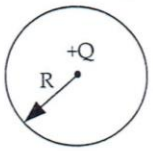
☯ **เส้นสมศักย์** คือ เส้นที่ลากผ่านบริเวณที่มีศักย์เท่ากัน และเป็นเส้นที่ตั้งฉากกับเส้นแรงไฟฟ้าด้วย



จากรูปพบว่า $V_A = V_B$

Equipotential line

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



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

จะได้สมการความสัมพันธ์ กล่าวคือ $E_{ผิว} = \left(\frac{kQ}{R}\right)\frac{1}{R}$ ➡ $E_{ผิว} = \frac{V_{ผิว}}{R}$ ที่ผิว

Case 2 ศักย์ในแผ่นโลหะ .....

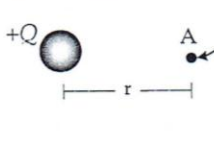
สมการคำนวณเหมือน **Case 2** ในเรื่องสนามไฟฟ้ากล่าวคือ

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

<u>พลังงานศักย์ไฟฟ้า</u> (E_p, J)

พลังงานศักย์ไฟฟ้า คือ งานที่ใช้ในการเคลื่อนประจุไฟฟ้าจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง พิจารณาเป็น 3 กรณีดังนี้

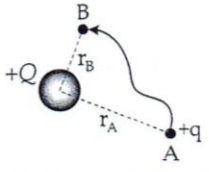
❶ พลังงานศักย์ ณ จุดใด ๆ คือ งานในการพาประจุ +q จากระยะอนันต์ (∞) มาวาง ณ ตำแหน่งนั้น (→ $\vec{E}$ ไปไม่ถึง)



$E_{p,A} = W_{\infty \to A} = q(V_A - V_\infty)$

$\therefore$ $E_{p,A} = W_{\infty \to A} = qV_A$ ใส่ Volt → $\frac{kQ}{r}$

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



$W_{A \to B} = qV_{BA} = q(V_B - V_A)$

$\frac{kQ}{r_B}$ $\frac{kQ}{r_A}$

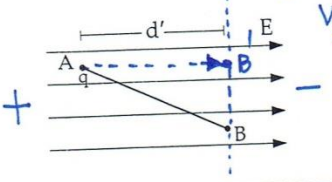
❸ งานในการพาประจุ q เคลื่อนที่ในบริเวณที่มี $\vec{E}$ คงที่

หลัก 1. ห้ามเคลื่อนประจุตัดกับ $\vec{E}$

2. ให้เคลื่อนประจุไปในแนวขนานกับ $\vec{E}$ จากจุดเริ่มต้นไปยังจุดสุดท้ายที่อยู่ในแนวเสมอกับจุดสุดท้ายที่โจทย์ต้องการ

★★ 3. การหางานกรณีที่ 3 นี้จะต้องคิดเครื่องหมายของเทอม Ed' ด้วย

Equipotential line $V_B = V_{B'}$



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

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

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

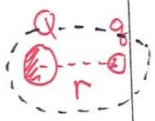
NOTE การคำนวณค่า W จะได้ 2 กรณี

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

↳ ประจุคาย Energy

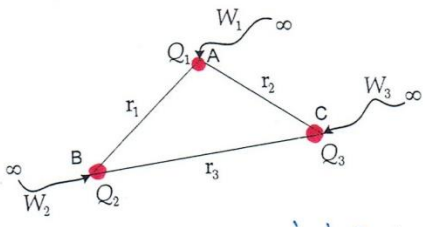
พลังงานศักย์ของระบบประจุและงานในการสร้างระบบ

ระบบประจุที่มีประจุเพียงสองตัว เช่น Q และ q พลังงานศักย์ของ q หรือ Q อย่างใดอย่างหนึ่งจะมีค่า $\frac{kQq}{r}$



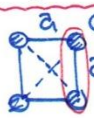
ซึ่งเราจะเรียกว่า พลังงานศักย์ของระบบประจุ

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



ดังนั้น งานในการสร้างระบบ $= \frac{KQ_1Q_2}{r_1} + \frac{KQ_2Q_3}{r_3} + \frac{KQ_1Q_3}{r_2}$

Ex

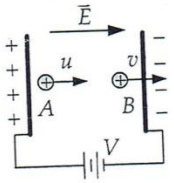


$W_{sys} = \frac{kQQ}{a} \times 4 + \frac{kQQ}{a\sqrt{2}} \times 2$

$= (4+\sqrt{2})\frac{kQ^2}{a}$ #

↳ เร่งประจุ

ความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานศักย์และการเปลี่ยนแปลงพลังงานจลน์



Ed

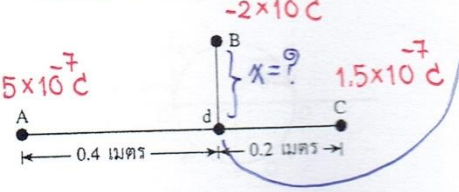
$q\Delta V = \Delta E_k = \frac{1}{2}mv^2 - \frac{1}{2}mu^2$

Proof : $\epsilon_A = \epsilon_B$

$qV_A + \frac{1}{2}mu^2 = qV_B + \frac{1}{2}mv^2 \rightarrow q(V_A - V_B) = \frac{1}{2}mv^2 - \frac{1}{2}mu^2$

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



$V_d = 0$

$\left(\frac{kQ}{r}\right)_A + \left(\frac{kQ}{r}\right)_B + \left(\frac{kQ}{r}\right)_C = 0$

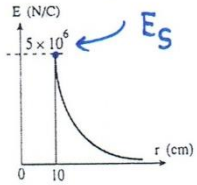
$\frac{5\times10^{-7}}{0.4} + \frac{(-2\times10^{-7})}{x} + \frac{1.5\times10^{-7}}{0.2} = 0$

$12.5 - \frac{2}{x} + 7.5 = 0$

$x = 0.1$ 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



E_S

$V_A = V_S$

$= E_S R$

$= (5\times10^{6})(0.1)$

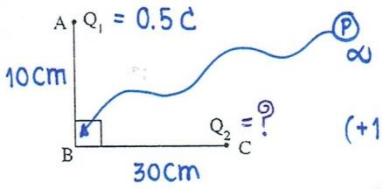
$= 5\times10^{5}$ V #

$E_S = \frac{V_S}{R}$

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)



$W_{\infty B} = 28.8\times10^{-9}$ J

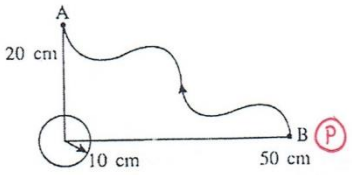
$qV_B = 28.8\times10^{-9}$

$(+1.6\times10^{-19})\left[\frac{k(0.5)}{0.1} + \frac{kQ_2}{0.3}\right] = 28.8\times10^{-9}$

$(1.6\times10^{-19})(9\times10^{9})\left(5 + \frac{Q_2}{0.3}\right) = 28.8\times10^{-9} \rightarrow Q_2 = 4.5$ C #

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



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

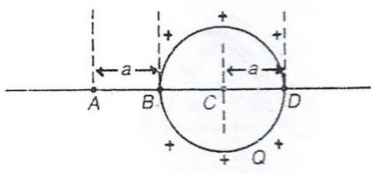
$= q\left[\frac{kQ}{r_A} - \frac{kQ}{r_B}\right]$

$= (1.6\times10^{-19})(9\times10^{9}\times10^{-9})\left[\frac{1}{0.2} - \frac{1}{0.5}\right]$

$= 4.3\times10^{-18}$ J #

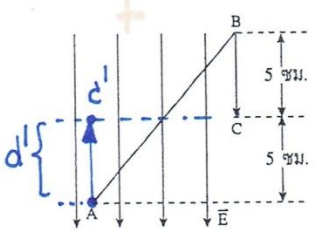
Ent 28 ตัวนำทรงกลมกลวงรัศมี a จุด A, B, C และ D อยู่บนเส้นตรงที่ผ่านจุดศูนย์กลางของตัวนำ ตัวนำมีประจุอยู่ +Q คูลอมบ์ ให้ W_{ij} แทนงานที่ใช้ในการนำประจุ +q เคลื่อนที่จากจุด I ไปยังจุด j ในการเคลื่อนที่ประจุ +q ผ่านจุด A ,B ,C และ D นั้น ข้อความใดผิด

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



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



$W_{A\to B\to C} = W_{AC'} = q(V_{C'}-V_A) \quad V_{C'}>V_A$

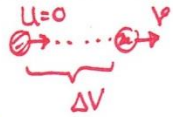
$= q(+Ed')$

$= 3\times10^{-6}(12\times5\times10^{-2})$

$= +1.8\times10^{-6}\ J$ #

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



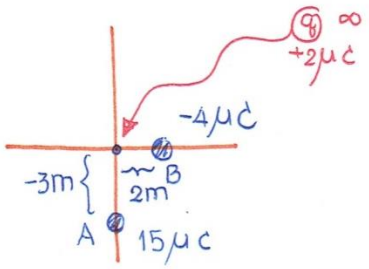
$q\Delta V = \frac{1}{2}m(v^2-u^2)$

$8\times10^{-9}\Delta V = \frac{1}{2}(4\times10^{-12})100^2$

$\Delta V = 2.5\ V$ #

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



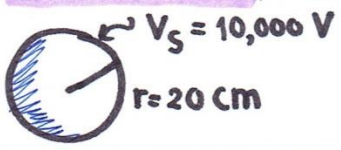
$W_{\infty o} = qV_o$

$= 2\times10^{-6}\left[\left(\frac{kQ}{r}\right)_A+\left(\frac{kQ}{r}\right)_B\right]$

$= 2\times10^{-6}\times9\times10^{9}\times10^{-6}\left[\frac{15}{3}+\frac{(-4)}{2}\right]$

$= 54\times10^{-3}\ J = 54\ mJ$ #

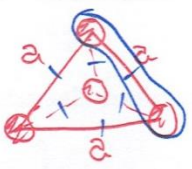
Ent 32 ทรงกลมโลหะกลวงมีรัศมี 20 เซนติเมตร ทำให้มีศักย์ไฟฟ้า 10,000 โวลต์ สนามไฟฟ้าภายนอกทรงกลมบริเวณใกล้ผิวจะมีค่าเท่าใด ในหน่วยโวลต์ต่อเซนติเมตร (Ent Mar'42 เติมคำ)



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

Ent 33 จงหางานในการนำจุดประจุจำนวนสี่จุดประจุ แต่ละจุดประจุมีขนาด +Q จากระยะอนันต์ มาไว้ที่ยอดของพิรามิดที่มีด้านยาวด้านละเท่ากับ 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. $\frac{4kQ^2}{a}$

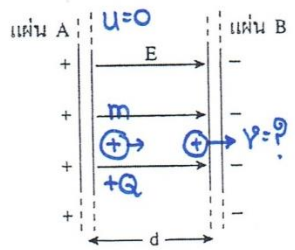


$W_{sys} = \frac{kQQ}{a}\times6$

$= \frac{6kQ^2}{a}$ #

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

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



$q\Delta V = \frac{1}{2}m(v^2 - u^2)$ ($u = 0$)

$QEd = \frac{1}{2}mv^2$

$v = \sqrt{\frac{2QEd}{m}}$ #

ตัวเก็บประจุ และความจุไฟฟ้า (C)

ความจุไฟฟ้า (C) ของตัวนำใดๆ คือ ความสามารถในการรับประจุของวัตถุตัวนำ

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

Q = จำนวนประจุไฟฟ้า ซึ่งทำให้เกิดศักย์ไฟฟ้า (C)

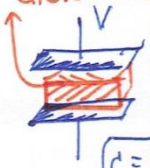
V = ศักย์ไฟฟ้าของตัวนำ (V)

1. ความจุของตัวนำทรงกลมลูกเดียว $C = \frac{R}{k}$ เมื่อ R = รัศมีของทรงกลมตัวนำ (m)

$k = 9\times10^9$

2. ความจุของตัวเก็บประจุแบบแผ่นโลหะขนาน ใช้สมการคำนวณ $C = \frac{Q}{V}$ มักจำ $Q = CV$

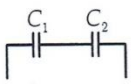
dielectric (ฉนวน)



$C = \frac{\varepsilon_0 A}{d}$

ในการต่อตัวเก็บประจุเพื่อนำมาใช้งานนั้นที่สำคัญมี 3 แบบ ดังต่อไปนี้

....การต่อแบบอนุกรม....

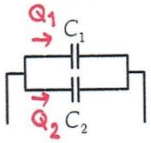


(2 ตัว) $C_T = \frac{C_1C_2}{C_1+C_2}$

Concept.....

1) $\frac{1}{C_{รวม}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$
2) $V_{รวม} = V_1 + V_2$
3) $Q_{รวม} = Q_1 = Q_2$

.....การต่อแบบขนาน.....

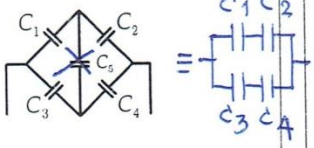


Concept.....

1) $C_{รวม} = C_1 + C_2$
2) $V_{รวม} = V_1 = V_2$
3) $Q_{รวม} = Q_1 + Q_2$

} วิเคราะห์

....การต่อแบบบริดจ์สมดุล....



Concept.....

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

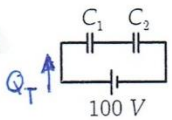
การเก็บสะสมประจุไฟฟ้าเป็นการสะสมพลังงานสถิตซึ่งพลังงานสะสมมีค่าเท่ากับ ค่าเฉลี่ยของประจุคูณกับความต่างศักย์ไฟฟ้า

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

Ex จงหาค่า

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

พยายามหา



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

$C_T = \frac{12(4)}{16} = 3\ \mu F$

$U_T = \Sigma U_i = U_1 + U_2 + U_3 + \ldots$

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

$Q_1 = Q_2 = Q_T$
$= 300\ \mu C$ #

2) $V_T = 100\ V$ #

$V_1 = \frac{Q_1}{C_1} = \frac{300\mu}{12\mu}$
$= 25\ V$ #

$V_2 = 75\ V$ #

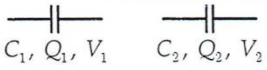
3) $U_T = \frac{1}{2} Q_T V_T$
$= \frac{1}{2}(300\mu)(100)$
$= 15{,}000\ \mu J$ #

$U_1 = \frac{1}{2} Q_1 V_1$
$= \frac{1}{2}(300\mu)25$
$= 3750\ \mu J$ #

$U_2 = \frac{1}{2} Q_2 V_2$
$= 11{,}250\ \mu J$ #

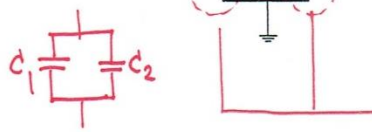
✳ **การต่อตัวเก็บประจุแบบพิเศษ (ต่อเพื่อการถ่ายเทประจุ)** → ต่อขนาน

ก่อนต่อ



ตัวเก็บประจุแต่ละตัวเก็บประจุ Q_1, Q_2 ตามลำดับ

หลังต่อ



เมื่อนำมาต่อลักษณะดังรูปทางซ้ายมือประจุจะเกิดการถ่ายเทจนกระทั่งเกิดความสมดุลของประจุ(ศักย์ไฟฟ้าเท่ากัน) สามารถคำนวณหาศักย์หลังการต่อได้ดังนี้

$$V_{รวม} = \frac{Q_1 + Q_2}{C_i + C_2}$$

เมื่อ $V_{รวม} = V_1' = V_2'$ ตอนหลัง

หลักของการถ่ายเทประจุ 1) ประจุรวมก่อนต่อ = ประจุรวมหลังต่อ

2) ศักย์ก่อนต่อ ≠ ศักย์หลังต่อ

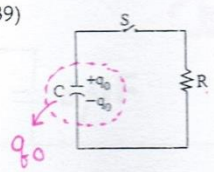
Ent 35 โลหะทรงกลมรัศมี 10 เซนติเมตร มีความจุไฟฟ้าเท่าใด ในหน่วย pF (picofarad)

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

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

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

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

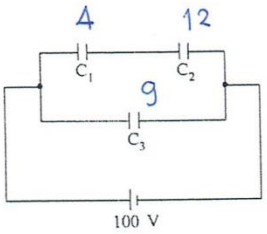


$U = \frac{1}{2}\frac{Q^2}{C}$
$= \frac{1}{2}\frac{q_0^2}{C}$

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

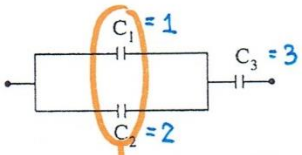


$C_T = 12\ \mu F$

$U_T = \frac{1}{2} C_T V_T^2$
$= \frac{1}{2}(12\mu)100^2$
$= 0.06\ J$ #

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

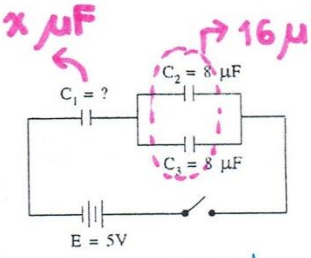


$1+2=3$

$C_T = \frac{3 \cdot 3}{3+3}$
$= \frac{3}{2} = 1\frac{1}{2}\ \mu F$ #

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

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

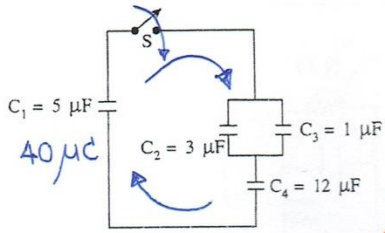


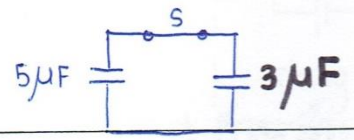
$Q_T = 40\ \mu C$

$Q_T = C_T V_T$
$40\mu = \left(\frac{16x}{16+x}\mu\right)5$
$16+x = 2x$
$x = 16$ #

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

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

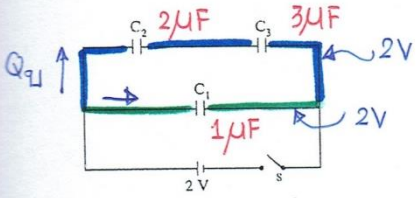




$V_T = V_{ซ้าย} = V_{ขวา}$
$V_T = \frac{Q_1+Q_2}{C_1+C_2} = \frac{(40+0)\mu}{(5+3)\mu}$
$V_T = 5\ V$ #

$Q_1' = C_1' V_1'$
$= (5\mu)(5)$
$= 25\ \mu C$ #

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



สายบน: $Q=CV$

$Q_2=\left(\frac{6}{5}\mu\right)2$

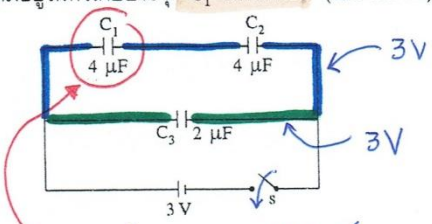
$=\frac{12}{5}\ \mu C$

$U_2=\frac{1}{2}\frac{Q^2}{C}$

$=\frac{1}{2}\left(\frac{12}{5}\mu\right)^2\frac{1}{2\mu}$

$=1.44\ \mu J$ #

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

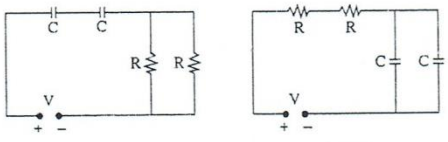
$\therefore V_1=1.5$ V.

$U_1=\frac{1}{2}\left[4\times10^{-6}\right]1.5^2$

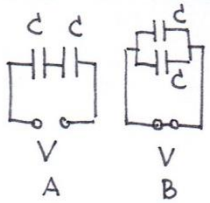
$=4.5\times10^{-6}$ J #

$U=\frac{1}{2}QV=\frac{1}{2}CV^2=\frac{1}{2}\frac{Q^2}{C}$

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

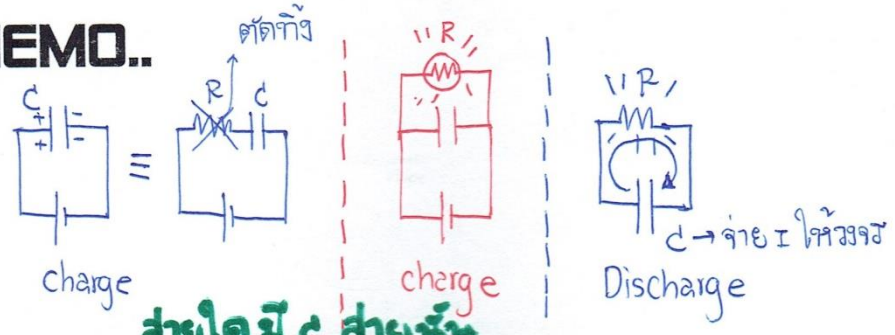


1. $\frac{1}{4}$ เท่า
2. $\frac{1}{2}$ เท่า
3. 2 เท่า
4. 4 เท่า



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

MEMO..



สายใดมี C สายนั้น I ไม่ผ่าน ($R_C\approx\infty$)

Chapter 2 Electricity

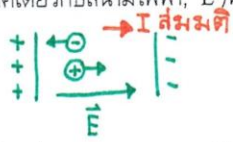
(ออกสอบเยอะ)

กระแสไฟฟ้า (I) และ การนำไฟฟ้าในอุปกรณ์พื้นฐานต่างๆ

① **กระแสไฟฟ้า (I)** พิจารณาเป็น 2 ชนิดกล่าวคือ

1) กระแสจริง : เป็นกระแสไฟฟ้าที่มีทิศทางการเคลื่อนที่ไปทางเดียวกับประจุลบ บางครั้งเรียกว่ากระแสอิเล็กตรอน

2) กระแสสมมติ : เป็นกระแสไฟฟ้าที่มีทิศทางการเคลื่อนที่ไปทางเดียวกับ ประจุบวก (ทิศเดียวกับสนามไฟฟ้า, $\vec{E}$)หรือมีทิศตรงข้ามกับประจุลบ เป็นกระแสตามสากลนิยมที่ใช้ในการคำนวณวิเคราะห์วงจรต่างๆ



② **การนำไฟฟ้าในตัวกลางต่างๆ**

1) **การนำไฟฟ้าในโลหะ** : เกิดจาก e^- อิสระโดยเมื่อไม่ต่อกับความต่างศักย์ e^- จะเคลื่อนที่แบบ Brownian แต่ถ้าต่อกับความต่างศักย์ e^- จะเคลื่อนที่แบบมีความเร็วเรียก ความเร็วนี้ว่า ความเร็วลอยเลื่อน (Drift Velocity)

2) **การนำไฟฟ้าในหลอดสุญญากาศ (หลอดไดโอด)** : เกิดจาก e^- อิสระโดยต้องให้พลังงานความร้อนแก่ขั้ว Cathode จึงทำให้ e^- หลุดวิ่งไปยังขั้ว Anode ได้

3) **การนำไฟฟ้าในหลอดโฟโตอิเลกทริก** : เกิดจาก e^- อิสระแต่ใช้พลังงานแสงเป็นตัวให้พลังงานเพื่อให้ e^- หลุดออกมาได้

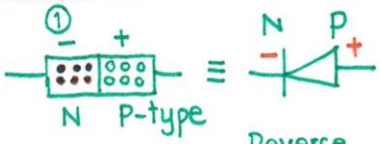
4) **การนำไฟฟ้าในหลอดบรรจุแก๊ส** : เกิดจาก e^- อิสระและไอออนบวก (ที่เกิดจากการแตกตัวของโมเลกุลแก๊สที่บรรจุลงไป)

5) **การนำไฟฟ้าในสารละลายอิเล็กโตรไลต์** : เกิดจากไอออนบวกและไอออนลบ เช่น H_2SO_4, $NaOH$, $CuSO_4$ เป็นต้น

6) **การนำไฟฟ้าในสารกึ่งตัวนำ** (Semiconductor) : เกิดจาก e^- และโฮล (hole) โดยโฮลจะประพฤติตัวคล้ายประจุบวก

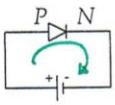
Si

③ **ไดโอด (Diode)** เป็นตัวตัดกระแสในวงจรกระแสตรงโดยบังคับให้กระแสไฟฟ้าไหลได้ทางเดียว ส่วนถ้าต่อในวงจร A.C. จะทำหน้าที่แปลง A.C. ให้เป็น D.C. เรียกว่า ไดโอดกำลัง



การต่อไดโอดในวงจรกระแสตรงมี 2 แบบ กล่าวคือ

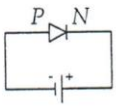
1. ต่อแบบไบอัสตรง (Forward bias)



$I \neq 0$

R ต่ำ

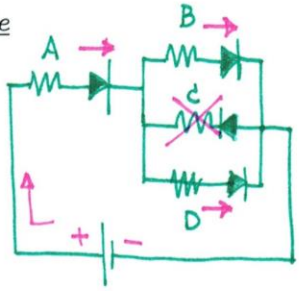
2. ต่อแบบไบอัสกลับ (~~Reward~~ bias)



$I = 0$

R สูง

Example



หลอดใดส่วางบ้าง

A ✓

B ✓

C ✗

D ✓

Ex 1 กระแสในข้อใดบ้างที่เกิดจากการเคลื่อนที่ของอนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าทั้งบวกและลบ

ก. หลอดฟลูออเรสเซนต์ ✓ ข. หลอดไฟฟ้าไส้ทังเสตน ✗

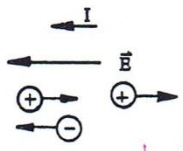
ค. สารละลายกรดกำมะถัน ✓ ง. ไดโอดสารกึ่งตัวนำ ✗

คำตอบที่ถูกต้องคือข้อใด

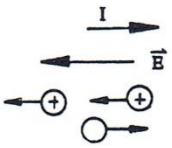
1. ก ข ค และ ง
2. ก ค และ ง
3. ค และ ง
4. คำตอบเป็นอย่างอื่น

Ex 2 กำหนดให้สนามไฟฟ้า $\vec{E}$ มีทิศทางดังรูป การเคลื่อนที่ของอนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าและทิศของกระแสไฟฟ้า I ที่เกิดขึ้นจะเป็นจริงดังรูปในข้อใด

1)

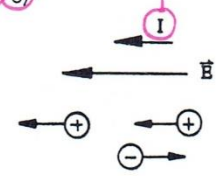


2)

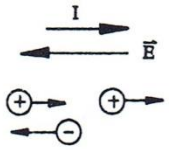


ส่มมติ

3)



4)



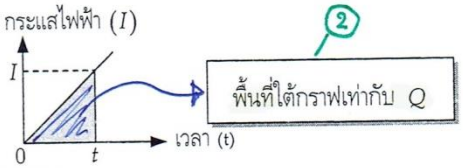
Ex 3 จงพิจารณาข้อความต่อไปนี้ ข้อใดถูกต้อง

1. เมื่อต่อแท่งโลหะกับแหล่งกำเนิดไฟฟ้า จะมีประจุไฟฟ้าบวกเคลื่อนไปยังขั้วลบ และประจุไฟฟ้าลบเคลื่อนไปยังขั้วบวก
2. ในการใช้งานไดโอดต้องต่อสาร P กับขั้วลบและต่อสาร N เข้ากับขั้วบวก จึงจะเกิดกระแสไหลผ่านไดโอด
3. เมื่อใช้โซเดียมคลอไรด์เป็นอิเล็กโตรไลท์ โซเดียมอิออนจะจับที่ขั้วลบ คลอไรด์อิออนจะจับที่ขั้วบวก
4. เมื่อต่อหลอดไฟโฆษณากับแหล่งกำเนิดไฟฟ้า จะมีเฉพาะประจุลบเคลื่อนที่ในทิศตรงข้ามกับสนามไฟฟ้า

กระแสไฟฟ้าในตัวนำต่างๆ และ ในลวดโลหะ

① **สมการคำนวณหาค่ากระแสไฟฟ้าในตัวนำใดๆ** $I = \frac{Q}{t}$ จะได้ $Q = It$

(นิยาม)



หลัก 1. การคิดค่า Q ในสูตรข้างต้น ไม่คิดเครื่องหมายของประจุ

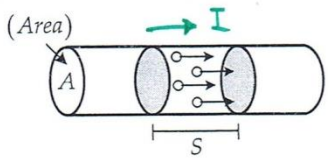
2. สามารถนำค่า Q ไปโยงในสมการ $Q = Ne$

3. ถ้าทำการ Plot กราฟระหว่าง I - t

โอ! $Q = It$ ① $Ne = It$ จ.น. e^- (ตัว)

↳ v ที่เป็นอัตราเร็วเฉลี่ย

② **การหากระแสในลวดโลหะ** พิจารณา e^- เคลื่อนที่ด้วยความเร็วลอยเลื่อน v ในเวลา t วินาที ผ่านพื้นที่หน้าตัด A ตารางเมตร



$I = nAve$ → 1.6×10^{-19} C

m^2 → m/s

เมื่อ n = ความหนาแน่น e^- (ตัว/ปริมาตร)

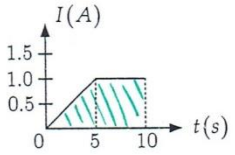
NOTE ในโลหะชนิดเดียวกันมีค่า n เท่ากัน

$I = nAve$
$Q = nAvet$
$N = vAnt$

Ex 4 กระแสไฟฟ้า I ที่ผ่านเส้นลวดโลหะเส้นหนึ่ง สัมพันธ์กับเวลา t ดังกราฟ จงหาปริมาณประจุไฟฟ้าทั้งหมดที่ผ่านพื้นที่หน้าตัดของเส้นลวดโลหะนี้ ในช่วงเวลา 0 ถึง 10 วินาที (Ent Oct'41)

Q = ?

