

BRANDS® ซัมเมอร์แคมป์ ปีที่ 25



เอกสารประกอบคำบรรยาย
วิชา PAT 2

ฟลิคส์

โดย อ.สุธี อัสววิมล (เพ็ญท่ง)
สถาบันกวดวิชาออนดีมานด์

Smart Planning



ลำดับบทที่ออกสอบ (จากมากไปน้อย)

1. _____
2. _____
3. _____
4. _____
5. _____
6. _____
7. _____
8. _____
9. _____
10. _____
11. _____
12. _____

เรื่องที่ต้องดูเป็นพิเศษ (ต้องฝึกโจทย์ให้มาก)

- A. _____
- B. _____
- C. _____
- D. _____
- E. _____
- F. _____
- G. _____
- H. _____
- I. _____
- J. _____
- K. _____
- L. _____



ในการเอาชนะข้อสอบ

1. แม่นหลัก/สูตร
2. แม่นหน่วย
3. หาตัวแปรที่โจทย์ถามให้เจอ
4. ทำ Shortest Route
(หาเส้นทางคำนวณที่สั้นที่สุด)
5. เร็ว/รอบคอบ
6. (ถ้าจำเป็น) ให้เดาแบบดูข้อสอบ
7. ระวัง ! ค่าคงที่/ใช้ตามที่ข้อสอบกำหนด

การเตรียมตัว / ฝึก

1. ต้องทำ Short Note
2. หากฝึกโจทย์และคิดไม่ออกให้ Open Book
ทำก่อนจะไปดูเฉลย
3. ฝึกจับเวลาเสมอ (จำลองการสอบ)
4. เมื่อพบข้อผิดพลาดจากการฝึก ให้จดทั้งไว้หน้าข้อ
คำถาม และจดลง Short Note เอาไว้ทบทวน
5. อ่าน/ฝึก ตามลำดับความสำคัญ
(เน้น บท/เรื่องที่ออกสอบมากก่อน)

วิเคราะห์ข้อสอบ PAT2 ฟิสิกส์ ปี 2555

PAT 2 วิชา วิทยาศาสตร์ PART : PHYSICS	ข้อสอบปี 2555				
	บท		จำนวน ข้อสอบ	% ที่ออก	% สะสม
	22	ฟิสิกส์นิวเคลียร์	7	12	12
	3	กฎของนิวตัน	6	10	22
	13	แสง	6	10	32
	15	ของแข็ง ของเหลว และของไหล	4	7	39
	2	การเคลื่อนที่แนวตรง	4	7	46
50%	12	เสียง	4	7	53
	21	ฟิสิกส์อะตอม	4	7	59
	17	ไฟฟ้ากระแสตรง	3	5	64
	18	แม่เหล็กไฟฟ้า	3	5	69
	1	บทนำและการนับ	3	5	75
	16	ไฟฟ้าสถิต	2	3	78
80%	14	แก๊สและทฤษฎีจลน์	2	3	81
	4	สมดุลกล	2	3	85
	6	โมเมนตัม	2	3	88
	19	ไฟฟ้ากระแสสลับ	2	3	92
	7	การเคลื่อนที่วิถีโค้ง	1	2	93
	10	การเคลื่อนที่แบบหมุน	1	2	95
	11	คลื่น	1	2	97
	5	งานและพลังงาน	1	2	98
	9	การเคลื่อนที่แบบซิมเปิลฮาร์โมนิก	1	2	100
	20	คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและแสงเชิงฟิสิกส์	0	0	100
	8	การเคลื่อนที่วงกลมและดวงดาว	0	0	100
		รวม	59	100	

ไฟฟ้าสถิต

A พื้นฐานไฟฟ้าสถิต (Basic Concepts)

A1 ประจุไฟฟ้า (Q)

ชนิด 2 ชนิดคือ ประจุบวก (+) และประจุลบ (-)

แรงระหว่างประจุไฟฟ้า

- 1 ประจุไฟฟ้าชนิดเดียวกัน → ผลักกัน
- 2 ประจุไฟฟ้าต่างชนิดกัน → ดูดกัน
- 3 แรงบนประจุทั้งสองเป็น Action = Reaction
- 4 วัตถุที่มีประจุจะดูดวัตถุที่เป็นกลาง เช่น ลูกปิต

หน่วย คูลอมบ์ (C)

อนุภาคประจุ

- โปรตอน → เป็น + ($Q_p = 1.6 \times 10^{-19} \text{C}$)
- อิเล็กตรอน → เป็น - ($Q_e = -1.6 \times 10^{-19} \text{C}$)
- อะตอมถ้าเสียอิเล็กตรอน → เป็นไอออนบวก
ถ้ารับอิเล็กตรอน → เป็นไอออนลบ

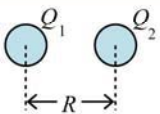
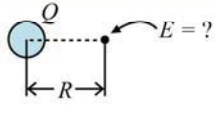
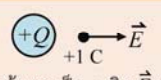
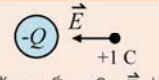
วัตถุที่ประจุผ่าน

- ประจุถ่ายเทง่าย → ตัวนำ
- ประจุถ่ายเทยาก → ฉนวน
- ประจุถ่ายเทง่ายตามสถานะที่เปลี่ยน → สารกึ่งตัวนำ

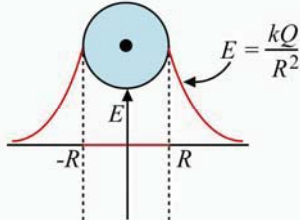
A2 การทำให้วัตถุที่เป็นกลางเกิดประจุ

	① การขจัด	② การสัมผัส	③ การเหนี่ยวนำ
ผลของประจุที่เกิดขึ้น	วัตถุ 2 ชนิดจะมีประจุชนิดตรงข้ามกัน	ประจุเป็นชนิดเดียวกับที่นำมาสัมผัส	ประจุเป็นชนิดตรงข้ามกับที่นำมาเหนี่ยวนำ
หลักการ	วัตถุที่มีเลขลำดับการขีดสั้นกว่าจะเกิดประจุบวกหลังขีดสี	• ผลรวมของประจุบนวัตถุทั้งสอง <u>ก่อนแตะ = หลังแตะ</u> • ประจุหยุดถ่ายเทเมื่อวัตถุทั้งสองศักย์ไฟฟ้าเท่ากัน	ประจุที่นำมาให้เหนี่ยวนำมีจำนวนเท่าเดิม

B ปริมาณทางไฟฟ้าสถิต : Vector

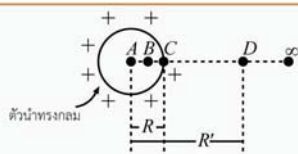
B1 แรงระหว่างประจุ ($\vec{F}$)	B2 สนามไฟฟ้า ($\vec{E}$)
นิยาม ; แรงคู่กิริยาระหว่าง 2 ประจุต่อกัน (Action = Reaction)	นิยาม ; แรงที่กระทำต่อประจุทดสอบ +1 C ที่วาง ณ ตำแหน่งนั้น
ขนาด $F = \frac{kQ_1Q_2}{R^2}$  F : หน่วยนิวตัน (N) R = ระยะระหว่างศูนย์กลางของ 2 ประจุ (m) Q_1, Q_2 = ประจุทั้ง 2 ที่เกิดแรงกระทำต่อกัน (C) (ตอนแทนค่าไม่ต้องแทนเครื่องหมาย +,-)	ขนาด $E = \frac{kQ}{R^2}$  E = หน่วยนิวตันต่อคูลอมบ์ (N/C) หรือโวลต์ต่อเมตร (V/m) R = ระยะจากศูนย์กลางประจุต้นเหตุถึงจุดที่จะหา E (m) Q = ประจุต้นเหตุที่แสดงอำนาจไฟฟ้า (C) (ตอนแทนค่าไม่ต้องแทนเครื่องหมาย +,-)
$k = \text{ค่านิจของคูลอมบ์} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9 \times 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2$ $(\epsilon_0 = \text{สภาพยอมของสุญญากาศ} = 8.85 \times 10^{-12} \text{ C}^2/\text{Nm}^2)$	
ทิศทาง • ประจุชนิดเดียวกัน $\rightarrow$ ผลักกัน $\vec{F} \leftarrow (+) \quad (+) \rightarrow \vec{F}$ • ประจุต่างชนิดกัน $\rightarrow$ ดึงกัน $(+) \rightarrow \vec{F} \quad \vec{F} \leftarrow (-)$	ทิศทาง ทิศ $\vec{E}$ = ทิศของแรงที่กระทำกับประจุสมมติ +1 C  ประจุต้นเหตุเป็น + ทิศ $\vec{E}$ พุ่งออก  ประจุต้นเหตุเป็น - ทิศ $\vec{E}$ พุ่งเข้า
ถ้ามีมากกว่า 1 แรงบนประจุ • รวมแรงแบบ Vector • แดกแรงเข้าแกน x, y และรวมทีหลัง • $\Sigma \vec{F}_i = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots$	ถ้ามีมากกว่า 1 สนามไฟฟ้า ณ จุดนั้น • หาทิศ $\vec{E}$ จากประจุต้นเหตุแต่ละประจุ • รวมสนามไฟฟ้าแบบ Vector • $\Sigma \vec{E}_i = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \dots$
แรง ($\vec{F}$) และสนามไฟฟ้า ($\vec{E}$) ไม่ต้องแทนค่าเครื่องหมายประจุเวลาคำนวณ	

B2/1 กราฟ E ของตัวนำทรงกลม



$$E = \frac{kQ}{R^2} \rightarrow (E)(R^2) = kQ = K''$$

$$yx^2 = K'' \text{ (คล้าย Hyperbola)}$$



ตำแหน่ง	อำนาจประจุ	$\vec{E} \rightarrow$ ขนาด
(A) ศูนย์กลาง	0	0
(B) ในทรงกลม	0	0
(C) ผิวทรงกลม	Q	มากที่สุด $\rightarrow E = \frac{kQ}{R^2}$
(D) นอกทรงกลม	Q	ลดลง $\rightarrow E = \frac{kQ}{R^2}$
(∞) ระยะไกลมาก	Q	0 $\rightarrow E = \frac{kQ}{(\infty)^2}$

* ในตัวนำทรงกลม $Q = 0 \rightarrow \vec{E} = 0$

B3 แรงบนประจุ (q) ในสนามไฟฟ้า (E)

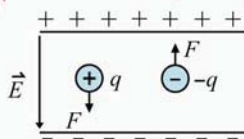
$$F = \frac{kqQ}{R^2} = q \left(\frac{kQ}{R^2} \right) = qE$$

- **หาขนาด** $F = qE$ F : นิวตัน (N)
 E : N/C

q : ประจุที่อยู่ในสนามไฟฟ้าที่เกิดจากประจุต้นเหตุ
หน่วย คูลอมป์ (C)

- **หาทิศทาง**

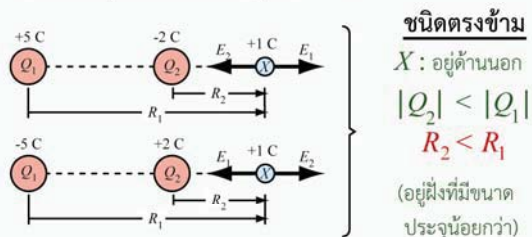
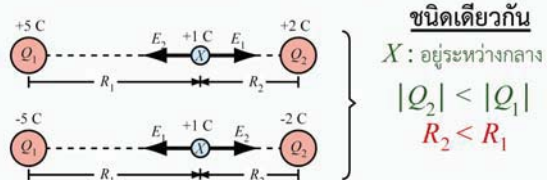
- * ถ้า q เป็นบวก (+) ทิศ $\vec{F}$ เดียวกับ ทิศ $\vec{E}$
- * ถ้า q เป็นลบ (-) ทิศ $\vec{F}$ ตรงข้ามและขนานกับ $\vec{E}$
(จึงสรุปว่า $\vec{E}$ จะมีทิศจาก Q ต้นเหตุฝั่ง + ไปหา -)



B2/2 จุดสะเทินในสนามไฟฟ้า (x)

คือจุดใน $\vec{E}$ ที่ $\vec{E}_t = 0$ หรือ $\Sigma \vec{E}_i = 0$
(เอา +1 C ไปวาง check)

- จุดสะเทินจากประจุต้นเหตุ 2 ประจุ ($E_1 = E_2$)



$$[E_1 = E_2] \rightarrow \frac{kQ_1}{R_1^2} = \frac{kQ_2}{R_2^2} \text{ (คิดขนาด)}$$

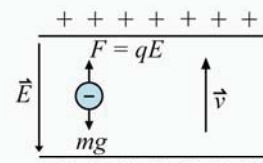
- ประจุต้นเหตุมากกว่า 2 ประจุ

ให้นำ +1 C วาง check ทิศ $\vec{E}$
และหา $\vec{E}_t = \Sigma \vec{E}_i = 0$ รวม Vector
แตก Vector เข้า x, y
($\Sigma \vec{E}_x = 0, \Sigma \vec{E}_y = 0$)

B3/1 การเคลื่อนที่ของประจุใน $\vec{E}$

ทิศความเร็ว $\vec{v} //$ ทิศ $\vec{E}$

- $\Sigma \vec{F} = m\vec{a}$, มี $\vec{a}$
 $qE - mg = ma$
- สมดุล (จั้งที่)
(↑) $qE =$ (↓) mg



ทิศความเร็ว $\vec{v} \angle$ ทิศ $\vec{E} \rightarrow$ Projectile

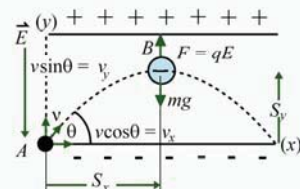
$$\vec{a}_y; \vec{F}_y = m\vec{a}_y \text{ (↑)}$$

$$qE - mg = ma_y$$

หา $a_y \rightarrow$ แทนสมการ
แนวตรง (มี t)

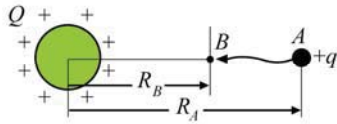
$$\vec{a}_x = 0; S_x = v_x t$$

แก้สมการ แกน x และ y



(ต.ย. จาก A ไป B)

C ปริมาณทางไฟฟ้าสถิต : Scalar



$$W_{A \rightarrow B} = - \int_A^B F dR = - \int_A^B q \left(\frac{kQ}{R^2} \right) dR$$

$$W_{A \rightarrow B} = q \left[\frac{kQ}{R_B} - \frac{kQ}{R_A} \right]$$

C1 ศักย์ไฟฟ้า

V_A = งานในการย้าย +1 C จาก ∞ มาถึง A
 $V_A = W_{\infty \rightarrow A} = (+1) \left[\frac{kQ}{R_A} - \frac{kQ}{\infty} \right] = \frac{kQ}{R_A}$

$$V = \frac{kQ}{R}$$

V = ศักย์ไฟฟ้า (volt)

$$k = 9 \times 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2$$

คำนวณโดย

แทนค่า +, - ของ Q

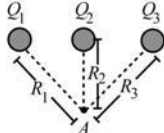
หลาย Q ต้นเหตุ

Q = ประจุต้นเหตุที่ส่งอำนาจไฟฟ้า (C)

R = ระยะจากศูนย์กลางประจุ

ถึงจุดที่จะหาศักย์ไฟฟ้า (m)

$$V_A = V_1 + V_2 + V_3 + \dots = \sum_{i=1}^n V_i$$



C2 งานในการย้ายประจุ

$W_{A \rightarrow B}$ = งานจากแรงภายนอกที่เคลื่อนประจุจาก A ไป B

$$W_{A \rightarrow B} = q(V_B - V_A) = q\Delta V$$

$$W_{\infty \rightarrow A} = (E_p)_A = q(V_A) = q \left(\frac{kQ}{R_A} \right)$$

$$W_{A \rightarrow B} = (E_p)_B - (E_p)_A = \Delta E_p$$

คำนวณโดย
แทนค่า +, -
ของ Q, q

$W_{A \rightarrow B}$; หน่วยจูล (J)

q = ประจุที่ถูกเคลื่อนย้าย (C)

A $\rightarrow$ B = เริ่มต้นที่ A, สิ้นสุดที่ B

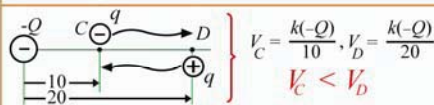
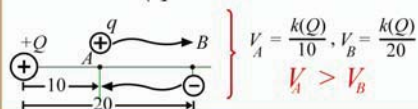
V_A, V_B = ศักย์ไฟฟ้าที่จุด A และ B (volt)

C1/1 ความต่างศักย์ (ΔV)

$$\Delta V = V_{BA} = V_B - V_A \quad (\text{หน่วย } \Delta V : \text{volt})$$

$$V_{BA} = -V_{AB}$$

การเคลื่อนที่ประจุ q ในความต่างศักย์



สรุป

ประจุต้นเหตุ (Q)