1. 5.0 C
2. 6.25 C
3. 7.5 C
4. 8.75 C



Q = Area

$= \frac{1}{2}(5)1 + 5(1)$

$= 7.5$ C #

$1\ mm^2 = 10^{-6}\ m^2$, $1\ cm^2 = 10^{-4}\ m^2$

Ex 5 ลวดโลหะเส้นหนึ่งมีพื้นที่ภาคตัดขวาง 1 ตารางมิลลิเมตร ถ้ามีกระแสไฟฟ้าจำนวนหนึ่งไหลผ่านลวดนี้ในเวลา 4 วินาที โดยขนาดความเร็วลอยเลื่อนของอิเล็กตรอนเท่ากับ 0.02 เซนติเมตรต่อวินาที จงหาปริมาณประจุไฟฟ้าที่เคลื่อนที่ผ่านลวดเส้นนี้ในเวลาดังกล่าว (กำหนดให้ความหนาแน่นอิเล็กตรอนอิสระของโลหะชนิดนี้เท่ากับ 1.0×10^{29} ต่อลูกบาศก์เมตร และประจุไฟฟ้าของอิเล็กตรอนอิสระเท่ากับ 1.6×10^{-19} คูลอมบ์) (Ent'37)

A, v, n

1. 8.00 C
2. 10.2 C
3. 12.8 C
4. 16.0 C

$Q = nAvet$

$= 10^{29}(1\times10^{-6})(0.02\times10^{-2})(1.6\times10^{-19})4$

$= 12.8$ C #

I/A

Ex 6 ลวดตัวนำโลหะขนาดสม่ำเสมอมีปริมาณกระแสต่อหน่วยพื้นที่เท่ากับ 1.0×10^{-6} แอมแปร์/ตารางเมตร และความหนาแน่นของอิเล็กตรอนอิสระเป็น 5.0×10^{28} /ลูกบาศก์เมตร จงหาขนาดของความเร็วลอยเลื่อนของอิเล็กตรอนอิสระในลวด

n

1. 1.25×10^{-16} m/s
2. 1.50×10^{-16} m/s
3. 1.75×10^{-16} m/s
4. 2.00×10^{-16} m/s

$I = nAve$

$v = \frac{I}{nAe}$

$= \frac{1\times10^{-6}}{5\times10^{28}(1.6\times10^{-19})}$

$= 1.25\times10^{-16}$ m/s #

กฎของโอห์ม (Ohm's law) และ การคำนวณค่าความต้านทาน

① **กฎโอห์ม** กล่าวว่า " ที่อุณหภูมิคงตัว กระแสไฟฟ้าที่ผ่านตัวนำโลหะ จะมีค่าแปรผันตรงกับความต่างศักย์ระหว่างปลายทั้งสองของตัวนำโลหะนั้น "

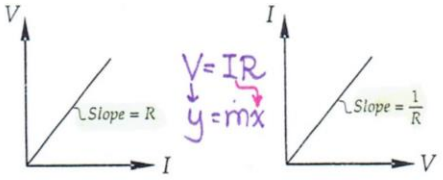
V A Ω

$V = IR$

I R → แรงดันไฟฟ้า

V

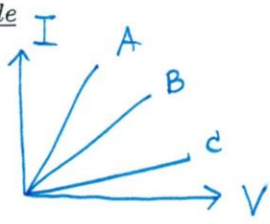
กราฟการวิเคราะห์



NOTE ผลการทดลองที่เป็นไปตามกฎของโอห์มเมื่อ Plot กราฟระหว่าง I - V จะต้องได้กราฟ Linear ผ่านจุด Origin เสมอ

(เส้นลวดโลหะ เป็นไปตามกฎโอห์ม)

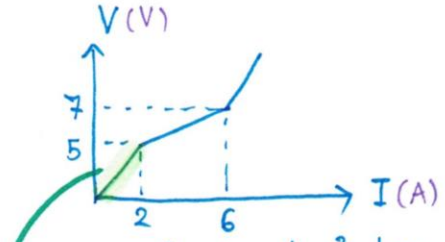
Eample



จงเรียงลำดับ ความต้านทาน

$m_A > m_B > m_C$

$\therefore R_A < R_B < R_C$

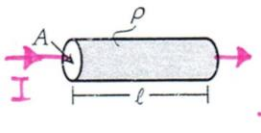


จงหา R ในช่วง ohm's law

R=slope

$= \frac{5}{2} = 2.5\ \Omega$ #

② **การหาค่าความต้านทานของลวดโลหะ**



$R = \rho\frac{\ell}{A}$ (Ω, m, m^2) $\quad G = \frac{1}{R} \quad \sigma = \frac{1}{\rho}$

↳ โลหะเดียวกัน ρ เท่า

เมื่อ R = ความต้านทาน (โอห์ม, Ω) , ρ = สภาพต้านทาน (Ω - m) , A = พื้นที่หน้าตัด (m^2)

G = ความนำไฟฟ้า (ซีเมนต์, Sm) , σ = สภาพนำไฟฟ้า (Sm/m)

NOTE ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความต้านทานกับความหนาแน่น (Density, D)

$R = \rho\frac{\ell}{A}\times\frac{\ell}{\ell} = \rho\frac{\ell^2}{V}$ จาก $\left(D = \frac{m}{V}\right)$ จะได้ว่า $R = \rho\frac{\ell^2 D}{m}$ สรุปว่า $R \propto D$

$A = \pi r^2 = \pi \frac{d^2}{4}$

③ การเปรียบเทียบความต้านทาน

CASE 1 เปรียบเทียบลวดต่างชนิดกัน หรือ ลวดชนิดเดียวกันแต่ต่างขนาด

$$\frac{R_2}{R_1} = \left(\frac{\rho_2}{\rho_1}\right)\left(\frac{\ell_2}{\ell_1}\right)\left(\frac{A_1}{A_2}\right)\left(\frac{d_1}{d_2}\right)^2$$

เมื่อ d = เส้นผ่านศูนย์กลาง (เมตร)

$R = \rho \frac{l}{A}$

CASE 2 การ ยืด – หด เส้นลวด หรือ ดึง – รีด เส้นลวด

หลัก ปริมาตรก่อนการยืด = ปริมาตรหลังการยืด

$$A_1 L_1 = A_2 L_2$$

$$\frac{R_2}{R_1} = \left(\frac{\ell_2}{\ell_1}\right)^2 = \left(\frac{A_1}{A_2}\right)^2 = \left(\frac{d_1}{d_2}\right)^4$$

R V t

Ex 7 ตัวต้านทานไฟฟ้ามีความต้านทาน 6 กิโลโอห์ม ต่อเข้ากับแบตเตอรี่ 12 โวลต์ ภายในเวลา 20 นาทีจะมีประจุไฟฟ้าเคลื่อนที่ผ่านพื้นที่หน้าตัดของตัวต้านทานนี้เท่าใด (Ent'38)

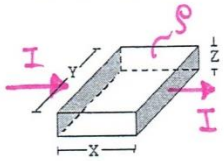
Q = ?

1. 2.4 C
2. 24 C
3. 40 C
4. 240 C

$Q = It = \left(\frac{V}{R}\right)t = \frac{12}{6\times10^3}(20\times60) = 2.4\ C$ #

Ex 8 วัสดุชิ้นหนึ่งมีขนาดกว้าง X ยาว Y หนา Z มีสภาพต้านทาน ρ ความต้านทานระหว่างผิวที่แรเงามีค่าเท่าใด (Ent'40)

1. $\frac{\rho X}{YZ}$
2. $\frac{\rho Y}{XZ}$
3. $\frac{\rho Z}{XY}$
4. $\frac{X}{\rho YZ}$



$R = \rho \frac{l}{A} = \rho \frac{X}{YZ}$

Ex 9 แท่งกราไฟต์มีสภาพต้านทาน 3.5×10^{-5} โอห์ม-เมตร มีความยาว 1 เซนติเมตร และเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 มิลลิเมตร เหล็กมีสภาพต้านทาน 1.0×10^{-7} โอห์ม-เมตร และมีเส้นผ่านศูนย์กลางเป็น 2 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางของแท่งกราไฟต์ ลวดเหล็กจะต้องยาวกี่เมตร จึงจะมีความต้านทานเท่ากับความต้านทานของแท่งกราไฟต์ (Ent'40 เติมคำ)

C
$\rho_1 = 3.5\times10^{-5}\ \Omega m$
$l_1 = 1\ cm$
$d_1 = 1\ mm$
R

Fe
$\rho_2 = 1\times10^{-7}\ \Omega m$
$d_2 = 2\ mm$
$l_2 = ?$
R

$l = \frac{\rho A}{\rho}$

$\frac{l_2}{l_1} = \frac{A_2}{A_1}\cdot\frac{\rho_1}{\rho_2}$ $\left(\frac{d_2}{d_1}\right)^2$

$\frac{l_2}{0.01} = \left(\frac{2}{1}\right)^2 \times \frac{3.5\times10^{-5}}{1\times10^{-7}} \rightarrow l_2 = 14\ m$ #

Ex 10 ลวดทองแดงขนาดสม่ำเสมอเส้นหนึ่งมีความยาว L ความต้านทาน R และสภาพต้านทาน ρ ถ้าตัดลวดเส้นนี้ออกเป็นสองเส้นเท่าๆ กัน ข้อความต่อไปนี้ข้อใดถูกต้อง (Ent'38)

$R = \rho \frac{L}{A}$

$R \propto L$

1. ลวดแต่ละเส้นจะมีความต้านทาน $2R$ และสภาพต้านทาน 2ρ
2. ลวดแต่ละเส้นจะมีความต้านทาน $2R$ และสภาพต้านทาน ρ
3. ลวดแต่ละเส้นจะมีความต้านทาน $R/2$ และสภาพต้านทาน $\rho/2$
4. ลวดแต่ละเส้นจะมีความต้านทาน $R/2$ และสภาพต้านทาน ρ

Ex 11 ถ้าต้องการนำทองแดงมวล m สภาพต้านทาน ρ ความหนาแน่น D มาดึงเป็นเส้นลวดขนาดสม่ำเสมอให้มีความต้านทาน R จะได้ความยาวของลวดทองแดงมีค่าเท่าใด (Ent Oct'41)

1. $\left(\frac{m\rho}{DR}\right)^{\frac{1}{2}}$
2. $\left(\frac{m\rho}{DR}\right)$
3. $\left(\frac{mR}{D\rho}\right)$
4. $\left(\frac{mR}{D\rho}\right)^{\frac{1}{2}}$

$R = \rho\frac{l}{A} \times \frac{l}{l}$

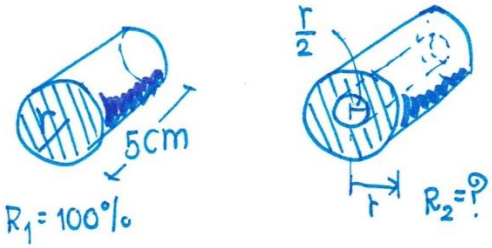
$R = \frac{\rho l^2}{V}$

$R = \frac{\rho l^2 D}{m}$

$l^2 = \frac{mR}{D\rho}$

$l = \sqrt{\frac{mR}{D\rho}}$ #

Ex 12 แท่งโลหะรูปทรงกระบอกตันเส้นหนึ่งยาว 5 เซนติเมตร ถ้าเจาะรูตรงกลางตามความยาวโดยตลอด โดยให้มีเส้นผ่านศูนย์กลางของรูเป็นครึ่งหนึ่งของเส้นผ่านศูนย์กลางของแท่งโลหะ ความต้านทานของแท่งโลหะที่เจาะรูจะเพิ่มขึ้นหรือลดลงกี่เปอร์เซ็นต์



$\therefore$ R เพิ่มขึ้น 33.33 %

$\frac{R_2}{R_1} = \frac{\rho_2}{\rho_1}\cdot\frac{l_2}{l_1}\cdot\frac{A_1}{A_2}$

$\frac{R_2}{100} = \frac{\pi r^2}{\pi r^2 - \pi(\frac{r}{2})^2} = \frac{4}{3}$

$R_2 = \frac{400}{3} = 133.33\%$

Ex 13 ลวดซึ่งมีความต้านทาน 6 โอห์ม ถูกรีดออกให้ยาวเป็น 4 เท่าของความยาวเดิม ถ้าสภาพต้านทานและความหนาแน่นของลวดนี้มีค่าคงเดิม จงหาความต้านทานใหม่ในหน่วยโอห์ม (Ent Oct'42 เติมคำ)

$l \to 4l$

$R_1 = 6\Omega$

$\frac{R_2}{R_1} = \left(\frac{l_2}{l_1}\right)^2$

$\frac{R_2}{6} = \left(\frac{4l}{l}\right)^2 \to R_2 = 96\ \Omega$ #

Ex 14 ลวดทองแดงรูปทรงกระบอกเส้นหนึ่งยาว 10 เซนติเมตร ถ้านำลวดเส้นนี้มาตีจนพื้นที่หน้าตัดเป็นรูปสี่เหลี่ยมด้านเท่าตลอดเส้น ถ้าวัดความยาวหลังตีแล้วได้ 11 เซนติเมตร อยากทราบว่าความต้านทานของลวดเส้นนี้จะเพิ่มขึ้นเป็นกี่เท่า

1. 1.25 เท่า
2. 1.21 เท่า
3. 1.15 เท่า
4. 1.10 เท่า

$l_1 = 10\,cm$ $l_2 = 11\,cm$

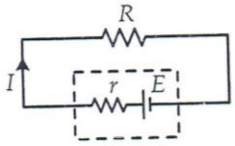
$\frac{R_2}{R_1} = \left(\frac{l_2}{l_1}\right)^2$

$= \left(\frac{11}{10}\right)^2$

$= 1.21$ #

กระแสไฟฟ้าในวงจร

① สมการการหาค่ากระแสรวมในวงจรใดๆ



ดังนั้น $I = \frac{E}{R+r}$ ถ้ามีการต่อ E และ R หลายค่า $I = \frac{\sum E}{\sum R + \sum r}$

E - แรงเคลื่อนไฟฟ้า (V), r - ความต้านทานภายในเซลล์ (Ω)

NOTE

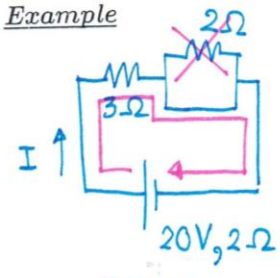
1. ถ้า $r = 0$ จะพบว่า $V_{ภายนอก} = E$

2. ถ้า $r \neq 0$ จะพบว่า $V_{ภายนอก} \neq E$

$V_R = 5V$ ↳ ความต้านทานภายนอกเซลล์

$V_R \neq 5V$ (ถูกแบ่งให้ 2Ω ด้วย)

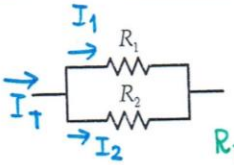
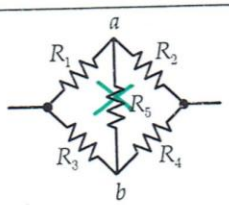
Example



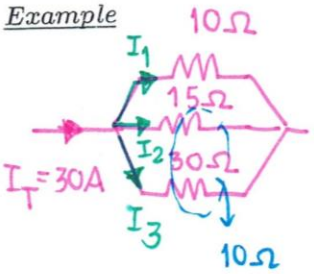
จงหา I

$I = \frac{E}{R+r} = \frac{20}{3+2} = 4\ A$

② การต่อความต้านทาน พิจารณาเป็น

1.1 ต่ออนุกรม (Series)	1.2 ต่อขนาน (Pararel)	1.3 ต่อบริดจ์ (Bridge)
		
$R_{รวม} = R_1 + R_2$ $I_{รวม} = I_1 = I_2$ $V_{รวม} = V_1 + V_2$	$R_T = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$ $\frac{1}{R_{รวม}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$ $I_{รวม} = I_1 + I_2$ $V_{รวม} = V_1 = V_2$ หา I แยกไหล	สนใจบริดจ์สมดุลโดย Check : $R_1 R_4 = R_2 R_3$ $V_a = V_b$ ดังนั้น I ไม่ผ่าน R_5 $R_{รวม} = (R_1$ อนุกรม $R_2) \,//\, (R_3$ อนุกรม $R_4)$

Example



$V_T = V_1 = V_2 = V_3$

$I_T R_T = I_1 R_1 = I_2 R_2 = I_3 R_3$

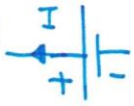
$30\,(5) = I_1\,(10) = I_2\,(15) = I_3\,(30)$

$I_1 = 15\ A$

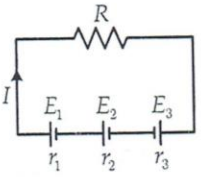
$I_2 = 10\ A$

$I_3 = 5\ A$ #

③ **การต่อเซลไฟฟ้า** สนใจการต่อ 2 กรณี



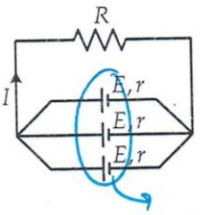
2.1 ต่ออนุกรม



$$E_{รวม} = |E_1 + E_2 - E_3|$$

$$r_{รวม} = r_1 + r_2 + r_3$$

2.2 ต่อขนาน



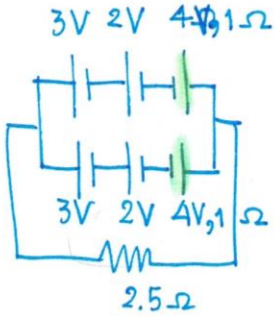
มีเงื่อนไขในการต่อดังนี้

1. E ทุกเซลต้องเท่ากัน
2. E ต้องหันไปทางเดียวกัน

$$E_{รวม} = E \text{ และ } r_{รวม} = \frac{r}{n}$$

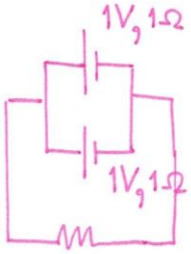
จากรูป

Example

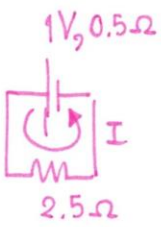


จงหา I ในวงจร

ก่อน



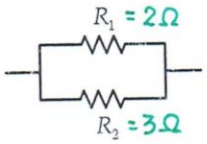
≡



$$I = \frac{1}{2.5+0.5} = \frac{1}{3}\ A$$ #

TIP&TRICK การพิจารณาค่า $R_{รวม}$ และการไหลของกระแส (I)

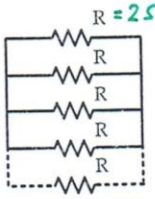
1.



$$R_{รวม} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

$R_T = \frac{6}{5}\ \Omega$ #

2.



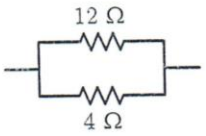
n แถว

9 แถว

$$R_{รวม} = \frac{R}{n}$$

$R_T = \frac{2}{9}\ \Omega$

3.

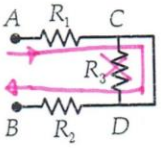


$$R_{รวม} = \frac{R_{มาก}}{\text{จำนวนเท่า} + 1}$$

$R_T = \frac{12}{3+1} = 3\ \Omega$ #

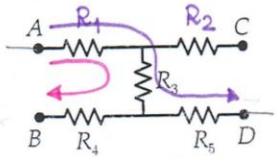
4. ทางใดที่ไม่มีความต้านทาน I ชอบไหลไปทางนั้น (ลัดวงจร)

short circuit



$R_{AB} =$ $R_1 + R_2$

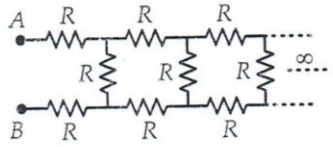
5. วงจรใดขาด I จะไม่ไหลไปทางนั้น



$R_{AB} =$ $R_1 + R_3 + R_4$

$R_{AD} =$ $R_1 + R_3 + R_5$

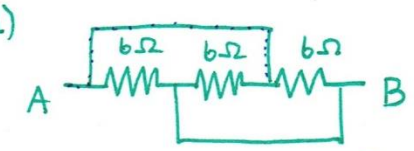
6. การต่อความต้านทานอินฟินิตี

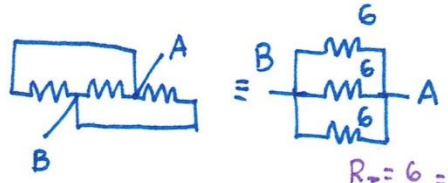


$R_{AB} =$ $(1+\sqrt{3})R$

Example จงคำนวณหาค่าความต้านทานรวมดังต่อไปนี้

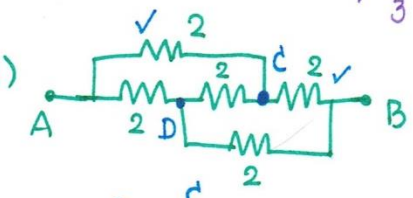
(1)

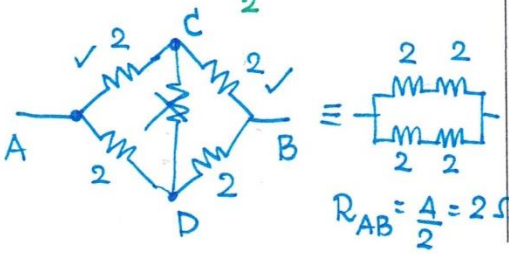




$R_T = \frac{6}{3} = 2\ \Omega$ #

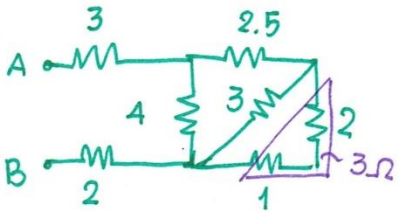
(2)

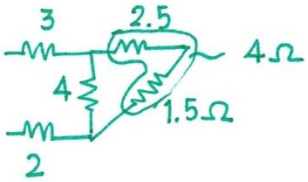


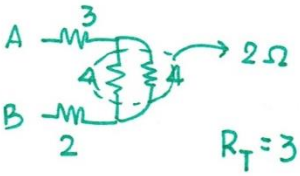


$R_{AB} = \frac{4}{2} = 2\ \Omega$ #

(3)



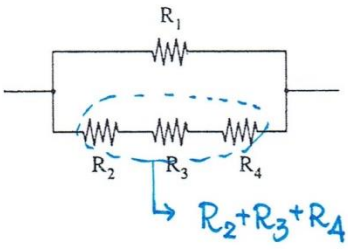




$R_T = 3+2+2 = 7\ \Omega$

Ex 15 ในการทดลองต่อตัวต้านทาน R_1, R_2, R_3 และ R_4 ดังรูป ถ้าจะให้ได้ค่าความต้านทานรวมต่ำสุด ค่า R_1, R_2, R_3, R_4 ควรมีค่าเป็นกี่โอห์มเรียงตามลำดับดังข้อใด (Ent'37)

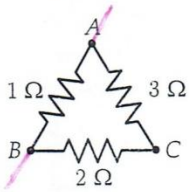
1. 40, 30, 20, 10
2. 30, 20, 10, 40
3. 20, 10, 40, 30
4. 10, 40, 30, 20



$$R_T = \frac{R_1(R_2+R_3+R_4)}{R_1+R_2+R_3+R_4}$$

$R_{T,min} \therefore R_{1,min}$

Ex 16 กำหนดให้ R_{AB}, R_{BC}, R_{AC} แทนค่าความต้านทานสมมูล (R รวม) ระหว่างปลาย A กับ B, B กับ C และ A กับ C ตามลำดับ จงหาค่า $R_{AB} : R_{BC} : R_{AC}$



$R_{AB} = \frac{5 \cdot 1}{5+1} = \frac{5}{6}$

$R_{BC} = \frac{2 \cdot 4}{2+4} = \frac{8}{6}$

$R_{AC} = \frac{3 \cdot 3}{3+3} = \frac{9}{6}$

$\therefore R_{AB} : R_{BC} : R_{AC} = 5 : 8 : 9$

การคำนวณวงจรไฟฟ้ากระแสตรงเบื้องต้น

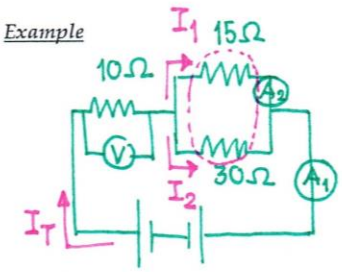
① การใช้กฎโอห์มเพื่อหาค่าตัวแปรย่อย V และ I ในวงจร → พยายามหาตามสาย

หลัก 1. ต้องหาค่า $I_{รวม}$ ให้ได้จากสมการ $I = \frac{E}{R+r}$

2. พิจารณาการแยกไหลของกระแสหรือค่าความต่างศักย์ในการต่อความต้านทานแบบต่างๆ และหาค่าตัวแปรย่อยๆ จากกฎของโอห์ม $V = IR$

} วิเคราะห์ + $V=IR$ (I แยกไหล)

Example



จงหาค่าจาก (A1), (A2), (V)

$I_T = \frac{E}{R+r} = \frac{6}{20+0} = 0.3$ A

$V_1 = V_2 = V_{12}$ (เฉพาะ: ชุดขนาน)

$I_1(15) = I_2(30) = 0.3(10)$

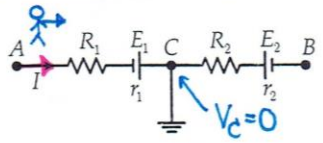
$I_1 = 0.2$ A

$I_2 = 0.1$ A

- Ammeter ต่ออนุกรม, $R_A \approx 0$
- Voltmeter ต่อขนาน, $R_V \approx \infty$

ดังนั้น (A1) = 0.3 A, (A2) = 0.2 A, $V = IR$
$= 0.3(10)$
$= 3$ V #

② การคำนวณความต่างศักย์ในส่วนของวงจร



$V_{ab} = \sum IR - \sum E$

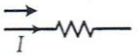
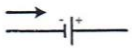
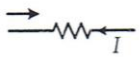
$V_{AB} = +I(R_1+r_1+R_2+r_2) - (+E_1 - E_2)$

$V = IR$

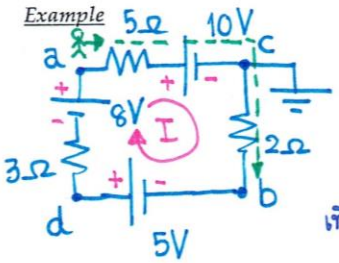
หลัก 1. หาค่า I และทิศทางการไหลในสายนั้นๆ ให้ได้ 2. การหา V_{ab} หมายถึงการเริ่มเดินจาก a ไป b

3. การคิดเครื่องหมายของ E และ I 4. การหาศักย์ไฟฟ้า ณ จุดใดๆ ให้เทียบจุดนั้นกับสายดิน

ทิศการเดิน

การคิด E		การคิด I	
	เดินเข้าบวก - E		เดินตามกระแส +I
	เดินเข้าลบ +E		เดินสวนกระแส -I

Example



จงหา V_{ab}, V_a, V_{ad}

Sol $I = \frac{E}{R+r} = \frac{5+8-10}{3+5+2} = 0.3$ A

- $V_{ab} = \Sigma IR - \Sigma E$ ($V_{ab} = V_a - V_b$)
$= +0.3(5+2) - (-10) = 12.1$ V #

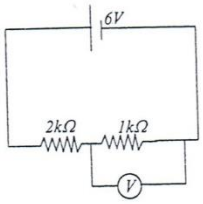
เทียบ ground

- $V_a = V_{ac} = \Sigma IR - \Sigma E$ ($V_a - V_c$, $V_c = 0$)
$= +0.3(5) - (-10) = 11.5$ V #

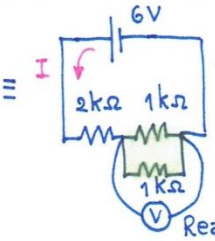
- $V_{ad} = \Sigma IR - \Sigma E = -0.3(3) - (-8) = 7.1$ V #

Ex 17 โวลต์มิเตอร์ V มีความต้านทาน 1.0 กิโลโอห์ม ต่ออยู่ในวงจรที่มีเซลล์ไฟฟ้า 6.0 โวลต์ (ไม่มีความต้านทานภายใน) และตัวต้านทานขนาด 2.0 กิโลโอห์ม และ 1.0 กิโลโอห์ม ดังรูป โวลต์มิเตอร์จะอ่านเท่าใด

1. 0.6 V
2. 1.2 V
3. 1.8 V
4. 2.0 V



≡



Read only

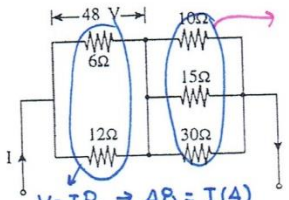
$I = \frac{E}{R+r} = \frac{6}{2.5k+0} = 2.4\times10^{-3}$ A

$V = IR = 2.4\times10^{-3}(0.5k)$

$= 1.2$ V #

Ex 18 ความต้านทานชุดหนึ่งต่อกันในวงจรที่มีกระแสผ่าน ดังรูป ถ้าความต่างศักย์ไฟฟ้าของตัวต้านทาน 6 โอห์มเท่ากับ 48 โวลต์ จงหาความต่างศักย์ไฟฟ้าคร่อมตัวต้านทาน 10 โอห์ม (Ent'37)

1. 60 V
2. 54 V
3. 48 V
4. 36 V



$V = IR \rightarrow 48 = I(4)$

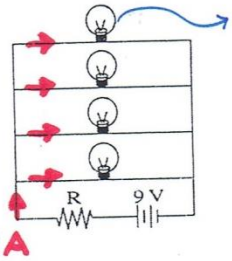
$I = 12$ A

$V = IR$

$= 12(5)$

$= 60$ V #

Ex 19 ถ้านำหลอดไฟขนาด 0.5 แอมแปร์ 2 โวลต์ และความต้านทาน R ดังรูป R มีค่าเท่าใดที่ทำให้หลอดไฟทั้ง 4 เปล่งแสงสว่างปกติ (ในหน่วยโอห์ม) (Ent'39 เติมคำ)

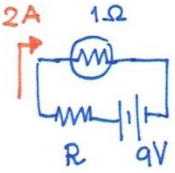


$I = 0.5$ A, $V = 2$ V } spec.

$V = IR$

$2 = 0.5R$

$R = 4\ \Omega$

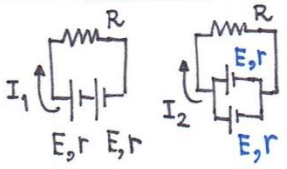


$2 = \frac{9}{(R+1)}$

$R = 3.5\ \Omega$ #

Ex 20 เซลล์ไฟฟ้า 2 เซลล์ต่างก็มีแรงเคลื่อนไฟฟ้า E โวลต์ และมีความต้านทานภายใน r โอห์ม เหมือนกัน เมื่อนำเซลล์ทั้งสองไปต่อกับตัวต้านทานภายนอกขนาด R โอห์ม พบว่าไม่ว่าจะต่อเซลล์แบบอนุกรมหรือแบบขนาน ก็จะได้กระแสผ่าน R เท่ากัน จงหาว่าความต้านทานภายใน r ต้องมีค่าเป็นกี่เท่าของ R (Ent Oct' 44)

1. 1.0
2. 0.5
3. 0.25
4. 0.12



$I_1 = I_2$

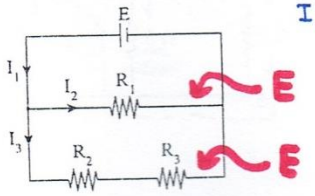
$\frac{2E}{R+2r} = \frac{E}{R+\frac{r}{2}}$

$2R + r = R + 2r$

$R = r$ #

Ex 21 จากรูปวงจรไฟฟ้า ประกอบด้วยเซลล์ไฟฟ้าที่มีแรงเคลื่อนไฟฟ้า E (ไม่มีความต้านทานภายใน) และตัวต้านทาน 3 ตัว มีค่า R_1, R_2 และ R_3 มีกระแสไฟฟ้าผ่านส่วนต่างๆ ของวงจรตามรูป สมการในคำตอบข้อใดผิด (Ent Oct'43)

1. $I_1 - I_2 - I_3 = 0$ ✓
2. $E - I_3R_2 - I_3R_3 = 0$
3. $E - I_2R_1 = 0$
4. $I_2R_1 + I_3R_2 + I_3R_3 = 0$

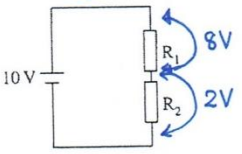


$I_1 = I_2 + I_3$

$E = I_2R_1 = I_3(R_2+R_3)$

Ex 22 วงจรแบ่งศักย์ไฟฟ้า ดังรูป ถ้าต้องการได้ความต่างศักย์ตกคร่อม R_2 เป็น 2.0 โวลต์ โดยให้มีกระแสผ่านไม่เกิน 2.5 มิลลิแอมแปร์ ควรใช้ R_1 และ R_2 ตามข้อใด (Ent Mar'42)

1. $R_1 = 80\ \Omega$ และ $R_2 = 20\ \Omega$
2. $R_1 = 900\ \Omega$ และ $R_2 = 300\ \Omega$
3. $R_1 = 4000\ \Omega$ และ $R_2 = 1000\ \Omega$
4. $R_1 = 15000\ \Omega$ และ $R_2 = 5000\ \Omega$



$I \le 2.5$ mA

$V_1 = IR_1$

$8 = (2.5\times10^{-3})R_1$

$R_1 = 3200\ \Omega$ —*

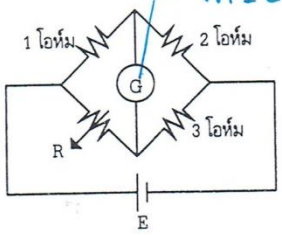
$V_2 = IR_2$

$2 = (2.5\times10^{-3})R_2$

$R_2 = 800\ \Omega$ —*

$I \downarrow\ R \uparrow$ $R_1 : R_2 = 4:1$

Ex 23 พิจารณาวงจรไฟฟ้าในรูป R เป็นตัวต้านทานที่ปรับค่าได้เมื่อปรับค่า R จนไม่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านกัลวานอมิเตอร์ (G) ความต้านทาน R จะมีค่ากี่โอห์ม (Quota' ขอนแก่น 40 ,เติมคำ)



วัด I & V แต่ตำๆ

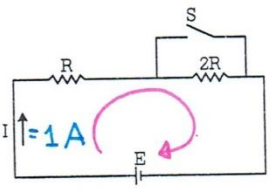
$1(3) = 2R$

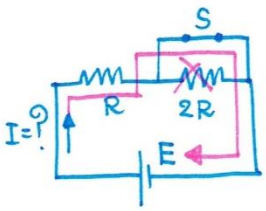
$R = 1.5\ \Omega$ #

คตพ. ปรับค่าได้

Ex 24 วงจรไฟฟ้าตามรูปมีกระแส I เท่ากับ 1 แอมแปร์ ถ้าสับสวิตช์ S ลง กระแส I จะเท่ากับเท่าใด (Ent Mar' 46)

1. 1 A
2. 2 A
3. 3 A
4. 4 A

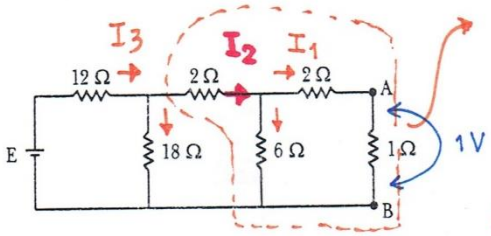




$I = \frac{E}{R+r} \rightarrow 1 = \frac{E}{3R}$ —① $I = \frac{E}{R}$ —② $\therefore I = 3$ A #

Ex 25 จากวงจรตามรูป ความต่างศักย์ระหว่างจุด A กับ B เป็น 1 โวลต์ จงหาค่าแรงเคลื่อนไฟฟ้า E ของเซลล์ไฟฟ้า (Pre – Ent ครั้งที่ 2' 44)

1. 6 V
2. 22 V
3. 28 V
4. 32 V



$V = IR$

$1 = I(1)$

$I_1 = 1$ A

$V_{12} = V_6 = V_T$

$1(2+1) = I_2(2)$

$I_2 = \frac{3}{2}$ A

$V_{กลุ่ม} = V_{18} = V_T$

$\frac{3}{2}(A) = I_3\left(\frac{4\cdot18}{4+18}\right)$

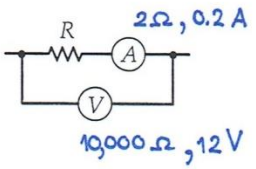
$I_3 = \frac{11}{6}$ A

จาก $I = \frac{E}{R+r}$

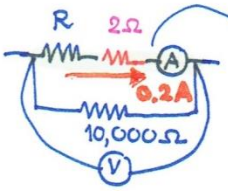
$\frac{11}{6} = \frac{E}{\left(\frac{36}{11}+12\right)}$

$E = 28$ V #

Ex 26 จากวงจรดังรูป กำหนดว่าความต้านทานภายในของแอมมิเตอร์เท่ากับ 2 โอห์ม และความต้านทานภายในของโวลต์มิเตอร์เท่ากับ 10,000 โอห์ม ถ้าแอมมิเตอร์ อ่านได้ 0.2 แอมแปร์ และโวลต์มิเตอร์อ่านได้ 12 โวลต์ ค่าความต้านทาน R ค่าเป็นกี่โอห์ม (Ent'38 เติมคำ)



≡



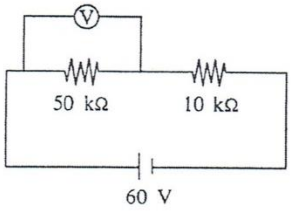
$V = IR$

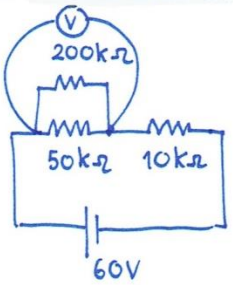
$12 = 0.2(R+2)$

$R = 58\ \Omega$ #

Ex 27 เซลไฟฟ้า 60 โวลต์ ไม่คิดความต้านทานภายในต่ออนุกรมกับตัวต้านทาน 50 กิโลโอห์มดังรูป ถ้าใช้โวลต์มิเตอร์ซึ่งมีความต้านทาน 200 กิโลโอห์ม วัดคร่อมตัวต้านทาน 50 กิโลโอห์ม โวลต์มิเตอร์จะอ่านค่าได้กี่โวลต์

1. 30
2. 48
3. 50
4. 58





$I = \frac{E}{R+r} = \frac{60}{50k+0} = \frac{6}{5k}$

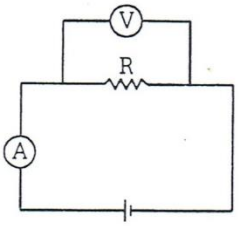
$V = IR$

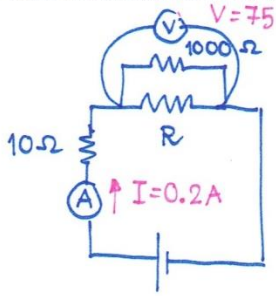
$= \frac{6}{5k}(40k)$

$= 48\ V$ #

Ex 28 จากวงจรดังรูป ค่าความต้านทานภายในของแอมมิเตอร์เท่ากับ 10 โอห์ม และความต้านภายในของโวลต์มิเตอร์เท่ากับ 1000 โอห์ม ถ้าแอมมิเตอร์อ่านได้ 0.2 แอมแปร์ และโวลต์มิเตอร์อ่านค่าได้ 75 โวลต์ ค่าความต้านทาน R มีค่าเป็นกี่โอห์ม

(Pre – Ent ครั้งที่ 2' 45)





$V = IR$

$75 = (0.2)\frac{1000R}{1000+R}$

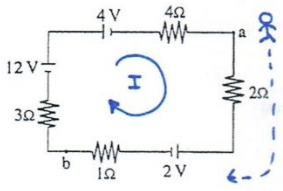
$75000 + 75R = 200R$

$R = 600\ \Omega$ #

1. 365
2. 375
3. 600
4. 610

Ex 29 พิจารณาวงจรไฟฟ้าดังรูป ขนาดความต่างศักย์ไฟฟ้าระหว่างจุด a และ b มีค่าเท่าใด (Ent'40)

1. 0.2 V
2. 3.8 V
3. 5.0 V
4. 7.4 V



$I = \frac{E}{R+r} = \frac{12-4-2}{3+4+2+1} = 0.6\ A$

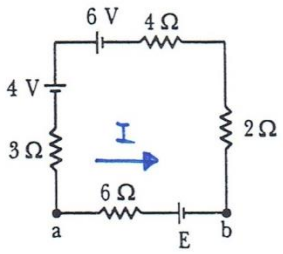
$V_{ab} = \Sigma IR - \Sigma E$

$= +0.6(2+1) - (-2)$

$= 3.8\ V$ #

Ex 30 จากวงจรไฟฟ้าตามรูป ค่าความต่างศักย์ระหว่างจุด a กับ b เท่ากับ 5 โวลต์ จงหาค่า E (Pre – Ent ครั้งที่ 1' 44)

1. 8 V
2. 7 V
3. 6 V
4. 3 V



$V_{ab} = \Sigma IR - \Sigma E$

$5 = \left(\frac{6-E-4}{15}\right)6 - (-E)$

$5 = \left(\frac{2-E}{5}\right)2 + E$

$25 - 5E = 4 - 2E$

$21 = 3E \rightarrow E = 7\ V$ #

กำลังไฟฟ้าและพลังงานไฟฟ้า

① **พลังงานไฟฟ้า (W)** คือ พลังที่สิ้นเปลืองไปในการเคลื่อนที่ปริมาณไฟฟ้า Q คูลอมบ์ ระหว่างจุดซึ่งมีความต่างศักย์ V โดย

$$W = QV = ItV = I^2Rt = \frac{V^2}{R}t$$

เมื่อ W = พลังงานที่เสียไป (จูล, J) มักเปลี่ยนเป็นพลังงานความร้อน

② **กำลังไฟฟ้า** คือ อัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ถูกเปลี่ยนไปในหนึ่งหน่วยเวลา

$$P = \frac{W}{t} = IV = I^2R = \frac{V^2}{R}$$

เมื่อ P = กำลังไฟฟ้า (วัตต์, Watt)

③ **การคิดค่ากระแสไฟฟ้า** : ให้คิดจากปริมาณการใช้ **พลังงานไฟฟ้า** ทั้งหมดในช่วงเวลาใดเวลาหนึ่ง โดยคิดจากสมการ

$W = Pt$ เมื่อ W = พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ หน่วย ยูนิต (Unit) ; P = กำลังไฟฟ้า หน่วย กิโลวัตต์ (kW)

t = เวลาที่ใช้ทั้งหมด หน่วย ชั่วโมง (hr)

1000 W, 220V

NOTE

1. ค่าพลังงาน 1 HP = 746 Watt
2. การเลือกใช้ Fuse ในวงจรใดให้ดูจาก ปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านในวงจร โดยขนาดฟิวส์ คือ ขนาดกระแสไฟฟ้ามากที่สุดที่ผ่านฟิวส์ได้โดยฟิวส์ไม่ขาด

3) Spec เครื่องใช้ : บอก P, V, I ⇒ ไปหา R

4) ไฟตก : R คงที่ (เปลี่ยนค่าหมด)

R V

Ex 31 หลอดไฟฟ้าหลอดแรกมีความต้านทาน 4 โอห์ม ต่อกับแบตเตอรี่ 12 โวลต์ หลอดที่สองมีความต้านทาน 5 โอห์มต่อกับแบตเตอรี่ 15 โวลต์ กำลังไฟฟ้าที่หลอดทั้งสองใช้ต่างกันเท่าใด (Ent'37)

1. 3 W
2. 9 W
3. 11 W
4. 22 W

$P_1 = \frac{V^2}{R} = \frac{144}{4} = 36\ W$

$P_2 = \frac{15^2}{5} = 45\ W$

$\Delta P = 9\ W$

P V t

Ex 32 หลอดไฟขนาด 80 วัตต์ ถูกนำมาใช้งานด้วยความต่างศักย์ 220 โวลต์ เป็นเวลานานครึ่งชั่วโมง จงคำนวณค่าพลังงานไฟฟ้าที่เปลี่ยนไปเป็นความร้อนและแสง (Ent'39)

1. 2.4 kJ
2. 4.8 kJ
3. 17.6 kJ
4. 144.0 kJ

$W = Pt$

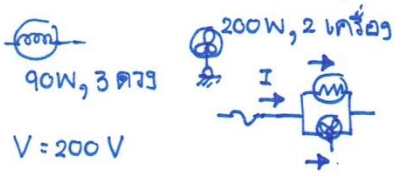
$= 80(30 \times 60)$

$= 144000$

$= 144\ kJ$ #

Ex 33 ห้องทำงานแห่งหนึ่งใช้ไฟฟ้าจากแหล่งกำเนิด 200 โวลต์ ภายในห้องมีหลอดไฟขนาด 90 วัตต์ 3 ดวง และพัดลมขนาด 200 วัตต์ 2 เครื่อง เพื่อป้องกันความเสียหายจากเกิดไฟฟ้าลัดวงจรควรมีฟิวส์ขนาดเล็กที่สุดเท่าใด

1. 2 แอมแปร์ 2. 3 แอมแปร์
3. 4 แอมแปร์ 4. 5 แอมแปร์

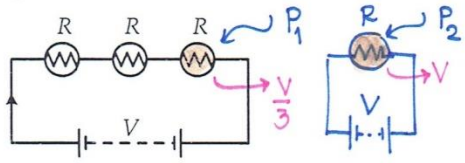


$P = IV$

$I_T = \frac{P}{V} = \frac{P_1+P_2}{V}$

$= \frac{270+400}{200} = 3.35$ A

Ex 34 จงพิจารณาวงจรไฟฟ้าข้างล่างซึ่งมีหลอดไฟฟ้าเหมือนกันสามหลอดต่ออนุกรมกันอยู่ จงหาว่ากำลังไฟฟ้าที่เสียไปในแต่ละหลอดมีค่าเป็นกี่เท่าของเมื่อตอนที่มีหลอดต่ออยู่ในวงจรเพียงหลอดเดียว



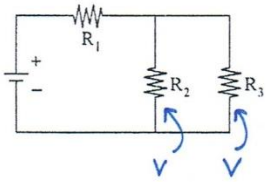
$P = IV = I^2R = \frac{V^2}{R}$

$\frac{P_1}{P_2} = \frac{(V^2/R)_1}{(V^2/R)_2} = \frac{(V/3)^2}{V^2} = \frac{1}{9}$ #

Ex 35 ตามวงจรดังรูป อัตราความร้อนที่เกิดขึ้นใน R_3 จะเป็นกี่เท่าของใน R_2 (Ent'39)

↳ P

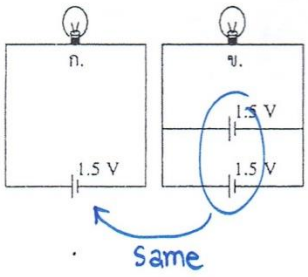
1. $\frac{R_3}{R_2}$ 2. $\frac{R_2}{R_3}$
3. $\left(\frac{R_3}{R_2}\right)^2$ 4. $\left(\frac{R_2}{R_3}\right)^2$



$\frac{P_3}{P_2} = \frac{(V^2/R)_3}{(V^2/R)_2} = \frac{R_2}{R_3}$ #

Ex 36 หลอดไฟ ก และ ข มีคุณสมบัติเหมือนกันทุกประการ ถ้านำมาต่อเข้ากับแรงเคลื่อนไฟฟ้าดังรูป ข้อใดถูกต้อง (Ent'39)

1. หลอดไฟ ก จะสว่างเป็น 0.25 เท่าของหลอดไฟ ข
2. หลอดไฟ ก จะสว่างเป็น 0.5 เท่าของหลอดไฟ ข
3. หลอดไฟ ก จะสว่างเท่ากับหลอดไฟ ข
4. หลอดไฟ ก จะสว่างเป็น 2 เท่าของหลอดไฟ ข



Ex 37 คนขับรถยนต์ท่านหนึ่งดับเครื่องยนต์แล้วลืมปิดไฟหน้ารถ 2 ดวงเป็นเวลานาน 10 นาที แบตเตอรี่ของรถยนต์ ซึ่งมีแรงเคลื่อน 12 โวลต์ จะต้องจ่ายไฟเท่าใดถ้าไฟหน้ากินกระแสดวงละ 5 แอมแปร์ (Ent'39)

1. 120 J
2. 1,200 J
3. 36,000 J
4. 72,000 J

$W = ?$ $V = 12$ V $t = 10$ min

I I I

$I = 5$ A

(ต่อขนาน)

$W = 2ItV$

$= 2(5)(10\times60)12$

$= 72{,}000$ J #

Ex 38 เครื่องใช้ไฟฟ้าในบ้านชนิด 100 วัตต์ 220 โวลต์ เมื่อนำมาใช้ขณะที่ไฟตกเหลือ 200 โวลต์ เครื่องใช้ไฟฟ้านั้นจะใช้กำลังไฟฟ้าเท่าใด

1. 78 วัตต์
2. 83 วัตต์
3. 88 วัตต์
4. 93 วัตต์

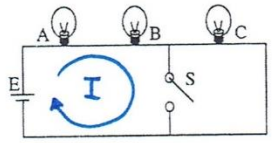
P_1 V_1 V_2 $P_2=?$

$R_1 = R_2$ $\quad P=\frac{V^2}{R}$

$\left(\frac{V^2}{P}\right)_1 = \left(\frac{V^2}{P}\right)_2$ $\quad \frac{220^2}{100} = \frac{200^2}{P_2}$

$P_2 = 83\ W$ #

Ex 39 จากวงจรที่กำหนดให้ หลอดไฟ A, B และ C มีลักษณะเหมือนกันทุกประการ ถ้าสับสวิตช์ S ข้อความต่อไปนี้ข้อใดถูก (Ent'40)



1. A B และ C สว่างเท่ากัน
2. A และ B สว่างน้อยลง C สว่างมากขึ้น
3. A และ B ดับ C สว่าง
4. A และ B สว่างมากขึ้น C ดับ

Ex 40 เตาไฟฟ้าขนาด 1200 วัตต์ เตาอบไมโครเวฟขนาด 900 วัตต์ และหม้อหุงข้าวไฟฟ้าขนาด 600 วัตต์ ถ้าใช้ทั้งสามเครื่องกับไฟฟ้า 200 โวลต์ พร้อมกันจะใช้กระแสไฟฟ้าเท่าใด (Ent'41)

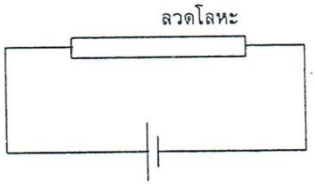
1. 8 A
2. 10 A
3. 12 A
4. 15 A

$I = \frac{P_T}{V_T} = \frac{1200+900+600}{200}$

$= 13.5\ A$

Ex 41 นำลวดโลหะเส้นหนึ่งต่อเข้ากับเซลล์ไฟฟ้าดังรูป พบว่าอัตราการสูญเสียพลังงานไฟฟ้าในลวดเป็นค่าหนึ่ง ถ้านำลวดเส้นนี้ไปรีดให้ยาวเพิ่มขึ้นเป็นสองเท่าโดยไม่ได้ตัดเนื้อโลหะออกเลย แล้วนำไปต่อกับเซลล์ไฟฟ้าเซลล์เดิม อัตราการสูญเสียพลังงานไฟฟ้าในลวดเส้นใหม่นี้จะเปลี่ยนแปลงอย่างไร (Ent Oct' 44)

$l \to 2l$ $\quad P=\frac{V^2}{R} \to$ คงที่



1. เท่าเดิมไม่เปลี่ยนแปลง
2. เพิ่มเป็นสองเท่า
3. ลดลงเหลือครึ่งหนึ่ง
4. ลดลงเหลือหนึ่งในสี่

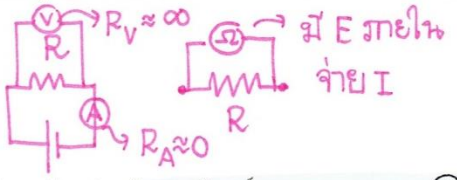
$\frac{P_2}{P_1} = \frac{R_1}{R_2} = \left(\frac{l_1}{l_2}\right)^2$

$= \left(\frac{l}{2l}\right)^2 = \frac{1}{4}$ #

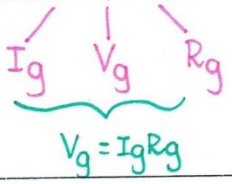
เครื่องมือวัดทางไฟฟ้า

เครื่องมือวัดทางไฟฟ้าที่เราสนใจมี แอมมิเตอร์(วัดกระแสไฟฟ้า), โวลต์มิเตอร์(วัดความต่างศักย์) และโอห์มมิเตอร์(วัดความต้านทาน) โดยจะต้องทราบว่าเครื่องมือแต่ละ

- สร้างอย่างไร
- ใช้งานอย่างไร



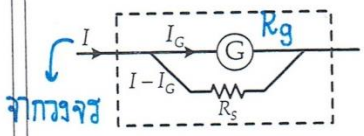
นอกจากนี้ จะพบว่าการสร้างเครื่องมือแต่ละชนิด อาศัยการดัดแปลง กัลวานอมิเตอร์ (Galvanometer, —Ⓖ—) มาใช้งานซึ่งจะต้องทราบข้อมูลพื้นฐานของ —Ⓖ— บางอย่างด้วย



1. ค่า I_g = ค่ากระแสสูงสุดที่กัลวานอมิเตอร์ทนได้
2. ค่า R_g = ค่าความต้านทานของกัลวานอมิเตอร์
3. ค่า $V_g \Rightarrow V_{max}$ ที่ Ⓖ ทนได้

* สายใดมี @ สายนั้น I_g *

Ammeter



วงจร

การสร้าง : ทำได้โดยการนำความต้านทานที่เรียกว่า ชันต์ (shunt, R_s) มาต่อขนานกับกัลวานอมิเตอร์เพื่อแบ่งแยกกระแส

สมการการคำนวณ : ใช้หลักวงจร

$$V_{บน} = V_{ล่าง}$$

$$I_g R_g = (I - I_g) R_s$$

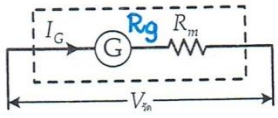
การนำไปใช้งาน : นำแอมมิเตอร์ไปต่ออนุกรมในวงจร

สร้างขนาน

ใช้งานอนุกรม

$R_S << R_g$

Voltmeter



การสร้าง : ทำได้โดยการนำความต้านทานที่เรียกว่า มัลติพลายเออร์ (multiplier, R_m) มาต่ออนุกรมกับกัลวานอมิเตอร์

สมการการคำนวณ : ใช้หลักวงจร

$$V_{วัด} = V_{เครื่องมือ}$$

$$V_{วัด} = I_g (R_g + R_m)$$

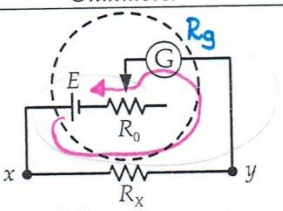
การนำไปใช้งาน : นำโวลต์มิเตอร์ไปต่อขนานในวงจร

สร้างอนุกรม

ใช้งานขนาน

$R_m >> R_g$

Ohmmeter



การสร้าง : ทำได้โดยการนำความต้านทานที่ปรับค่าได้ (rheostat) มาต่ออนุกรมกับกัลวานอมิเตอร์ ดังรูปข้างต้น

สมการคำนวณ : พิจารณาเป็น

x - y ไม่แตะกัน $\Rightarrow$ I = 0

x - y แตะกัน $\Rightarrow$ $I = \dfrac{E}{R_0 + R_g}$

x - y ต่อ R ภายนอก $\Rightarrow$ $I = \dfrac{E}{R_0 + R_g + R_x}$

การนำไปใช้งาน : นำไปคร่อมความต้านทานที่ต้องการวัดค่า

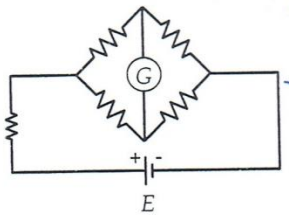
Ex 42 เพื่อป้องกันไม่ให้แกลวานอมิเตอร์ที่มีความไวสูงในเครื่องมือบริดจ์ดังรูป มีกระแสไหลเกินค่าปกติ ต้อง

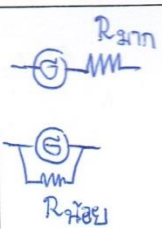
ก. ต่อความต้านทานที่มีขนาดใหญ่ขนานกับแกลวานอมิเตอร์

✓ ข. ต่อความต้านทานที่มีขนาดเล็กขนานกับแกลวานอมิเตอร์

✓ ค. ต่อความต้านทานที่มีขนาดใหญ่อนุกรมกับแกลวานอมิเตอร์

ง. ต่อความต้านทานที่มีขนาดเล็กอนุกรมกับแกลวานอมิเตอร์

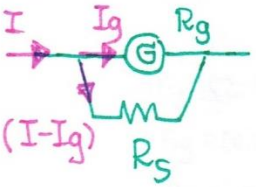




คำตอบที่ถูกต้องคือ (Ent'39)

1. ก หรือ ค
2. ก หรือ ง
3. ข หรือ ค
4. ข หรือ ง

Ex 43 กัลแวนอมิเตอร์เครื่องหนึ่งมีความต้านทาน 1 กิโลโอห์ม อ่านกระแสไฟฟ้าสูงสุดได้ 200 ไมโครแอมแปร์ ถ้าจะเปลี่ยนกัลแวนอมิเตอร์ให้เป็นแอมมิเตอร์ที่สามารถวัดกระแสสูงสุดได้ 200 มิลลิแอมแปร์ จะต้องใช้ชันต์ที่มีความต้านทานเท่าใด (Ent Oct'43)



1. 5 โอห์ม
2. 1 โอห์ม
3. 0.5 โอห์ม
4. 0.1 โอห์ม

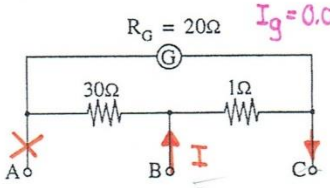
$I_g R_g = (I - I_g) R_S$; $R_S = ?$

$(200 \times 10^{-6})(10^3) = (200 \times 10^{-3} - 200 \times 10^{-6}) R_S$

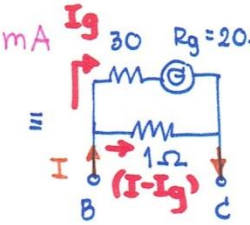
$200 \times 10^{-3} = (200 \times 10^{-3}) R_S$

$R_S = 1\ \Omega$

Ex 44 จากรูปแสดงวงจรแอมมิเตอร์ ซึ่งสร้างจากแกลแวนนอมิเตอร์ที่มีความต้านทาน 20 โอห์ม และกระแสไฟฟ้าสูงสุด 0.05 มิลลิแอมแปร์ ถ้าใช้ขั้ว B และ C วัดกระแสไฟฟ้า จะวัดได้มากที่สุดกี่มิลลิแอมแปร์ (Ent'37)



$I_g = 0.05$ mA



$V_{ขนาน} = V_{ล่าง}$

$I_g(30+20) = (I-I_g)(1)$

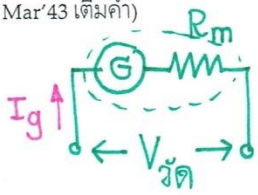
$0.05\times10^{-3}\times50 = I - 0.05\times10^{-3}$

$I = 2.55\times10^{-3}$

$I = 2.55$ mA #

Ex 45 โวลต์มิเตอร์เครื่องหนึ่งมีความต้านทาน 50 กิโลโอห์ม อ่านได้ 1 โวลต์ต่อหนึ่งช่องสเกล ถ้าต้องการให้โวลต์มิเตอร์อ่านได้ 5 โวลต์ต่อหนึ่งช่องสเกล จะต้องนำความต้านทานค่าเท่าใดในหน่วยกิโลโอห์มมาต่ออนุกรมกับโวลต์มิเตอร์นี้ V

(Ent Mar'43 เติมคำ)



$R_m = ?$

$V_{ขนาน} = V_{ล่าง}$

$I_g(R_g+R_m) = 5$

$\frac{V_g}{R_g}(R_g+R_m) = 5$

$\frac{1}{50k}(50k+R_m) = 5$

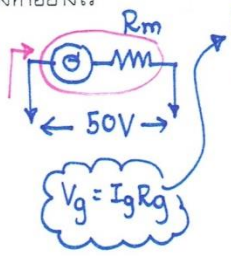
$50k + R_m = 250k$

$R_m = 200$ kΩ #

Rg Vg

Ex 46 โวลต์มิเตอร์เครื่องหนึ่งมีความต้านทาน 10×10^3 โอห์ม ปกติใช้วัดความต่างศักย์ได้สูงสุด 10 โวลต์ ถ้าต้องการนำโวลต์มิเตอร์เครื่องนี้ไปใช้วัดความต่างศักย์ที่มีค่าสูงสุด 50 โวลต์ จะต้องทำอย่างไร

1. นำตัวต้านทานขนาด 40×10^3 โอห์มมาต่ออนุกรม
2. นำตัวต้านทานขนาด 40×10^3 โอห์มมาต่อขนาน
3. นำตัวต้านทานขนาด 60×10^3 โอห์มมาต่ออนุกรม
4. นำตัวต้านทานขนาด 60×10^3 โอห์มมาต่อขนาน



$I_g(R_g+R_m) = 50$

$\frac{V_g}{R_g}(R_g+R_m) = 50$

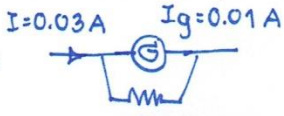
$\frac{10}{10^4}(10^4+R_m) = 50$

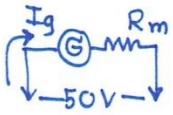
$10^4 + R_m = 5\times10^4$

$R_m = 4\times10^4\ \Omega$

Ex 47 กัลวานอมิเตอร์เครื่องหนึ่งมีกระแสไฟฟ้าสูงสุด 0.01 แอมแปร์ เมื่อนำชันต์ความต้านทาน 500 โอห์ม มาต่อขนานจะสามารถวัดกระแสได้สูงสุด 0.03 แอมแปร์ ถามว่าถ้าต้องการดัดแปลงกัลวานอมิเตอร์นี้ให้วัดความต่างศักย์สูงสุด 50 โวลต์ จะต้องต่อตัวต้านทานกี่โอห์ม และต่ออย่างไรกับกัลวานอมิเตอร์ (Pre – Ent ครั้งที่ 1' 45)

1. 4000 โอห์ม ต่ออนุกรม
2. 5000 โอห์ม ต่ออนุกรม
3. 4000 โอห์ม ต่อขนาน
4. 5000 โอห์ม ต่อขนาน





$I_gR_g = (I-I_g)R_S$

$0.01R_g = (0.03-0.01)500$

$R_g = 1000\ \Omega$

$50 = I_g(R_g+R_m)$

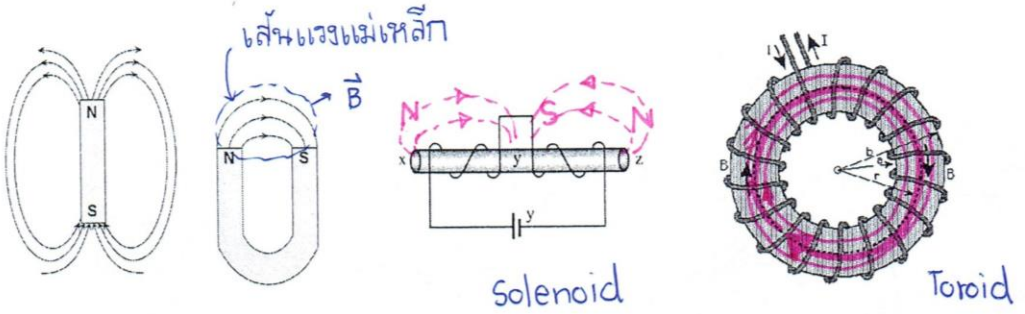
$50 = 0.01(1000+R_m)$

$R_m = 4000\ \Omega$ #

Chapter 3 Electromagnetism

ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับแม่เหล็ก

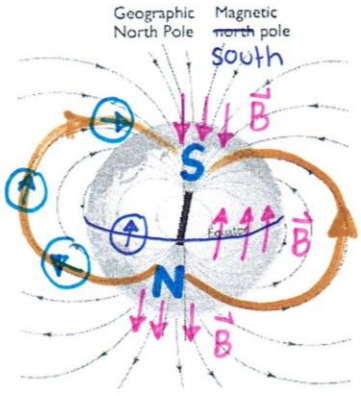
➲ **แม่เหล็ก** คือ สิ่งที่ออกแรงดึงดูดสารแม่เหล็กได้ปกติมี 2 ขั้ว แต่ทางปฏิบัติเราสามารถสร้างแม่เหล็กมากกว่า 2 ขั้ว ได้ หรือสร้างแม่เหล็กไม่มีขั้วก็ได้ (ไม่มี 1 ขั้ว)



แม่เหล็ก 2 ขั้ว แม่เหล็ก 3 ขั้ว แม่เหล็กไม่มีขั้ว

บริเวณใดที่มีเส้นแรงแม่เหล็ก กล่าวได้ว่า บริเวณนั้นมีสนามแม่เหล็ก ($\vec{B}$) ตัวอย่างเช่น สนามแม่เหล็กโลกมีลักษณะที่สำคัญดังนี้

- บริเวณเส้นศูนย์สูตร $\vec{B}$ จะขนานกับพื้นราบ
- บริเวณซีกโลกเหนือและซีกโลกใต้ $\vec{B}$ จะตั้งฉากกับพื้นราบ



➲ **เข็มทิศ** จะชี้ไปตามทิศทางของสนามแม่เหล็กเสมอ

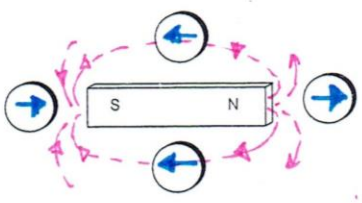


Fig 1

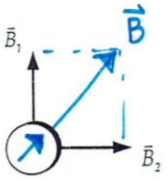


Fig 2

ระบุไม่ได้ ขึ้นกับ $\vec{B}_{ext}$ ภายนอก

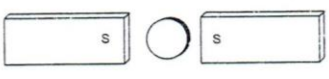
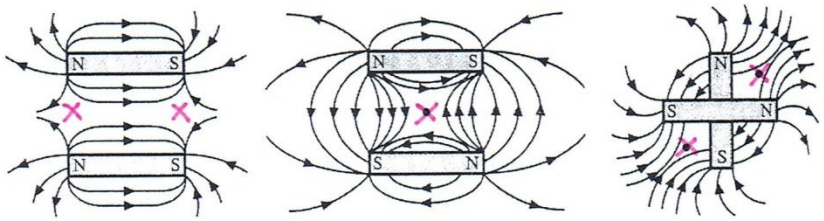


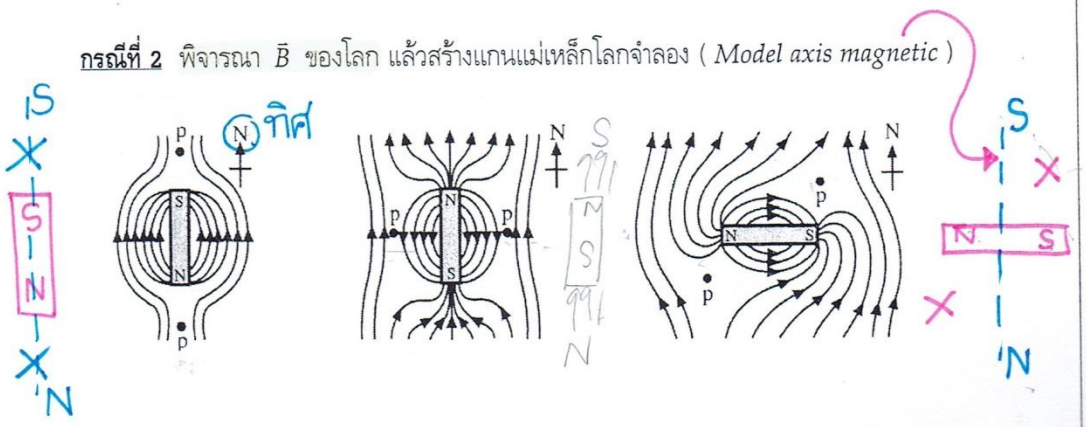
Fig 3

➲ **จุดสะเทิน** คือ จุดที่มี ***ค่าสนามแม่เหล็กลัพธ์เท่ากับศูนย์*** พิจารณา 2 กรณี ดังต่อไปนี้

กรณีที่ 1 ไม่พิจารณา $\vec{B}$ ของโลก



กรณีที่ 2 พิจารณา $\vec{B}$ ของโลก แล้วสร้างแกนแม่เหล็กโลกจำลอง (*Model axis magnetic*)

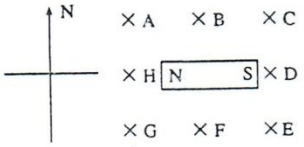


1. บริเวณใดบนพื้นโลกที่มีความเข้มของสนามแม่เหล็กตามแนวราบมากที่สุด

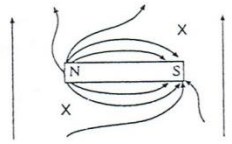
   1. แถบทวีปยุโรป 2. แถบเส้นศูนย์สูตร 3. แถบขั้วโลกเหนือ 4. แถบขั้วโลกใต้

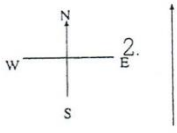
2. แท่งแม่เหล็กหนึ่งวางในสนามแม่เหล็ก ซึ่งสม่ำเสมอดังรูป ณ จุดใดบ้างที่สนามแม่เหล็กมีโอกาสจะเป็นศูนย์

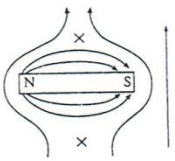
   C, G

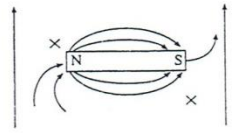


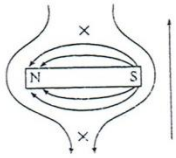
3. จงพิจารณาเลือกดูสนามแม่เหล็กรูปใดที่ถูกต้อง

1.