+Q $\rightarrow$ ยิ่งใกล้ V ยิ่งมาก

-Q $\rightarrow$ ยิ่งใกล้ V ยิ่งน้อย

ประจุเคลื่อนที่ (q)

+q $\rightarrow$ จะเคลื่อนที่ได้เองจาก $V_{\text{สูง}} \rightarrow V_{\text{ต่ำ}}$

-q $\rightarrow$ จะเคลื่อนที่ได้เองจาก $V_{\text{ต่ำ}} \rightarrow V_{\text{สูง}}$

C2/1 งานในการลากจุดประจุ (จาก ∞ มาเก็บ)

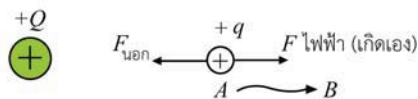
1 ประจุ $W_{\infty \rightarrow A} = q(V_A)$

หลายประจุ เอา $q_1 \rightarrow A, q_2 \rightarrow B, q_3 \rightarrow C, \dots$

$$W = q_1(V_A) + q_2(V_B) + q_3(V_C) + \dots$$

$\downarrow \quad \quad \downarrow \quad \quad \downarrow$
 # 1 # 2 # 3
 ไม่มี Q มี Q จาก A มี Q จาก A, B

C2/2 งานภายนอก / งานไฟฟ้า



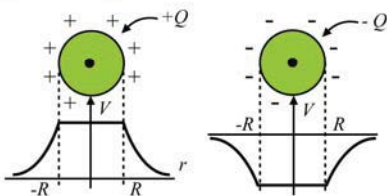
$$F_{\text{ไฟฟ้า}} = -F_{\text{นอก}}$$

จาก $W_{A \rightarrow B} = q(V_B - V_A) \rightarrow$ งานจากแรงภายนอก

$$W_{\text{ไฟฟ้า}} = -W_{\text{ภายนอก}}$$

C1/2 ศักย์ไฟฟ้าในตัวนำทรงกลม

ก. 1 ใบ



1) ผิวและภายในตัวนำทรงกลม

ศักย์ไฟฟ้าจะเท่ากันหมดเป็น

$$\frac{k(+Q)}{R}; +Q$$

$$\frac{k(-Q)}{R}; -Q$$

2) จุดนอกตัวนำทรงกลม

จาก $V = \frac{kQ}{r} \rightarrow V \propto \frac{1}{r}$; ศักย์ไฟฟ้าจะลดลง

จะได้ $(V)(r) = [kQ] \rightarrow (v)(x) = k'$

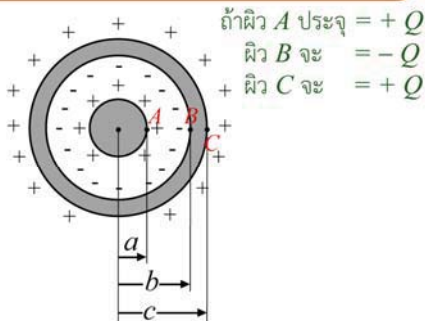
(กราฟ Hyperbola มุมฉาก)

ข. ทรงกลมซ้อนกัน

หลัก • ตำแหน่งประจุนับจากศูนย์กลางวงกลม

• ศักย์ในตัวนำทรงกลม = ศักย์ที่ผิว

• จุดที่ต่อสายดิน $\rightarrow$ ประจุ = 0



สูตรลัด (เกินหลักสูตร)

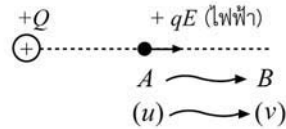
$$V_A = \frac{kQ}{a} - \frac{kQ}{b} + \frac{kQ}{c}$$

$$V_C = \frac{kQ}{c}$$

(ถ้าจุดใดต่อสายดินให้แทน $Q = 0$)

C2/3 การเคลื่อนที่ของประจุกับงานทางไฟฟ้า

Q ต้นเหตุ 1 ตัว



ประจุเคลื่อนที่ได้เอง จาก $A \rightarrow B$

* จะได้ว่า $W_{\text{ไฟฟ้า}} = \Delta E_k$

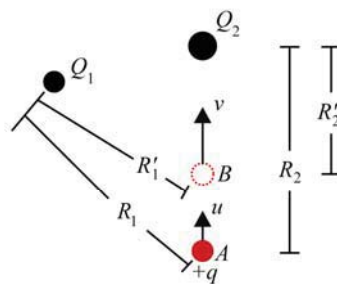
$$W_{\text{ไฟฟ้า}} = -W_{\text{นอก}}; -[q(V_B - V_A)] = E_{k_B} - E_{k_A}$$

note

$$W_{\text{ภายนอก } A \rightarrow B} = q(V_B - V_A)$$

Q ต้นเหตุมากกว่า 1 ตัว

ใช้หลักการอนุรักษ์พลังงาน

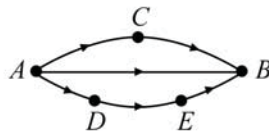


+q วิ่งจาก A ไป B

$$(E_p + E_k)_A = (E_p + E_k)_B$$

$$(q \frac{kQ}{R_1} + q \frac{kQ}{R_2}) + (\frac{1}{2} mu^2) = (q \frac{kQ}{R_1} + q \frac{kQ}{R_2}) + (\frac{1}{2} mv^2)$$

C2/4 แรงอนุรักษ์ $\rightarrow$ งานในการย้ายประจุ



ถ้าให้ประจุเคลื่อนที่
จาก A ไป B ในทางต่างๆ

จะได้

$$W_{A \rightarrow B} = W_{A \rightarrow C \rightarrow B} = W_{A \rightarrow D \rightarrow E \rightarrow B}$$

นั่นคือ ถ้าจุดตั้งต้นกับจุดสุดท้ายเหมือนกันทุกเส้นทางจะได้อ่านเท่ากัน

D ความต่างศักย์ (ΔV) กับสนามไฟฟ้า E

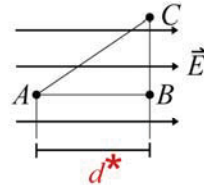
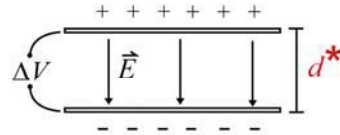
- สนามไฟฟ้า (E) บนความต่างศักย์ (ΔV) ที่ระยะห่าง (d) คือ

E : หน่วย (N/C)
 ΔV : หน่วย (Volt)
 d : หน่วย (m)

$$E = \frac{\Delta V}{d}$$

1 ระหว่างแผ่นคู่ขนาน
 d = ระยะห่างระหว่างแผ่นคู่ขนาน

2 ระหว่างจุด 2 จุด ในสนามไฟฟ้า (E)
 d = ระยะระหว่าง 2 จุด ในสนามไฟฟ้า (วัดขนานกับสนามไฟฟ้า)



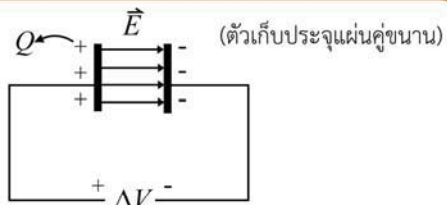
$$V_{AB} = V_{AC} \leftarrow V_{AB} = Ed; V_{AC} = Ed$$

E ความจุไฟฟ้า และตัวเก็บประจุ

E1 สมการความจุไฟฟ้า

$$C = \frac{Q}{V}$$

C = ความจุไฟฟ้า (ฟารัด : F)
 Q = ประจุไฟฟ้าที่เก็บได้ (C)
 V = ศักย์ไฟฟ้าบนตัวเก็บประจุ (V)



E2 ความจุไฟฟ้า (C) กรณีต่างๆ

ตัวนำทรงกลม

$$C = \frac{Q}{V} = \frac{Q}{\left(\frac{kQ}{R}\right)}$$

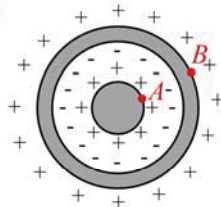
$$C = \frac{R}{k}$$

R = รัศมีทรงกลม
 $k = 9 \times 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2$

โลกมี R สูงมาก $\rightarrow C$ สูงมาก $\rightarrow V = 0$
 (เมื่อต่อสายดินกับโลก $\perp \rightarrow V = 0$)

ตัวนำทรงกลมซ้อนกัน

$$C = \frac{Q}{V_{AB}} = \frac{Q}{V_A - V_B}$$



V_{AB} = ความต่างศักย์ระหว่างผิวนอกของทรงกลม 2 ลูกที่วางซ้อนกัน

V_A, V_B (ไปดูการหาค่าศักย์ไฟฟ้าตัวนำทรงกลมซ้อนกัน (C1/2))

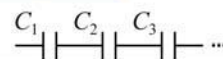
แผ่นตัวนำคู่ขนาน

$$C = \frac{A}{4\pi kd}$$

A = พื้นที่หน้าตัดแผ่นคู่ขนาน
 d = ระยะห่างระหว่างแผ่นคู่ขนาน
 $k = 9 \times 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2$

การนำตัวเก็บประจุมาต่อกัน พื้นฐาน 2 แบบ

อนุกรม

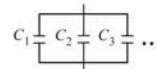


$$\frac{1}{C_{\text{รวม}}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \dots$$

$$\text{โดย } V_{\text{รวม}} = V_1 + V_2 + V_3 + \dots$$

$$Q_{\text{รวม}} = Q_1 = Q_2 = Q_3 = \dots$$

ขนาน



$$C_{\text{รวม}} = C_1 + C_2 + C_3 + \dots$$

$$\text{โดย } V_{\text{รวม}} = V_1 = V_2 = V_3 = \dots$$

$$Q_{\text{รวม}} = Q_1 + Q_2 + Q_3 + \dots$$

E3 พลังงานสะสมในตัวเก็บประจุ

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

$$W = QV$$

$$C = \frac{Q}{V}$$

U = พลังงานศักย์สะสม (J)

Q = ประจุบนตัวเก็บประจุ (คูลอมบ์ : C)

V = ความต่างศักย์ (volt)

C = ความจุ (F : ฟารัด)

$$\Delta U = \text{งานในการถ่ายเทประจุ} \\ = \frac{1}{2} QV - \frac{1}{2} Q'V'$$

Q, Q' = ประจุในตอนแรกและตอนหลัง (C)

V, V' = ความต่างศักย์ในตอนแรกและตอนหลัง (volt)

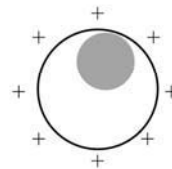
E4 การนำตัวนำที่มีประจุมาแตะกัน

แต่ภายใน

ประจุหลังแตะจะหนีมาอยู่ผิวนอกของลูกใหญ่กว่า

แต่ภายนอก

ใช้หลัก 3 ข้อ



1) ประจุ (Q) ; ประจุก่อนแตะ = ประจุรวมหลังแตะ

(คิดรวม 2 ลูก)

$$Q_1 + Q_2 = Q'_1 + Q'_2$$

2) ความจุ (C) ; (คิดขณะแตะ)

$$C_{\text{รวม}} = C_1 + C_2 \\ = \frac{R_1}{k} + \frac{R_2}{k}$$



3) ศักย์ไฟฟ้า (V) (คิดภายหลังแตะแล้ว) ; แต่ละลูกจะมีศักย์ไฟฟ้าเท่ากัน

$$V'_{\text{รวม}} = V'_1 = V'_2 \\ \frac{Q'_{\text{รวม}}}{C_{\text{รวม}}} = \frac{Q'_1}{C_1} = \frac{Q'_2}{C_2} \\ \frac{\Sigma Q}{\Sigma C} = \frac{Q'_1 + Q'_2}{C_1 + C_2} = \frac{Q'_1}{C_1} = \frac{Q'_2}{C_2} : \left[C = \frac{R}{k} \right]$$



4. แขนงทรงกลมมวล M ที่มีประจุไฟฟ้า $+Q$ ด้วยเชือกเบาไว้ระหว่างแผ่นตัวนำขนานขนาดใหญ่ที่วางในแนวตั้งและอยู่ห่างกัน D ถ้าต้องการให้แนวเชือกที่แขนงทรงกลมเบนทำมุม 37° องศากับแนวดิ่ง จะต้องให้ความต่างศักย์ระหว่างแผ่นตัวนำขนานขนาดเท่าใด

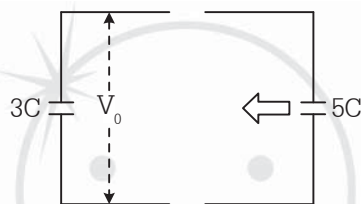
$$1) \quad \frac{3MgD}{5Q}$$

$$2) \frac{3MgD}{4Q}$$

$$3) \quad \frac{4Q}{3MgD}$$

$$4) \frac{QD}{3Mg}$$

5. ตัวเก็บประจุขนาด 3C ฟาร์ัด มีความต่างศักย์ $V_0 (\neq 0)$ ถ้านำตัวเก็บประจุอีกตัวหนึ่งซึ่งมีค่าความจุ 5C ฟาร์ัด แต่ไม่มีประจุมาต่อขนานดังรูป ที่สภาวะสมดุลความต่างศักย์ตกคร่อมตัวเก็บประจุทั้งสองเป็นเท่าใด



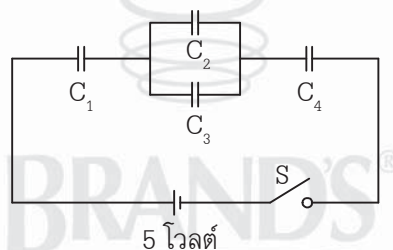
1) $0.250 V_0$

2) $0.275 V_0$

3) $0.375 V_0$

4) $0.400 V_0$

6. วงจรไฟฟ้าหนึ่งประกอบด้วย ตัวเก็บประจุ C_1 , C_2 , C_3 และ C_4 ที่มีค่าความจุเท่ากับ 4, 1, 3 และ 2 ไมโครฟารัด ตามลำดับ ดังรูป



เมื่อลัทธิสวิตช์ไฟฟ้าลงช่วงระยะเวลาหนึ่ง หลังจากนั้นจึงตั้งสวิตช์ไฟฟ้าขึ้น ความต่างศักย์ไฟฟ้าคร่อมตัวเก็บประจุ C_1 , C_2 , C_3 และ C_4 มีค่ากี่โวลต์ ตามลำดับ

1) 0.00, 0.00, 0.00, 0.00

2) 2.50, 1.25, 1.25, 1.25

3) 2.50, 0.00, 0.00, 1.25

4) 1.25, 1.25, 1.25, 2.50

ไฟฟ้ากระแสตรง

Overview Map (D.C.)