2.




3.


4.


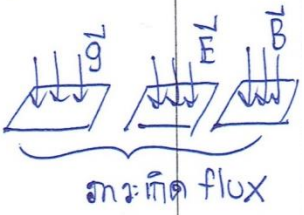
สนามแม่เหล็ก ($\vec{B}$, *Tesla*)

สนามแม่เหล็ก (ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก, ขนาดสนามแม่เหล็ก) คือ จำนวนเส้นแรงแม่เหล็ก (ฟลักซ์แม่เหล็ก) ที่ตกกระทบต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ที่รองรับในแนวตั้งฉาก โดยมีนิยามคือ

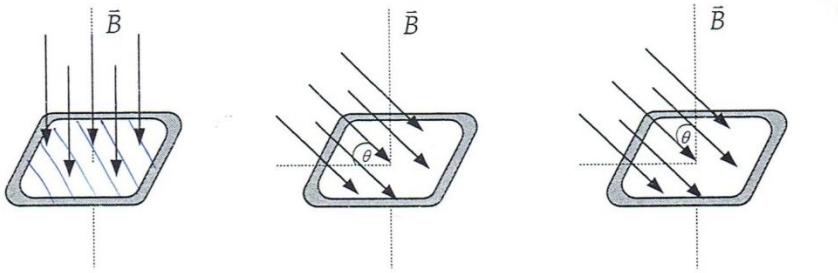
$B = \frac{\phi}{A}$ แต่นิยมจำในรูป $\boxed{\phi = BA}$ โดยมีเงื่อนไขการใช้สมการนี้ว่า $\vec{B} \perp A$

เมื่อ ϕ = ฟลักซ์แม่เหล็ก (เวเบอร์, Wb) , A = พื้นที่ระนาบที่ตั้งฉาก (m^2)

flux

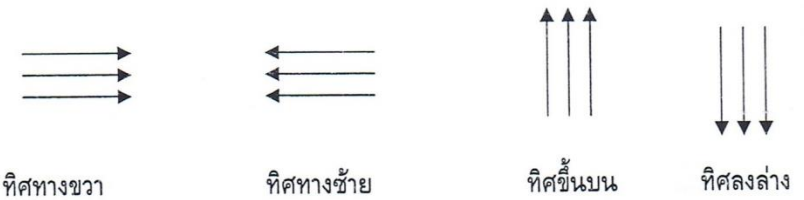


ต้องเกิด flux



$\phi = BA$ $\phi = (B\sin\theta)A$ $\phi = (B\cos\theta)A$

➲ สัญลักษณ์ แสดงทิศทางของสนามแม่เหล็กในเชิง 2 มิติ



ทิศทางขวา ทิศทางซ้าย ทิศขึ้นบน ทิศลงล่าง

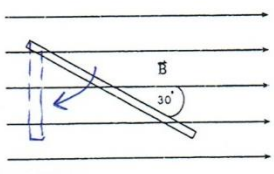
- $A = \pi r^2 = \frac{\pi d^2}{4}$
- $A_{sphere} = 4\pi r^2$
- $\phi = NBA$ ↳จ.น.รอบขดลวด

ทิศพุ่งเข้ากระดาษ ทิศพุ่งออกจากกระดาษ

A B

4. ขดลวดของมอเตอร์ไฟฟ้ามีพื้นที่หน้าตัด 0.4 m^2 วางอยู่ในสนามแม่เหล็ก 2 เทสลา โดยมีแนวระนาบของขดลวดทำมุม 30° กับสนามแม่เหล็กดังรูป จงคำนวณว่าฟลักซ์แม่เหล็กที่ผ่านขดลวดเท่ากับเท่าไร

$\phi_B = ?$

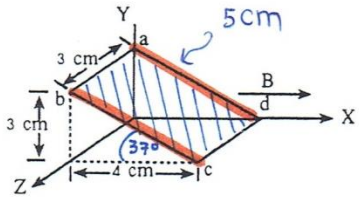


1. 1.0 *Weber*
2. 0.8 *Weber*
3. 0.6 *Weber*
4. 0.4 *Weber*

$\phi_B = B(A\sin\theta)$
$= 2(0.4\sin 30^\circ)$
$= 0.4$ Wb #

5. จงหาฟลักซ์แม่เหล็กที่ผ่านขดลวดสี่เหลี่ยมผืนผ้า *abcd* ถ้ามีสนามแม่เหล็ก B ขนาดสม่ำเสมอ 2 เทสลา ในทิศที่ขนานแกน x ดังรูป

1. $1.8 \times 10^{-3}\ Wb$
2. $2.4 \times 10^{-3}\ Wb$
3. $3.0 \times 10^{-3}\ Wb$
4. $5.0 \times 10^{-3}\ Wb$



5cm

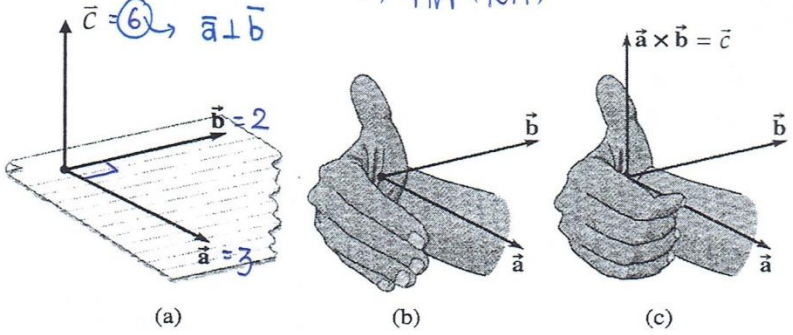
$\phi = B(A\sin 37^\circ)$
$= 2(0.03 \times 0.05 \times \frac{3}{5})$
$= 1.8 \times 10^{-3}$ Wb #

การดำเนินการของเวกเตอร์

การดำเนินการของเวกเตอร์มี 2 แบบกล่าวคือ

1) *Dot vector* เกิดจากการนำเวกเตอร์ 2 ตัว มาคูณกันในทิศทางเดียวกัน ผลลัพธ์จากการ *Dot* จะได้ปริมาณสเกลาร์ เช่น $W = \vec{F} \cdot \vec{S}$ แต่ในบทนี้ เราจะเน้นศึกษาการดำเนินการในข้อที่ 2)

2) *Cross vector* เกิดจากการนำเวกเตอร์ 2 ตัวที่ตั้งฉากกัน มาคูณกัน ผลลัพธ์จากการ *Cross* จะได้ปริมาณเวกเตอร์ตัวที่ 3 ซึ่งตั้งฉากกับเวกเตอร์ทั้งสองที่กำหนด → ขนาด → ทิศ (RH)



(a) (b) (c)

สัญลักษณ์ : $\bar{c} = \bar{a} \times \bar{b}$ โดย การหาผลลัพธ์ทำได้โดย

ขนาด : $c = ab$ เมื่อ $\bar{a} \perp \bar{b}$

$c = ab\sin\theta$ เมื่อ $\bar{a}$ ทำมุม θ กับ $\bar{b}$

ทิศ : เวกเตอร์ลัพธ์จะมีทิศทางตามกฎมือขวาของสกรู

1) นิ้วทั้ง 4 ชี้ไปตามเวกเตอร์เริ่มต้น คือ $\bar{a}$
2) หมุน $\bar{a}$ ไปหาหัวเวกเตอร์ $\bar{b}$
3) นิ้วโป้งที่กางออกจะแสดงทิศทางของเวกเตอร์ลัพธ์ $\bar{c}$

จงหาทิศ $\vec{C}$

1) $\vec{A}$ $\vec{B}$ → $\vec{C}$ ⊙

2) $\vec{A}$ ⊗ $\vec{B}$ → $\vec{C}$ ↓

3) $\vec{A}$ ⊙ $\vec{B}$ → $\vec{C}$ →

4) $\vec{A}$ ⊗ $\vec{B}$ → $\vec{C}$ ↓

แรงทางแม่เหล็ก

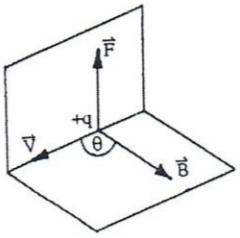
แรงทางแม่เหล็กที่สำคัญพิจารณา 2 ชนิด คือ

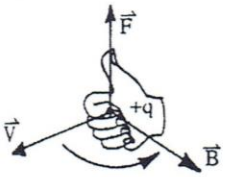
Type 1 **แรงแม่เหล็กที่กระทำต่อประจุ q ที่มีความเร็ว v วิ่งเข้าไปในสนามแม่เหล็ก $\vec{B}$**

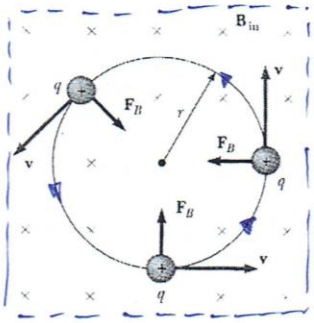
เมื่ออนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าวิ่งด้วยความเร็ว v เข้าไปในสนามแม่เหล็ก จะเกิดแรงกระทำต่ออนุภาคนั้น ทำให้อนุภาคนั้นเคลื่อนที่เป็น**วงกลม** พิจารณาแยกได้เป็น 3 กรณี กล่าวคือ

1.1) อนุภาคเคลื่อนที่โดยมี v ตั้งฉากกับทิศ $\vec{B}$ จะเกิดแรงลอเรนซ์ *(Lorentz force)* ตามสมการ

$\vec{v} \perp \vec{B}$







$$\vec{F} = q\vec{v} \times \vec{B}$$ (เข้าสู่ศ.ก.)

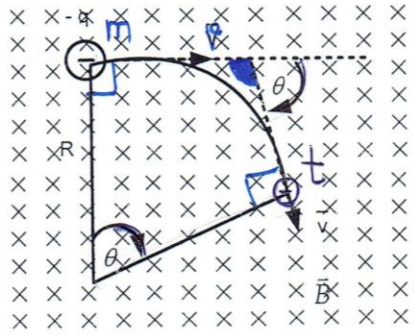
ขนาด : $F = qvB$ เมื่อ $\vec{v} \perp \vec{B}$ (1) ทิศของ F : ตามกฎมือขวาของสกรู $\vec{v} \times \vec{B}$

เมื่อ q = ประจุไฟฟ้า (C), v = ความเร็ว (m/s), B = สนามแม่เหล็ก (T)

$\alpha \rightarrow \oplus$
$\beta \rightarrow \ominus$
$\gamma \rightarrow$ กลาง
cosmic $\rightarrow \oplus$

Note สำหรับการหาทิศทางของ ***ประจุลบ*** เคลื่อนที่ ***ให้ใช้กฎมือซ้าย***

พิจารณารูปข้างล่างแล้ววิเคราะห์ดังต่อไปนี้



ประจุเคลื่อนที่เป็นวงกลม : $\sum F_c = ma_c$

$$qvB = \frac{mv^2}{R}$$

จะได้สูตรลัด

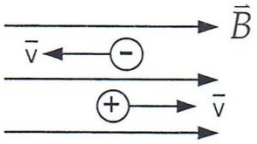
- $R = \frac{mv}{qB}$ (2)
- $T = \frac{2\pi m}{qB} \Rightarrow f = \frac{qB}{2\pi m}$ (3) $f = \frac{1}{T}$
- $\theta = \frac{qBt}{m}$ (4) rad.

เมื่อ R = รัศมีความโค้ง (m)

T = คาบ, เวลาที่เคลื่อนที่ครบ 1 รอบ (s)

θ = มุมเบี่ยงเบน (rad)

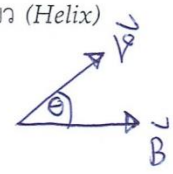
1.2) อนุภาคเคลื่อนที่โดยมี v ขนานกับทิศ $\vec{B}$ $\vec{v} \parallel \vec{B}$

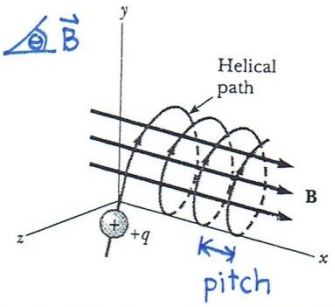


- จะไม่มีแรงแม่เหล็กมากระทำต่อประจุ ($F_B = 0$)
- ประจุจะเคลื่อนที่เป็นเส้นตรงไม่หยุดนิ่ง

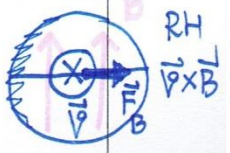
1.3) อนุภาคเคลื่อนที่โดยมี v ทำมุม θ กับทิศ $\vec{B}$ $\vec{v}$ θ $\vec{B}$

อนุภาคจะเคลื่อนที่เป็นรูปเกลียว *(Helix)* ในสนามแม่เหล็กนั้น



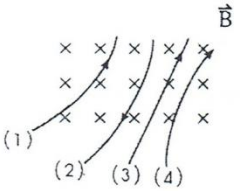


6. รังสีคอสมิกที่เป็นประจุบวกและพุ่งเข้าสู่ผิวโลก บริเวณเส้นศูนย์สูตรจะเบนไปทางทิศใดเมื่อจะถึงผิวโลก



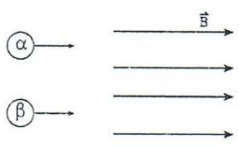
1. ตะวันออก
2. ตะวันตก
3. เหนือ
4. ใต้

7. อนุภาคสี่ตัวเคลื่อนที่ผ่านเข้าไปในบริเวณที่มีสนามแม่เหล็กตามทางเดินดังรูป ชนิดของประจุของแต่ละอนุภาคเรียงลำดับดังนี้



1. บวก บวก กลาง ลบ
2. บวก ลบ กลาง ลบ
3. ลบ บวก กลาง บวก
4. ลบ ลบ กลาง บวก

8. อนุภาคแอลฟาและอนุภาคบีตาเคลื่อนที่เข้า ไปในแนวขนานกับสนามแม่เหล็ก B ที่มีค่าสม่ำเสมอดังรูป การเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็กของอนุภาคทั้งสองจะเป็นอย่างไร $\vec{v} \parallel \vec{B}$



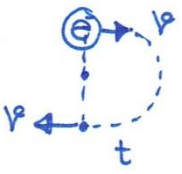
1. เป็นเส้นตรง
2. เป็นวงกลม โดยวิ่งวนคนละทางกัน
3. เป็นวงกลม โดยวิ่งวนทางเดียวกัน
4. เป็นรูปเกลียว

9. อิเล็กตรอนมวล m กิโลกรัม ประจุ e คูลอมบ์ เคลื่อนที่ด้วยความเร็ว v เมตร/วินาที เข้าไปในบริเวณสนามแม่เหล็กสม่ำเสมอขนาด B เทสลา ในทิศทางที่ตั้งฉากกับการเคลื่อนที่ ทำให้เกิดการเคลื่อนที่เป็นวงกลม อิเล็กตรอนจะเคลื่อนที่ได้กี่รอบ/วินาที ในสนามแม่เหล็กนั้น $T = \frac{2\pi m}{qB}$ $f = \frac{qB}{2\pi m} = \frac{eB}{2\pi m}$

1. $\frac{eB}{2\pi m}$
2. $\frac{2\pi m}{eBv}$
3. $\frac{2\pi m}{eB}$
4. $\frac{eBv}{2\pi m}$

10. อิเล็กตรอนมวล m กิโลกรัม เคลื่อนที่เข้าไปในบริเวณที่มีสนามแม่เหล็ก B เทสลา ในทิศตั้งฉากกับสนามแม่เหล็ก อยากทราบว่าจะต้องใช้เวลาอย่างน้อยเท่าไร ทิศทางการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนจึงจะมีทิศทางตรงกันข้ามกับทิศทางการเคลื่อนที่ เมื่ออิเล็กตรอนเริ่มเข้ามาในบริเวณสนามแม่เหล็ก (กำหนดให้ประจุของอิเล็กตรอนมีค่า q คูลอมบ์)

1. $\frac{qB}{2\pi m}$ วินาที
2. $\frac{qB}{4\pi m}$ วินาที
3. $\frac{\pi m}{qB}$ วินาที
4. $\frac{2\pi m}{qB}$ วินาที



$t = \frac{T}{2} = \frac{\left(\frac{2\pi m}{qB}\right)}{2} = \frac{\pi m}{qB}$ #

11. อิเล็กตรอนเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 100 เมตร/วินาที เข้าไปในสนามแม่เหล็ก ซึ่งมีค่า 0.1 เทสลา ในแนวตั้งฉากกับสนามแม่เหล็กนั้น กินเวลาเท่าใด ทิศทางของการเคลื่อนที่จึงจะเบนไปจากเดิม 60° (กำหนดให้มวลของอิเล็กตรอน = 9×10^{-31} กิโลกรัม)

1. 5×10^{-12} s
2. 6×10^{-11} s
3. 7×10^{-8} s
4. 8×10^{-9} s
5. 9×10^{-10} s

$\theta = \frac{qBt}{m}$

$t = \frac{\theta m}{qB} = \frac{\frac{\pi}{3} \times 9 \times 10^{-31}}{(1.6 \times 10^{-19}) \times 0.1} \approx 6 \times 10^{-11}$ s #

12. อนุภาคมวล m_1 และ m_2 มีประจุและความเร็วเท่ากันเคลื่อนที่ตั้งฉากกับสนามแม่เหล็กสม่ำเสมอ มวล m_1 และ m_2 เคลื่อนที่ตามแนวโค้งวงกลมรัศมี 0.5 เมตร และ 0.6 เมตรตามลำดับ มวล m_2 มีค่าเป็นกี่เท่าของมวล m_1

m_1 q, v $R_1 = 0.5$ m

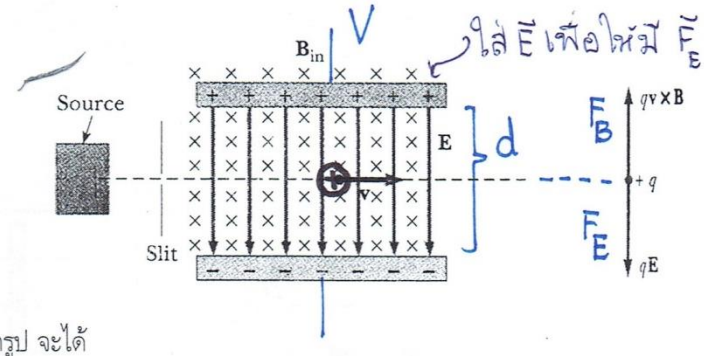
m_2 q, v $R_2 = 0.6$ m

$\frac{m_2}{m_1} = ?$ จาก $R = \frac{mv}{qB}$ $m \propto R$

$\frac{m_2}{m_1} = \frac{R_2}{R_1} = \frac{0.6}{0.5} = 1.2$ #

การประยุกต์ แรงลอเรนซ์

การบังคับให้ประจุที่เคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็กเคลื่อนที่เป็นแนวสันตรง : เราจะใส่สนามไฟฟ้า ($\vec{E}$) เพื่อให้เกิดแรงทางไฟฟ้าต้านแรงแม่เหล็กบังคับให้ประจุเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรงได้



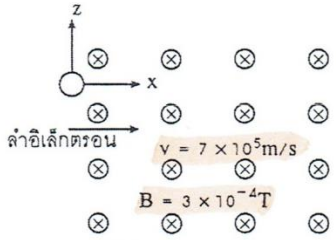
ใส่ $\vec{E}$ เพื่อให้มี $\vec{F}_E$ ทิศหักล้าง $\vec{F}_B$

จากรูป จะได้

$F_B = F_E \rightarrow qvB = qE$

$v = \frac{V}{d}$

13. ลำอิเล็กตรอนถูกยิงในแนวระดับด้วยความเร็วต้น 7×10^5 เมตร/วินาที เข้าไปในบริเวณสนามแม่เหล็กที่มีขนาดความเข้มสม่ำเสมอ 3×10^{-4} เทสลา ดังรูป ขนาดของสนามไฟฟ้าที่ให้เข้าไปในบริเวณเดียวกับสนามแม่เหล็กจะต้องเป็นเท่าใดในหน่วยโวลต์ต่อเมตรในทิศ $-Z$ จึงทำให้อิเล็กตรอนเคลื่อนที่เป็นเส้นตรง



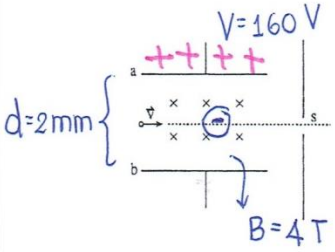
$qvB = qE$

$E = vB$

$= (7\times10^{5})(3\times10^{-4})$

$= 210$ N/C #

14. อนุภาคบีตา เคลื่อนที่เข้าไปในระหว่างแผ่นตัวนำขนาน a และ b ซึ่งวางห่างกัน 2.0 มิลลิเมตร และมีความต่างศักย์ 160 โวลต์ ภายในที่ว่างระหว่างแผ่นตัวนำมีสนามแม่เหล็กสม่ำเสมอขนาด 4.0 เทสลา และมีทิศ ดังรูปถ้าต้องการให้อนุภาคบีตาทะลุช่อง s พอดี ความเร็วของอนุภาคจะต้องเป็นเท่าใด และแผ่นตัวนำ a จะต้องเป็นขั้วบวกหรือ ขั้วลบ



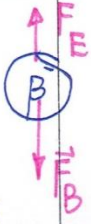
1. 2.0×10^4 m/s ขั้วบวก
2. 8.0×10^3 m/s ขั้วบวก
3. 4.0×10^3 m/s ขั้วลบ
4. 1.6×10^2 m/s ขั้วลบ

$qE = qvB$

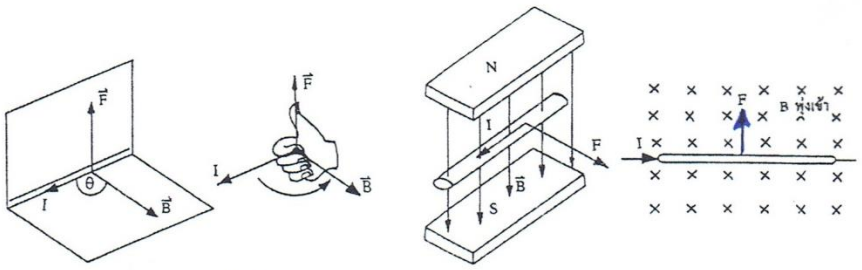
$\frac{V}{d} = vB$

$v = \frac{V}{Bd} = \frac{160}{4(2\times10^{-3})}$

$= 2\times10^4$ m/s #



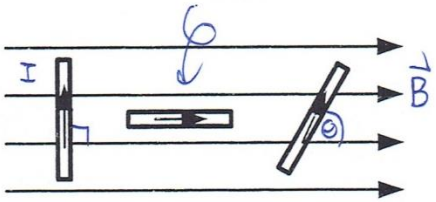
<u>Type 2</u> แรงแม่เหล็กที่กระทำต่อเส้นลวดที่มีกระแสไฟฟ้า I ไหลผ่านและวางในสนามแม่เหล็ก $\vec{B}$



จาก $F = qvB = \frac{q}{t}(vt)B$

$\vec{F} = (I\vec{L} \times \vec{B})$ ← Newton $\Sigma F = ma$ สมดุล ↑=↓ →=←

T A m



A B C

$F_B = BIL$ $F_B = 0$ $F_B = BIL\sin\theta$

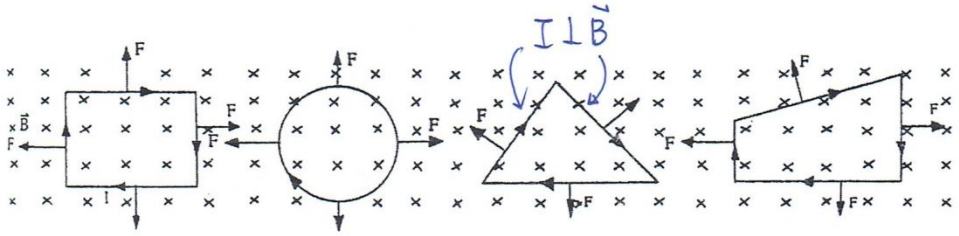
ขนาด : $F = BIL$ ถ้า $I \perp \vec{B}$ (ดังรูป A)

$F = 0$ ถ้า $I \parallel \vec{B}$ (ดังรูป B)

$F = BIL\sin\theta$ ถ้า $I \measuredangle \vec{B}$ (ดังรูป C)

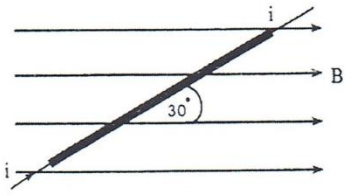
ทิศของ F : เป็นไปตามกฎมือขวาของสกรู $(I \times \vec{B})$

Note แรงลัพธ์ที่กระทำต่อ **โครงลวด วงปิด** มีค่าเท่ากับ **ศูนย์** (สมมาตร or ไม่ ก็ได้)



15. ลวดเส้นหนึ่งยาว 5.0 เซนติเมตร มีกระแสไหลผ่าน 4 แอมแปร์ วางอยู่ในสนามแม่เหล็กขนาดสม่ำเสมอ 10^{-3} เทสลา โดยลวดเอียงทำมุม 30° กับสนามแม่เหล็ก ดังรูป จงหาขนาดของแรงแม่เหล็กที่กระทำต่อลวดเส้นนี้

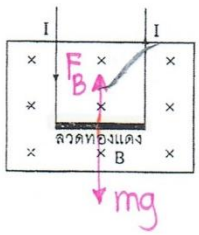
1. 0.8×10^{-4} นิวตัน
2. 1.0×10^{-4} นิวตัน
3. 1.7×10^{-4} นิวตัน
4. 2.0×10^{-4} นิวตัน



$F_B = BIL\sin 30^\circ$
$= 10^{-3}(4)(0.05)\frac{1}{2}$
$= 1 \times 10^{-4}$ N #

16. ลวดทองแดงยาว 0.5 เมตร มวล 0.02 กิโลกรัม แขวนอยู่ในแนวระดับด้วยลวดตัวนำเบาในบริเวณที่มีสนามแม่เหล็กขนาด 3.6 เทสลา ทิศตั้งฉากกับลวดดังรูป ขนาดของกระแสไฟฟ้าที่ทำให้เกิดแรงยกบนลวดเท่ากับน้ำหนักของลวดเองเป็นเท่าใด

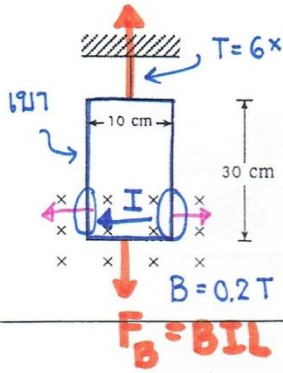
1. 0.11 *A*
2. 0.18 *A*
3. 0.22 *A*
4. 0.33 *A*



↑ = ↓
$BIL = mg$
$I = \frac{mg}{BL} = \frac{0.02(10)}{3.6(0.5)}$
$I = 0.11$ A #

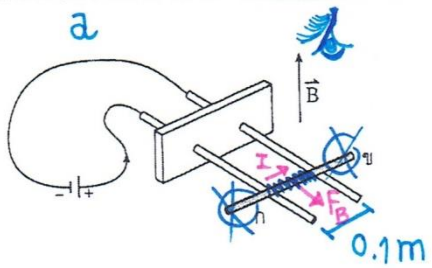
17. ขดลวดสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาด 10 เซนติเมตร × 30 เซนติเมตร แขวนยึดกับเพดานด้วยเชือก ปลายล่างของขดลวดอยู่ในสนามแม่เหล็กที่มีความเข้ม 0.2 เทสลา ทิศทางดังรูป จะต้องมีกระแสไหลในขดลวดเท่าใดจึงจะทำให้ความตึงในเส้นเชือกที่แขนขดลวดไว้มีขนาด 6×10^{-2} นิวตัน ในที่นี้ไม่คิดมวลของลวด

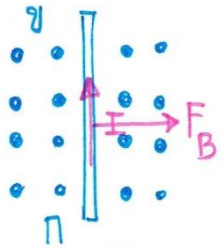
1. 3 *A* ตามเข็มนาฬิกา
2. 3 *A* ทวนเข็มนาฬิกา
3. 1 *A* ตามเข็มนาฬิกา
4. 1 *A* ทวนเข็มนาฬิกา



↑ = ↓
$6 \times 10^{-2} = 0.2\, I(0.1)$
$I = 3$ A #

18. ลวดทองแดง กข มวล 50 กรัม วางอยู่ในแนวระดับบนลวดทองแดง 2 เส้น ที่ยึดติดกับแท่งไม้และห่างกันเป็นระยะทาง 0.1 เมตร ถ้ามีกระแสขนาด 0.2 แอมแปร์ในวงจรไฟฟ้าและต้องการให้ลวด กข เคลื่อนที่ด้วยขนาดความเร่ง 0.04 เมตร/วินาที^{2} จะต้องใช้สนามแม่เหล็ก B ที่ผ่านลวด กข ในแนวตั้งขึ้นขนาดเท่าใด