Current (I)

$$I = \frac{Q}{t} = \frac{Ne}{t} = vAne$$

$$*n = \frac{N}{V} = \frac{N}{A\ell}$$

Current Divider

$$I_1 = \left(\frac{R_2}{R_1 + R_2} \right) I_t$$

$$I_2 = \left(\frac{R_1}{R_1 + R_2} \right) I_t$$

ความต่างศักย์ (V) และแรงเคลื่อนไฟฟ้า (E)

(ทั่วไป)

$$E = IR + Ir$$

$$\text{emf} = V_{\text{out}} + V_{\text{in}}$$

Voltage Divider

$$V_1 = \left(\frac{R_1}{R_1 + R_2} \right) V_t$$

$$V_2 = \left(\frac{R_2}{R_1 + R_2} \right) V_t$$

(ยาก)

$$V_{ab} + \sum V_i = 0$$

(Loop) (KVL)

หา E (แบบยาก)

$$\text{KVL: } \sum V = 0$$

(Mesh Current Ana)

หา E แต่ละ Mesh

Circuit

$$V = IR$$

$$E = I(R+r)$$

Kirchhoff

$$\text{KVL: } \sum V = 0$$

$$\text{KCL: } \sum I = 0$$

Resistance (R)

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

ยึดลวด $A_1 \ell_1 = A_2 \ell_2$

$$\rho = \frac{1}{\sigma}; R = \frac{1}{G}$$

ต่อ R

อนุกรม ; $R_t = R_1 + R_2 + \dots$

ขนาน ; $\frac{1}{R_t} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots$

$$R_t = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

$$I = 0$$

• ไม่ครบวงจร

$$I = \infty$$

• ลัดวงจร

พิเศษ

• Bridge

• สมมาตร

• $\Delta \rightarrow Y / Y \rightarrow \Delta$

r คิดเหมือน R

ต่อ cell

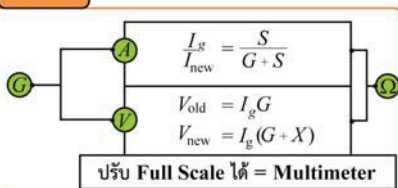
ต้องดูขั้ว +

อนุกรม ; $E_t = E_1 + E_2 + \dots$

ขนาน ; $E_t = E_{\text{each}}; (E_1 = E_2 = \dots)$

ผสม ; $E_t = I_t \left(\frac{R}{x} + \frac{r}{y} \right)$

Meter



Power (P) / Work (W)

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

$$\frac{P_{\text{max}}}{W \rightarrow \text{unit} \rightarrow \text{B}}$$

$$V = IR$$

คำนวณเครื่อง (spec)

(R' คงที่เสมอ)

บอก V, $P \rightarrow R' = \frac{V^2}{P}$

บอก V, $I \rightarrow R' = \frac{V}{I}$

(on spec)

$$V_{\text{source}} = V_{\text{spec}}$$

อนุกรม ; $\frac{1}{P_t} = \frac{1}{P_1} + \frac{1}{P_2} + \dots \rightarrow I_t' = I_1' = I_2'$

ขนาน ; $P_t' = P_1 + P_2 + \dots \rightarrow V_t' = V_1' = V_2'$

P, V, I แทนค่าตามฉลากเครื่องใช้ไฟฟ้า

P', V', I' และ R' แทนค่าที่เกิดจากการใช้งานจริง

(off spec)

$$V_{\text{source}} \neq V_{\text{spec}} \Rightarrow \text{หา } R' \text{ ก่อน}$$

$$\frac{I_t'}{I_1' = I_2' = I'}; P_t' = P_1' + P_2' + \dots$$

$$\frac{R_t'}{R_1' + R_2' + \dots}; (I')^2 R_t' = (I')^2 R_1' + (I')^2 R_2' + \dots$$

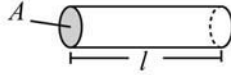
$$\frac{V_t'}{V_1' = V_2' = V'}; P_t' = P_1' + P_2' + \dots$$

$$\frac{1}{R_t'} = \frac{1}{R_1'} + \frac{1}{R_2'} + \dots; \frac{(V')^2}{R_t'} = \frac{(V')^2}{R_1'} + \frac{(V')^2}{R_2'} + \dots$$

5D กระแส (I) และความต้านทาน (R) ในตัวนำ

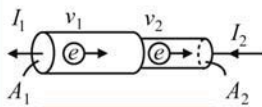
5D/1 กระแสในตัวนำ (I)

$$I = \frac{Q}{t} = \frac{Ne}{t} = vAne$$



$$n = \frac{N}{V} = \frac{N}{Al} \quad A = \pi R^2 = \frac{\pi d^2}{4}$$

ลวดหลายหน้าตัดต่อกัน



" n ขึ้นกับชนิดของโลหะ"

$$I_1 = I_2$$

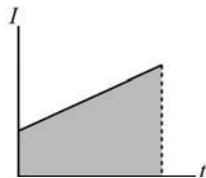
$$v_1 A_1 n e = v_2 A_2 n e$$

* ลวดชนิดเดียวกัน n เท่ากัน

Graph I กับ t

$$Q = It$$

Q = พื้นที่ใต้กราฟระหว่าง I - t



I = กระแสไฟฟ้าในเส้นลวดตัวนำ (A : แอมแปร์)
 Q = ประจุไฟฟ้ารวม (C : คูโลมบ์)
 t = เวลาที่ประจุเคลื่อนที่ผ่านหน้าตัด (s : วินาที)
 N = จำนวนอิเล็กตรอนรวมในตัวนำ (อนุภาค)
 e = ประจุอิเล็กตรอน ($-1.6 \times 10^{-19} C$)
 v = ความเร็วลอยเลื่อน (m/s : เมตร/วินาที)
 = ความเร็วอิเล็กตรอนอิสระเคลื่อนที่ในตัวนำ
 A = พื้นที่หน้าตัดลวดตัวนำ (m^2 : ตารางเมตร)
 n = จำนวนอิเล็กตรอนต่อหนึ่งหน่วยปริมาตร (อนุภาค/ m^3 : อนุภาค/ลูกบาศก์เมตร)

* ขึ้นกับชนิดวัสดุของลวดตัวนำ *

V' = ปริมาตรเส้นลวดตัวนำ (m^3 : ลูกบาศก์เมตร)

l = ความยาวเส้นลวดตัวนำ (m : เมตร)

R, d = รัศมี, เส้นผ่านศูนย์กลางลวดตัวนำ (m : เมตร)

* การคำนวณให้ใช้หน่วย SI UNIT *

5D/2 ความต้านทานในตัวนำ (R)

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

$$V' = Al$$

$$A = \pi R^2$$

$$R = \frac{1}{G}$$

$$\rho = \frac{1}{\sigma}$$

$$D = \frac{M}{V'}$$

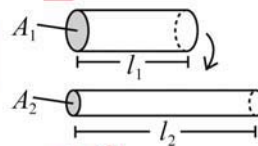
$$= \frac{\pi d^2}{4}$$

การเปลี่ยนสภาพลวดตัวนำ

• การยืดลวด (V' : ปริมาตรคงที่) *

$$V'_1 = V'_2$$

$$A_1 l_1 = A_2 l_2$$

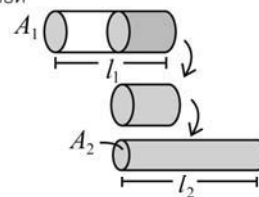


• การตัดลวด (V' : ปริมาตรเปลี่ยน) *

เช่น ตัดครึ่งหนึ่งแล้วค่อยยืด

$$V'_2 = \frac{1}{2} V'_1$$

$$A_2 l_2 = \frac{1}{2} (A_1 l_1)$$



R = ความต้านทานไฟฟ้า (Ω)

G = ความนำไฟฟ้า (S : siemen)

ρ = สภาพต้านทานไฟฟ้า ($\Omega \cdot m$)

σ = สภาพนำไฟฟ้า (S/m)

l = ความยาวลวดตัวนำ (m)

A = พื้นที่หน้าตัดตัวนำ (m^2)

D = ความหนาแน่นสารตัวนำ (kg/m^3)

V' = ปริมาตรลวดตัวนำ (m^3)

m = มวลลวดตัวนำ (kg)

R = รัศมีหน้าตัดลวดตัวนำ (m)

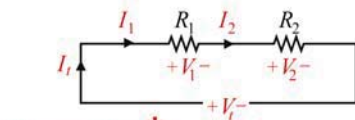
d = เส้นผ่านศูนย์กลางลวดตัวนำ (m)

* คุณสมบัติประจำตัวแต่ละชนิดวัสดุ

6C การต่อตัวต้านทาน และการหาความต้านทานในวงจร

6C/1 การต่อตัวต้านทานแบบพื้นฐาน

การต่อตัวต้านทานแบบอนุกรม (Series)



(R อนุกรม : I เท่า) *

$$R_t = R_1 + R_2 + \dots$$

โดย

$$I_t = I_1 = I_2 = \dots$$

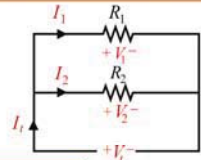
$$V_t = V_1 + V_2 + \dots$$

หมายเหตุ

- (1) ต่ออนุกรม → R_t มากขึ้น (มากกว่า $R_1, R_2, \dots$)
ต่อขนาน → R_t จะลดลง และ
 $R_t < R$ ตัวเดิมที่น้อยที่สุด

- (2) ต่ออนุกรม → I ผ่าน R ทุกตัวเท่ากัน
ต่อขนาน → V ตกคร่อมบน R ทุกตัวเท่ากัน

การต่อแบบขนาน (Parallel)



(R ขนาน : V เท่า) *

$$\frac{1}{R_t} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots$$

โดย

$$V_t = V_1 = V_2 = \dots$$

$$I_t = I_1 + I_2 + \dots$$

(กรณีมี R 2 ตัว)

$$R_t = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

(กรณีต่อขนาน R' เท่ากัน ; n ชุด)

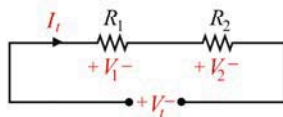
$$R_t = \frac{R'}{n}$$

- (3) ต่ออนุกรม → เกิดการแยกแรงดัน (V)
ต่อขนาน → เกิดกระแสแยกไหล (I)

6C/2 กฎการแบ่งแรงดัน และกระแสบนตัวต้านทาน

Voltage Divider (การแบ่งแรงดัน)

เกิดเมื่อต่ออนุกรม *



* (R ของตัวมัน)

$$V_1 = \left(\frac{R_1}{R_1 + R_2} \right) V_t$$

$$V_2 = \left(\frac{R_2}{R_1 + R_2} \right) V_t$$

$$\begin{pmatrix} V_t = V_1 + V_2 \\ I_t = I_1 = I_2 \end{pmatrix}$$

Prove $I_t = I_1 = I_2$

$$\frac{V_t}{(R_1 + R_2)} = \frac{V_1}{R_1} = \frac{V_2}{R_2}$$

Current Divider (การแบ่งกระแส)

เกิดเมื่อต่อขนาน *

* (R ของอีกตัว)

$$I_1 = \left(\frac{R_2}{R_1 + R_2} \right) I_t$$

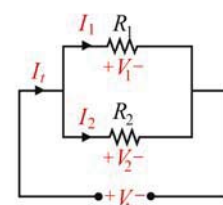
$$I_2 = \left(\frac{R_1}{R_1 + R_2} \right) I_t$$

$$\begin{pmatrix} I_t = I_1 + I_2 \\ V_t = V_1 = V_2 \end{pmatrix}$$

Prove

$$V_t = V_1 = V_2$$

$$I_t \left(\frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} \right) = I_1 R_1 = I_2 R_2$$



$$I_t = \frac{V_t}{R_t} = \frac{V_t}{\left(\frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} \right)}$$

8B/3 การหาความต่างศักย์ 2 จุด ในวงจรซับซ้อน

กฎที่ใช้ KVL ($\Sigma V = 0$)

เป้าหมาย หาความต่างศักย์คร่อมระหว่าง 2 จุด

- ขั้นตอน
- (1) ต่อโวลต์มิเตอร์ระหว่าง 2 จุด ที่ต้องการวัดความต่างศักย์ (วาดรูป $-V-$ คร่อมระหว่างสองจุดนั้น)
 - (2) เขียน Passive Sign Convention ลงบนอุปกรณ์ในวงจร (บน E และบน $-V-$)
 - (3) เลือกส่วนของวงจรให้เป็น Loop ผ่านโวลต์มิเตอร์ (นิยมเลือกส่วนที่คิดง่าย)
 - (4) คิด $\Sigma V = 0$ โดยวนผ่านอุปกรณ์จนครบ Loop ถ้าเครื่องหมายฝั่งเข้าอุปกรณ์มีเครื่องหมายใด (+) ก็ให้ใช้ตามนั้น

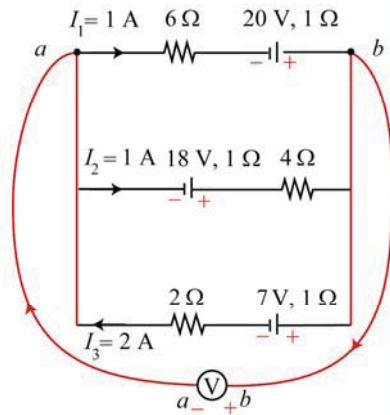
Note • เครื่องหมาย ตัวต้านทาน (R) $\rightarrow$ ใช้ $+IR$

Cell ไฟฟ้า $\rightarrow$ ใช้ $+E, -E$

$-V-$ โวลต์มิเตอร์ $\rightarrow$ ใช้ $+V_{xy}$

(วนเข้า โวลต์มิเตอร์ ทาง x, ออกทาง y)

- ถ้าจุดใดต่อสายดิน ให้ถือว่าจุดนั้นมีศักย์ไฟฟ้าเป็นศูนย์ ($V = 0$)
- ถ้าต้องการหาศักย์ไฟฟ้าที่จุดใด ให้ต่อโวลต์มิเตอร์ระหว่างจุดนั้นกับจุดที่ต่อสายดิน
- $V_{ab} = V_a - V_b$; $V_{ab} = -V_{ba}$



หาความต่างศักย์ระหว่าง a กับ b
คิดวน Loop ผ่านเส้นบน ($\Sigma V = 0$)

$$I_1(6) - \frac{20}{E} + \frac{I_1(1)}{I_r} + V_{ba} = 0$$

$$(1)(6) - 20 + (1)(1) + V_{ba} = 0$$

$$V_{ba} = 13$$

$$V_{ab} = -13 \text{ V}$$

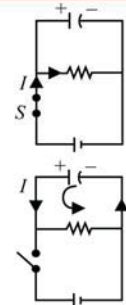
$$V_a - V_b = -13 \text{ V}$$

$$[V_{ba} = -V_{ab}]$$

9 การคำนวณวงจรกรณีมีตัวเก็บประจุ (C) และขดลวดเหนี่ยวนำ (L)

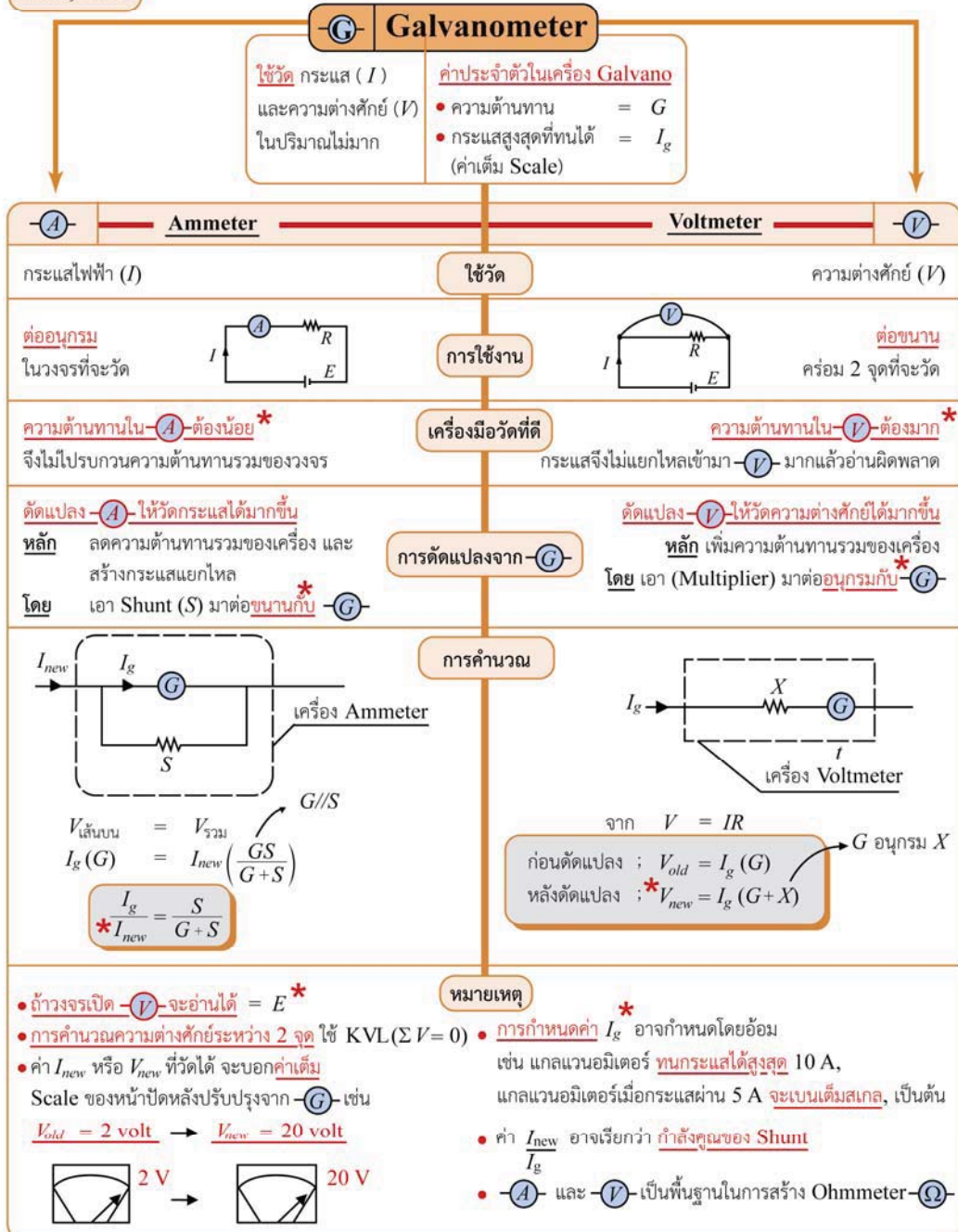
* จะคำนวณในภาวะ Steady State ($t \rightarrow \infty$) คือ ปลดวงจรให้เดินจนนิ่งก่อน

อุปกรณ์	สัญลักษณ์	สมการที่ใช้	ในวงจรประพฤติตัวเป็น (ที่ Steady State)
R (ตัวต้านทาน)	$\xrightarrow{I_R} \text{---} \frac{R}{V_R} \text{---}$	$V = IR$	ตัวต้านทาน
L (ขดลวดเหนี่ยวนำ)	$\xrightarrow{I_L} \text{---} \frac{L}{V_L} \text{---}$	$V_L = L \frac{dI_L}{dt}$	———— (Short Circuit) (กระแสผ่านขดลวดเสมือนเป็นทางเดินปกติ)
C (ตัวเก็บประจุ)	$\xrightarrow{I_C} \text{---} \frac{C}{V_C} \text{---}$	$I_C = C \frac{dV_C}{dt}$	① { ——— (Open Circuit) (กระแสไม่ผ่านตัวเก็บประจุ) (Charge) ② { ภาวะที่ไม่มี Power Supply ตัวเก็บประจุจะทำหน้าที่เป็น แหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้า (Discharge)



10 Meter วัดค่าในวงจร

10A, 10B



11 พลังงานไฟฟ้า และ กำลังไฟฟ้า

11A สมการงานและกำลังไฟฟ้า

- สมการรวมของงาน (W) และกำลังไฟฟ้า (P)

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

$$I = \frac{q}{t} \quad I = \frac{V}{R}$$

* การคำนวณโดยใช้สมการชุดนี้ ใช้ S.I. Unit

- Energy : $E = W = Pt$
- แหล่งกำเนิดไฟฟ้า คือ แหล่งกำเนิดพลังงานไฟฟ้านั่นเอง

P = กำลังไฟฟ้า	(วัตต์ : Watt)
W = งานหรือพลังงานไฟฟ้า	(จูล : J)
t = เวลาที่ทำงาน	(วินาที : s)
q = ประจุที่ไหลผ่าน	(คูลอมบ์ : C)
V = ความต่างศักย์	(โวลต์ : V)
I = กระแสไฟฟ้า	(แอมแปร์ : A)
R = ความต้านทานไฟฟ้า	(โอห์ม : Ω)

• ควรทราบ	1 cal = 4.185 J (≈ 4.2 J)
	1 J = 0.24 cal
	1 Btu = 252 cal = 1,055 J
	1 hp = 746 Watt

11B ค่าบนเครื่อง (Specification) และค่าจริง

ค่าบนเครื่อง = Specification = Nameplate

บนเครื่องใช้ไฟฟ้า, ความต้านทาน (R')
จะเป็นค่าคงที่ประจำตัวเครื่อง *

การบอก spec'

- บอก V กับ $P \rightarrow$ หา R' ; จาก $R' = \frac{V^2}{P}$; เตารีด ; 220 V, 1,000 W $\rightarrow R' = \frac{V^2}{P} = \frac{(220)^2}{1,000} \Omega$
- บอก V กับ $I \rightarrow$ หา R' ; จาก $R' = \frac{V}{I}$; มอเตอร์ ; 110 V, 15 A $\rightarrow R' = \frac{V}{I} = \frac{110}{15} \Omega$

ความหมายค่า spec' • V คือ ความต่างศักย์ที่แนะนำให้ใช้เพื่อให้เกิดกำลัง (P) หรือกระแส (I) ตามกำหนด

- P คือ กำลังที่จะเกิดขึ้นเมื่อใช้กับความต่างศักย์ (V) ตามที่กำหนด
- I คือ ค่ากระแสไฟฟ้าสูงสุดที่เครื่องสามารถทนได้ *

11 C การคำนวณกำลังไฟฟ้าในวงจร

11C/1 การหากำลัง (P) กรณีแหล่งจ่ายไฟตรง spec'

$\rightarrow$ แหล่งจ่าย (Source) = $V_{\text{spec'}}$ *

ต่อแบบอนุกรม

$$\frac{1}{P_t} = \frac{1}{P_1} + \frac{1}{P_2} + \frac{1}{P_3} + \dots$$

- ถ้าทุกชิ้นมีกำลังเท่ากัน = $P \rightarrow P_t' = \frac{P}{n}$
(ค่า spec')

- โดยแต่ละหลอดจะให้กำลัง $P_t' = \frac{P_t}{n} = \frac{P}{n^2}$

- การต่ออนุกรม $I_t' = I_1' = I_2' = I_3' = \dots$
 $V_t' = V_1' + V_2' + V_3' + \dots$

ต่อแบบขนาน

$$P_t' = P_1 + P_2 + P_3 + \dots$$

- ถ้าทุกชิ้นมีกำลังเท่ากัน = $P \rightarrow P_t' = nP$
(ค่า spec')

- โดยแต่ละหลอดจะให้กำลัง $\rightarrow P_t' = P$

- การต่อขนาน $V_t' = V_1' = V_2' = V_3' = \dots$
 $I_t' = I_1' + I_2' + I_3' + \dots$

- * การต่ออนุกรม $P_t' <$ กำลังแต่ละหลอด
- การต่อขนาน $P_t' >$ กำลังแต่ละหลอด

V_t' = ความต่างศักย์ที่ตกคร่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าตัวที่ i จริง

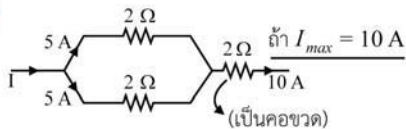
$V_{\text{source}} = V_{\text{spec'}} = V$
 n = จำนวนเครื่องใช้ไฟฟ้า

11C/3 การหาค่ากำลังสูงสุดในวงจร (P_{max})

① P_{max} บนกลุ่มตัวต้านทาน

- **เป้าหมาย** เพื่อหาค่ากำลังสูงสุดบนกลุ่มตัวต้านทาน
- **หลักการ** กระแสที่ผ่านตัวต้านทานจะต้องไม่เกินค่าสูงสุดที่ทนได้ ($I_{max} = I_{spec}$)
- **ขั้นตอน**
 - (1) จาก spec' ของเครื่องใช้ไฟฟ้าจะบอก R และ P ที่ทนได้ (P_{max})
 - (2) หา I ที่ทนได้บนตัวต้านทานทุกตัวจาก $P_{max} = I_{max}^2 R$
 - (3) หา I_t ที่มากที่สุดบนชุดตัวต้านทานที่ทำให้ I บนตัวต้านทานทุกตัวไม่เกิน I_{max} ของตัวมันเอง (ตัวที่รับกระแสพอดี $= I_{max}$ จะเป็น R คอขวด)
 - (4) หา $P_{max} = (I_t)^2 (R_t)$

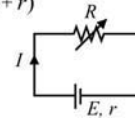
EX



② P_{max} บนตัวต้านทานในวงจร cell ไฟฟ้า

- **เป้าหมาย** หาค่ากำลังสูงสุดในวงจร R ที่ต่อกับ cell ไฟฟ้า
- **หลักการ** หา R ที่ทำให้เกิด P_{max} (calculus)

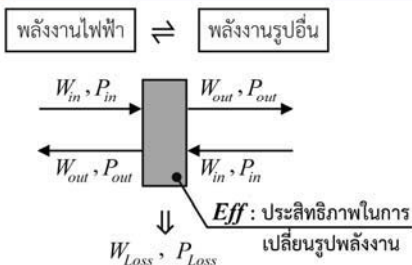
- **ขั้นตอน** จาก $P = I^2 R$ และ $I = \frac{E}{R+r}$
 ดังนั้น $P = \left(\frac{E}{R+r}\right)^2 R$ (1)
 หา R ที่ทำให้ P_{max} โดย $\frac{dP}{dR} = 0$ จาก (1)
 (หาค่าวิกฤต)
 $0 = \frac{dP}{dR} = \frac{(R+r)^2 E^2 - (E^2 R) 2(R+r)}{(R+r)^4}$
 $E^2 (R+r)^2 = 2E^2 R(R+r)$
 $R+r = 2R$
 $\therefore R = r$



นั่นคือกำลังไฟฟ้าที่เกิดบนวงจรจะมีค่ามากที่สุดเมื่อ $R = r$ เรียกว่าเกิด

“Maximum Power Transfer”

11C/4 การเปลี่ยนรูปพลังงาน และประสิทธิภาพเครื่องใช้ไฟฟ้า (Efficiency)



$$\text{Loss} \quad W_{Loss} = W_{in} - W_{out}$$

$$P_{Loss} = P_{in} - P_{out}$$

$$\text{ถ้า } Eff = 100\% \quad W_{in} = W_{out}$$

$$P_{in} = P_{out}$$

$$Eff = \frac{W_{out}}{W_{in}} \times 100\%$$

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

$$\text{พลังงานไฟฟ้า} \quad P = \frac{W}{t} = VI = I^2 R = \frac{V^2}{R}$$

$$\text{พลังงานอื่นๆ} \quad W = Pt \rightarrow E$$

W_{in}, W_{out} = พลังงานขาเข้า, ออก (J)
 P_{in}, P_{out} = กำลังขาเข้า, ออก (Watt)
 W_{Loss}, P_{Loss} = พลังงานและกำลังสูญเสีย
 Eff = ประสิทธิภาพ (%)
 (ใช้หน่วย SI ในการคำนวณ)

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

$$E_p = mgh$$

$$Q = mc\Delta T$$

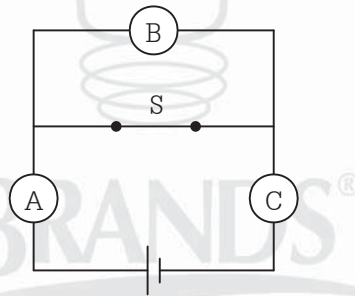
$$Q = mL$$

$$W = FS$$

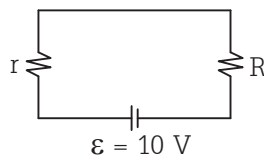
ฯลฯ

แนวข้อสอบ

7. วัสดุทรงกระบอก 2 ชิ้น ชิ้นหนึ่งมีความยาว 1 มีรัศมี $2r$ ชิ้นที่สองมีความยาว $3l$ มีรัศมี r ทำจากวัสดุชนิดเดียวกัน ถ้าทรงกระบอกอันมีความต้านทาน R ทรงกระบอกพอมจะมีความต้านทานเท่าใด
 1) $12R$ 2) $4R$ 3) $\frac{3}{4}R$ 4) $\frac{2}{3}R$
8. แกลแวนอมิเตอร์แบบเข็มตัวหนึ่งวัดค่าความต้านทาน (R_G) ได้เท่ากับ $1,500$ โอห์ม หน้าปัดแสดงผลได้สูงสุด 2 มิลลิแอมแปร์ ถูกดัดแปลงเป็นแอมมิเตอร์ที่วัดกระแสไฟฟ้าได้สูงสุด 10 มิลลิแอมแปร์ โดยการนำตัวต้านทานขนาน (R_S) มาต่อขนาน เมื่อนำแอมมิเตอร์ดังกล่าวไปวัดกระแสไฟฟ้าจริงขนาด 10 มิลลิแอมแปร์ ปรากฏว่าเข็มของแกลแวนอมิเตอร์เบนไปแต่ไม่ถึงเต็มสเกล พิจารณาข้อสันนิษฐานต่อไปนี้
 ก. ค่า R_G ที่วัดได้มีค่าน้อยเกินไป
 ข. ค่า R_G ที่วัดได้มีค่ามากเกินไป
 ค. คำนวณค่า R_S ผิด โดยคำนวณแล้วให้ค่าน้อยเกินไป
 ง. คำนวณค่า R_S ผิด โดยคำนวณแล้วให้ค่ามากเกินไป
 ข้อสันนิษฐานใดที่อาจเป็นไปได้
 1) ก. หรือ ค. 2) ก. หรือ ง. 3) ข. หรือ ค. 4) ข. หรือ ง.
9. พิจารณาวงจรไฟฟ้างดังรูป



- ถ้าหลอดไฟทั้งสามมีความต้านทานเท่ากัน และเซลล์ไฟฟ้ามีความต่างศักย์คงที่ตลอดเวลา เมื่อเปิดสวิตช์ S ข้อใดถูก
 1) หลอด A จะสว่างน้อยลง, C สว่างขึ้น 2) หลอด A จะสว่างน้อยลง, B สว่างขึ้น
 3) หลอด A และ C จะสว่างมากขึ้น 4) ทุกหลอดสว่างเท่าเดิม
10. พิจารณาวงจรดังรูป



เงื่อนไขต่อไปนี้จะทำให้กำลังที่ได้จากตัวต้านทาน R มีค่ามากที่สุด

- 1) $R = r$ 2) $R = 2r$ 3) $R = 5r$ 4) $R = 10r$

แม่เหล็กไฟฟ้า

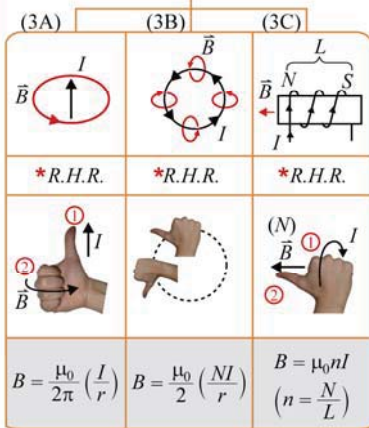
Overviewmap Electromagnetic

① พื้นฐานแม่เหล็ก

② สนาม + เส้นแรงแม่เหล็ก

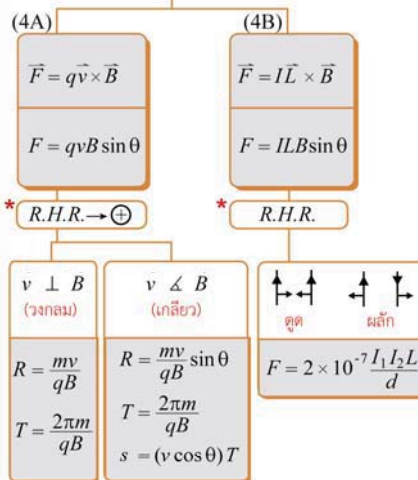
$$B = \frac{\phi}{A_{\perp}}$$

③ $I \rightarrow B$

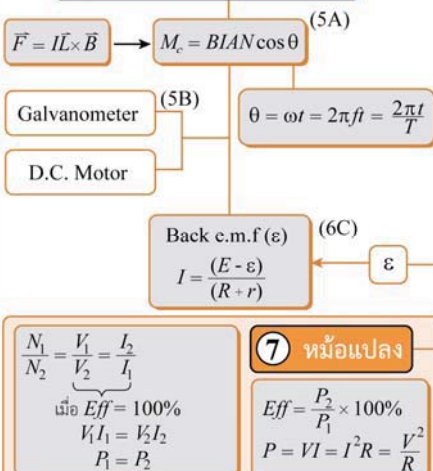


$$(\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ Wb/A.m})$$

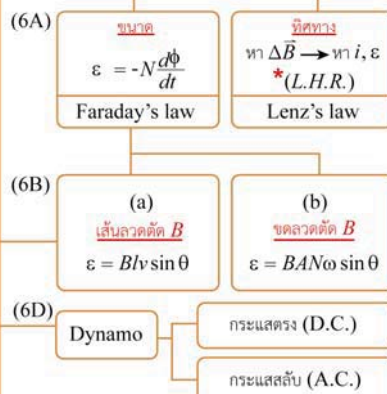
④ $B \rightarrow F$



⑤ ไฟฟ้า $\rightarrow$ กล (Motor)



⑥ กล $\rightarrow$ ไฟฟ้า (Dynamo)



2 สนามแม่เหล็ก และเส้นแรงแม่เหล็ก

2A สนามแม่เหล็ก และเส้นแรงแม่เหล็ก

สนามแม่เหล็ก (Magnetic Field)

เส้นแรงแม่เหล็ก (Magnetic Line of Force)

บริเวณที่มีอำนาจกระทำจากแท่งแม่เหล็ก ตรวจสอบได้จากเข็มทิศ มีทิศตามแนววงตัวเข็มทิศ และชี้ไปทิศเดียวกับขั้วเหนือของเข็มทิศ

คือ เส้นที่แสดงว่ามีสนามแม่เหล็กบริเวณนั้น, เส้นแรงแม่เหล็กจะพุ่งออกจากขั้วเหนือ (N) สู่อขั้วใต้ (S)

2B สนาม - เส้นแรงแม่เหล็กโลก และเข็มทิศ

ขั้วแม่เหล็กโลก

แม่เหล็กขั้วเหนือ (N) → ขั้วโลกใต้

แม่เหล็กขั้วใต้ (S) → ขั้วโลกเหนือ

เส้นแรงแม่เหล็กโลก

พุ่งจากแม่เหล็ก N → S

หรือชี้โลกใต้ → เหนือ

สนามแม่เหล็กโลก

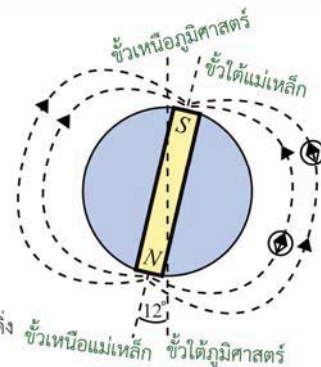
เส้นศูนย์สูตร → สนามแม่เหล็กอยู่แนวราบ

ขั้วโลก → สนามแม่เหล็กอยู่แนวตั้ง

บริเวณอื่น → มีสนามแม่เหล็กทั้งแนวราบและตั้ง

เข็มทิศ

จะชี้ตามทิศสนามแม่เหล็ก → โลก ; จะชี้ไปทิศเหนือเสมอ



2C จุดสะเทิน (Neutral Point)