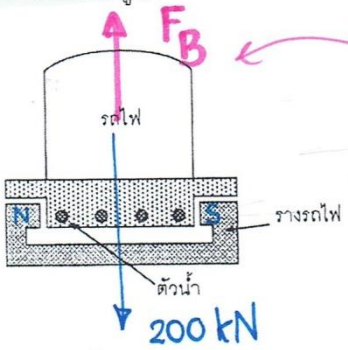
$\Sigma F = ma$

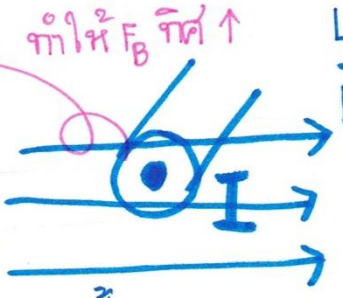
$BIL = ma$

$B = \frac{ma}{IL} = \frac{(50\times10^{-3})0.04}{0.2\times0.1}$

$B = 0.1\ T$ #

19. ปัจจุบันรถไฟความเร็ว *(high speed train)* จะไม่มีล้อ แต่จะอาศัยแรงยกจากสนามแม่เหล็กให้รถไฟลอยตัวอยู่เหนือราง จากรูปเป็นภาคตัดขวางของรถไฟดังกล่าว โดยสมมติว่ารางรถไฟเป็นแม่เหล็กถาวรซึ่งมีค่าความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็กอย่างสม่ำเสมอ 2 เทสลา ถ้ารถไฟคันนี้มีน้ำหนัก 200 kN และยาว 100 m ที่ฐานรถไฟมีตัวนำไฟฟ้า 4 ตัวติดอยู่ และมีความยาวเท่ากับความยาวรถไฟ จงหาขนาดและทิศทางของกระแสในแต่ละตัวนำที่พอดีทำให้รถไฟลอยตัวอยู่ได้





$4BIL = mg$ N

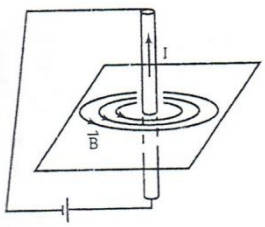
$4(2)I(100) = 200\times10^3$

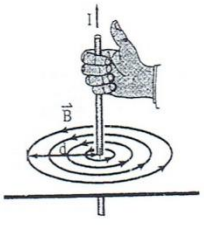
$I = 250\ A$ #

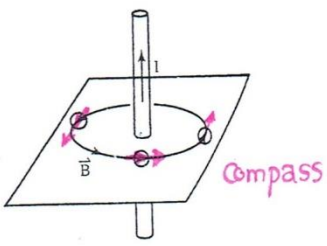
1. กระแส 1,000 A ไหลออกจากหน้ากระดาษ
2. กระแส 750 A ไหลเข้าไปในหน้ากระดาษ
3. กระแส 250 A ไหลออกจากหน้ากระดาษ
4. กระแส 150 A ไหลเข้าไปในหน้ากระดาษ

สนามแม่เหล็กจากกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านเส้นลวด (ค้นพบโดย *Hans Christian Oersted*)

❶ สนามแม่เหล็กของเส้นลวดตรง





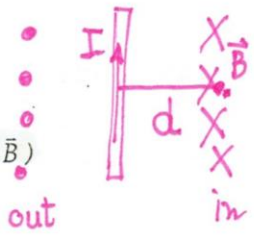


หลัก 1) ค่า $\boxed{B=\frac{kI}{d}}$ เมื่อ $k=\frac{\mu_o}{2\pi}=\frac{4\pi\times10^{-7}}{2\pi}=2\times10^{-7}\ \frac{Tm}{A}$

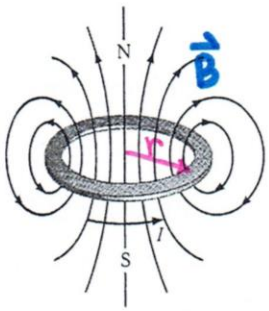
2) ทิศทางของ $\vec{B}$ จะอยู่ในแนวเส้นสัมผัสเส้นรอบวง

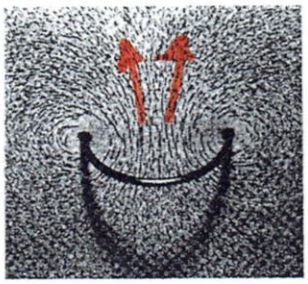
→ นิ้วโป้ง : แทนทิศของกระแสไฟฟ้า (I)

→ นิ้วทั้ง 4 กำรอบ : แทนทิศของสนามแม่เหล็ก ($\vec{B}$)



❷ สนามแม่เหล็กจากขดลวดวงกลม

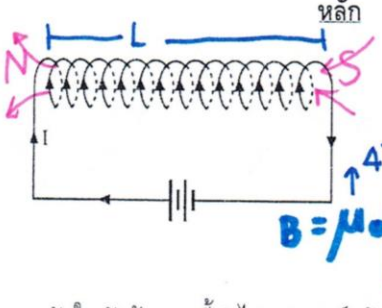




หลัก 1) ค่า $B=\frac{\mu_o NI}{2r}=\frac{k\pi NI}{r}=2\pi\times10^{-7}\frac{NI}{r}$

2) ทิศทางของสนามแม่เหล็ก ใช้เหมือนข้อ ❶

❸ สนามแม่เหล็กของขดลวดโซลีนอยด์ *(Solenoid)*

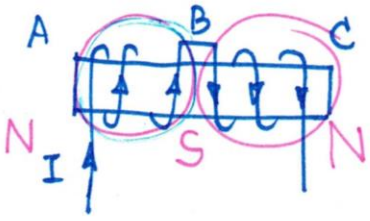


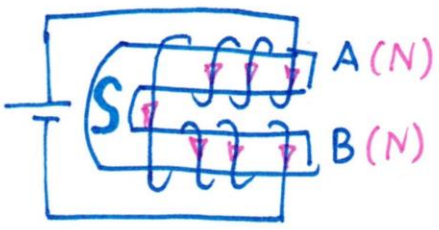
หลัก ทิศทางของสนามแม่เหล็กสามารถหาได้ ใช้กฎของ *Flamming*

- นิ้วทั้ง 4 (2 มือ) : กำรอบตามกระแส
- โป้งขวา : แทนขั้ว N
- โป้งซ้าย : แทนขั้ว S หาทิศ $\vec{B}$ ต่อไป

$B=\mu_o\frac{NI}{L}=\mu_o nI$

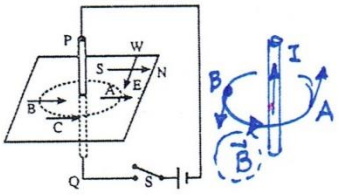
Note หลักในหัวข้อ ❸ นี้นำไปประยุกต์สร้างแม่เหล็กหลายขั้วได้





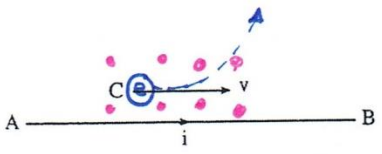
20. A B และ C เป็นเข็มทิศเบาวางอยู่บนกระดาษราบ เส้นลวดตัวนำ PQ ตั้งฉากกับกระดาษและต่อกับสวิตช์ S อนุกรมกับเซลล์ไฟฟ้า ดังรูป เมื่อสับสวิตช์ S คำกล่าวต่อไปนี้มีข้อใดถูกต้อง

ก. ปลายเหนือของ A จะเบนไปทางทิศตะวันตก ✓
ข. ปลายเหนือของ B จะเบนไปทางทิศตะวันออก ✓
ค. ปลายเหนือของ C ยังคงชี้ไปทางทิศเหนือดังเดิม ✓



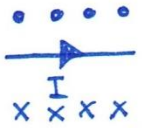
1. (ก) และ (ข)
2. (ก) และ (ค)
3. (ข) และ (ค)
4. คำตอบอย่างอื่น

21. AB เป็นส่วนของลวดตรงยาวมีกระแส i จาก A ไป B และมีอิเล็กตรอนประจุ $-e$ กำลังวิ่งผ่านจุด C ด้วยความเร็ว v ซึ่งมีทิศขนานกับ AB ดังรูป ขณะนั้นอิเล็กตรอนมีความเร่งตามข้อใด



1. มีความเร่งในทิศเข้าหาเส้น AB
2. มีความเร่งในทิศออกจากเส้น AB
3. มีความเร่งในทิศขนานกับการเคลื่อนที่
4. ไม่มีความเร่ง

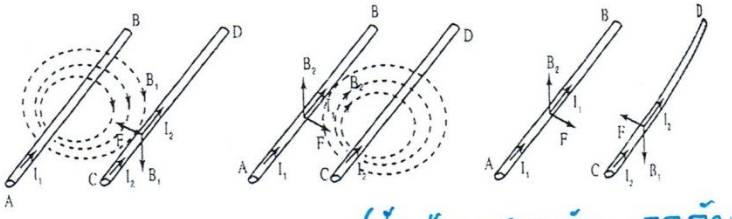
S1 I สร้าง $\vec{B}$



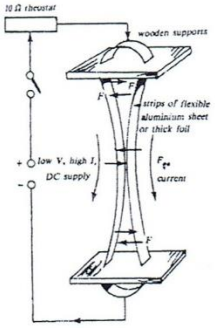
S2. ยิง e^- เข้าไปใน $\vec{B}$ เกิด $F = qvB\ (\vec{v} \times \vec{B})$ (LH)

แรงระหว่างเส้นลวดที่วางขนานกันและมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่าน

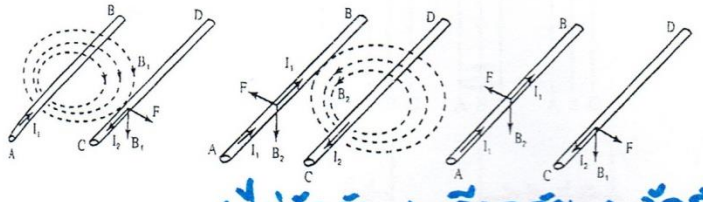
Case 1 กระแสไฟฟ้าไหลไปในทิศทางเดียวกัน



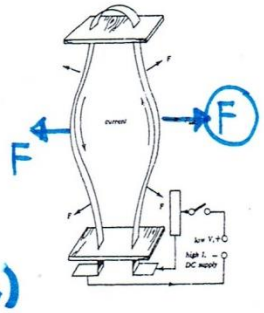
(รักกัน ชอบกัน ดูดกัน)



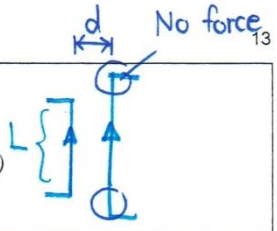
Case 2 กระแสไฟฟ้าไหลในทิศทางตรงกันข้ามกัน



(ไม่รักกัน เกลียดกัน ผลักกัน)



$F = k\frac{I_1 I_2 L}{d}$ โดย L = ความยาวของเส้นลวดเส้นสั้น *(m)*



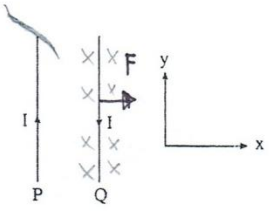
22. นักเรียนคนหนึ่งทำการทดลองเรื่องแรงระหว่างตัวนำสองเส้นที่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านและขนานกันครั้งที่ 1 เขาจ่ายให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านขดลวดทั้งสองในทิศทางตรงข้ามกัน ครั้งที่ 2 เขาจ่ายให้กระแสไหลผ่านลวดทั้งสองมีทิศทางเดียวกัน ข้อใดต่อไปนี้ถูกต้องเกี่ยวกับแรงระหว่างลวดทั้งสองสำหรับการทดลองครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 ตามลำดับ

1. แรงดูด และ แรงผลัก
2. แรงดูดทั้งสองกรณี
3. แรงผลักทั้งสองกรณี
4. แรงผลัก และ แรงดูด

23. สายไฟที่เดินที่อาคารประกอบขึ้นด้วยลวดทองแดง 2 เส้น หุ้มฉนวนและมีเปลือกหุ้มให้ 2 เส้นรวมอยู่ด้วยกันอีกชั้นหนึ่ง เมื่อมีการใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าในบ้าน ลวด 2 เส้นจะมีแรงกระทำต่อกันหรือไม่ และอย่างไร

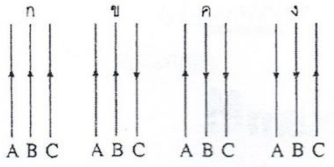
1. ไม่มีแรงกระทำต่อกัน เพราะมีฉนวนหุ้ม แยกจากกันไม่ได้
2. มีแรงกระทำต่อกันโดยผลักและดูดสลับกันเพราะเป็นไฟกระแสสลับ
3. มีแรงกระทำต่อกันและเป็นแรงดูดเข้าหากัน
4. มีแรงกระทำต่อกันและเป็นแรงผลักซึ่งกันและกัน

24. P และ Q เป็นเส้นลวดยาววางขนานกัน ต่างมีกระแสไฟฟ้า I ไหลผ่านในทิศทางสวนกันทิศทางของสนามแม่เหล็กและแรงกระทำบนเส้นลวด Q เป็นดังข้อใด

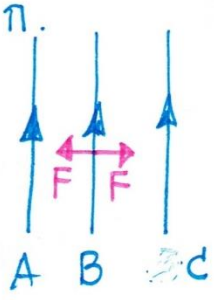


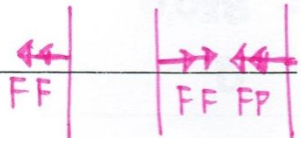
1. พุ่งเข้ากระดาษ และ $+x$
2. พุ่งเข้ากระดาษ และ $-x$
3. พุ่งออกจากกระดาษ และ $+x$
4. พุ่งออกจากกระดาษ และ $-x$

25. A B และ C เป็นลวดตัวนำยาววางขนานกัน เมื่อกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านลวดแต่ละเส้นมีขนาดเท่ากันแต่มีทิศการไหลดังรูป แรงลัพธ์ที่กระทำต่อลวด B ที่รูปใดบ้างมีค่าเท่ากัน



1. ก และ ข
2. ก และ ค
3. ข และ ง
4. ข และ ค





แรงกระทำต่อขดลวดที่วางอยู่ในสนามแม่เหล็ก (หลักของมอเตอร์อย่างง่าย)

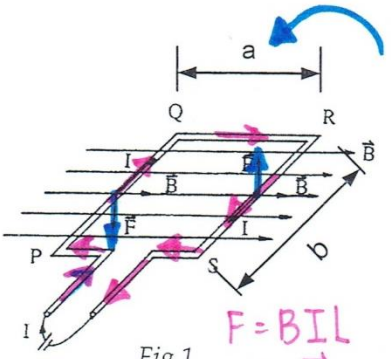


Fig 1

$F = BIL$

$I \times \vec{B}$

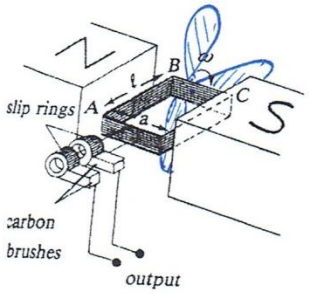


Fig 2

จากรูปเมื่อมีขดลวดวางในสนามแม่เหล็ก แล้วให้กระแสไฟฟ้าไหลในทิศทางดังรูป พบว่าจะเกิดแรงกระทำต่อขดลวดด้าน PQ และ RS ตามสมการ $F = BIL$ ทำให้เกิดแรงคู่ควบกระทำและส่งผลทำให้เกิดโมเมนต์คู่ควบ บิดขดลวดให้หมุน โดยสามารถคำนวณได้ ดังนี้

สำหรับขดลวด 1 รอบ : $M = Fa = (BIL)a = BI(La) = BIA$ เมื่อ $L = b$

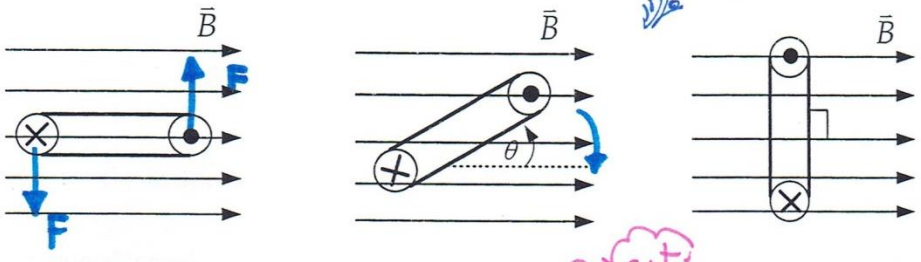
สำหรับขดลวด N รอบ :

$$M = NIBA \quad (\text{ระนาบขนานกับ } \vec{B},\ A \parallel \vec{B})$$

$$M = NIBA\cos\theta \quad (\text{ระนาบทำมุม } \theta \text{ กับ } \vec{B})$$

เมื่อ N = จำนวนรอบของขดลวด (รอบ) , A = ระนาบพื้นที่หน้าตัดของขดลวด (m^2)

พิจารณาค่าโมเมนต์เมื่อระนาบขดลวดวางทำมุมแตกต่างกัน ดังต่อไปนี้



$M_{max} = NIBA$ $M = NIBA\cos\theta$ $M_{min} = 0$

26. ขดลวดรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสมีขนาดยาวด้านละ 10 เซนติเมตร จำนวน 500 รอบ มีกระแสไหล 1.0×10^{-2} แอมแปร์ เมื่อหมุนอยู่ในสนามแม่เหล็กสม่ำเสมอ ปรากฏว่าโมเมนต์ของแรงคู่ควบที่กระทำต่อขดลวด มีค่าสูงสุดเท่ากับ 0.028 นิวตัน – เมตร สนามแม่เหล็กนี้มีค่ากี่เทสลา

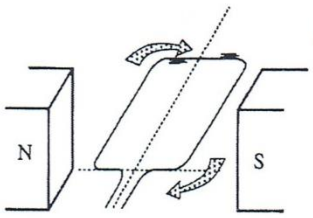
$M_{max} = NIBA$

$0.028 = 500(10^{-2})B(0.1 \times 0.1)$

$B = 0.56\ T$ #

27. ขดลวดสี่เหลี่ยมผืนผ้ามีจำนวนรอบหนึ่งรอบและมีพื้นที่ 100 ตารางเซนติเมตร ขดหนึ่งถูกหมุนอยู่ในสนามแม่เหล็กมีค่า 10^{-4} เทสลา โดยแกนหมุนอยู่ในแนวตั้งฉากกับสนาม และมีความเร็วเชิงหมุน π เรเดียม/วินาที จงหาว่าเวลา $\frac{1}{6}$ วินาที หลังจากระนาบของขดลวดอยู่ในแนวขนานกับสนามแม่เหล็ก จะมีโมเมนต์ที่เกิดขึ้นจากแรงของสนามแม่เหล็กระหว่างขดลวดมีค่าเท่าใดถ้ามีกระแสไหลผ่าน 2 แอมแปร์

1. 1.0×10^{-6} นิวตัน – เมตร
2. 1.25×10^{-6} นิวตัน – เมตร
3. 1.5×10^{-6} นิวตัน – เมตร
4. 1.73×10^{-6} นิวตัน – เมตร
5. 2.0×10^{-6} นิวตัน – เมตร



$\tau = NIBA\cos(\omega t)$
$= 1(2)10^{-4}(100\times10^{-4})\cos\left(\frac{\pi}{6}\right)$ → 30°
$= 1.73\times10^{-6}$ Nm

การเกิดกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำ ออกสอบทุกปี

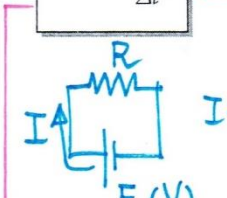
กระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำ เกิดจากการเปลี่ยนแปลงฟลักซ์แม่เหล็ก (หรือการเปลี่ยนแปลงของสนามแม่เหล็ก) ซึ่งมีผลทำให้เกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำ เป็นไปตามกฎของ ฟาราเดย์ กล่าวว่า

"เมื่อ มีการเปลี่ยนแปลงสนามแม่เหล็กจะมีการเหนี่ยวนำทำให้เกิด แรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำ ในขดลวดซึ่งมีผลทำให้เกิด กระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำ ขึ้นตามมาในตัวนำที่วางอยู่ในบริเวณนั้นๆไม่ว่าบริเวณนั้นจะเป็น ฉนวน, ที่ว่าง หรือ ตัวนำ" สามารถวิเคราะห์เป็นแผนภาพง่ายๆ ดังนี้

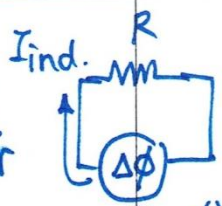
$$\Delta\vec{\phi} \text{ or } \Delta\vec{B} \rightarrow \varepsilon_{induced} \rightarrow I_{induced}$$

โดย $\boxed{\varepsilon = -N\frac{\Delta\phi}{\Delta t}}$

เมื่อ ε = แรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำ (V)



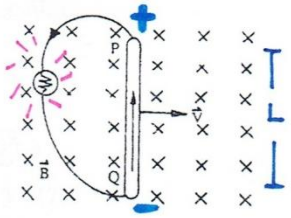
$I = \frac{E}{R+r}$



ε_{ind} (V) แรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำ

รูปแบบการวิเคราะห์การเกิดกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำ

1) การเคลื่อนที่ของเส้นลวด ตัดกับ สนามแม่เหล็ก

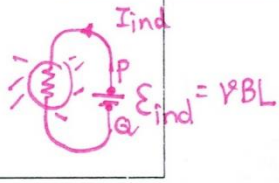


m/s T m
V

$\boxed{\varepsilon = (\vec{v}\times\vec{B})L}$

ขนาด : $\varepsilon = vBL$ เมื่อ $\vec{v} \perp \vec{B}$

ทิศของ $I_{induced}$: จากกฎมือขวาของสกรู $(\vec{v}\times\vec{B})$

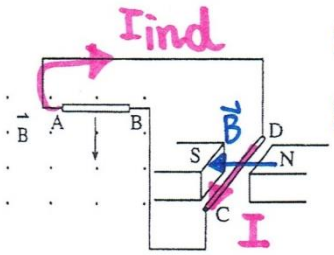


Note เส้นลวดที่วิ่งตัดกับสนามแม่เหล็กจะประพฤติตัวเป็นเซลไฟฟ้าตัวหนึ่ง

I ไหลจาก P→Q ; $V_P > V_Q$

28. AB และ CD เป็นตัวนำไฟฟ้าที่เบา AB อยู่ในสนามแม่เหล็ก $\vec{B}$ และ CD อยู่ระหว่างแท่งเหล็ก 2 แท่ง ถ้าเคลื่อนแท่ง AB ในทิศตั้งฉากกับสนามแม่เหล็ก $\vec{B}$ ดังรูป CD จะเคลื่อนที่ไปทางใด

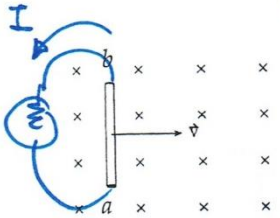
1. เคลื่อนเข้าหาขั้ว N
2. เคลื่อนเข้าหาขั้ว S
3. เคลื่อนที่ขึ้นในแนวดิ่ง
4. เคลื่อนที่ลงในแนวดิ่ง



S1 AB ค.ท. เกิด I_{ind} ($\vec{v}\times\vec{B}$)
S2 เกิด $F=BIL$ บน CD ($I\times\vec{B}$) ทิศลงล่าง

29. ลวดตัวนำเส้นหนึ่งเคลื่อนที่ผ่านสนามแม่เหล็กสม่ำเสมอในทิศทางดังรูป ด้วยความเร็วคงที่ v ข้อความต่อไปนี้ข้อใดถูกต้อง

1. ศักย์ไฟฟ้า ที่ปลาย a และ b เท่ากัน
2. ศักย์ไฟฟ้า ที่ปลาย a สูงกว่าศักย์ไฟฟ้าที่ปลาย b
3. ศักย์ไฟฟ้า ที่ปลาย b สูงกว่าศักย์ไฟฟ้าที่ปลาย a
4. จะมีกระแสไหลจาก a ไปยัง b

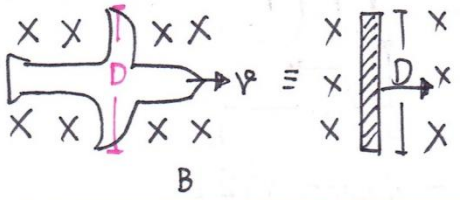


$\vec{v}\times\vec{B}$ → ทิศ I_{ind}

$\mathcal{E}_{ind}$

30. เครื่องบินซึ่งกำลังบินในแนวระดับมุ่งหน้าทางทิศเหนือในสนามแม่เหล็กโลกจะถูกเหนี่ยวนำให้เกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าระหว่างปีกซ้ายกับขวามีค่าเท่าใดกำหนดให้สนามแม่เหล็กโลกในแนวดิ่งตรงตำแหน่งเครื่องบินมีค่า B เครื่องบินด้วยอัตราเร็ว v และระยะจากปลายปีกซ้ายไปถึงปลายปีกขวาเท่ากับ D

1. vBD
2. $\frac{vB}{D}$
3. $\frac{v^2B}{D}$
4. v^2BD

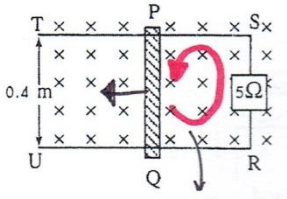


$\mathcal{E}=vBL$
$=vBD$ #

31. $\vec{B}$ เป็นสนามแม่เหล็ก มีทิศพุ่งตั้งฉากลงในกระดาษมีขนาด1.0 เทสลา PQ เป็นตัวนำวางอยู่บนรางโลหะ TS และ UR โดย PQ เคลื่อนที่ไปทางซ้ายด้วยความเร็ว 8 เมตร/วินาที ระหว่าง S และ R มีความต้านทานอยู่ 5 โอห์ม แรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำในตัวนำ PQ มีค่าเท่าใด ในหน่วยของโวลต์

$\mathcal{E}_{ind}$ $v=8$ m/s

1. 1.8
2. 3.2
3. 17.5
4. 40.0



$\mathcal{E}=vBL$
$=8(1)(0.4)$
$=3.2$ V #

โจทย์ $I_{ind}=?$
$I=\frac{\mathcal{E}}{R}=\frac{3.2}{5}$
$=0.64$ A

ทิศ I: $\vec{v}\times\vec{B}$

2) การพุ่ง หรือ การดึง แท่งแม่เหล็ก ออกจากขดลวด

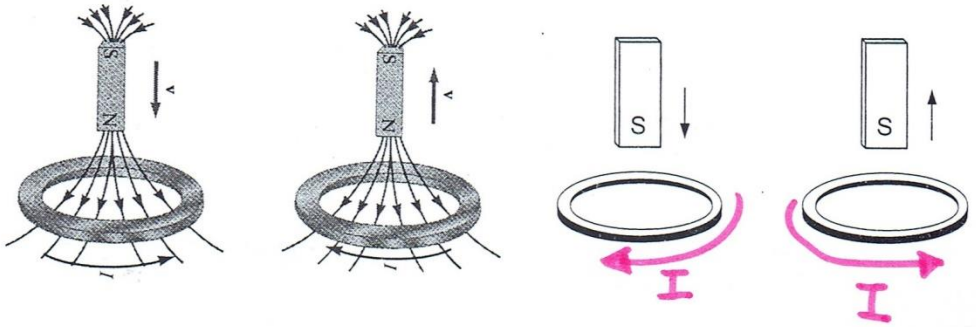
การหากระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำใช้หลักการพิจารณาง่ายๆ ดังนี้ Lenz (หลักต่อต้าน)

<u>หลักลัด</u> (1) ถ้าพุ่งแท่งแม่เหล็กขั้ว เหนือ *(N)* เข้า – ออก : ใช้ ***โป้งขวา*** ต้าน – ดึง แล้วนิ้วทั้ง 4 จะแทนทิศของกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำ

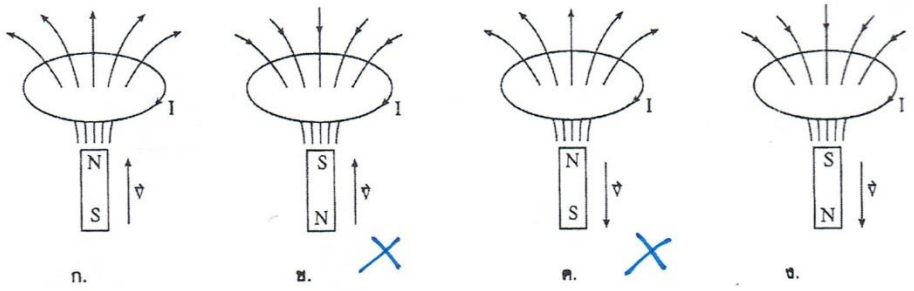
(2) ถ้าพุ่งแท่งแม่เหล็กขั้ว ใต้ *(S)* เข้า – ออก : ใช้ ***โป้งซ้าย*** ต้าน – ดึง แล้วนิ้วทั้ง 4 จะแทนทิศของกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำ

$\Delta\Phi \rightarrow \mathcal{E}_{ind} \rightarrow I_{ind}$

โป้งขวาต้าน N โป้งซ้ายต้าน S



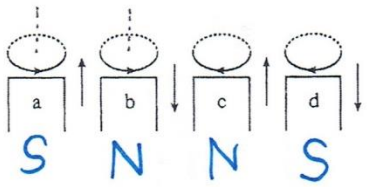
32. ถ้าเคลื่อนแท่งแม่เหล็กเข้าหาหรือออกจาระนาบของวงลวดด้วยความเร็ว $\vec{v}$ ดังรูป



รูปที่แสดงทิศของกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำ I ที่เกิดขึ้นได้ถูกต้องคือรูป

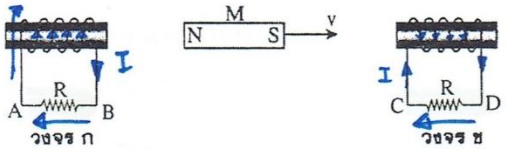
1. ก. และ ข.
2. ข. และ ค.
3. ค. และ ง.
4. ก. และ ง.

33. จากรูป การเคลื่อนที่ของขั้วแม่เหล็กเข้าหาหรือออกจากขดลวด แล้วทำให้เกิดกระแสเหนี่ยวนำไหลในวงจรดังรูป ขั้วแม่เหล็กที่ถูกต้องคือ



สมมติ N ถ้าไม่ตรงตามกฎมือศอขวาใต้

34. ถ้าเลื่อนแท่งแม่เหล็ก M ไปทางขวามือดังรูปกระแสไฟฟ้าที่ผ่านความต้านทาน R ในวงจรทั้งสองเป็นตามข้อใด



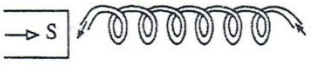
ขอกผ่าน R

1. ในวงจร ก) กระแสมีทิศจาก B ไป A และในวงจร ข) กระแสมีทิศจาก D ไป C
2. ในวงจร ก) กระแสมีทิศจาก A ไป B และในวงจร ข) กระแสมีทิศจาก D ไป C
3. ในวงจร ก) กระแสมีทิศจาก B ไป A และในวงจร ข) กระแสมีทิศจาก C ไป D
4. ในวงจร ก) กระแสมีทิศจาก A ไป B และในวงจร ข) กระแสมีทิศจาก C ไป D

35. ถ้า → และ → แสดงทิศทางการเคลื่อนที่ของแท่งแม่เหล็ก และทิศทางการไหลของกระแสเหนี่ยวนำที่เกิดขึ้นในขดลวด N และ S แทนขั้วเหนือและใต้ของแท่งแม่เหล็ก รูปที่ตรงกับความเป็นจริง คือ

1.

2.

3. 