คือ จุดที่มีความเข้มสนามแม่เหล็กหักล้างจนเป็นศูนย์

ตำแหน่งที่จะเกิด จะเกิดบริเวณที่เส้นแรงแม่เหล็กวิ่งสวนหักล้างกัน

ระหว่างขั้วแม่เหล็ก

ชนิดเดียวกัน ; เกิดระหว่างขั้วใกล้ขั้วที่แรงน้อยกว่า

ต่างชนิดกัน ; เกิดนอกรอยต่อขั้วที่แรงน้อยกว่า

จากแท่งแม่เหล็กในสนามแม่เหล็กโลก

อยู่จุดที่สนามแม่เหล็กโลกหักล้างกับสนามแม่เหล็กจากแท่งแม่เหล็ก

2D ความเข้มสนามแม่เหล็ก ($\vec{B}$) เป็นปริมาณ Vector

$$B = \frac{\phi}{A_{\perp}}$$

B = ความเข้มสนามแม่เหล็ก ; (หน่วย เทสลา (Tesla) หรือ $\frac{Wb}{m^2}$)

ϕ = ฟลักซ์แม่เหล็ก (Magnetic Flux) ; (หน่วย เวเบอร์ (Wb))

= ความหนาแน่นของจำนวนเส้นแรงแม่เหล็กที่บริเวณใดๆ

$A_{\perp}$ = พื้นที่ตั้งฉากกับฟลักซ์แม่เหล็ก (หน่วย ตารางเมตร (m^2))

(การหา B ; จะต้องแตกทิศ Vector ฟลักซ์แม่เหล็กเข้าสู่แนวตั้งฉากพื้นที่ก่อนเสมอ)

ทิศทาง

↑
(ขึ้น)

↓
(ลง)

←
(ซ้าย)

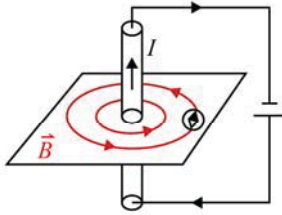
→
(ขวา)

×
(พุ่งเข้า)

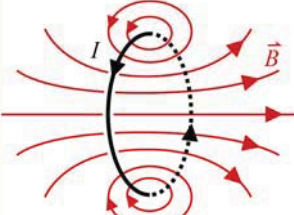
•
(พุ่งออก)

3 การสร้างสนามแม่เหล็ก (B) จากกระแสไฟฟ้า (I) ; $I \rightarrow B$

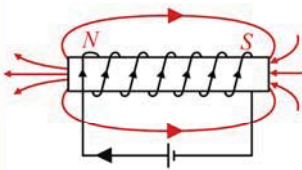
3A สนามแม่เหล็กจากกระแสผ่านลวดตัวนำ



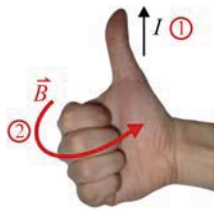
3B สนามแม่เหล็กจากกระแสผ่านตัวนำโค้งวงกลม



3C สนามแม่เหล็กจากกระแสผ่านขดลวดโซลินอยด์

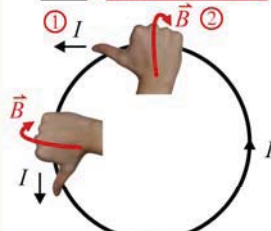


ทิศ $\vec{B}$; Right Hand Rule



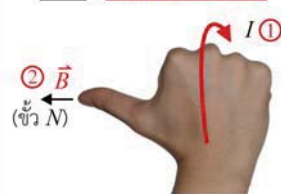
* โป้งขวาชี้ตาม $I \rightarrow$ กำได้ $\vec{B}$

ทิศ $\vec{B}$; Right Hand Rule



* โป้งขวาชี้ตาม $I \rightarrow$ กำได้ $\vec{B}$
(วนรอบขดลวดวงกลม)

ทิศ $\vec{B}$; Right Hand Rule



* กำมือขวาตาม $I \rightarrow$ โป้งขวาชี้ N

หา B ณ จุดห่างเส้นลวดตรง

$$B = \frac{\mu_o}{2\pi} \left(\frac{I}{r} \right)$$

$$= 2 \times 10^{-7} \left(\frac{I}{r} \right)$$

r = ระยะห่างวัดตั้งฉากกับเส้นลวด (m)
 I = กระแสไฟฟ้า (A)
 B = สนามแม่เหล็ก (Tesla)

หา B ณ ศูนย์กลางขดลวดวงกลม

$$B = \frac{\mu_o}{2} \left(\frac{NI}{r} \right)$$

$$= 2\pi \times 10^{-7} \left(\frac{NI}{r} \right)$$

r = รัศมีลวดวงกลม (m)
 N = จำนวนรอบขดลวด
 I = กระแสไฟฟ้า (A)
 B = สนามแม่เหล็ก ณ จุดศูนย์กลาง (Tesla)

หา B ภายในขดลวดโซลินอยด์

$$B = \mu_o n I \left(n = \frac{N}{L} \right)$$

$$= 4\pi \times 10^{-7} \frac{NI}{L}$$

n = จำนวนรอบขดลวดต่อหน่วยความยาว
 L = ความยาวของโซลินอยด์
 I = กระแสไฟฟ้า (A)
 B = สนามแม่เหล็กในขดลวดโซลินอยด์ (Tesla)

$$\mu_o = \text{Permeability Constant}$$

$$= 4\pi \times 10^{-7} \text{ Wb/A.m}$$

4 แรงกระทำบริเวณที่มีสนามแม่เหล็ก ; $B \rightarrow F$

4A แรงบนอนุภาคประจุในสนามแม่เหล็ก

สมการแรง $\vec{F} = q\vec{v} \times \vec{B}$

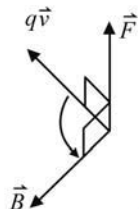
หาขนาด $F = qvB \sin \theta$

(θ = มุมที่ความเร็วประจุทำกับทิศสนามแม่เหล็ก)



หาทิศทาง

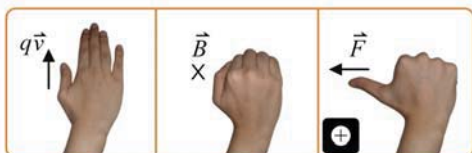
ใช้การ Cross Vector (Right Hand)



* (Right Hand For +q)

ขั้นตอนหาทิศ $\vec{F}$

- 1) นิ้วชี้ตามทิศ $q\vec{v}$
- 2) กำตามทิศ $\vec{B}$
- 3) โป้งขวจะเป็นทิศ $\vec{F}$



(1) $\rightarrow$ (2) $\rightarrow$ (3)



• ถ้าประจุ q เป็นลบ *

ให้กลับนิ้วโป้งเป็นฝั่งตรงข้าม
(แรงบนประจุลบจะตรงข้ามกับ
แรงบนประจุบวก)



ระวัง 1) ถ้าเป็นอิเล็กตรอน $\rightarrow$ ประจุลบ *

2) ขนาดแรง F มากที่สุด $\theta = 90^\circ$

q = ประจุ (คูลอมบ์ : C) F = แรง (N)

v = ความเร็ว (m/s) B = สนามแม่เหล็ก (Tesla)

4B แรงบนลวดตัวนำที่กระแสผ่าน

สมการแรง $\vec{F} = I\vec{L} \times \vec{B}$

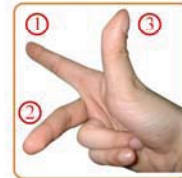
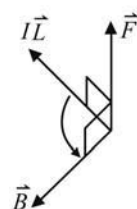
หาขนาด $F = ILB \sin \theta$

(θ = มุมระหว่างทางเดินกระแสทำกับสนามแม่เหล็ก)

$I\vec{L} \perp \vec{B}$

หาทิศทาง

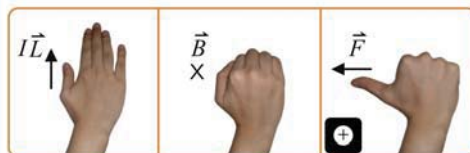
ใช้การ Cross Vector (Right Hand)



(กระแสเป็น $\oplus \rightarrow$ Right Hand)

ขั้นตอนหาทิศ $\vec{F}$

- 1) 4 นิ้วชี้ตามทิศ $I\vec{L}$
- 2) กำตามทิศ $\vec{B}$
- 3) โป้งขวจะเป็นทิศ $\vec{F}$



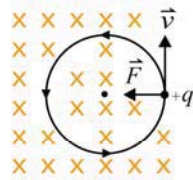
(1) $\rightarrow$ (2) $\rightarrow$ (3)

หมายเหตุ

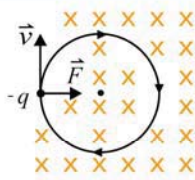
- 1) กระแสคือการเคลื่อนที่ของ ประจุบวก
- 2) $qv \rightarrow q\frac{(L)}{t} \rightarrow IL$ (ที่มาเดียวกัน)
- 3) ทิศ $I\vec{L}$ คือ ทิศที่กระแสเดินทางตามแนวลวดตัวนำ
- 4) F ขนาดมากที่สุดเมื่อ $\theta = 90^\circ$
 I = กระแสไฟฟ้า (A) ;
 L = ความยาวลวด ช่วงที่กระแสผ่าน (m)
 B = สนามแม่เหล็ก (Tesla)

4A/1 กรณีประจุมีความเร็ว ($\vec{v}$) ตั้งฉากกับสนามแม่เหล็ก ($\vec{B}$) ; $q\vec{v} \perp \vec{B}$

แนวทางการเคลื่อนที่ประจุ → วิ่งวนเป็นวงกลม*



แรงกระทำต่อประจุบวก



แรงกระทำต่อประจุลบ



$(q\vec{v}) \rightarrow (\vec{B}) \rightarrow \vec{F}(+) \rightarrow \vec{F}(-)$

(แม่เหล็ก) $F = qvB \sin 90^\circ = qvB$; $(F = F_c)$

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

หารัศมี $\odot (R)$

$$R = \frac{mv}{qB}$$

* มุม 1 รอบ
= $2\pi \text{ rad}$

หาคาบ (T)

$$T = \frac{2\pi m}{qB}$$

$$v = \frac{2\pi R}{T}$$

หาเวลา (t) ณ

มุมใดๆ

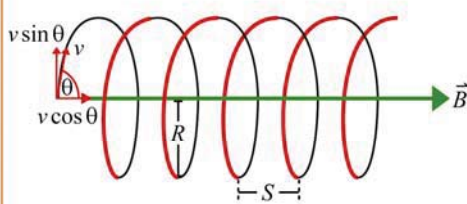
$$t = \frac{\theta m}{qB}$$

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

(S.I. Unit)* $(\theta = \text{หน่วยเรเดียน}) ; T = \text{คาบ (sec)}$

4A/2 กรณีประจุมีความเร็ว ($\vec{v}$) ทำมุมกับสนามแม่เหล็ก ($\vec{B}$) ; $q\vec{v} \angle \vec{B}$

แนวทางการเคลื่อนที่ประจุ → วิ่งวนเป็นวงเกลียว*



ถ้า ทำมุมกับ $\vec{B} = \theta$, ซึ่งแตก Vector $\vec{v}$ ได้

- 1) แนว $\perp \vec{B} \rightarrow v \sin \theta \rightarrow$ เกิดการเคลื่อนที่เป็นวงกลม
- 2) แนว $\parallel \vec{B} \rightarrow v \cos \theta \rightarrow$ ทำให้ขยับเป็นเกลียว

(แม่เหล็ก) $F = qvB \sin \theta$; $(F = F_c)$

$$qvB \sin \theta = \frac{m(v \sin \theta)^2}{R}$$

หารัศมี $\odot (R)$

$$R = \frac{mv \sin \theta}{qB}$$

หาคาบ (T)

$$T = \frac{2\pi m}{qB}$$

$$v = \frac{2\pi R}{T}$$

หาระยะต่อ 1 เกลียว*

$$S = (v \cos \theta) T = (v \cos \theta) \frac{2\pi m}{qB}$$

(S.I. Unit)* $T = \text{เวลาที่เคลื่อนที่ครบรอบ}$

4A/3 การเร่งประจุให้มีความเร็ว (v)

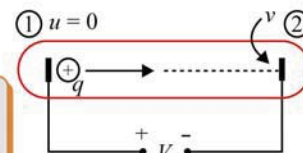
เร่งโดยความต่างศักย์ (V)

$$v = \sqrt{\frac{2qV}{m}}$$

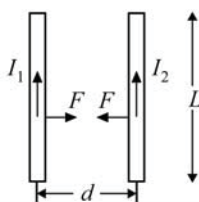
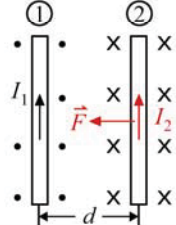
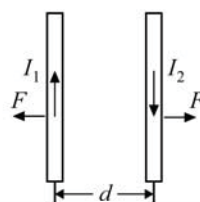
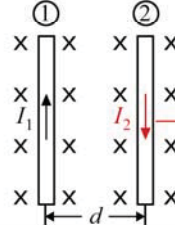
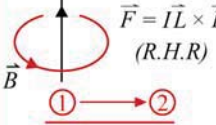
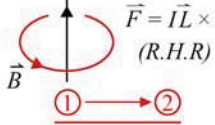
$$W_1 \rightarrow 2 = \Delta E_k$$

$$qV = \frac{1}{2}mv^2 - \frac{1}{2}mu^2 ; u = 0$$

$$\frac{1}{2}mv^2 = qV^*$$



4B/1 แรงบนลวดตัวนำคู่ขนานที่มีกระแสผ่าน (ตาม → ดุด, สวน → ผลัก)

กระแสตามกัน 		กระแสสวนกัน 	
จะเกิดแรงคู่กิริยา * ดุดกัน	 $\vec{F} = I\vec{L} \times \vec{B}$ (R.H.R)	จะเกิดแรงคู่กิริยา * ผลักกัน	 $\vec{F} = I\vec{L} \times \vec{B}$ (R.H.R)

หาขนาดแรง (F) ; ใช้ได้ทั้งกรณีกระแสตาม, สวน

$$F = I_2 L \text{ (จาก 1)}$$

$$= I_2 L (2 \times 10^{-7} \frac{I_1}{d})$$

$$F = \frac{2 \times 10^{-7} I_1 I_2 L}{d}$$

F = แรงระหว่างเส้นลวด (N)
 I_1, I_2 = กระแสในลวดแต่ละเส้น (A)
 L = ความยาวลวดช่วงที่มี
 คู่กระแส* (m)
 d = ระยะห่างระหว่างขดลวด (m)

Note

6 หลักการเปลี่ยนพลังงานกลเป็นพลังงานไฟฟ้า (กระแส-แรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำ)

6A ทฤษฎีแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำ (Induced e.m.f. / Induced Current)

6A/1 สมการแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำ [กฎของ Faraday (Faraday's Law)]

“แรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำ ($\mathcal{E}$) ในวงจรปิดใดๆ จะเท่ากับอัตราการเปลี่ยนแปลงของ Flux แม่เหล็ก ($\frac{d\Phi}{dt}$) ในวงจร”

● เพื่อหาขนาดแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำ ($\mathcal{E}$) → $\mathcal{E} = -N \frac{d\Phi}{dt}$

$\mathcal{E}$ = แรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำ (Volt)
 i = กระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำ (A, Amp)
 N = จำนวนรอบขดลวด
 $\frac{d\Phi}{dt}$ = อัตราการเปลี่ยนแปลง Flux แม่เหล็ก ($\frac{\text{Wb}}{\text{sec}}$)

● เครื่องหมายลบ (-) แสดงทิศทางแรงเคลื่อนไฟฟ้าในลักษณะย้อนกลับ → ดู Lenz's Law

6A/2 การหาทิศทางกระแส (i) และแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำ ($\mathcal{E}$) [กฎของ Lenz (Lenz's Law)]

“แรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำ ($\mathcal{E}$) จะมีทิศทางที่สามารถสร้างกระแสเหนี่ยวนำ (i) อันทำให้เกิด Flux แม่เหล็กใหม่หักล้างกับการเปลี่ยนแปลง Flux แม่เหล็กเดิม”