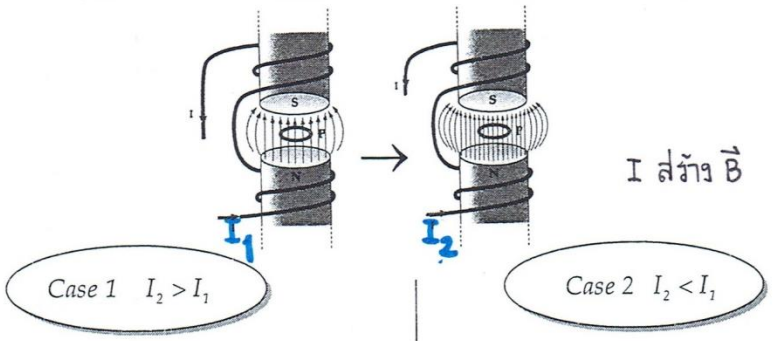
4.

3) การเปลี่ยนแปลงสนามแม่เหล็กจากกระแสไฟฟ้า ทฤษฎี

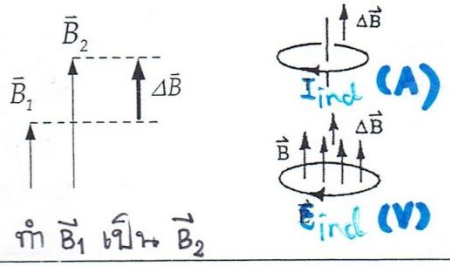
<u>หลัก</u> การหาทิศของกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำกรณีนี้ให้พิจารณาดังต่อไปนี้

4.1) หาทิศของการเปลี่ยนแปลงสนามแม่เหล็กก่อน ($\Delta\vec{B}$)

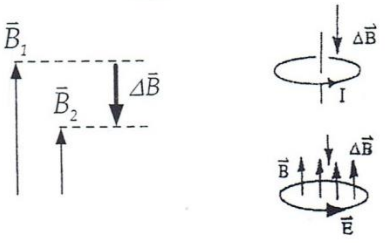
4.2) ใช้โป้งขวาสวนทิศ $\Delta\vec{B}$ แล้วนิ้วทั้ง 4 จะแทนทิศของกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำ



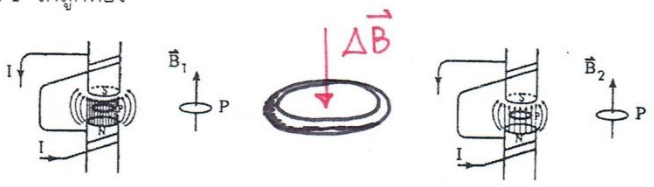
I สร้าง $\vec{B}$

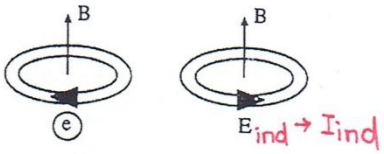


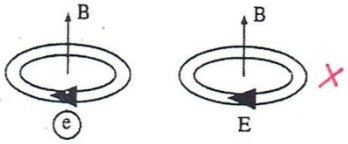
ทำ $\vec{B}_1$ เป็น $\vec{B}_2$

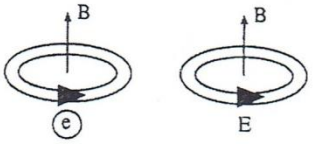


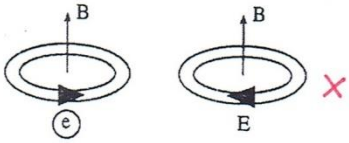
36. ลวดตัวนำ P วางอยู่ระหว่างขั้วแม่เหล็กไฟฟ้า ถ้าสนามแม่เหล็กในบริเวณขดลวดมีค่าสม่ำเสมอ เท่ากับ $\vec{B}_1$ (รูป ก.) ต่อมาลดกระแสไฟฟ้า ทำให้สนามแม่เหล็กสม่ำเสมอ มีค่าลดลงเป็น $\vec{B}_2$ (รูป ข.) นั่นคือ ฟลักซ์แม่เหล็กที่ผ่านขดลวด P มีการเปลี่ยนแปลง ข้อใดต่อไปนี้แสดงทิศทางการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอน *(e)* ทิศทางของแรงเคลื่อนไฟฟ้า *(E)* ในขดลวด P ได้ถูกต้อง



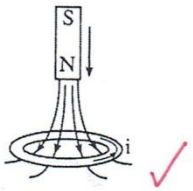
1. 

2. 

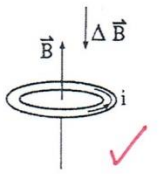
3. 

4. 

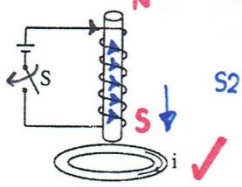
37. กระแสเหนี่ยวนำในขดลวดเกิดขึ้นได้เมื่อสนามแม่เหล็กผ่านในขดลวดมีการเปลี่ยนแปลง รูปใดแสดงทิศของกระแสเหนี่ยวนำ I ได้ถูกต้อง



ก. เคลื่อนที่ขั้วเหนือของแม่เหล็กเข้าหาขดลวด



ข. สนามแม่เหล็กมีค่าลดลง



ค. ขณะสับสวิตช์ S

S1 I สร้างขั้วแม่เหล็ก (Flaming)
S2. เกิดขั้ว S ที่นี่ เสมือนเคลื่อนที่เข้า

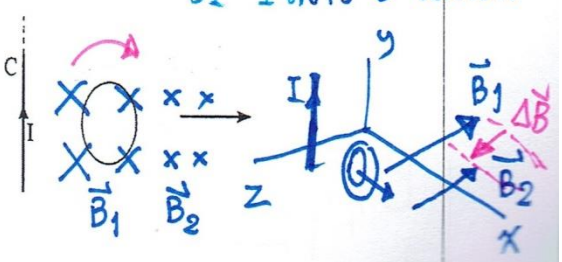
Note ถ้าขั้วหายที่นี่ เสมือน ค.ก. ออก

1. ก. ข. และ ค.
2. ก. และ ข.
3. ค. เท่านั้น
4. คำตอบเป็นอย่างอื่น

38. วงลวดตัวนำวางอยู่ใกล้กับลวดตัวนำ C ซึ่งมีกระแส I ผ่าน ถ้าดึงวงลวดให้เคลื่อนที่ออกจาก C ดังรูป ข้อความต่อไปนี้ใดถูกต้องที่สุด

S1 I สร้าง $\vec{B}$ ไม่คงที่

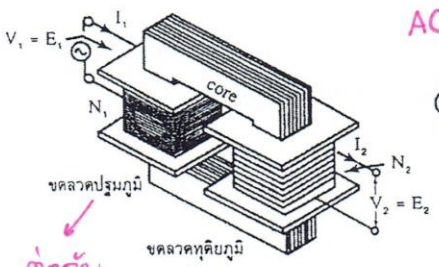
1. เกิดกระแสเหนี่ยวนำในวงลวดมีทิศทวนเข็มนาฬิกา
2. เกิดกระแสเหนี่ยวนำในวงลวดมีทิศตามเข็มนาฬิกา
3. ไม่เกิดกระแสเหนี่ยวนำในวงลวด
4. เกิดแรงผลักระหว่างวงลวดกัน C



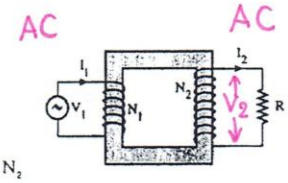
หม้อแปลงไฟฟ้า *(Transformer)*

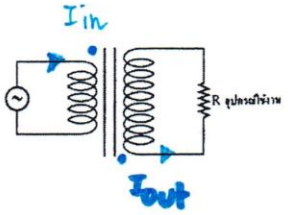
หม้อแปลงไฟฟ้า ทำหน้าที่แปลงแรงดันไฟฟ้า *(Voltage)* โดยอาศัยหลักการเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้า ดังนั้นการทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสนามแม่เหล็ก ต้องต่อกับไฟฟ้ากระแสสลับ *(A.C.)* เท่านั้น และกระแสไฟฟ้าที่ได้จากหม้อแปลงก็จะเป็นไฟกระแสสลับด้วย

องค์ประกอบและสัญลักษณ์แทนหม้อแปลงไฟฟ้า



ต่อกับแหล่งจ่ายไฟ





ชนิดของหม้อแปลง

1) หม้อแปลงขึ้น *(Step-up Transformer)* เป็นหม้อแปลงที่มี $N_2 > N_1$ มีผลทำให้ $V_2 > V_1$, $I_2 < I_1$
2) หม้อแปลงลง *(Step-down Transformer)* เป็นหม้อแปลงที่มี $N_2 < N_1$ มีผลทำให้ $V_2 < V_1$, $I_2 > I_1$

$N \propto V \propto \frac{1}{I}$

การคำนวณหม้อแปลง

Case 1 หม้อแปลงในอุดมคติไม่มีการสูญเสียพลังงาน *(Ideal)*

$P_{in} = P_{out}$

$I_1V_1 = I_2V_2$ จะได้ $\boxed{\frac{N_1}{N_2} = \frac{V_1}{V_2} = \frac{I_2}{I_1}}$

Case 2 หม้อแปลงสูญเสียพลังงาน *(Real)*

$P_{in} = P_{out} + P_{loss}$ $P_{in} \neq P_{out}$

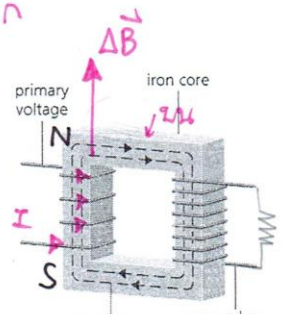
$\frac{W}{t}$ → ในแกนเหล็ก

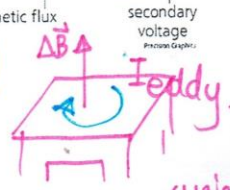
จะวัดคุณภาพของหม้อแปลงด้วยประสิทธิภาพ

ประสิทธิภาพ *(Efficiency)* : $\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\%$

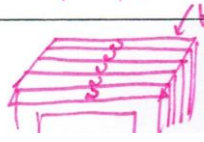
เมื่อ $P = IV = I^2R = \frac{V^2}{R}$ จ่ายให้ load

I_1V_1 only





แผ่น I_{eddy} น้อยลง



39. หม้อแปลงมีแกนเหล็กเพื่อให้ฟลักซ์แม่เหล็กผ่านจากขดลวดปฐมภูมิไปยังขดลวดทุติยภูมิ

ก. แกนเหล็กมีสมบัติเป็นเหล็กอ่อน ✓ เหนี่ยวนำง่าย

ข. แกนเหล็กมีสมบัติเป็นแม่เหล็กถาวร ✗

ค. หม้อแปลงที่มีประสิทธิภาพดี ต้องมีกระแสวนในแกนเหล็กมาก ✗

ง. หม้อแปลงที่มีประสิทธิภาพดี ต้องมีกระแสวนในแกนเหล็กน้อย ✓

ข้อความที่ถูกต้องคือ

1. ก และ ค 2. ข และ ง 3. ข และ ค 4. ก และ ง

40.. หม้อแปลงไฟฟ้าซึ่งใช้ไฟฟ้า 110 โวลต์ มีขดลวดปฐมภูมิ 80 รอบ ถ้าต้องการให้หม้อแปลงนี้ สามารถจ่ายไฟฟ้าได้ 2,200 โวลต์ ขดลวดทุติยภูมิมีจำนวนรอบเท่าไร

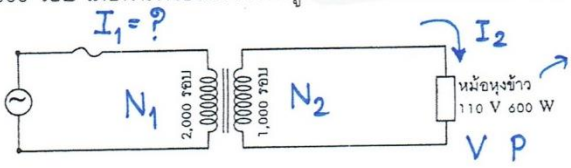
1. 8,000 รอบ
2. 1,600 รอบ
3. 2,400 รอบ
4. 3,200 รอบ

$\frac{N_2}{N_1} = \frac{V_2}{V_1}$

$\frac{N_2}{80} = \frac{2200}{110}$

$N_2 = 1600$ รอบ

41. หม้อแปลงอุดมคติตัวหนึ่ง มีจำนวนรอบของขดลวดปฐมภูมิเป็น 2,000 รอบ และจำนวนรอบของขดลวดทุติยภูมิเป็น 1,000 รอบ เมื่อนำมาใช้ในวงจรดังรูป ขนาดของฟิวส์ที่นำมาใช้จะต้องมีค่าน้อยที่สุดเท่าไร



$P = IV$

$I_2 = \frac{P}{V} = \frac{60}{11}$ A

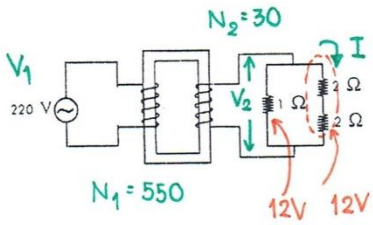
1. 2 A
2. 3 A
3. 5 A
4. 11 A

$\frac{I_1}{I_2} = \frac{N_2}{N_1}$

$I_1 = \frac{60}{11} \times \frac{1000}{2000}$ (fuse ขัดขึ้นเสมอ)

$= \frac{30}{11} = 2.72 \approx 3$ A #

42. จำนวนรอบของขดลวดปฐมภูมิของหม้อแปลง ดังรูป มี 550 รอบ ขดลวดทุติยภูมิจำนวน 30 รอบ กระแสที่ผ่านตัวต้านทาน 2 โอห์ม มีค่ากี่แอมแปร์



$\frac{V_2}{220} = \frac{30}{550}$

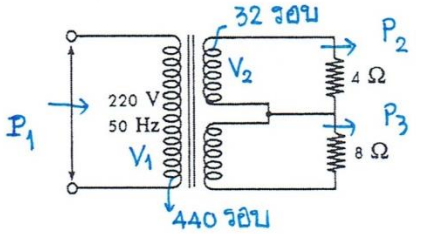
$V_2 = 12$ V

$V = IR$

$12 = I(4)$

$I = 3$ A #

43. หม้อแปลงมีขดลวดทางปฐมภูมิ 440 รอบ และมีขดลวดทางทุติยภูมิ 2 ขด ขดละ 32 รอบต่ออนุกรมกัน ถ้าต่อความต้านทานขนาด 4 Ω และ 8 Ω เข้าไปดังรูป กระแสในขดทางปฐมภูมิจะมีค่า เท่าใด



$P_1 = P_2 + P_3$

$I_1V_1 = \left(\frac{V^2}{R}\right)_2 + \left(\frac{V^2}{R}\right)_3$

$\frac{V_1}{V_2} = \frac{N_1}{N_2}$

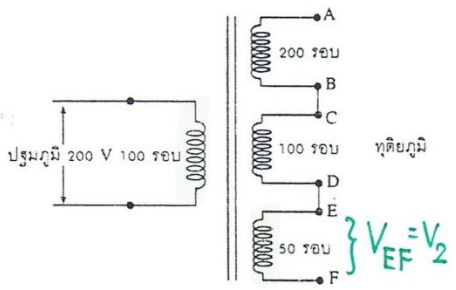
$\frac{220}{V_2} = \frac{440}{32}$

$V_2 = 16\ V$

1. $\frac{16}{110}A$
2. $\frac{32}{110}A$
3. $\frac{48}{110}A$
4. $\frac{64}{110}A$

44. จงหาค่าความต่างศักย์ระหว่างขั้ว *E-F* ของหม้อแปลงไฟฟ้าที่แสดงดังรูป

1. 50 *V*
2. 100 *V*
3. 150 *V*
4. 200 *V*



$V_{EF} = V_2$

$\frac{V_2}{V_1} = \frac{N_2}{N_1}$

$\frac{V_2}{200} = \frac{50}{100}$

$V_2 = 100\ V$ #

45. หม้อแปลงไฟลงจาก 20,000 โวลต์ เป็น 220 โวลต์ เกิดกำลังในขดลวดทุติยภูมิ 5.4 กิโลวัตต์ หม้อแปลงมีประสิทธิภาพร้อยละ 90 กระแสไฟฟ้าที่ผ่านขดลวดปฐมภูมิมีค่าเท่าใด

V_1 V_2 P_2 η $I_1 = ?$

$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\%$ $\rightarrow I_1V_1$

$90 = \frac{5.4\times10^3}{I_1(20{,}000)} \times 100$

$I_1 = 0.3A$ #

V_1 V_2 P_2

46. หม้อแปลงชนิดหนึ่ง ใช้กับความต่างศักย์ 220 โวลต์ เมื่อนำหม้อแปลงนี้ไปใช้กับเตารีด 110 โวลต์ 750 วัตต์ เป็นเวลา 1 นาที (t) พบว่าเกิดความร้อนขึ้นในแกนเหล็ก 7.8 กิโลจูล (W) ในขณะที่เตารีดมีกำลังไฟฟ้าคงเดิมขดลวดปฐมภูมิจะต้องใช้กระแสไฟฟ้าอย่างน้อยที่สุดกี่แอมแปร์

1. 3.4
2. 4.0
3. 4.8
4. 8.0

$P_{in} = P_{out} + P_{loss}$

$I_1V_1 = P_2 + \frac{W}{t}$

$I_1(220) = 750 + \frac{7.8\times10^3}{60}$

$I_1 = 4$ A

การส่งกระแสไฟฟ้ามาตามสายไฟ

การคำนวณพลังงานไฟฟ้าและกำลังไฟฟ้าที่สูญเสียไปขณะส่งกระแสไฟฟ้าไปตามสายไฟการส่งกระแสไฟฟ้าจากโรงงาน ต้องส่งด้วยความต่างศักย์สูงๆ เพื่อให้มีกระแสไฟฟ้าในสายไฟต่ำๆ จึงจะสูญเสียพลังงานไฟฟ้าในรูปความร้อนน้อย

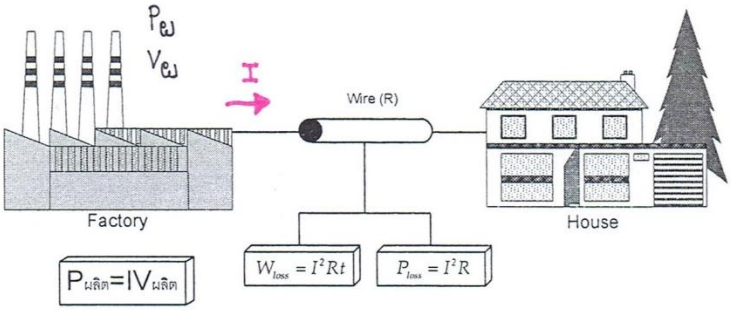


Fig 1

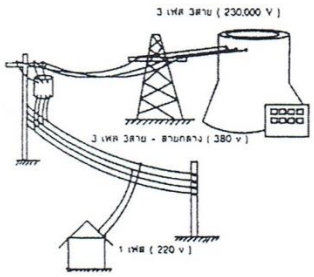


Fig 2

$P_ผ$ R $V_ผ$

47. โรงไฟฟ้าขนาด 400 กิโลวัตต์ ส่งกำลังไฟฟ้าผ่านสายไฟที่มีความต้านทาน 0.25 โอห์ม ด้วยความต่างศักย์ 20000 โวลต์ จงหากำลังที่ต้องสูญเสียไปในรูปความร้อนในสายไฟ

$$P_{loss} = I^2R = \left(\frac{P_ผ}{V_ผ}\right)^2 R = \left(\frac{400k}{20\cancel{000}}\right)^2 0.25 = 100\ W\ \#$$

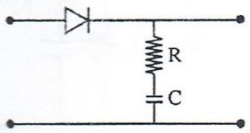
$P_ผ$ l R t

48. เครื่องกำเนิดไฟฟ้าเครื่องหนึ่งสามารถส่งกำลังไฟฟ้าได้ 345 กิโลวัตต์ ให้หาค่าพลังงานที่สูญเสียไปในรูปของความร้อนภายในสายไฟ ถ้าส่งกำลังไฟฟ้าผ่านสายไฟยาว 500 เมตร ความต้านทาน 0.25 โอห์ม เป็นเวลา 20 วินาที ด้วยความต่างศักย์ 69 กิโลโวลต์ $V_ผ$

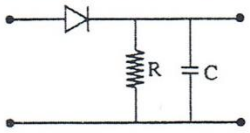
$$W = I^2Rt = \left(\frac{345\cancel{k}}{69\cancel{k}}\right)^2 0.25(20) = 125\ J\ \#$$

49.

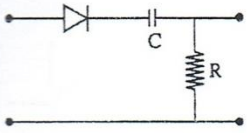
ก.



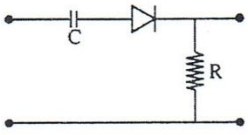
ข.



ค.



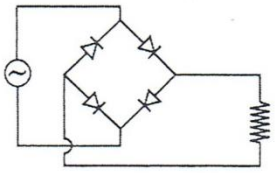
ง.

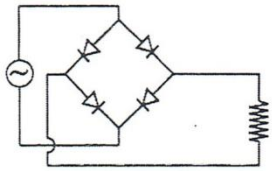


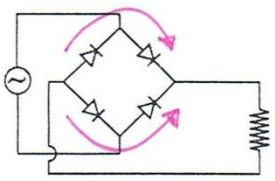
วงจรกรองกระแสที่ถูกต้องคือ วงจรตามรูป

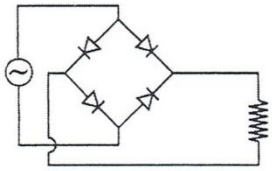
1. ก. 2. ข. 3. ค. 4. ง.

50. วงจรแบบบริดจ์ต่อไปนี้ เป็นวงจรที่เปลี่ยนกระแสสลับเป็นกระแสตรงประเภทเต็มคลื่น อยากทราบว่าวงจรรูปใดต่อไว้อย่างถูกต้อง

1. 

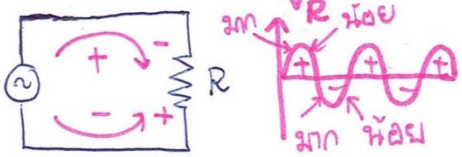
2. 

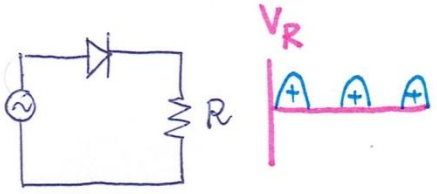
3. 

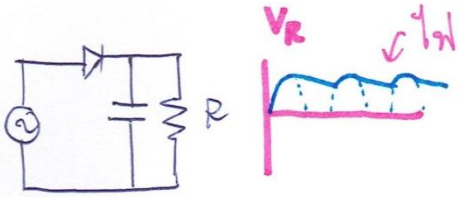
4. 

MEMO **Rectifier : แปลง AC → DC**

Half Wave

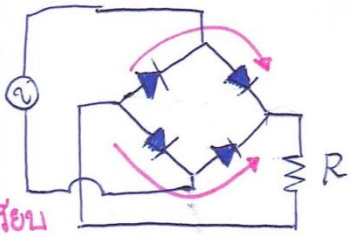


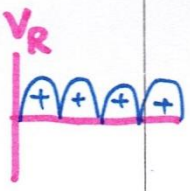


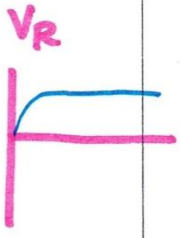


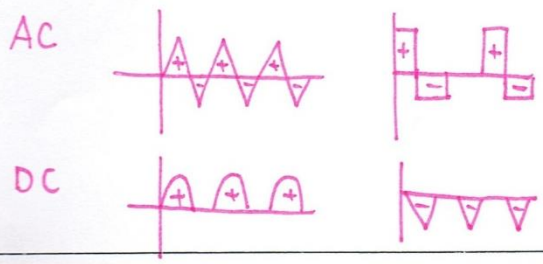
(วงจรกรองกระแส)

Full Wave





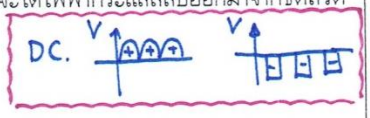




Chapter 4 Alternating current

สมการพื้นฐานของแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับ

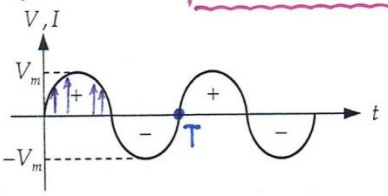
① จากความรู้เรื่องแหล่งกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ เมื่อหมุนขดลวดตัดกับสนามแม่เหล็กจะได้ไฟฟ้ากระแสสลับออกมาจากขดลวด โดยมีสมการของแรงเคลื่อนไฟฟ้าเป็นไปตามกฎของ Faraday ดังนี้



$$V_t = V_m \sin \omega t$$
$$I_t = I_m \sin \omega t$$

$$\omega = 2\pi f = \frac{2\pi}{T}$$

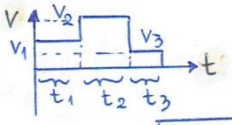
Thai : 50 Hz

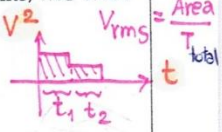


② ค่ายังผล (Effective value), ค่ามิเตอร์ (Meter value), ค่าในวงจร, ค่าเฉลี่ย (ค่า rms) ~ ของ V_t, I_t

เนื่องจากไฟฟ้ากระแสสลับมีค่าความต่างศักย์และค่าของกระแสไฟฟ้าเปลี่ยนแปลงตามเวลา ดังนั้นการจะนำค่ามาใช้ในการคำนวณจึงต้องใช้ค่าที่เป็นตัวแทนที่เป็นค่าเฉลี่ย เราเรียกว่า **ค่ารากที่สองของค่าเฉลี่ยกำลังสอง (root mean square ; rms)** หรือ **ค่ายังผล** ซึ่งเป็นค่าเดียวกันกับค่าที่อ่านได้จากมิเตอร์ เราอาจเรียกว่า **ค่ามิเตอร์** ก็ได้ ซึ่งเราจะพบว่า

$$V_{rms} = \frac{V_m}{\sqrt{2}} = 0.707 V_m \qquad I_{rms} = \frac{I_m}{\sqrt{2}} = 0.707 I_m$$





$= \frac{Area}{T_{total}}$

$$V_{rms} = \sqrt{\frac{V_1^2 t_1 + V_2^2 t_2 + V_3^2 t_3}{t_1 + t_2 + t_3}} = \frac{\int v^2 dt}{T_{total}}$$

Ex 1 จงพิจารณาข้อความต่อไปนี้

ก. ค่ากระแสและค่าความต่างศักย์ของไฟฟ้ากระแสสลับที่เรียกค่ายังผลเป็นค่าเดียวกับค่าที่มิเตอร์อ่านได้ ✓

ข. ค่ากระแสสลับที่อ่านได้จากมิเตอร์ หมายถึง ค่ารากที่สองของค่าเฉลี่ยของกำลังสองของกระแสสลับ ✓

ค. ค่ายังผลของค่าความต่างศักย์ของไฟฟ้าในบ้าน คือ 220 โวลต์ ✓ ↳ V_{rms}

$V_m = 220\sqrt{2}$ Volt

ข้อความที่ถูกต้อง คือ (Ent'40)

1. ข้อ ก., ข. และ ค. 2. ข้อ ก. และ ค. 3. ข้อ ค. เท่านั้น 4. คำตอบเป็นอย่างอื่น

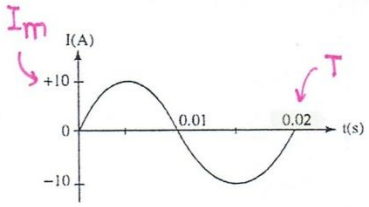
Ex 2 ในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ ถ้าความสัมพันธ์ของความต่างศักย์ของแหล่งกำเนิด E แปรกับเวลา t ใด ๆ ตามความสัมพันธ์ $E = 20\sin 314t$ จงหาค่ายังผล (หรือค่ามิเตอร์) ของความต่างศักย์ และค่าความถี่ของไฟฟ้ากระแสสลับนี้

Volt ↓ V_m ↳ ω

$V_{rms} = \frac{V_m}{\sqrt{2}} = \frac{20}{\sqrt{2}} = 10\sqrt{2}$ V #

$f = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{314}{2(3.14)} = 50$ Hz #

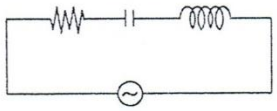
Ex 3 จากกราฟที่กำหนดให้ แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกระแสกับเวลา จงหาความถี่และค่ายังผลของกระแส



$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{0.02} = 50 \text{ Hz} \quad \#$$

$$I_{rms} = \frac{I_m}{\sqrt{2}} = \frac{10}{\sqrt{2}} = 5\sqrt{2} \text{ A} \quad \#$$

Ex 4 แหล่งกำเนิดกระแสสลับในวงจรดังรูป มีอัตราเร็วเชิงมุม (ω) 10^7 เรเดียน / วินาที ถ้าตัวเหนี่ยวนำมีความเหนี่ยวนำ 100 ไมโครเฮนรี จงหาค่าความจุในหน่วยพิโกรัดของตัวเก็บประจุที่ทำให้ความต้านเชิงความจุของตัวเก็บประจุและความต้านเชิงความเหนี่ยวนำมีค่าเท่ากัน



$X_C = X_L$ Resonance

$\frac{1}{\omega C} = \omega L$ I_{max} ในอนุกรม

$$C = \frac{1}{\omega^2 L} = \frac{1}{(10^7)^2(100\times10^{-6})}$$

$$C = 10^{-10} \text{ F} = 100\times10^{-12} \text{ F} = 100 \text{ pF} \quad \#$$

แผนภาพเฟสเซอร์และการต่อความต้านทานในวงจรกระแสสลับ

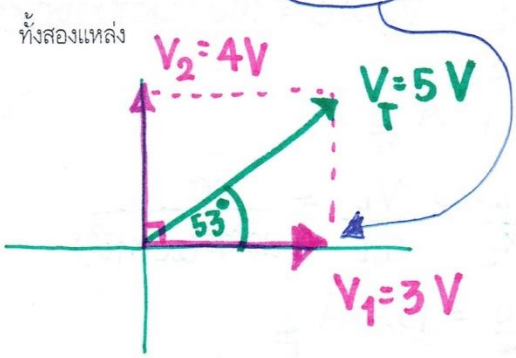
ในการศึกษาวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ เราจำเป็นต้องรวมกระแสหรือความต่างศักย์ที่มีเฟสต่างกัน โดยวิธีที่สะดวกในการหาผลลัพธ์เราจะใช้วิธีการของ แผนภาพเฟเซอร์ (phasor diagram) ซึ่งใช้ได้ทั่วไปกับปริมาณที่ขึ้นกับเวลาแบบ sine เราให้คำจำกัดความของแผนภาพเฟเซอร์ ดังนี้

for ทวป.ป. แบบ sinusoidal

<u>แผนภาพเฟเซอร์</u> คือ แผนภาพระหว่าง I และ V แสดงความสัมพันธ์ของเฟสในเชิงเวกเตอร์ (แผนภาพเวกเตอร์นั่นเอง)

<u>Ex</u> แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับให้ $V_1 = 3\sin 10t$ อีกแหล่งให้ $V_2 = 4\sin\left(10t + \frac{\pi}{2}\right)$ จงหาผลบวกของความต่างศักย์ของทั้งสองแหล่ง

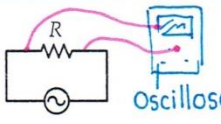
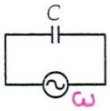
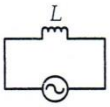
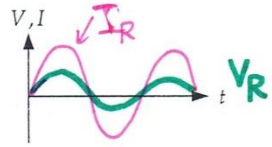
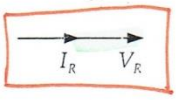
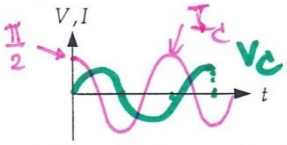
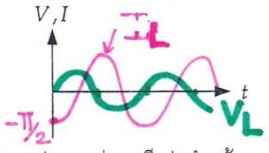
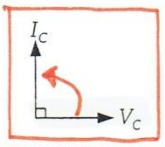
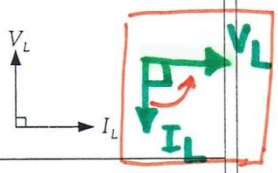
↳ มุมเฟสทำกับแกน X