● เพื่อหาทิศทางกระแสเหนี่ยวนำ (i) และแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำ ($\mathcal{E}$)

ขั้นตอนการหากระแสเหนี่ยวนำ (i)

(1) หาทิศ B เดิม

- ขั้ว N B เดิมจะพุ่งออกขั้ว N
- ขั้ว S B เดิมจะพุ่งเข้าขั้ว S

(2) พิจารณาว่า B เพิ่ม หรือลด

ถ้ามีการขยับแท่งแม่เหล็กกับขดลวด

- ถ้าขั้วแม่เหล็กเข้าสูขดลวด → B เพิ่ม
- ถ้าขั้วแม่เหล็กออกจากขดลวด → B ลด

(3) หาทิศทางของ ΔB

- ถ้า B เพิ่ม → ΔB จะมีทิศทางเดียวกับ B เดิม
- ถ้า B ลด → ΔB จะมีทิศทางตรงข้ามกับ B เดิม

(4) หาทิศทางของ i และ $\mathcal{E}$

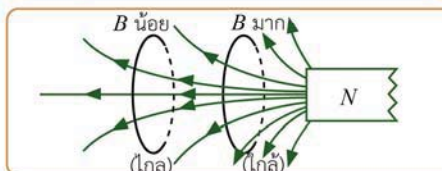
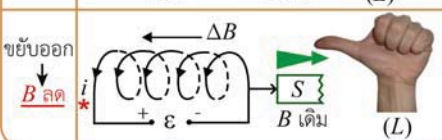
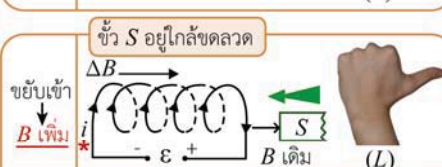
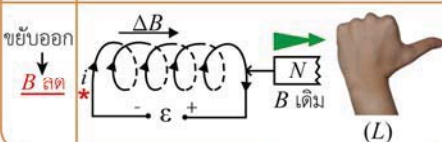
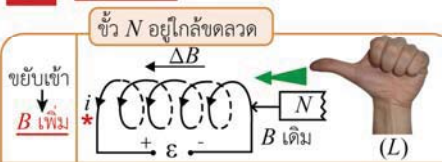
① $\vec{B}$ ② i ① ไปยังขั้ว ขั้วตามทิศ ΔB
 ② ถ้า ได้ทิศของ i ในขดลวด



*(L.H.R)

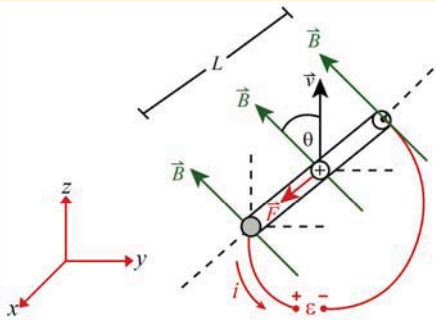
- ทิศ $\mathcal{E}$ i ไหลออกจากขดลวด → ขั้วบวกของ $\mathcal{E}$
 i ไหลเข้าไปในขดลวด → ขั้วลบของ $\mathcal{E}$
 (ขดลวดเสมือนเป็นแหล่งจ่ายกระแส i)

ex การหาทิศ i



6B แรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำจากตัวนำตัดสนามแม่เหล็ก

6B/1 $\mathcal{E}$ จากเส้นลวดวิ่งตัดสนามแม่เหล็ก



$$W = FS$$

$$qV = (qvB_{\perp})(L); B_{\perp} = B\sin\theta$$

$$V = BLv\sin\theta$$

$$\mathcal{E} = BLv\sin\theta$$

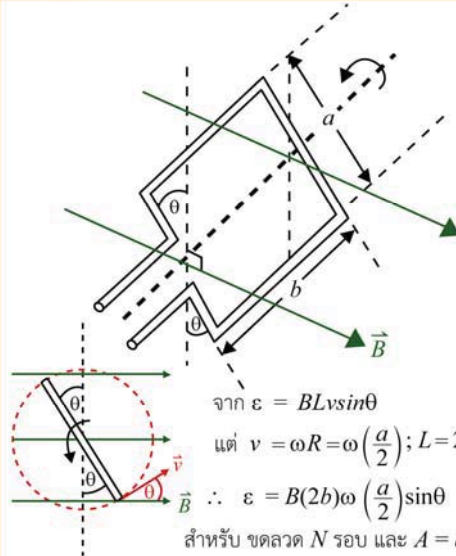
$$\mathcal{E} = i(\Sigma R)$$

- * θ = มุมระหว่างทิศ $\vec{v}$ และ $\vec{B}$
- L = ความยาวเส้นลวด (เมตร : m)
- v = ความเร็วเส้นลวด (m/s)
- B = ความเข้มของสนามแม่เหล็ก (Tesla)

* (สูตรนี้คำนวณได้เมื่อแนวขดลวด $\perp \vec{B}$)

- $\mathcal{E}$ = แรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่ปลายทั้งสองของเส้นลวด (Volt)
- i = กระแสเหนี่ยวนำถ้าเอาเส้นลวดไปต่อกับวงจรภายนอก (A)
- (เป็นทิศทางเคลื่อนที่ของประจุบวก)

6B/2 $\mathcal{E}$ จากขดลวดหมุนตัดสนามแม่เหล็ก



จาก $\mathcal{E} = BLv\sin\theta$
 แต่ $v = \omega R = \omega \left(\frac{a}{2}\right); L = 2b$
 $\therefore \mathcal{E} = B(2b)\omega \left(\frac{a}{2}\right)\sin\theta$
 สำหรับ ขดลวด N รอบ และ $A = ab$

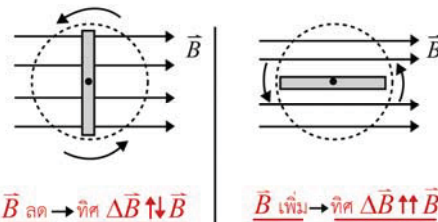
$$\mathcal{E} = BAN\omega\sin\theta$$

$$\mathcal{E} = i(\Sigma R)$$

- * θ = มุมระหว่างหน้าตัดขดลวดกับระนาบตั้งฉาก $\vec{B}$
- A = พื้นที่หน้าตัดขดลวด (m^2)
- N = จำนวนรอบของขดลวด
- ω = อัตราเร็วเชิงมุมการหมุนขดลวด (rad/s)
- $\mathcal{E}$ = แรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำระหว่างปลายทั้งสองของขดลวด (Volt)

หมายเหตุ

- (1) ถ้า $\theta = 0^\circ \rightarrow \mathcal{E} = 0$
 $\theta = 90^\circ \rightarrow \mathcal{E}$ = ค่ามากที่สุด
- (2) การหาทิศ i ใช้กฎมือซ้าย (หา ΔB) $\rightarrow$
 โป้งซ้ายชี้ $\Delta B \rightarrow$ กำได้ทิศ i

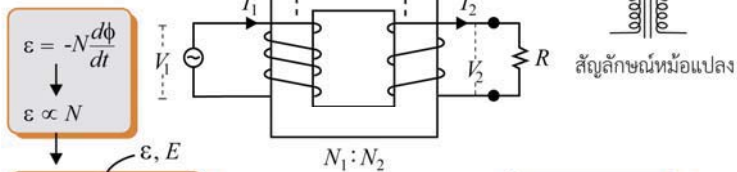


7 หม้อแปลงไฟฟ้า (Transformer)

หน้าที่

• แปลงแรงดัน (V) • แปลงกระแส (I)

(In) ขดลวดปฐมภูมิ (Out) ขดลวดทุติยภูมิ



$$\varepsilon = -N \frac{d\phi}{dt}$$

$$\varepsilon \propto N$$

$$\frac{N_1}{N_2} = \frac{V_1}{V_2} = \frac{I_2}{I_1}$$

เมื่อ $Eff = 100\%$

$$V_1 I_1 = V_2 I_2$$

$$P_1 = P_2$$

(In) (Out)

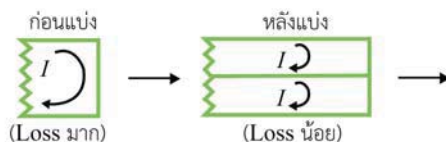
$$P = VI = I^2 R = \frac{V^2}{R} = \frac{W}{t}$$

$$Eff = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\%$$

$$Eff = \frac{P_2}{P_1} \times 100\%$$

$V_1 < V_2 \rightarrow$ หม้อแปลงขึ้น (Step Up)
 $V_1 > V_2 \rightarrow$ หม้อแปลงลง (Step Down)

การคิด P กรณีหม้อแปลงต่อกับวงจร
 ต่ออนุกรม (I เท่า) ใช้ $P = I^2 R$
 ต่อขนาน (V เท่า) ใช้ $P = \frac{V^2}{R}$



Remark

- (1) หม้อแปลงจะแปลงแรงดัน (V) ได้เมื่อมีการต่อกับไฟกระแสสลับเท่านั้น (ต้องมีการเปลี่ยนแปลงกระแสในวงจร)
- (2) ความถี่ (f) $\rightarrow$ ขาเข้า = ขาออก
 $(f_1) \quad (f_2)$
 เช่น เมืองไทย A.C. 220 V, 50 Hz (f)
- (3) แกนเหล็กจะทำจากแกนเหล็กบางๆ ซ้อนกันเพื่อป้องกันการสูญเสียกำลังเนื่องจากกระแสไหลวน (Eddy Current)

N_1, N_2 = จำนวนรอบของขดลวดปฐมภูมิและทุติยภูมิ
 V_1, V_2 = ความต่างศักย์ของขดลวดปฐมภูมิและทุติยภูมิ (Volt)
 I_1, I_2 = กระแสในขดลวดปฐมภูมิและทุติยภูมิ (A)
 P_1, P_2 = กำลังที่เกิดในขดลวดปฐมภูมิและทุติยภูมิ (Watt)
 Eff = ประสิทธิภาพหม้อแปลง (%)
 R = ความต้านทาน (Ω)
 A.C. = ไฟฟ้ากระแสสลับ (Alternating Current)

แนวข้อสอบ

11.



ถ้าสับสวิตช์ แหวนอะลูมิเนียมของทั้ง 2 รูป จะเป็นอย่างไร

- 1) แหวนอะลูมิเนียมจะเด็นขึ้น แล้วตกกลับลงมาที่เดิมทั้ง 2 รูป
- 2) แหวนอะลูมิเนียมจะเด็นขึ้น แล้วลอยค้างทั้ง 2 รูป
- 3) แหวนอะลูมิเนียมของรูป X จะเด็นขึ้น แล้วตกกลับลงมาที่เดิม ส่วนของรูป Y จะเด็นขึ้น แล้วลอยค้าง
- 4) แหวนอะลูมิเนียมของรูป X จะเด็นขึ้น แล้วตกกลับลงมาที่เดิม ส่วนของรูป Y จะไม่ขยับ

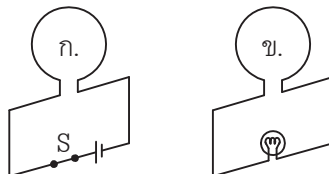
12.



ปล่อยวงลวดให้ตกลงมาในแนวตั้งภายใต้แรงโน้มถ่วงโลก จากกึ่งกลางแท่งแม่เหล็กถาวรตั้งรูป ข้อสรุปเกี่ยวกับแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำ ข้อใดถูกต้อง

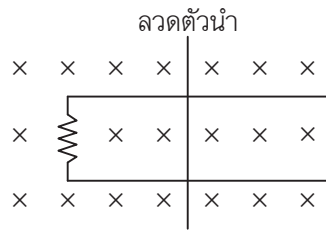
- 1) ขนาดกำลังเพิ่ม ทิศทวนเข็มนาฬิกา
- 2) ขนาดกำลังเพิ่ม ทิศตามเข็มนาฬิกา
- 3) ขนาดกำลังลด ทิศทวนเข็มนาฬิกา
- 4) ขนาดกำลังลด ทิศตามเข็มนาฬิกา

13. ทันทีที่เปิดสวิตช์ S ที่เชื่อมกับลวดตัวนำ ก. จะเกิดอะไรขึ้นบนลวดตัวนำ ข.



- 1) หลอดไฟสว่างขึ้นชั่วขณะ
- 2) ลวด ข. ถูกดูดเข้าหาลวด ก.
- 3) เกิดกระแสบนลวด ข. ในทิศตามเข็มนาฬิกา
- 4) ถูกทุกข้อ

14.



วางลวดตัวนำยาว 30 เซนติเมตร บนรางตัวนำยาวมากที่มีความต้านทานน้อยมากและต่อกับตัวต้านทาน 3 โอห์ม โดยวางลวดตัวนำห่างกัน 15 เซนติเมตร ดังรูป จะต้องออกแรงกระทำกับเส้นลวดกี่นิวตันเพื่อให้เส้นลวดเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ 2 เมตรต่อวินาที กำหนดให้สนามแม่เหล็กมีความเข้ม 3 เทสลา

- 1) 0.060
- 2) 0.085
- 3) 0.135
- 4) 0.150

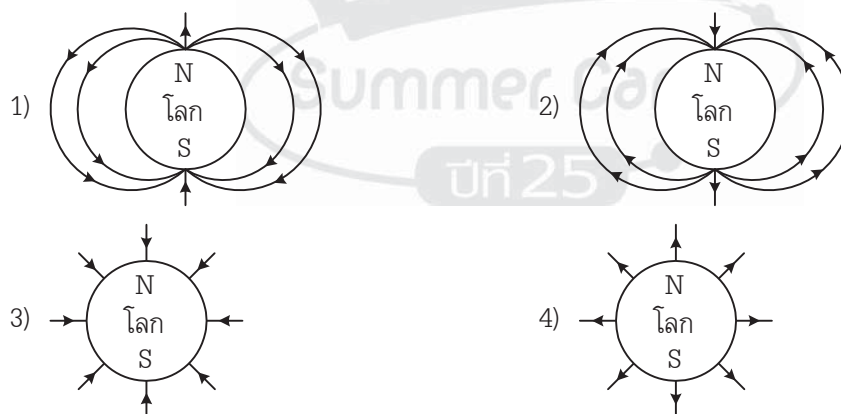
15. ลวดตัวนำตรงยาว L มีกระแสไฟฟ้า I ไหลในทิศ $-y$ ตามแนวยาวของเส้นลวด ถ้าเส้นลวดนี้อยู่ในสนามแม่เหล็กสม่ำเสมอที่มีองค์ประกอบตามแนวแกน x , y และ z เป็น 6, 7 และ 8 เทสลา ตามลำดับขนาดของแรงแม่เหล็กที่กระทำต่อลวดตัวนำคือข้อใด

- 1) $\sqrt{5} IL$
- 2) $5IL$
- 3) $\sqrt{10} IL$
- 4) $10IL$

16. เส้นลวดตัวนำเส้นตรง 2 เส้น วางขนานกันบนโต๊ะ มีกระแสไฟฟ้าไหลในเส้นลวดทั้ง 2 นี้ ในทิศตรงข้ามกัน ข้อใดถูกต้องเกี่ยวกับแรงแม่เหล็กที่กระทำต่อเส้นลวดนี้

- 1) ลวดทั้งสองเส้นผลักกัน
- 2) ลวดทั้งสองเส้นดูดกัน
- 3) ลวดทั้งสองเส้นถูกแรงกระทำในทิศขึ้นตั้งฉากกับพื้นโต๊ะ
- 4) ลวดเส้นหนึ่งถูกแรงกระทำในทิศขึ้นตั้งฉากกับพื้นโต๊ะ ลวดอีกเส้นหนึ่งถูกแรงกระทำในทิศลงตั้งฉากกับพื้นโต๊ะ

17. เส้นสนามในข้อใด แสดงถึงสนามแม่เหล็กของโลก



ไฟฟ้ากระแสสลับ

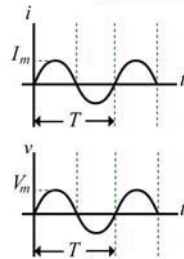
ไฟฟ้ากระแสสลับ (A.C.) : Alternating Current

Active Element

คุณสมบัติไฟฟ้า A.C.

- ความถี่ (f) คงที่ จาก Generator เมืองไทย 50 Hz
- สัญลักษณ์ แหล่งกำเนิด A.C. $\Rightarrow$ 
- การบอกค่า $\rightarrow$ จะบอก V, f
- EX**  220 V, 50 Hz (220 V $\rightarrow$ เป็นค่า rms)

แรงดัน (v) กระแส (i) จ่ายออก



$$i = I_m \sin(\omega t + \theta_i)$$

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

$$v = V_m \sin(\omega t + \theta_v)$$

f = ความถี่แหล่งจ่าย (Hz)

ω = อัตราเร็วเชิงมุมแหล่งจ่าย (rad/s)
(เป็นค่าประจำของ Generator)

i = กระแสขณะใดๆ (A)

v = แรงดันขณะใดๆ (Volt) (ค.ต.ศ.)