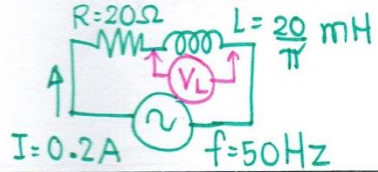
$$V_T = V_1 + V_2 = 5\sin(10t + 53^\circ) \quad \#$$

X_C, X_L : vary f

การต่อความต้านทานในวงจรกระแสสลับ

❶ R = ความต้านทาน (Ohm, Ω)	❷ C = ความจุไฟฟ้า (Farad, F)	❸ L = ความเหนี่ยวนำ (Henry, H)
		
เมื่อต่อปลายของตัวต้านทาน (resistor) กับเครื่องมือออสซิลโลสโคป จะได้กราฟกระแสและความต่างศักย์ดังนี้	เราจะพบว่าความถี่ของไฟฟ้ากระแสสลับทำให้ตัวเก็บประจุ (capacitor) ที่มีค่าความจุไฟฟ้า (capacitance, C) มีความต้านเกิดขึ้นเรียกว่า ความต้านทานเชิงความจุ (capacitive reactance, X_C) โดยมีความสัมพันธ์กับความถี่ดังนี้	เราจะพบว่าความถี่ของไฟฟ้ากระแสสลับทำให้ตัวเหนี่ยวนำ (inductor) ที่มีค่าความเหนี่ยวนำ (inductance, L) มีความต้านเกิดขึ้นเรียกว่า ความต้านทานเชิงเหนี่ยวนำ (inductive reactance, X_L) โดยมีความสัมพันธ์กับความถี่ดังนี้
	$X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi fC}$	$X_L = \omega L = 2\pi fL$
จากกราฟจะพบว่า V และ I มีเฟสตรงกัน เมื่อเขียนแผนภาพเฟเซอร์จะได้ดังรูป	เมื่อต่อปลายของตัวเก็บประจุกับเครื่องมือออสซิลโลสโคป จะได้กราฟกระแสและความต่างศักย์ดังนี้	เมื่อต่อปลายของตัวเหนี่ยวนำ กับเครื่องมือออสซิลโลสโคป จะได้กราฟกระแสและความต่างศักย์ดังนี้
		
$V = V_R \sin\omega t$ $I = I_R \sin\omega t$	จากกราฟจะพบว่า I มีเฟสนำหน้า V อยู่ 90° หรือ $\frac{\pi}{2}$ เมื่อเขียนแผนภาพเฟเซอร์จะได้ดังรูป	จากกราฟจะพบว่า V มีเฟสนำหน้า I อยู่ 90° หรือ $\frac{\pi}{2}$ เมื่อเขียนแผนภาพเฟเซอร์จะได้ดังรูป
J.P. CIVIL		
กฎโอห์ม $V_{rms} = I_{rms}R$, $V_m = I_m R$	กฎโอห์ม $V_{rms} = I_{rms}X_C$, $V_m = I_m X_C$	กฎโอห์ม $V_{rms} = I_{rms}X_L$, $V_m = I_m X_L$

Ex 5 วงจรไฟฟ้ากระแสสลับความถี่ 50 เฮิรตซ์ ประกอบด้วยตัวต้านทาน 20 โอห์ม และตัวเหนี่ยวนำ $\frac{20}{\pi}$ มิลลิเฮนรี มีกระแสผ่าน 0.2 แอมแปร์ ความต่างศักย์ระหว่างปลายของตัวเหนี่ยวนำจะมีค่ากี่โวลต์



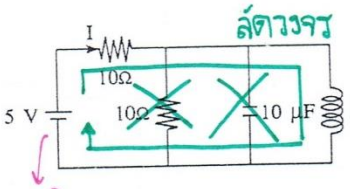
$V_L = I_L X_L$

$= I_L \omega L = I_L (2\pi f) L$

$= 0.2\,(2\pi \times 50)\,\frac{20}{\pi} \times 10^{-3} = 0.4\,V$ #

Ex 6 จงคำนวณหาค่ากระแสไฟฟ้า I ในวงจรไฟฟ้าต่อไปนี้

1. 0.25 A
2. 0.50 A
3. 0.75 A
4. 1.00 A



ลัดวงจร

$X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{(2\pi f)C} = \frac{1}{0} = \infty\ \Omega$

$X_L = \omega L = (2\pi f)L = 0\ \Omega$

f = 0 Hz

$\therefore I = \frac{E}{R+0} = \frac{5}{10} = 0.5\ A$ #

การวิเคราะห์การคำนวณวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ

หลัก 1. เขียน Phasor diagram มี 2 ขั้นตอนย่อย

1.1 เขียนเฟสอ้างอิง (เฟสคงที่) 1.2 เขียนเฟสที่เหลือ

2. หาเฟสลัพธ์โดยคำนวณแบบเวกเตอร์ลัพธ์ : วงจรอนุกรม → หา $V_{ลัพธ์}$

วงจรขนาน → หา $I_{ลัพธ์}$

R, X_C, X_L ⇒ reactance

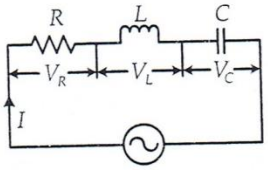
3. หาค่า Z (ความต้านทานเชิงซ้อน, Impedance) หรือ เรียกง่ายๆว่า ความต้านทานรวมของวงจร

4. หาค่าตัวประกอบกำลัง (Power factor, $\cos\phi$) ซึ่งเป็นตัวเลขบ่งบอกการสูญเสียกำลังไฟฟ้าในวงจรกระแสสลับ โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1 และค่ามุม ϕ เป็นมุมระหว่างเฟส $V_{รวม}$ และ $I_{รวม}$

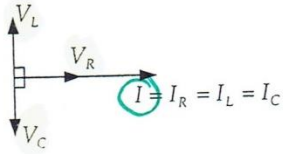
PF → cosθ

การต่อวงจรและการวิเคราะห์

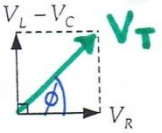
3.1 การต่อ RLC แบบอนุกรม



1. phasor :



2.



$$V_{ลัพธ์} = \sqrt{V_R^2 + (V_L - V_C)^2}$$

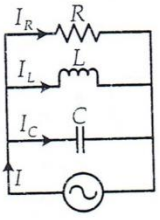
3. $$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$$

4. $$\cos\phi = \frac{R}{Z}$$

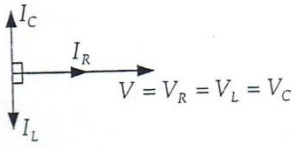
$I_T = I_R = I_L = I_C$

ผลรวม V_T

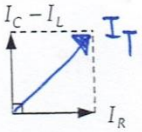
3.2 การต่อ RLC แบบขนาน



1. phasor :



2.



$$I_{รวม} = \sqrt{I_R^2 + (I_C - I_L)^2}$$

$V_T = V_R = V_L = V_C$

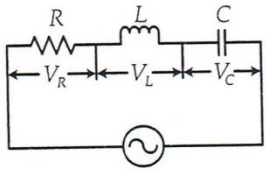
$I_T \neq I_R + I_L + I_C$

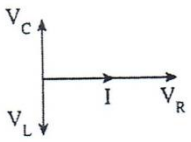
ต้องรวมแบบ Vector

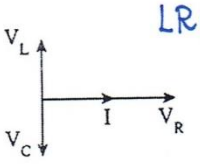
3. $$\frac{1}{Z} = \sqrt{\left(\frac{1}{R}\right)^2 + \left(\frac{1}{X_C} - \frac{1}{X_L}\right)^2}$$

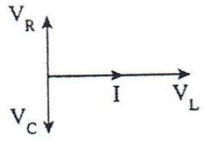
4. $$\cos\phi = \frac{Z}{R}$$

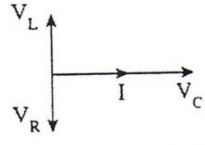
Ex 7 ในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ RLC ที่ต่อแบบอนุกรมดังรูป แผนภาพเฟเซอร์ของกระแสไฟฟ้า I และความต่างศักย์ของแต่ละส่วนประกอบของวงจรเป็นดังต่อไปนี้



1. 

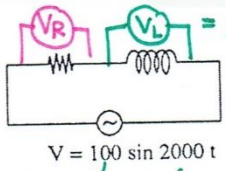
2. ✓ LRC 

3. 

4. 

Ex 8 เมื่อนำตัวต้านทานและขดลวดเหนี่ยวนำอย่างละ 1 ตัวมาต่ออนุกรมกัน และต่อกับแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับที่มีความต่างศักย์เปลี่ยนแปลงตามเวลา $V = 100\sin(2000t)$ โวลต์ เมื่อนำโวลต์มิเตอร์มาวัดความต่างศักย์คร่อมขดลวดเหนี่ยวนำ อ่านค่าได้ 10 โวลต์ อยากทราบว่าถ้านำไปวัดคร่อมตัวต้านทานจะอ่านได้กี่โวลต์ (Ent'40) → rms

1. 10 V
2. 30 V
3. ✓ 70 V
4. 90 V



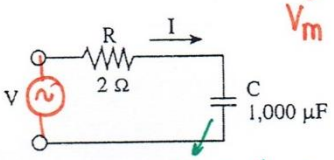
V_m ω

$V_T = \sqrt{V_R^2 + (V_L - V_C)^2}$

$\frac{100}{\sqrt{2}} = \sqrt{V_R^2 + 10^2}$

$V_R = 70$ V #

Ex 9 จากรูปวงจรต่อไปนี้ กำหนดให้ $V = 2\sin 500t$ จงหาความต่างเฟสระหว่างกระแสไฟฟ้ารวม I กับความต่างศักย์ไฟฟ้ารวม V



V_m ω I_T ϕ V_T

$\cos\phi = \frac{R}{Z} = \frac{R}{\sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}} = \frac{2}{\sqrt{2^2 + 2^2}} = \frac{1}{\sqrt{2}}$

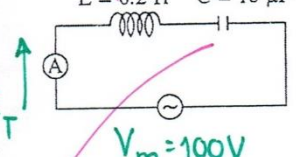
$X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{500 \times 1000 \times 10^{-6}} = 2\ \Omega$

$\phi = 45^\circ$ #

Ex 10 ขดลวดเหนี่ยวนำ 0.2 เฮนรี และตัวเก็บประจุ 10 ไมโครฟารัด ต่ออนุกรมกับแหล่งกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับที่ให้ความต่างศักย์สูงสุด 100 โวลต์ และความถี่เชิงมุม ω = 1,000 เรเดียน/วินาที จงหากระแสที่อ่านได้จากแอมมิเตอร์ (Ent'38)

$X_L = \omega L = 1000(0.2) = 200\ \Omega$

1. 1 A
2. $\frac{1}{3}$ A
3. $\sqrt{2}$ A
4. ✓ $\frac{1}{\sqrt{2}}$ A



$V_m = 100$V

$\omega = 1000$ rad/s

$X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{1000(10 \times 10^{-6})} = 100\ \Omega$

I_{rms}

$V_T = I_T Z \rightarrow I_{rms} = \frac{V_{rms}}{Z}$ ✓ ①

จาก ① $V_{rms} = \frac{100}{\sqrt{2}} = 50\sqrt{2}$ V

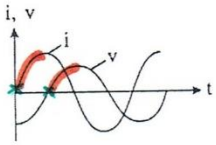
จาก ① $Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} = \sqrt{(200-100)^2} = 100\ \Omega$

$\therefore I_{rms} = \frac{50\sqrt{2}}{100} = \frac{\sqrt{2}}{2}$ A #

Ex 11 ส่วนประกอบของวงจรไฟฟ้ากระแสสลับตามรูป (ก) มีกระแสที่ผ่านและความต่างศักย์ระหว่างปลายทั้งสองสัมพันธ์กันตามรูป (ข) จงวิเคราะห์ ว่าส่วนประกอบของวงจรไฟฟ้านี้คืออะไร (Ent'41)

1. ตัวเก็บประจุ
2. ขดลวดเหนี่ยวนำ
3. ตัวต้านทาน
4. เป็นวงจรผสมของขดลวดเหนี่ยวนำและตัวต้านทาน

(ก)



(ข)

CIVIL

Ex 12 ในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ ดังรูป ถ้าโวลต์มิเตอร์ V อ่านค่าความต่างศักย์ได้ 200 โวลต์ จงหากระแสสูงสุดที่ผ่านความต้านทาน R

1. 0.70 A
2. 1.41 A
3. 2.0 A
4. 4.8 A
5. 2.8 A

$\equiv$

V_{rms} $I_m = ?$

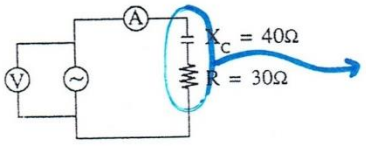
$V_m = I_m R$

$\sqrt{2}\,V_{rms} = I_m R$

$I_m = \frac{\sqrt{2}\,(200)}{100} = 2.8\ A$ #

Ex 13 ในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับความถี่ 50 เฮิรตซ์ ดังรูป ถ้าโวลต์มิเตอร์ V อ่านค่าความต่างศักย์ได้ 200 โวลต์ แอมมิเตอร์ A จะอ่านค่ากระแสได้กี่แอมแปร์

I_{rms} V_{rms}



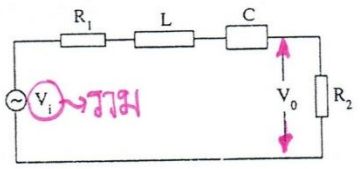
$V = IZ$

$V_{rms} = I_{rms} Z$ $\quad Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$

$200 = I_{rms}\sqrt{30^2 + 40^2}$

$\therefore\ I_{rms} = 4\ A$ #

Ex 14 จากรูป แสดงวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ จงหาอัตราส่วนของ V_0/V_i เมื่อแหล่งจ่ายกระแสสลับมีความถี่เชิงมุม ω (Ent Mar'43)



$\frac{V_0}{V_i} = \frac{IR_2}{I\sqrt{(R_1+R_2)^2 + (X_L - X_C)^2}}$

IZ

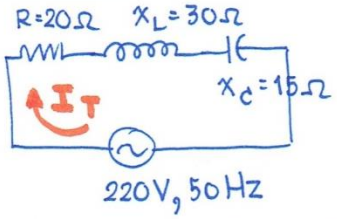
$\omega L - \frac{1}{\omega C} = \frac{\omega^2 LC - 1}{\omega C}$

1. $\dfrac{R_2}{\sqrt{R_1^2 + \left[\dfrac{\omega^2 LC - 1}{\omega C}\right]^2}}$
2. $\dfrac{R_2}{\sqrt{R_1^2 + \left[\dfrac{\omega^2 LC - 1}{\omega L}\right]^2}}$
3. $\dfrac{R_2}{\sqrt{(R_1 + R_2)^2 + \left[\dfrac{\omega^2 LC - 1}{\omega C}\right]^2}}$
4. $\dfrac{R_2}{\sqrt{(R_1 + R_2)^2 + \left[\dfrac{\omega^2 LC - 1}{\omega L}\right]^2}}$

* L_T คิดเหมือน R_T
C_T คิดตรงข้าม R_T *

Ex 15 ถ้าวงจร ประกอบด้วยตัวต้านทานขนาด 20 โอห์ม ขดลวดเหนี่ยวนำที่มีค่าความต้านทานเชิงเหนี่ยวนำ 30 โอห์ม และตัวเก็บประจุที่มีค่าความต้านทานเชิงประจุ 15 โอห์ม ต่อกับอย่างอนุกรม และต่อเข้ากับแหล่งกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์ ความถี่ 50 เฮิรตซ์ จงหากระแสในวงจร (Ent Oct'42)

1. 2.2 A
2. 4.4 A
3. 6.6 A
4. 8.8 A

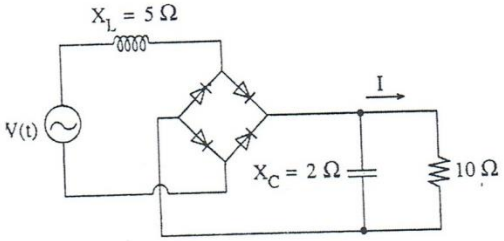


$V = IZ$

$I = \frac{V}{Z} = \frac{V}{\sqrt{R^2+(X_L-X_C)^2}}$

$= \frac{220}{\sqrt{20^2+(30-15)^2}} = 8.8$ A #

Ex 16 วงจรดังรูปให้กำเนิดพลังงานไฟฟ้าขาเข้าของวงจรเปลี่ยนกระแสสลับเป็นกระแสตรง 1000 W จงหากระแส I



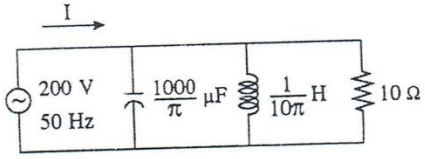
$P = I^2R$

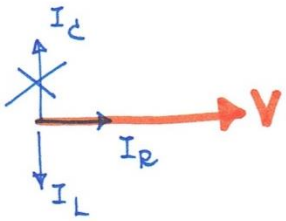
$1000 = I^2(10)$

$I = 10$ A #

1. 10 A
2. 12 A
3. 11 A
4. 13 A

Ex 17 จากวงจร ถ้าถอดตัวเก็บประจุออกจากวงจร จะมีผลต่อกระแส I อย่างไร

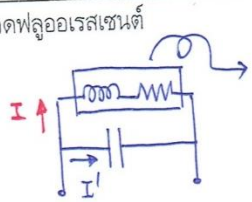




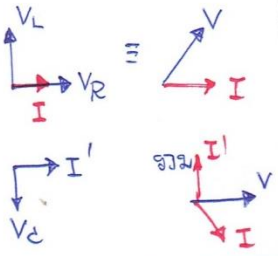
1. ขนาดของ I เท่าเดิม แต่เฟสของกระแสตามเฟสของแรงดัน
2. ขนาดของ I มากขึ้น แต่เฟสของกระแสนำเฟสของแรงดัน ✗
3. ขนาดของ I มากขึ้น แต่เฟสของกระแสตามเฟสของแรงดัน
4. ขนาดของ I น้อยลง แต่เฟสของกระแสตามเฟสของแรงดัน

Ex 18 จงบอกวัตถุประสงค์ของการต่อตัวเก็บประจุขนานกับวงจรหลอดฟลูออเรสเซนต์

1. เพื่อให้หลอดเปล่งแสงมากขึ้นโดยใช้กำลังไฟฟ้าเท่าเดิม
2. เพื่อลดการกระพริบของหลอด
3. เพื่อลดกระแสรวม แต่หลอดเปล่งแสงเท่าเดิม
4. เพื่อเพิ่มกระแสรวม และหลอดเปล่งแสงมากขึ้น



I' จะหักล้าง I



กำลังเฉลี่ยในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ

ในวงจรกระแสสลับมักจะมีตัวเหนี่ยวนำและตัวเก็บประจุต่ออยู่กับตัวต้านทานไฟฟ้า ทำให้ความต่างศักย์รวมและกระแสไฟฟ้ารวมมีเฟสต่างกัน และกำลังไฟฟ้าในสายส่งพลังงานจะเปลี่ยนแปลงตามค่าเวลาที่เปลี่ยนไป ดังนั้นการคิดกำลังไฟฟ้าในวงจรกระแสสลับจึงคิดเป็นค่าเฉลี่ย โดย

"กำลังไฟฟ้าเฉลี่ยของวงจรจะมีค่าเท่ากับผลคูณของค่าเฉลี่ยของความต่างศักย์กับกระแสไฟฟ้าที่อยู่ในเฟสเดียวกัน"

❶ $\bar{P} = I_{rms} V_{rms} \cos\phi$ — ทราบแผนภาพเฟเซอร์ หรือ สมการ I, V (รวม)

เมื่อ I_{rms} = ค่ากระแสรวมในวงจร , V_{rms} = ค่าความต่างศักย์รวมในวงจร

$\cos\phi$ = ตัวประกอบกำลัง { อนุกรม → R/Z ; ขนาน → Z/R

❷ จากการวิเคราะห์กาหาค่ากำลังพบว่าการสูญเสียกำลังไฟฟ้าจะสูญเสียเฉพาะในตัวต้านทานเท่านั้นเราจึงได้สมการการหาค่ากำลังใหม่ที่พิจารณาเฉพาะที่ตัวต้านทาน ดังนี้

$\bar{P} = I_{rms}^2 R = \frac{V_{rms}^2}{R} = I_{rms} V_{rms}$ — สูตรเหมือน DC (คิดที่ R)

เมื่อ I_{rms} = ค่ากระแสที่ผ่านตัวต้านทาน (**)

V_{rms} = ค่าความต่างศักย์ที่ตกคร่อมตัวต้านทาน (**)

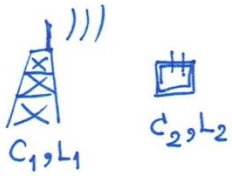
$P_C = P_L = 0$; $\cos\phi = 0$

☯ การสั่นพ้องทางไฟฟ้า (Resonance) เป็นปรากฏการณ์เมื่อเราปรับค่าความถี่ (f) ของแหล่งกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับจนทำให้ค่า $X_C = X_L$ ซึ่งจะส่งผลลัพธ์ 2 ประการดังนี้

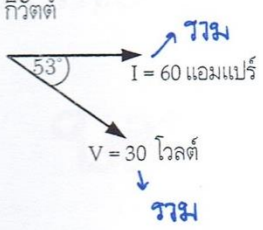
1. ทำให้เกิด I_{max} ในวงจรอนุกรม
2. ทำให้เกิด I_{min} ในวงจรขนาน

➡ ต้องใช้ $f = \frac{1}{2\pi\sqrt{CL}}$ (Hz, F, H)

☆ วงจรจูน $C_1 L_1 = C_2 L_2$ — TV, Telephone, Radio



Ex 19 จากแผนภาพเฟเซอร์ของกระแสไฟฟ้าและความต่างศักย์ของวงจรไฟฟ้ากระแสสลับเป็นดังรูปกำลังเฉลี่ย $\bar{P}$ ของวงจรนี้มีค่ากี่วัตต์

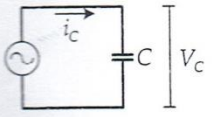


$\bar{P} = IV\cos\phi$

$= 60(30)\cos 53^\circ$

$= 1800\left(\frac{3}{5}\right) = 1080$ W #

Ex 20 จากรูปวงจรไฟฟ้า กำหนดให้ $V_c = V_m \sin\omega t$ โวลต์ และค่าสูงสุดของ i_c คือ I_m แอมแปร์ ค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยของวงจรเท่ากับกี่วัตต์



$\bar{P} = 0$ (มีเฉพาะตัว C)

(วงจรใดไม่มี R → $\bar{P} = 0$)

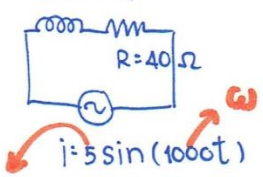
Ex 21 แรงดันไฟฟ้า $e = 100\sin\theta$ โวลต์กระแสไฟฟ้า $I = 10\sin(\theta - 60^\circ)$ แอมแปร์ กำลังไฟฟ้า P เท่ากับผลคูณของ e และ I กำลังไฟฟ้าสูงสุดจะมีค่าเท่าใด

1. 750 วัตต์
2. 1000 วัตต์
3. 500 วัตต์
4. 250 วัตต์

$P_m = I_m V_m \cos\phi$
$= 10(100)\cos 60^\circ$
$= 500$ W #

Ex 22 ขดลวดเหนี่ยวนำ 0.03 เฮนรี และตัวต้านทาน 40 โอห์ม ต่ออนุกรมกับแหล่งกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ กระแสของวงจร (i) เปลี่ยนแปลงตามเวลา (t) ดังสมการ $i = 5\sin(1{,}000t)$ แอมแปร์ จงหากำลังเฉลี่ยของวงจร และความต่างศักย์สูงสุดของวงจรเป็นดังข้อใด (Ent'39)

1. 500 W, 250 V
2. 875 W, 350 V
3. 1,000 W, 250 V
4. 1,250 W, 250 V



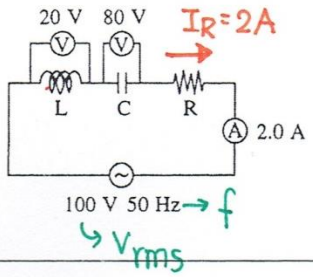
I_m $X_L = \omega L$
$= 1000(0.03) = 30\ \Omega$

$\bar{P} = I^2 R$
$= \left(\frac{5}{\sqrt{2}}\right)^2 40$
$= 500$ W #

$V_m = I_m Z$ $Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$
$= 5\sqrt{40^2 + 30^2}$
$= 250$ W #

ผิด I

Ex 23 พิจารณาวงจรไฟฟ้ากระแสสลับดังรูป มิเตอร์ทั้งหมดเป็นมิเตอร์ไฟฟ้า กระแสสลับแสดงค่าความต่างศักย์ และกระแสไฟฟ้า กำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้แก่วงจรที่มีค่ากี่วัตต์



V_{rms}

$I_R = 2$A

$\bar{P} = I^2 R = \frac{V^2}{R} = IV$ ① rms all (I, V)

$V_T = \sqrt{V_R^2 + (V_L - V_C)^2}$

$100 = \sqrt{V_R^2 + (20-80)^2}$

$V_R = 80$ V

∴ $\bar{P} = 2(80)$
$= 160$ W #

Memo ...

ohm's law

ผอก I หา V
ผอก V หา I

$V = IZ$

CHAPTER (O-NET)
ELETROMAGNATICS WAVE

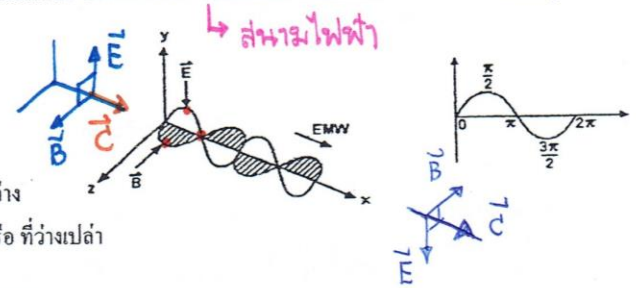
คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า RW, IR, UV, Light เป็นต้น

↳ สนามแม่เหล็ก

เป็นคลื่นตามขวางไม่ต้องใช้ตัวกลางในการเคลื่อนที่ ประกอบด้วย $\overline{E}$ และ $\overline{B}$ ตั้งฉากกัน และมีสมบัติที่สำคัญ คือ

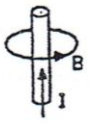
↳ สนามไฟฟ้า

1. $\overline{E} \perp \overline{B}$
2. ณ จุดใด ๆ $\overline{E}$ และ $\overline{B}$ มีเฟสเดียวกัน
3. มีความเร็วในอากาศ $= 3 \times 10^8$ m/s
4. มีทิศทางตาม $\overline{E} \times \overline{B} = \overline{C}$
5. เกิดจากการเหนี่ยวนำอย่างต่อเนื่องระหว่าง $\overline{E}$ และ $\overline{B}$ ไม่ว่าจะเป็นตัวนำ ฉนวน หรือ ที่ว่างเปล่า



① <u>ทฤษฎีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของ Maxwell</u> มี 4 ข้อ

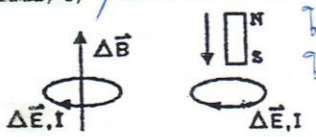
1. เกี่ยวกับ $\overline{E}$ → เกิดจากประจุไฟฟ้า $(E = \frac{kQ}{r^2})$ (Coulomb)
2. เกี่ยวกับ $\overline{B}$ → เกิดจาก I (Oersted)



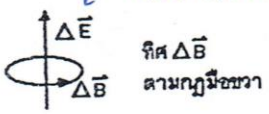
3. บริเวณใด ๆ (ตัวนำ, ที่ว่าง, ฉนวน) ถ้า $\overline{B}$ เปลี่ยนแปลง จะทำให้เกิด $\overline{E}$ เหนี่ยวนำ ซึ่งจะนำไปหา I เหนี่ยวนำ (จากกฎ Faraday's)

4. บริเวณใด ๆ ถ้า $\overline{E}$ เปลี่ยน จะทำให้เกิดสนามแม่เหล็ก $\overline{B}$ (Maxwell)

ไปทางขวาตาม $\Delta\vec{B}$ ส่วน ไปทางขวาตาม $\Delta\vec{E}$



ไปทางขวาถ้าขั้น N
ไปทางซ้ายถ้าขั้น S



ทิศ $\Delta\vec{B}$ ตามกฎมือขวา

รูปสำหรับกฎข้อ 3

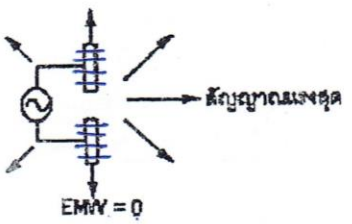
$\Delta\vec{B} \rightarrow \Delta\vec{E}$

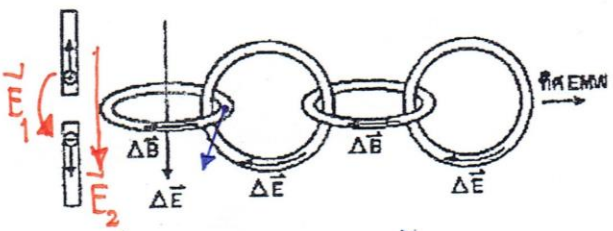
รูปสำหรับกฎข้อ 4

$\Delta\vec{E} \rightarrow \Delta\vec{B}$

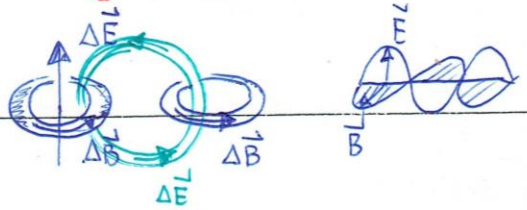
② <u>การเกิดคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในสายอากาศ</u> (ความหน่วงก็ได้)

EMW จะเกิดขึ้นได้ก็ต่อเมื่อ ประจุไฟฟ้าเคลื่อนที่ด้วย <u>ความเร่ง</u> โดยมีแนวส่งในสายอากาศ ดังรูป





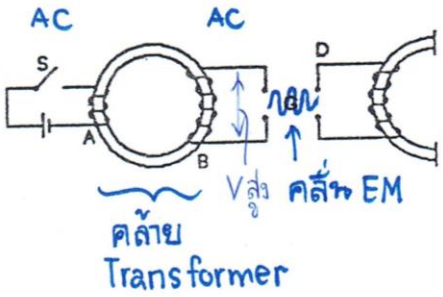
Ex



③ การทดลองคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของเฮิรตซ์

การทดลองและผลการทดลอง

1. ใช้สวิตช์ S แบบสั้น เพื่อทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลง ϕ
2. เหนี่ยวนำให้เกิด $I_{เหนี่ยวนำ}$ ที่ขดลวด B คล้ายหม้อแปลง
3. เกิด $E_{เหนี่ยวนำ}$ ในขดลวด B ทำให้อากาศช่องแคบ G แตกตัว (Spark) e^- กระโดดข้ามไปมาเกิดความเร่ง
4. เกิด EMW ทำให้เกิด Spark ที่ D



④ สเปกตรัมของคลื่น EMW คือ คลื่นในช่วง f ต่างกัน

ชนิดของคลื่นเรียงลำดับจากความถี่น้อย (λ มาก) ไปความถี่มาก (λ น้อย)

f_{min} $\lambda\uparrow$

- A.C. (กระแสสลับใช้ตามบ้าน) ใช้ตามบ้าน
- คลื่น A.M. สะท้อนบรรยากาศชั้นไอโอโนสเฟียร์ มีคลื่นฟ้าและคลื่นดิน การส่งผสมกันระหว่างสัญญาณเสียง + คลื่นพาหะ (คลื่นวิทยุ) โดย f คงที่ Amplitude เปลี่ยนแปลง (Modulation) signal + คลื่นพาหะ ≡