θ_i = มุมเริ่มต้น

I_m = กระแสสูงสุด (A)

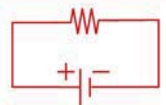
V_m = แรงดันสูงสุด (Volt)

Passive Element

(State of Circuit)

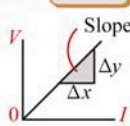
1 อุปกรณ์ใน D.C. Circuit (วงจรกระแสตรง)

R ตัวต้านทาน (Ω)

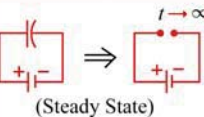


สมการ

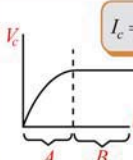
$$V = IR$$



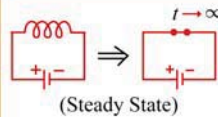
C ตัวเก็บประจุ (F)



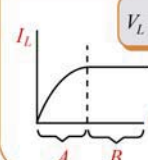
$$I_c = C \frac{dV_c}{dt}$$



L ขดลวดเหนี่ยวนำ (H)



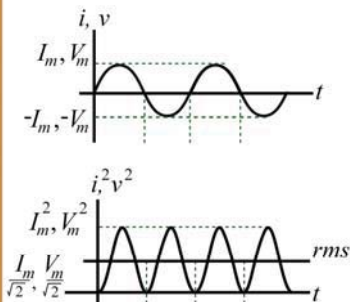
$$V_L = L \frac{dI_L}{dt}$$



A = Transient State = ช่วงเปลี่ยนแปลงก่อนสู่สภาวะคงตัว

B = Steady State = สภาวะเสถียร : เกิดเมื่อเวลาผ่านไประยะหนึ่ง ($t \rightarrow \infty$)

ค่ายังผล, ค่าสูงสุด



ขณะใดๆ

$$i = I_m \sin(\omega t)$$

$$v = V_m \sin \omega t$$

ค่าสูงสุด
max

$$I_m$$

$$V_m$$

rms

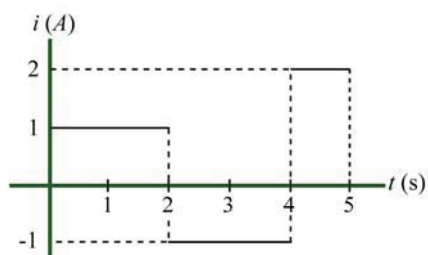
$$I_{rms} = \frac{I_m}{\sqrt{2}}$$

$$V_{rms} = \frac{V_m}{\sqrt{2}}$$

ค่ารากที่สองกำลังสองเฉลี่ย

NOTE $\frac{1}{\sqrt{2}} \approx 0.707$

• ระวัง : การหาค่า rms



$$I_{rms} = \sqrt{\frac{i_1^2 t_1 + i_2^2 t_2 + i_3^2 t_3 + \dots}{t_1 + t_2 + t_3 + \dots}}$$

EX

$$I_{rms} = \sqrt{\frac{(1)^2(2) + (-1)^2(2) + (2)^2(1)}{2 + 2 + 1}}$$

$$I_{rms} = \sqrt{1.6} \text{ A}$$

i = กระแสขณะใดขณะหนึ่ง

I_m = กระแสสูงสุด

I_{rms} = ค่ายังผลของกระแส

v = ความต่างศักย์ขณะใดขณะหนึ่ง

V_m = ความต่างศักย์สูงสุด

V_{rms} = ค่ายังผลของความต่างศักย์

rms = root mean square

= ค่ายังผล

= ค่ารากที่สองของกำลังสองเฉลี่ย

= ค่าที่อ่านได้จากมิเตอร์

Note

2 อุปกรณ์ใน A.C. Circuit (วงจรกระแสสลับ)

R ตัวต้านทาน (Ω)

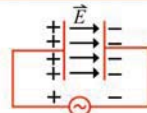


ตัวต้านทาน = R (Ω)

สมการ R

เฟส
(I , V) I เท่า V

C ตัวเก็บประจุ (F)



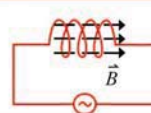
$= X_c$ (Ω)

$$X_c = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi f C}$$

I นำ V 90°

CIV
(I นำ V)

L ขดลวดเหนี่ยวนำ (H)



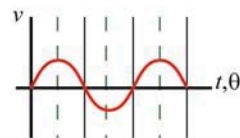
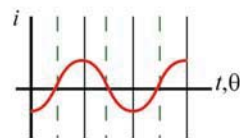
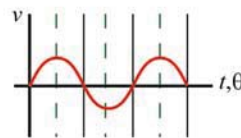
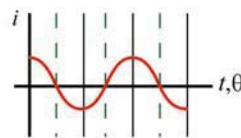
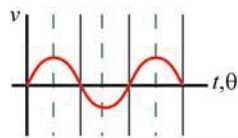
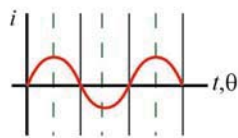
$= X_L$ (Ω)

$$X_L = \omega L = 2\pi f L$$

I ตาม V 90°

VIL
(I ตาม V)

CIVIL



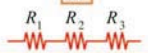
NOTE

- ถ้าเป็นแหล่งจ่าย A.C. เดียวกัน $\rightarrow f, \omega$ จะเป็นค่าคงที่
- การเข้าใจการนำ-ตามของเฟส จะสำคัญมากในการสร้าง Phasor Diagram

การต่อ R, C, L

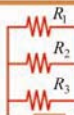
ต่อแบบแยกของใครของมัน

R



$$R_t = R_1 + R_2 + R_3 + \dots$$

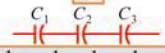
$$\frac{1}{R_t} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots$$



R

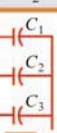
อนุกรม

C



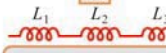
$$\frac{1}{C_t} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \dots$$

$$C_t = C_1 + C_2 + C_3 + \dots$$



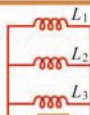
C

L



$$L_t = L_1 + L_2 + L_3 + \dots$$

$$\frac{1}{L_t} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \frac{1}{L_3} + \dots$$

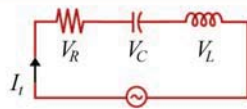


L

ขนาน

ต่อแบบ R, C, L รวมกัน

อนุกรม $R - C - L$

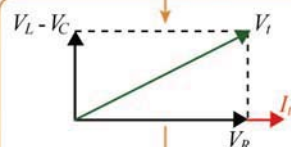
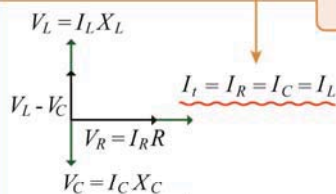


$$V_t = V_m(\sin \omega t + \theta_i)$$

อนุกรม I เท่า

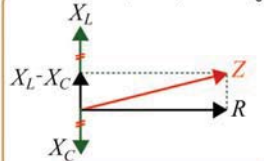
$$I_t = I_R = I_C = I_L$$

Phaser ตั้งต้นที่ I



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

(I เท่า) ลดทอนรูป

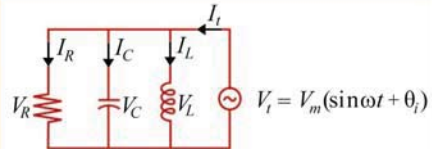


$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$$

$Z = \text{Impedance}$

อนุกรม $\rightarrow I$ เท่า $\rightarrow$ หา V รวม $\rightarrow$ หา Z

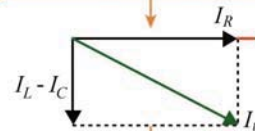
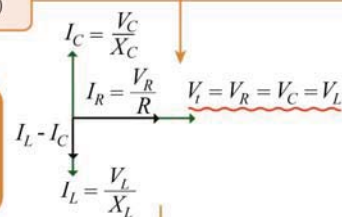
ขนาน $R // C // L$



ขนาน V เท่า

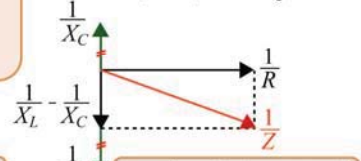
$$V_t = V_R = V_C = V_L$$

Phaser ตั้งต้นที่ V



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

(V เท่า) ลดทอนรูป



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

$\frac{1}{Z} = \text{Admittance}$

ขนาน $\rightarrow V$ เท่า $\rightarrow$ หา I รวม $\rightarrow$ หา $\frac{1}{Z}$

Ohm's law
(ค.ต.ศ) = (กระแส) (ค.ต.ท)

$$\begin{aligned} (V_R) &= (I_R) (R) \\ (V_C) &= (I_C) (X_C) \\ (V_L) &= (I_L) (X_L) \end{aligned}$$

ผลรวมของ
 R, X_C, X_L
คือ
 Z

$$V_t = I_t Z$$

กำลังไฟฟ้ากระแสสลับ

I กำลังไฟฟ้าในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ

• Reactive Power Q ; เกิดบน L และ C

• Real Power P ; เกิดบน R

$$P = vi$$

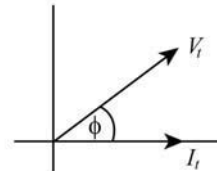
$$P_m = V_m I_m \cos \phi$$

$$P_{av} = V_{rms} I_{rms} \cos \phi = \frac{P_m}{2}$$

! Trick

$$P_t = P_{R_1} + P_{R_2} + \dots$$

$$P_R = V_R I_R = I_R^2 R = \frac{V_R^2}{R} = \frac{P_m}{2}$$



P = กำลังไฟฟ้าขณะใดๆ

P_m = กำลังไฟฟ้าสูงสุด

P_{av} = กำลังไฟฟ้าเฉลี่ย (rms)

P_t = กำลังไฟฟ้ารวม
(หน่วย = วัตต์)

ϕ = มุมระหว่างเฟสของกระแส
และความต่างศักย์

ควรรู้ • เทอม $\cos \phi$ เรียกว่า ตัวประกอบกำลัง (Power factor)

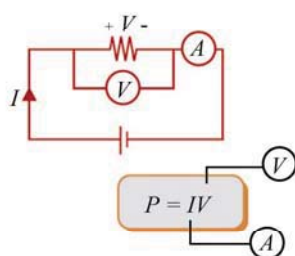
• $0 \leq \cos \phi \leq 1$ เมื่อในวงจรมี R , L และ C

• $\cos \phi = 0$ เมื่อในวงจรมีแต่ L และ C (เฟส V กับ I ตั้งฉากกัน)

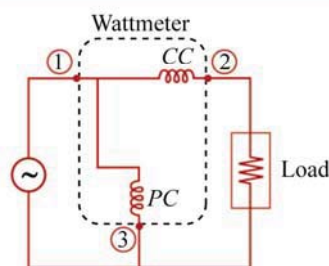
• $\cos \phi = 1$ เมื่อในวงจรมีแต่ R (เฟส V กับ I ตรงกัน)

II Wattmeter (rms)

D.C.



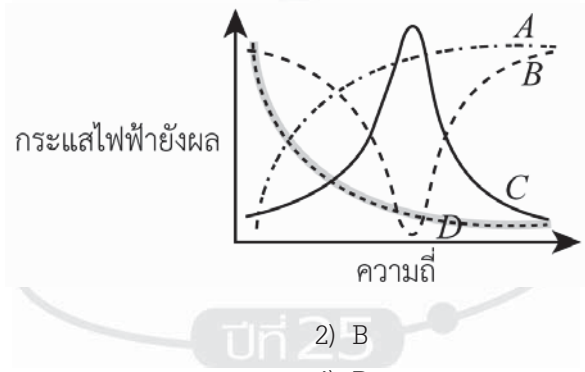
A.C.



* CC = Current Coil ; อนุกรม
PC = Potential Coil ; คร่อมขนานกับวงจร

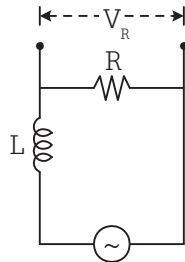
แนวข้อสอบ

- มีความที่ทุกก็ข้อ

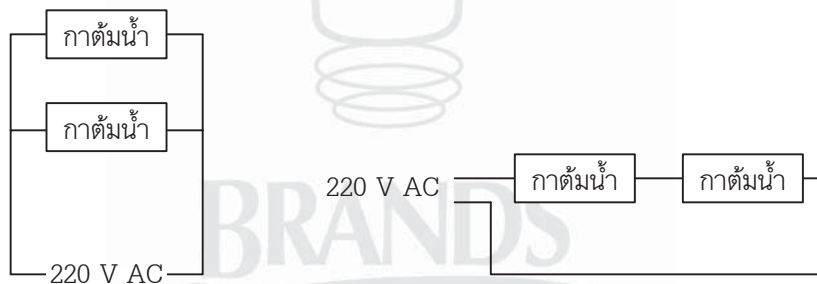


- 2) B
4) D

21. ถ้าต้องการทำให้ความต่างศักย์คร่อมตัวต้านทาน (V_R) มีค่าลดลงจะต้องทำอย่างไร



- 1) เพิ่มค่าความเหนี่ยวนำ
 - 2) เพิ่มความถี่ของไฟฟ้ากระแสสลับ
 - 3) ลดความถี่ของไฟฟ้ากระแสสลับ
 - 4) มีค่าตอบถูกมากกว่า 1 ข้อ
22. หม้อแปลงอุดมคติต่อกับแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับ ขณะที่กระแสไฟฟ้าที่ด้านปฐมภูมิมีค่าเป็นศูนย์ แล้วความต่างศักย์ที่ด้านทุติยภูมิจะเป็นเท่าใด
- 1) เป็นศูนย์
 - 2) ไม่เท่ากับศูนย์ แต่กำลังลดลง
 - 3) ไม่เท่ากับศูนย์ แต่กำลังเพิ่มขึ้น
 - 4) มีค่าสูงสุด
23. กาต้มน้ำเหมือนกันจำนวน 4 ใบ ฉลากที่ติดข้างกาต้มน้ำเขียนไว้ว่า 1500 W 220 V AC ใส่น้ำเต็มกาต้มน้ำทุกใบ นำกาต้มน้ำนี้ 2 ใบ มาต่อแบบขนานกัน อีก 2 ใบต่อแบบอนุกรม หลังจากนั้นเสียบเข้ากับปลั๊กไฟบ้าน จงเปรียบเทียบการต้มน้ำในกาทั้ง 4 ให้เดือด



แบบที่ 1 การต้มน้ำแบบต่อขนาน

แบบที่ 2 การต้มน้ำแบบต่ออนุกรม

	เวลาที่ใช้ในการต้มน้ำให้เดือด	ค่าไฟฟ้าที่ต้องเสีย
1)	ทั้งสองแบบใช้เวลาเท่ากัน	แบบอนุกรมเสียค่าไฟมากกว่า
2)	ทั้งสองแบบใช้เวลาเท่ากัน	ทั้งสองแบบเสียค่าไฟเท่ากัน
3)	แบบอนุกรมใช้เวลานานกว่า	แบบอนุกรมเสียค่าไฟมากกว่า
4)	แบบอนุกรมใช้เวลานานกว่า	ทั้งสองแบบเสียค่าไฟเท่ากัน

คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและแสงเชิงฟิสิกส์

Wave

(สมบัติพื้นฐานของคลื่น)

3 การแทรกสอด

นิยาม

เกิดจากคลื่นมากกว่า 2 คลื่น เคลื่อนที่มาพบกันและก่อให้เกิดการรวมกันแบบเสริมหรือหักล้างกัน

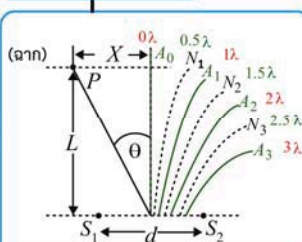
การคำนวณ

เงื่อนไขใช้สูตร

เมื่อเป็นแหล่งกำเนิดอาพันธ์

แหล่งกำเนิดอาพันธ์ คือ แหล่งกำเนิด 2 แหล่ง (หรือมากกว่า) ที่มีความถี่ (f) เท่ากัน และเฟสต่างกันคงที่

(a) 2 แหล่งกำเนิด



A = จุดที่เกิดการแทรกสอดแบบเสริม
 N = จุดที่เกิดการแทรกสอดแบบหักล้าง
 θ = มุมเบนจากแนวกลาง
 x = ระยะจากแนวกลาง
 L = ระยะจากฉากกับแหล่งกำเนิด
 d = ระยะระหว่าง S_1 กับ S_2

เมื่อ S_1, S_2 มีเฟสตรงกัน

$\boxed{A}$ Antinode (ปฏิบัติ)