ส่งคลื่นฟ้า or ดิน

- คลื่น F.M. สะท้อนไม่ได้ รวมกับคลื่นพาหะ f เปลี่ยนแปลง Amplitude คงที่ (*T.V. ส่งภาพ A.M., เสียง F.M.)
- โทรทัศน์, ไมโครเวฟ, เรดาร์ สะท้อนโลหะได้ดี สามารถตรวจจับคลื่นโดยเครื่องมืออิเล็กทรอนิกส์
- IR หรือรังสีแดงใต้แดง ทะลุเมฆหมอก, องค์ประกอบรีโมทคอนโทรล, เกิดจาก Heat สามารถตรวจจับโดยใช้แผ่นฟิล์ม, ประสาทผิวหนังไวต่อคลื่นชนิดนี้

ส่งตรวจคลื่นดิน

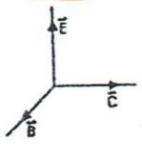
- แสงที่มองเห็น $4\times10^{-7} \rightarrow 7\times10^{-7}$ (ม่วง – แดง) ประยุกต์กำเนิดแสงเลเซอร์ วัตถุที่ Temp. สูง จะให้แสง f สูง (ดาวฤกษ์สีน้ำเงิน Temp. > ดาวฤกษ์สีแดง)
- UV (เหนือม่วง) อากาศชั้นไอโอโนสเฟียร์แตกตัว ผ่านแก้วไม่ดี เพราะจะเปลี่ยนไปเป็น Heat ผ่านแร่ควอทซ์ได้ดี
- X – ray ทะลุผ่านสิ่งกีดขวางหนา ๆ ได้ (เกิดจาก e^- ชนโลหะหนัก) ตรวจสอบอวัยวะก่อนได้ → ศึกษารังสี x-ray

f_{max} $\lambda\downarrow$

- γ – ray เกิดได้ตามธรรมชาติ ซึ่งเกิดจากอนุภาคเคลื่อนที่ด้วยความเร่ง → แผ่รังสีของธาตุกัมมันตรังสี

⑤ การรับและส่งคลื่นวิทยุ

- การส่งตามทิศ $\vec{E} \times \vec{B}$



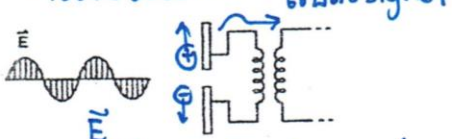
- เสาอากาศเครื่องรับสนามไฟฟ้า

$L = \frac{\lambda}{2}$

$L \geq \frac{\lambda}{2}$

- เครื่องรับวิทยุ

1) แบบเส้น รับสัญญาณ $\vec{E}$ โดยสายอากาศขนานกับสนามไฟฟ้า



2) แบบห่วง รับสัญญาณ $\vec{B}$ โดยวางในแนวดิ่งและตั้งฉากกับสนามแม่เหล็ก

3×10^8 m/s

สูตรคำนวณ

$v = \frac{s}{t}$

$v = f\lambda$

การคำนวณวงจรไฟฟ้ากระแสตรงเบื้องต้น

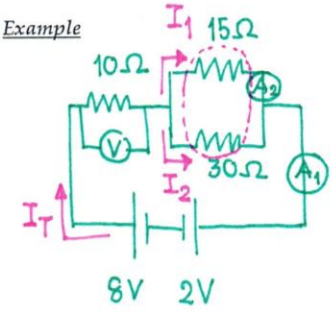
① การใช้กฎโอห์มเพื่อหาค่าตัวแปรย่อย V และ I ในวงจร → พยายามหาตามสาย

หลัก 1. ต้องหาค่า $I_{รวม}$ ให้ได้จากสมการ $I = \frac{E}{R+r}$

2. พิจารณาการแยกไหลของกระแสหรือค่าความต่างศักย์ในการต่อความต้านทานแบบต่างๆ และหาค่าตัวแปรย่อยๆ จากกฎของโอห์ม $V = IR$

} วิเคราะห์ + $V=IR$ (I แยกไหล)

Example



จงหาค่าจาก A1, A2, V

$I_T = \frac{E}{R+r} = \frac{6}{20+0} = 0.3$ A

$V_1 = V_2 = V_{12}$ (เฉพาะชุดขนาน)

$I_1(15) = I_2(30) = 0.3(10)$

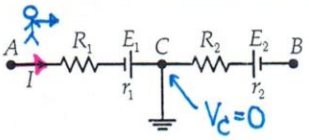
$I_1 = 0.2$ A

$I_2 = 0.1$ A

- Ammeter ต่ออนุกรม $R_A \approx 0$
- Voltmeter ต่อขนาน $R_V \approx \infty$

ดังนั้น A1 = 0.3 A, A2 = 0.2 A, $V = IR = 0.3(10) = 3$ V #

② การคำนวณความต่างศักย์ในส่วนของวงจร



$V_{ab} = \sum IR - \sum E$

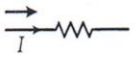
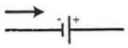
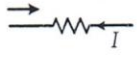
$V_{AB} = +I(R_1+r_1+R_2+r_2) - (+E_1 - E_2)$

V = IR

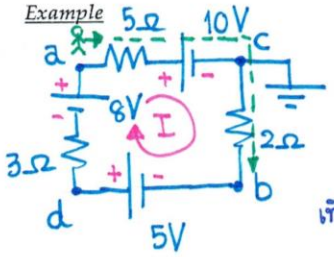
หลัก 1. หาค่า I และทิศทางการไหลในสายนั้นๆ ให้ได้ 2. การหา V_{ab} หมายถึงการเริ่มเดินจาก a ไป b

3. การคิดเครื่องหมายของ E และ I 4. การหาศักย์ไฟฟ้า ณ จุดใดๆ ให้เทียบจุดนั้นกับสายดิน

ทิศการเดิน

การคิด E		การคิด I	
	เดินเข้าบวก - E		เดินตามกระแส +I
	เดินเข้าลบ +E		เดินสวนกระแส -I

Example



จงหา V_{ab}, V_a, V_{ad}

Sol $I = \frac{E}{R+r} = \frac{5+8-10}{3+5+2} = 0.3$ A

- $V_{ab} = \Sigma IR - \Sigma E$ ($V_{ab} = V_a - V_b$)
  $= +0.3(5+2) - (-10) = 12.1$ V #
- $V_a = V_{ac} = \Sigma IR - \Sigma E$ (เทียบ ground) ($V_a - V_c$, $V_c = 0$)
  $= +0.3(5) - (-10) = 11.5$ V #
- $V_{ad} = \Sigma IR - \Sigma E = -0.3(3) - (-8) = 7.1$ V #

Ex 1 ข้อความต่อไปนี้ ข้อใดกล่าวถูกต้องตามทฤษฎีเกี่ยวกับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

✓ ก. ขณะประจุเคลื่อนที่ด้วยความเร่งหรือความหน่วง จะแผ่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

✗ ข. เมื่อสนามแม่เหล็กเปลี่ยนแปลงจะเหนี่ยวนำให้เกิดสนามไฟฟ้าโดยรอบ ยกเว้นบริเวณนั้นเป็นฉนวน

✓ ค. บริเวณรอบตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้าจะเกิดสนามแม่เหล็ก

1. ข้อ ก., ข. และ ค. 2. ข้อ ก. และ ค. 3. ข้อ ค. เท่านั้น 4. คำตอบเป็นอย่างอื่น

Ex 2 จงพิจารณาข้อความต่อไปนี้

ก. อิเล็กตรอนเคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูง ✗ ข. กลุ่มอิเล็กตรอนเคลื่อนที่ในตัวนำ ✗ ค.ท.แบบ $\vec{a}$

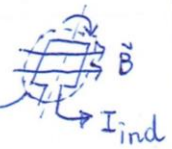
ค. อิเล็กตรอนเคลื่อนที่ด้วยความหน่วง เหตุการณ์ที่จะทำให้เกิดคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า คือ

1. ข้อ ก. และ ข. 2. ข้อ ข. และ ค. 3. ข้อ ข. 4. ข้อ ค.

Ex 3 จงพิจารณาข้อความต่อไปนี้

✗ ก. เมื่อสนามไฟฟ้าเปลี่ยนแปลงจะเกิดการเหนี่ยวนำให้เกิดสนามแม่เหล็ก และมีแรงเคลื่อนแม่เหล็กเกิดขึ้น

✓ ข. เมื่อสนามแม่เหล็กเปลี่ยนแปลงจะเกิดการเหนี่ยวนำให้เกิดสนามไฟฟ้า และมีแรงเคลื่อนไฟฟ้าเกิดขึ้น



คำตอบที่ถูกต้อง คือ

1. ข้อ ก. ผิด ข้อ ข. ถูก 2. ข้อ ก. ถูก ข้อ ข. ผิด 3. ข้อ ก. และ ข. ถูก 4. ข้อ ก. และ ข. ผิด

Ex 4 คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเกิดจาก ? อาจคงที่

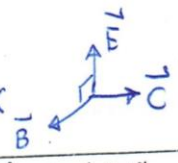
ก. กระแสไฟฟ้าไหลผ่านเส้นลวดตัวนำ ✗

✓ ข. การเหนี่ยวนำอย่างต่อเนื่องระหว่างสนามแม่เหล็กและสนามไฟฟ้า คำตอบที่ถูกต้อง คือ

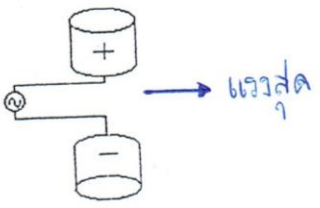
1. ข้อ ก. 2. ข้อ ข. 3. ข้อ ก. และ ข. 4. ไม่มีข้อถูก

Ex 5 แนวความคิดที่สำคัญอย่างหนึ่งของแมกซ์เวลล์ (Maxwell) เกี่ยวกับทฤษฎีของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า คือ

1. คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าทุกชนิดจะต้องมีความยาวคลื่นต่างกัน
2. เมื่อสนามแม่เหล็กเปลี่ยนแปลงจะเหนี่ยวนำให้เกิดสนามไฟฟ้าขึ้น
3. การเกิดคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า จำเป็นต้องอาศัยการสั่นของอนุภาคตัวกลาง ✗
4. ทิศการเคลื่อนที่ของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า จะต้องอยู่ในทิศเดียวกับสนามแม่เหล็ก ✗



Ex 6 ในรูปเป็นลวด 2 เส้น ซึ่งต่ออยู่กับแหล่งกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ แล้วทำให้เกิดการแผ่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าออกจากเส้นลวด การเกิดคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเช่นนี้เนื่องจาก



1. การเคลื่อนที่ของประจุด้วยความเร่งระหว่างเส้นลวด
2. การเคลื่อนที่ของประจุด้วยความเร็วสม่ำเสมอระหว่างเส้นลวด
3. การไหลของกระแสระหว่างเส้นลวด
4. เกิดการเหนี่ยวนำไฟฟ้าขึ้นภายในเส้นลวด

Ex 7 ข้อใดต่อไปนี้ผิด

1. สนามไฟฟ้าที่เปลี่ยนแปลงจะเหนี่ยวนำให้เกิดสนามแม่เหล็กขึ้นรอบ ๆ ไม่ว่าบริเวณนั้นจะเป็นที่ว่างหรือฉนวน
2. คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจะไม่เคลื่อนที่ออกไปในแนวที่ขนานกับสายอากาศ
3. เฟสของสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่จุดใดจุดหนึ่งเป็นอย่างเดียวกัน
4. ประจุเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่จะแผ่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าออกมาอย่างคงที่

Ex 8 คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเกิดจาก

1. กระแสไฟฟ้าที่มีค่าคงที่ไหลจากแบตเตอรี่ผ่านตัวนำไฟฟ้าในวงจรไฟฟ้า
2. การเคลื่อนที่ของนิวตรอนด้วยความเร่ง
3. วัตถุที่มีอุณหภูมิสูง
4. การเคลื่อนที่ของประจุไฟฟ้าด้วยความเร็วคงที่

Ex 9 แหล่งกำเนิดของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ามีหลายอย่าง ข้อใดที่ไม่ใช่

1. วัตถุมีอุณหภูมิสูง
2. อะตอมปลดปล่อยพลังงาน
3. อิเล็กตรอนปลดปล่อยพลังงาน
4. อิเล็กตรอนในกระแสไฟฟ้าตรงปลดปล่อยพลังงาน

Ex 10 ในเรื่องเกี่ยวกับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ข้อใดผิด

1. ทิศทางของสนามแม่เหล็กและสนามไฟฟ้าจะตั้งฉากกันเสมอ
2. สนามแม่เหล็กและสนามไฟฟ้าเกิดจากการเหนี่ยวนำซึ่งกันและกัน
3. ผลิตขึ้นได้จากการที่ประจุไฟฟ้าเคลื่อนที่ด้วยความเร่ง
4. ความถี่ทุกช่วงคลื่นมีความเร็วเท่ากัน
5. บางความยาวคลื่นต้องอาศัยตัวกลางในการเคลื่อนที่

Ex 11 จงพิจารณาข้อความต่อไปนี้ ข้อใดไม่ถูกต้อง

1. การเปลี่ยนแปลงสนามไฟฟ้าทำให้เกิดสนามแม่เหล็ก และการเปลี่ยนแปลงสนามแม่เหล็กทำให้เกิดสนามไฟฟ้า
2. สนามไฟฟ้า และสนามแม่เหล็กของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ามีเฟสต่างกัน 90°
3. สำหรับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า สนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กมีทิศตั้งฉากซึ่งกันและกัน และตั้งฉากกับทิศทางการเคลื่อนที่ของคลื่นด้วย
4. ในตัวกลางเดียวกัน คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าทุกความถี่มีความเร็วเท่ากันหมด

Ex 12 สนามแม่เหล็กที่มาพร้อมกับการเคลื่อนที่ของแสงนั้น จะมีทิศทาง

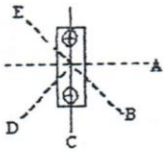
1. ขนานกับทิศทางของการเคลื่อนที่ของแสง
2. ขนานกับสนามไฟฟ้า แต่เฟสต่างกัน 90°
3. ตั้งฉากกับทั้งสนามไฟฟ้า และทิศทางการเคลื่อนที่ของแสง
4. ตั้งฉากกับสนามไฟฟ้า แต่ขนานกับทิศทางการเคลื่อนที่ของแสง

Ex 13 ข้อความต่อไปนี้ ข้อใดเป็นข้อความที่ไม่ถูกต้อง สำหรับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

1. สนาม $\overline{E}$ และ $\overline{B}$ มีเฟสตรงกัน
2. สนาม $\overline{E}$ และ $\overline{B}$ มีเฟสตรงกัน 90°
3. สนาม $\overline{E}$ และ $\overline{B}$ มีทิศตั้งฉากซึ่งกันและกันและตั้งฉากกับทิศทางการเคลื่อนที่ของคลื่น
4. ความเร็วของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในสุญญากาศมีค่าคงที่ไม่ขึ้นกับความถี่

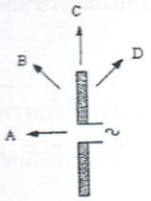
Ex 14 ถ้าหากมีประจุเคลื่อนที่กลับไปกลับมาคู่หนึ่งในตัวนำ ดังรูป ตามทฤษฎีของแมกซ์เวลล์ ประจุคู่นี้จะแผ่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าออกมา แต่มีแนวหนึ่งที่จะไม่มีคลื่นแผ่ออกมาเลย แนวนั้นคือ

1. A
2. B
3. C
4. D



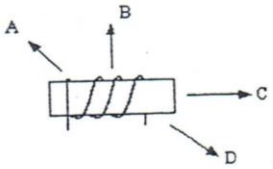
Ex 15 หากมีกระแสสลับความถี่สูงเคลื่อนที่กลับไปมาในสายอากาศ จะมีการแผ่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในทิศต่าง ๆ ทิศใดที่คลื่นแผ่ออกแรงที่สุด

1. A
2. B
3. C
4. D



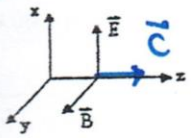
Ex 16 ขดลวดที่พันรอบแกนเหล็กเฟอร์ไรท์ในเครื่องรับวิทยุ ทำหน้าที่เป็นสายอากาศด้วย จากความรู้เกี่ยวกับคลื่นวิทยุ สถานีส่งอยู่ในทิศทางใด ที่จะทำให้วิทยุเงียบ (ได้รับสัญญาณน้อยที่สุด)

1. A
2. B
3. C
4. D

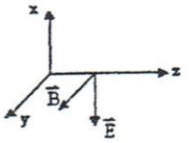


Ex 17 เมื่อคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเคลื่อนที่ไปทางแกน z ที่เวลา t ค่าหนึ่ง ความสัมพันธ์ของสนามแม่เหล็ก สนาม $\overline{B}$ และสนามไฟฟ้า $\overline{E}$ ของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้านี้จะเป็นไปตามข้อใด

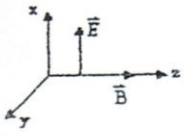
1.



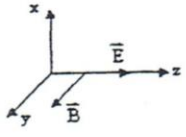
2.



3.

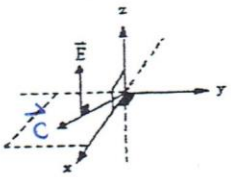


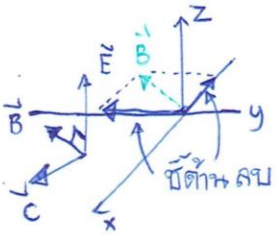
4.



Ex 18 คลื่นแม่เหล็กชนิดหนึ่ง เคลื่อนที่ออกจากจุด O ในระนาบ xy ดังแสดงในรูป ที่ตำแหน่งใดตำแหน่งหนึ่ง เมื่อเวลาใด ๆ สนามไฟฟ้า E ชี้อยู่ในทิศ +Z จงบอกทิศทางของสนามแม่เหล็ก B ที่ตำแหน่งนั้น (ซึ่งบอกได้โดยองค์ประกอบของ B)

1. B มีทิศอยู่ในแกน +y
2. B มีทิศอยู่ในแกน -y
3. B มีองค์ประกอบอยู่ในแกน +x และ +y
4. B มีองค์ประกอบอยู่ในแกน -x และ -y





Ex 19 ในการติดตั้งเสาตรวจจับสนามแม่เหล็กที่มากับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ลักษณะของเสาอากาศและการติดตั้ง คือ

1. ใช้แท่งโลหะตรง และให้ความยาวของโลหะตั้งฉากกับทิศการเปลี่ยนแปลงของสนามแม่เหล็ก
2. ใช้แท่งโลหะตรง และให้ความยาวของโลหะขนานกับทิศการเปลี่ยนแปลงของสนามแม่เหล็ก
3. ใช้โลหะขดเป็นวงกลม และให้ระนาบของวงกลมตั้งฉากกับทิศการเปลี่ยนแปลงของสนามแม่เหล็ก
4. ใช้โลหะขดเป็นวงกลม และให้ระนาบของวงกลมขนานกับทิศการเปลี่ยนแปลงของสนามแม่เหล็ก

Ex 20 จงพิจารณาข้อความที่เกี่ยวกับทฤษฎีสัมพัทธ์ที่ว่า

ก. ทุกคนเห็นแสงมีความเร็วเท่ากันหมด ไม่ว่าจะกำลังหยุดนิ่ง หรือวิ่งตามแหล่งกำเนิดแสง หรือวิ่งหนีแหล่งกำเนิดแสงก็ตาม

ข. ไม่มีอีเธอร์อยู่จริง

จากข้อความดังกล่าว ท่านคิดว่า

1. ข้อ ก. ถูก ข้อ ข. ผิด
2. ข้อ ก. ผิด ข้อ ข. ถูก
3. ข้อ ก. และ ข. ถูก
4. ข้อ ก. และ ข. ถูก และ ข. เป็นผลจาก ข้อ ก.

Ex 21 ถ้าคลื่นวิทยุในอากาศมีอัตราเร็ว 3×10^8 เมตร/วินาที และความถี่ 500 กิโลเฮิรตซ์ คลื่นวิทยุนี้มีความยาวคลื่นเท่าใดในหน่วยของเมตร

1. 1.67×10^{-3}
2. 3.33×10^{-5}
3. 6.00×10^{2}
4. 8.00×10^{4}

$\lambda = \frac{v}{f} = \frac{3\times10^8}{500\times10^3}$

$= \frac{3}{5}\times10^3 = 6\times10^2$ m #

Ex 22 สถานีวิทยุกระจายเสียงแห่งหนึ่ง ออกอากาศด้วยคลื่น 100 เมกะเฮิรตซ์ ถ้าท่านต้องการสร้างสายอากาศสำหรับรับคลื่นของสถานีวิทยุกระจายเสียงแห่งนี้ ความยาวที่เหมาะสมของสายอากาศที่ท่านสร้างจะเป็นกี่เมตร

1. 0.75
2. 1.0
3. 1.5
4. 3.0

$L = \frac{\lambda}{2} = \frac{v}{2f} = \frac{3\times10^8}{2(100\times10^6)}$

$L = 1.5$ m #

Ex 23 พิจารณาข้อความต่อไปนี้ข้อใดผิด

1. ความยาวของสายอากาศที่เหมาะสมในการรับและส่งคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าควรประมาณครึ่งหนึ่งของความยาวคลื่น
2. สายอากาศแบบเส้นใช้สำหรับรับสนามไฟฟ้าของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า จึงควรจัดวางให้ขนานกับทิศของสนามไฟฟ้าของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า
3. สายอากาศแบบห่วง ใช้สำหรับรับสนามแม่เหล็กของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจึงควรจัดวางให้ขนานกับทิศของสนามแม่เหล็กของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า.
4. สนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ณ จุด ๆ หนึ่ง จะมีเฟสตรงกันแต่มีทิศที่ตั้งฉากกันเสมอ

Ex 24 คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าทุกชนิดขณะเคลื่อนที่ในสุญญากาศจะมีสิ่งหนึ่งเท่ากันเสมอ คือ

1. ความยาวคลื่น 2. แอมพลิจูด 3. ความถี่ 4. ความเร็ว

Ex 25 กำหนดให้ t_1, t_2 และ t_3 เป็นเวลาที่คลื่นเสียง (ความถี่ 2×10^4 เฮิรตซ์) คลื่นวิทยุ (ความถี่ $10^4 - 10^9$ เฮิรตซ์) และคลื่นไมโครเวฟ (ความถี่ $10^8 - 10^{12}$ เฮิรตซ์) เดินทางในระยะทางที่เท่ากันตามลำดับ ข้อใดที่ถูกต้อง $t_1 > t_2 = t_3$

1. $t_1 > t_2 > t_3$ 2. $t_1 < t_2 < t_3$ 3. $t_1 = t_2 = t_3$ 4. คำตอบเป็นอย่างอื่น

Ex 26 รังสีอินฟราเรด รังสีอุลตราไวโอเลต รังสีแกมมา รังสีเอกซ์ ต่างก็มีสมบัติที่สำคัญเหมือนกันคือ

ก. มีการเคลื่อนที่ไปได้โดยไม่จำเป็นต้องอาศัยตัวกลางที่มีความยืดหยุ่น ✓

ข. มีการเคลื่อนที่ไปด้วยความเร็วของคลื่นวิทยุระบบเอฟเอ็ม และมีพลังงานส่งผ่านไปพร้อมกันด้วย ✓

ค. มีทิศทางของสนามไฟฟ้าตั้งฉากกับทิศทางของสนามแม่เหล็ก และสนามทั้งสองมีทิศตั้งฉากกับทิศทางของการเคลื่อนที่ ✓

คำตอบที่ถูกต้อง คือ

1. ข้อ ก. และ ข. 2. ข้อ ข. และ ค.
3. ข้อ ก. และ ค. 4. ข้อ ก., ข. และ ค.

Ex 27 คลื่นวิทยุ 2 คลื่น มีความถี่ 1.5×10^8 และ 3×10^7 เฮิรตซ์ ตามลำดับ คลื่นวิทยุทั้งสองนี้จะมีความยาวคลื่นต่างกัน

$\lambda = \frac{v}{f} \rightarrow \lambda_1 = \frac{3\times10^8}{1.5\times10^8} = 2\ m$

$\lambda_2 = \frac{3\times10^8}{3\times10^7} = 10\ m$

1. 1.5 เมตร
2. 4 เมตร
3. 8 เมตร
4. 12 เมตร

Ex 28 คลื่นต่อไปนี้ชนิดใดที่มีความถี่สูงสุด

1. รังสีแกมมา 2. รังสีอุลตราไวโอเลต 3. ไมโครเวฟ 4. คลื่นวิทยุ

Ex 29 การแผ่รังสีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าต่อไปนี้ ข้อใดมีความยาวคลื่นสั้นที่สุด f_{max}

1. รังสีแกมมา 2. แสงที่ตามองเห็น 3. ไมโครเวฟ 4. รังสีอุลตราไวโอเลต

Ex 30 ข้อใดเป็นลักษณะของสัญญาณเอเอ็ม

1. คลื่นพาหะมีแอมพลิจูดคงที่ ความถี่คงที่ และสะท้อนในบรรยากาศชั้นไอโอโนสเฟียร์
2. คลื่นพาหะมีแอมพลิจูดไม่คงที่ ความถี่คงที่ และสะท้อนในบรรยากาศชั้นไอโอโนสเฟียร์
3. คลื่นพาหะมีแอมพลิจูดไม่คงที่ ความถี่ไม่คงที่ และสะท้อนในบรรยากาศชั้นไอโอโนสเฟียร์
4. คลื่นพาหะมีแอมพลิจูดไม่คงที่ ความถี่ไม่คงที่ และไม่สะท้อนในบรรยากาศชั้นไอโอโนสเฟียร์

Ex 31 คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีได้เฉพาะคลื่นดิน คือ $f > AM \therefore \lambda < AM$

1. คลื่นที่มีความยาวคลื่นน้อยกว่าคลื่นวิทยุระบบเอฟเอ็ม
2. คลื่นที่มีความยาวคลื่นมากกว่าคลื่นวิทยุระบบเอฟเอ็ม
3. คลื่นที่มีความยาวคลื่นน้อยกว่าคลื่นวิทยุระบบเอเอ็ม
4. คลื่นที่มีความยาวคลื่นมากกว่าคลื่นวิทยุระบบเอเอ็ม

Ex 32 รังสีอินฟาเรด และคลื่นไมโครเวฟมีสิ่งที่เหมือนกัน คือ

ก. เป็นคลื่นประเภทเดียวกัน ✓ ข. มีประโยชน์ในการสื่อสารเหมือนกัน ✓ ค. ตรวจรับด้วยฟิล์มถ่ายรูปเหมือนกัน ✗

ข้อที่ถูกต้อง คือ ↓ EM

1. ข้อ ก. เท่านั้น
2. ข้อ ก. และ ข.
3. ข้อ ข. และ ค.
4. ทั้งข้อ ก., ข. และ ค.

Ex 33 การตรวจหาตำแหน่งของวัตถุด้วยเรดาร์อาศัยการส่งคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในข้อใด

1. คลื่นสั้น
2. อินฟาเรด
3. ไมโครเวฟ
4. อัลตราไวโอเลต

Ex 34 ในกรณีของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ข้อความใดผิด

1. ขณะประจุเคลื่อนที่ด้วยความเร่งจะแผ่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าออกมา
2. รังสีแกมมาเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความยาวคลื่นมากกว่ารังสีเอกซ์
3. การสะท้อนของคลื่นวิทยุระบบเอฟเอ็มอาศัยคลื่นฟ้าเป็นส่วนน้อย
4. เรดาร์อาศัยหลักการทำงานของการสะท้อนของคลื่นไมโครเวฟ

$f_\gamma > f_{X\text{-ray}}$ ↓ $\lambda_\gamma < \lambda_{X\text{-ray}}$

Ex 35 คำกล่าวต่อไปนี้ข้อใดบ้างที่ถูก

ก. คลื่นไมโครเวฟสะท้อนจากผิวโลหะได้ดี ✓

ข. คลื่นโทรทัศน์เลี้ยวเบนอ้อมสิ่งกีดขวาง เช่น รถยนต์ได้ ✗

ค. รังสีอัลตราไวโอเลตทะลุผ่านแก้วได้ดี

ง. คลื่นวิทยุเอเอ็ม (530 kHz – 1.6 MHz) สะท้อนได้ดีที่บรรยากาศชั้นไอโอโนสเฟียร์

1. ก., ข. และ ค.
2. ก. และ ค.
3. ง. เท่านั้น
4. คำตอบเป็นอย่างอื่น

Ex 36 นักวิทยาศาสตร์รู้ว่าดาวฤกษ์ดวงหนึ่งมีอุณหภูมิสูงกว่าอีกดวงหนึ่ง จากคุณสมบัติตามข้อใด

1. คลื่นแสงที่ดาวฤกษ์ปล่อยออกมา
2. คลื่นอุลตราไวโอเลตที่ดาวฤกษ์ปล่อยออกมา
3. คลื่นรังสีเอกซ์ที่ดาวฤกษ์ปล่อยออกมา
4. คลื่นวิทยุที่ดาวฤกษ์ปล่อยออกมา
5. คลื่นรังสีอินฟราเรดที่ดาวฤกษ์ปล่อยออกมา

Ex 37 ข้อความต่อไปนี้ ข้อความใดผิด

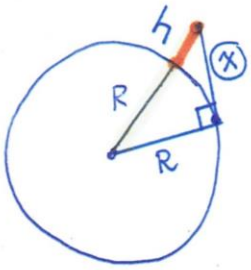
1. คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเป็นคลื่นตามขวางสามารถเคลื่อนที่ผ่านสุญญากาศได้
2. รังสีแกมมา รังสีเบตา รังสีเอกซ์ เป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ความถี่สูง
3. รังสีอินฟาเรดเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า มีความถี่ในช่วง $10^{11} - 10^{14}$ เฮิรตซ์ และตามปกติสิ่งมีชีวิตและแผ่รังสีนี้ออกมาตลอดเวลา
4. ถึงแม้รังสีอุลตราไวโอเลตมีความถี่สูงกว่าแสง แต่รังสีอุลตราไวโอเลตผ่านแก้วได้ค่อนข้างน้อย

Ex 38 ข้อความต่อไปนี้ ข้อใดผิด

1. การที่ต้องใช้รังสีเอกซ์ในการศึกษาผลึก ก็เพราะความยาวคลื่นรังสีเอกซ์ใกล้เคียงกับระยะระหว่างอะตอม
2. พลังงานของคลื่นแม่เหล็กฟ้าที่แผ่ออกจากวัตถุร้อน จะเพิ่มขึ้นในทุก ๆ ความถี่ในอัตราส่วนที่เท่ากันเมื่อวัตถุนั้นมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้น
3. หลอดไฟฟ้าแบบมีไส้จะมีประสิทธิภาพค่อนข้างต่ำกว่าหลอดฟลูออเรสเซนต์เนื่องจากคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ไส้หลอดแผ่ออกมาส่วนใหญ่จะอยู่ในช่วงที่ตามองไม่เห็น
4. ถึงแม้รังสีอุลตราไวโอเลตมีความถี่สูงกว่าแสง แต่รังสีอุลตราไวโอเลตผ่านแก้วได้ค่อนข้างน้อย

Ex 39 สมมติว่าโลกมีผิวเกลี้ยงกลมดิก และมีรัศมี R หน่วย และเสาอากาศส่งสัญญาณโทรทัศน์แห่งหนึ่งมีความสูง h หน่วย อยากทราบว่าสัญญาณโทรทัศน์จากเสาอากาศนี้ที่ไปถึงเครื่องรับบนพื้นดินโดยตรง (โดยไม่ต้องมีสถานีถ่ายทอดเป็นระยะ ๆ นั้น) ไปได้ไกลสุดประมาณเท่าไร

1. $\sqrt{Rh}$
2. $\sqrt{2Rh}$
3. $\frac{h^2}{R}$
4. $\frac{R^2}{h}$



$x = \sqrt{(R+h)^2 - R^2}$

$= \sqrt{R^2 + 2Rh + h^2 - R^2}$

$= \sqrt{2Rh + h^2}$

$= \sqrt{2Rh}$

Ex 40 คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ใช้ในการตรวจอาวุธปืนที่อาจซุกซ่อนไปกับกระเป๋าเดินทางในบริเวณสนามบินนั้น โดยมากจะใช้คลื่นที่เรียกว่าอะไร

1. รังสีแกมมา
2. รังสีแคโทด
3. รังสีเอกซ์
4. รังสีเบต้า

MEMO..