$\boxed{N}$ Node (ปฏิบัติ)

$$\boxed{A} \quad |S_1P - S_2P| = d \sin \theta \approx d \frac{x}{L} = n\lambda; \quad n = 0, 1, 2, \dots$$

$$\boxed{N} \quad |S_1P - S_2P| = d \sin \theta \approx d \frac{x}{L} = (n - \frac{1}{2})\lambda; \quad n = 1, 2, 3, \dots$$



แนวกลางเป็น A_0

A เป็นตัวจำนวนเต็ม λ

ถ้ามุม θ เล็กจะได้ $\sin \theta \approx \tan \theta = \frac{x}{L}$

เมื่อ S_1, S_2 มีเฟสตรงกันข้าม



แนวกลางเปลี่ยนจาก A_0 เป็น N_0

ให้กลับสูตร A กับ N

(b) คลื่นนิ่ง (Standing Wave)

นิยาม

เกิดจากคลื่น 2 ขบวน มี Amplitude, λ , v เท่ากันวิ่งสวนกันในแนวเส้นตรง

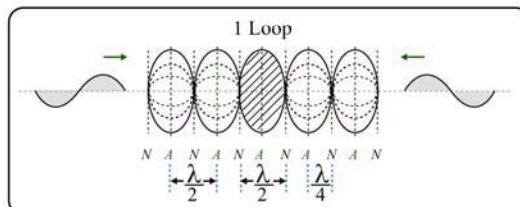
หลักการ

* ระยะ A ถึง A หรือ N ถึง N $\left\} = \frac{\lambda}{2} \text{ (1 Loop)}$

* ระยะ A ถึง N $= \frac{\lambda}{4} \text{ } (\frac{1}{2} \text{ Loop})$

* ถ้าเฟสตรงกัน $\rightarrow$ ตำแหน่งกึ่งกลางเป็น A

* ถ้าเฟสตรงข้าม $\rightarrow$ ตำแหน่งกึ่งกลางเป็น N



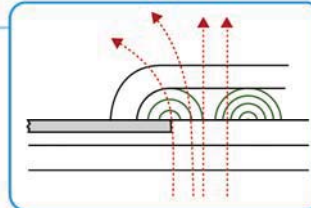
(สมบัติพื้นฐานของคลื่น)

4 การเลี้ยวเบน

① หลักการของฮอยเกนส์

“แต่ละจุดบนหน้าคลื่นถือว่าเป็นแหล่งกำเนิดของคลื่นใหม่ซึ่งให้กำเนิดคลื่นทุกทิศทาง”

② การเลี้ยวเบนผ่านช่องกีดขวาง



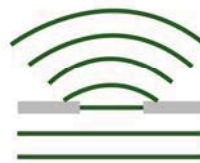
การเลี้ยวเบนผ่านช่องคู่ (สลิตคู่)

คำนวณเหมือน 2 แหล่งกำเนิด

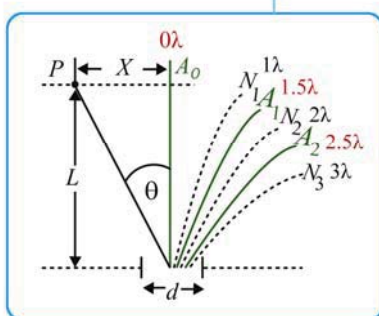
การเลี้ยวเบนผ่านช่องเดี่ยว (สลิตเดี่ยว)

(1) ถ้า $d \leq \lambda$

จะไม่เห็นลวดลายการแทรกสอด
(อาจเรียกว่า เลี้ยวเบนดี) *

(2) ถ้า $d > \lambda$

จะเห็นลวดลายการแทรกสอด
(อาจเรียกว่า เลี้ยวเบนไม่ดี (ไม่สมบูรณ์))



$$[A] \quad d \sin \theta = d \frac{X}{L} = \left(n + \frac{1}{2}\right) \lambda$$

$$n = 1, 2, \dots$$

$$[N] \quad d \sin \theta = d \frac{X}{L} = n \lambda$$

$$n = 1, 2, \dots$$

d = ความกว้างของช่องเดี่ยว

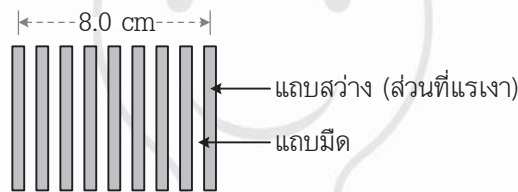
L = ระยะระหว่างช่องเดี่ยว จนถึงฉาก

X = ระยะที่ A หรือ N ห่างจากแนวกลาง

θ = มุมที่แนว A หรือ N เบนจากแนวกลาง

แนวข้อสอบ

24. ข้อใดถูกเกี่ยวกับการแทรกสอดของแสงเลเซอร์ผ่านเกรตติง เมื่ออุปกรณ์ทั้งหมดอยู่ใต้ผิวน้ำ เปรียบเทียบกับเมื่อทำการทดลองในอากาศ
- 1) รี้วการแทรกสอดในน้ำอยู่ห่างเท่ากับในอากาศ
 - 2) รี้วการแทรกสอดในน้ำอยู่ชิดกันมากกว่าในอากาศ
 - 3) รี้วการแทรกสอดในน้ำอยู่ห่างกันมากกว่าในอากาศ
 - 4) ไม่เกิดรี้วการแทรกสอดในน้ำ
25. นักเรียนคนหนึ่งทำการทดลองการแทรกสอดของยัง ถ้าแสงที่ใช้มีความยาวคลื่น 720 นาโนเมตร และระยะห่างระหว่างช่องแคบคู่กับฉากเป็น 3.0 เมตร วัดระยะห่างของแถบสว่างจากแนวกลางบนฉากได้ผลดังรูป ช่องแคบคู่ที่ใช้มีระยะห่างระหว่างช่องเป็นกี่มิลลิเมตร



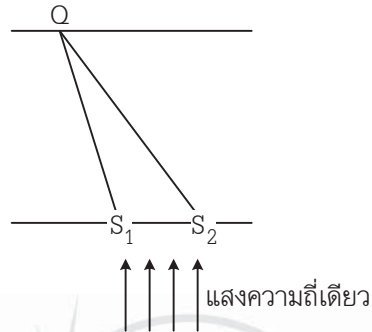
- 1) 0.12
 - 2) 0.22
 - 3) 0.34
 - 4) 0.68
- 26.



สูตร $\frac{dx}{L} = d \sin \theta = n\lambda$ สามารถพยากรณ์ความกว้าง แถบสว่างกลางของการเลี้ยวเบนช่องแคบเดี่ยวกรณีใดที่ทำให้สูตรผิดพลาด

- 1) $d < \lambda$
- 2) $L \approx 10d$
- 3) แหล่งกำเนิดแสงเป็นแสงกะพริบ
- 4) แสงที่ใช้เป็นแสงสีเดียว และเป็นโพลาไรซ์เชิงเส้น

27. ถ้าระยะ S_1Q มีค่าต่างจากระยะ S_2Q อยู่ 1500 นาโนเมตร ตำแหน่ง Q ของแสงความยาวคลื่น 600 นาโนเมตร จะมีสมบัติอย่างไร



- 1) เป็นตำแหน่งที่มีมืดที่สุด
- 2) เป็นตำแหน่งที่สว่างที่สุด
- 3) อยู่ใกล้ตำแหน่งสว่างมากกว่าตำแหน่งมืด
- 4) อยู่ใกล้ตำแหน่งมืดมากกว่าตำแหน่งสว่าง



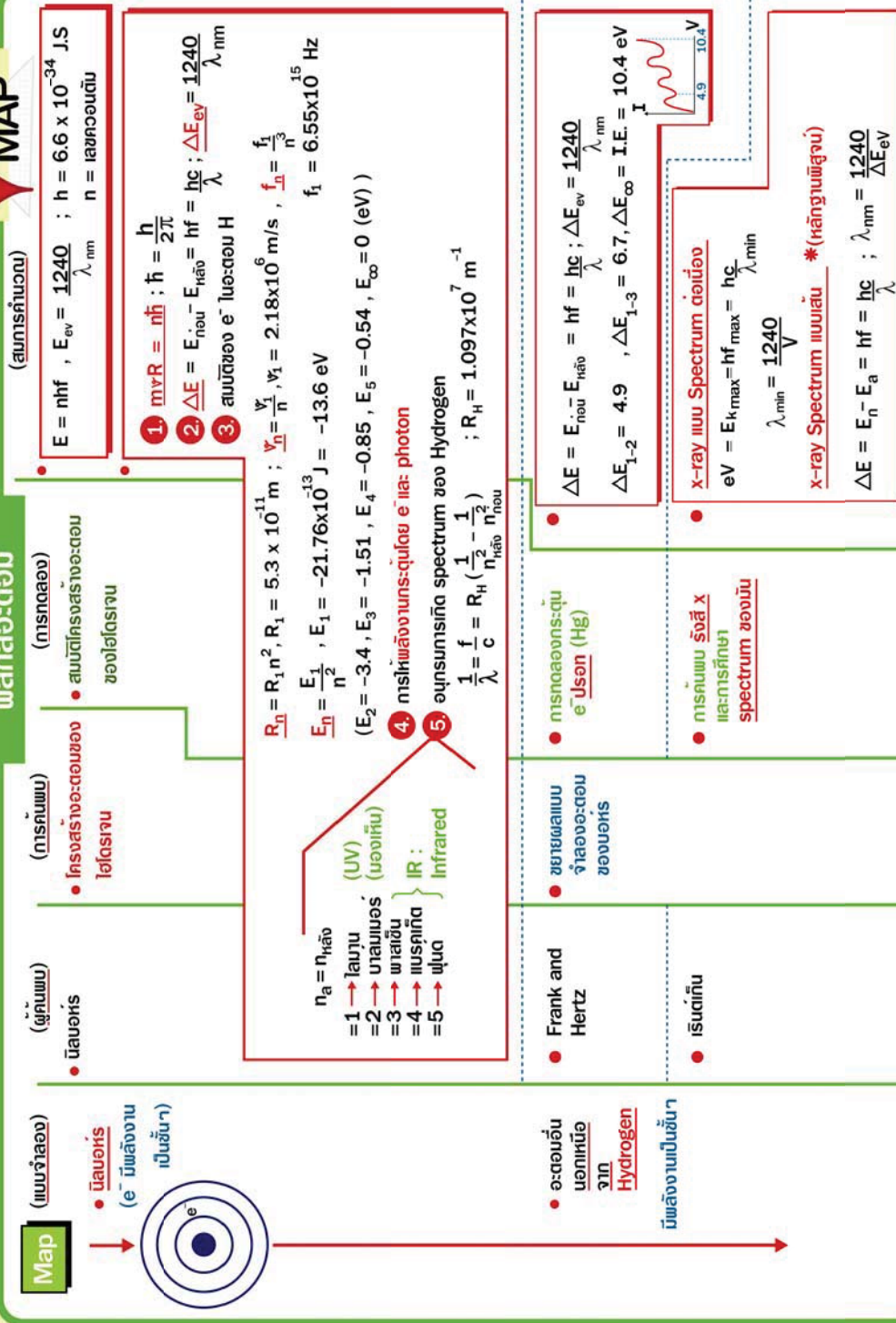
ฟิสิกส์อะตอม

SUPER MAP

ฟิสิกส์อะตอม

Map • กรีก < อียิปต์ < อริสโตเติล ทรงกลมตัน (แบบจำลอง) • Dalton	ให้คำจำกัดความ Atom • อณูภาคพื้นฐานประกอบด้วย ดิน, น้ำ, ลม, ไฟ	(การทดลอง) • หลอดรังสีแคโทด	(สมการคำนวณ) • $\frac{q}{m} = \frac{V^2}{2V_0} = \frac{2V_0}{B^2 R^2} = \frac{V}{BR}$; $\frac{q}{m} = 1.76 \times 10^{11} \frac{C}{kg}$	(การทดลอง) • การทดลอง หลอดรังสีแคโทด	(การคำนวณ) • $qE = mg$; $m = \rho V = \rho \left(\frac{4}{3} \pi R^3 \right)$; $m_e = 9.1 \times 10^{-31} kg$; $q_e = 1.6 \times 10^{-19} C$
(ผู้ค้นพบ) • Mendeleev • Sir W. Crooke	(การคำนวณ) • สร้างตารางธาตุ • พบ e^-	(การทดลอง) • ทดลองของ e^-	(การคำนวณ) • หา q, m ของ e^-	(การทดลอง) • การทดลอง หลอดรังสีแคโทด	(การคำนวณ) • $\left(\frac{1}{2} m v^2 \right) = q \left(\frac{KQ}{R} \right)$ (ของ α) $\rightarrow R_{min} = R_{nucleus}$ (หารด้วยนิวเคลียส)
(ผู้ค้นพบ) • Thomson	(การคำนวณ) • หา q/m ของ e^-	(การทดลอง) • ทดลองของ e^-	(การคำนวณ) • หา q, m ของ e^-	(การทดลอง) • การทดลอง หลอดรังสีแคโทด	(การคำนวณ) • $E = nhf$
(ผู้ค้นพบ) • Thomson	(การคำนวณ) • หา q/m ของ e^-	(การทดลอง) • ทดลองของ e^-	(การคำนวณ) • หา q, m ของ e^-	(การทดลอง) • การทดลอง หลอดรังสีแคโทด	(การคำนวณ) • $E = nhf$
(ผู้ค้นพบ) • Thomson	(การคำนวณ) • หา q/m ของ e^-	(การทดลอง) • ทดลองของ e^-	(การคำนวณ) • หา q, m ของ e^-	(การทดลอง) • การทดลอง หลอดรังสีแคโทด	(การคำนวณ) • $E = nhf$
(ผู้ค้นพบ) • Thomson	(การคำนวณ) • หา q/m ของ e^-	(การทดลอง) • ทดลองของ e^-	(การคำนวณ) • หา q, m ของ e^-	(การทดลอง) • การทดลอง หลอดรังสีแคโทด	(การคำนวณ) • $E = nhf$
(ผู้ค้นพบ) • Thomson	(การคำนวณ) • หา q/m ของ e^-	(การทดลอง) • ทดลองของ e^-	(การคำนวณ) • หา q, m ของ e^-	(การทดลอง) • การทดลอง หลอดรังสีแคโทด	(การคำนวณ) • $E = nhf$
(ผู้ค้นพบ) • Thomson	(การคำนวณ) • หา q/m ของ e^-	(การทดลอง) • ทดลองของ e^-	(การคำนวณ) • หา q, m ของ e^-	(การทดลอง) • การทดลอง หลอดรังสีแคโทด	(การคำนวณ) • $E = nhf$
(ผู้ค้นพบ) • Thomson	(การคำนวณ) • หา q/m ของ e^-	(การทดลอง) • ทดลองของ e^-	(การคำนวณ) • หา q, m ของ e^-	(การทดลอง) • การทดลอง หลอดรังสีแคโทด	(การคำนวณ) • $E = nhf$

ฟิสิกส์อะตอม



ฟิสิกส์อะตอม

Map

โฟตอน (พลังงานเป็นคลื่น) → โฟตอน (พลังงานเป็นอนุภาค)

① คลื่น → อนุภาค

กฏของคลื่นและอนุภาค

• ปรากฏการณ์ Photoelectric (Hertzทดลอง, สเปกตรัมไฮโดรเจน) แสงประทุกลายเป็นอนุภาค (Photon) กลุ่มก่อนแสงงาน ($E = hf$)

$E = nhf$
n = จำนวน photon

$= hf + hf + \dots$
(n ตัว)

• ปรากฏการณ์ Compton (x-ray) (Compton วัตถุประทุรังสี X หลังกระทบอะตอมกราไฟต์)

• สมการคลื่นเดอบรอกลี → $E = mc^2$ และ $P = mv$

• เดวิสสัน และเกอร์เมอร์ + J.P. Thomson → การแทรกสอดของ e^-

② อนุภาค → คลื่น

กฏการลดระดับ (ไฮเซนเบิร์ก, ชโรดิงเจอร์) • หลักความไม่แน่นอนของไฮเซนเบิร์ก

แบบจำลองอะตอมแบบกลุ่มเมฆ

• $eV_s = E_{k_{max}} = hf - w \rightarrow w = hf_o = \frac{hc}{\lambda_o}$
 $= \frac{hc}{\lambda} - \frac{hc}{\lambda_o}$
หรือ $V_s = E_{keV} = \frac{1240}{\lambda_{nm}} - w_{ev} \rightarrow w_{ev} = \frac{1240}{\lambda_{o_{nm}}}$

• $\lambda' - \lambda = \lambda_o (1 - \cos \alpha)$ รังสี X : ประทุกลายเป็นอนุภาค

• $\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{mv} = \frac{h}{\sqrt{2mE_k}} = \frac{h}{\sqrt{2mqV}}$
(สำหรับ e^-) $\lambda_{nm} = \frac{1.23}{\sqrt{E_{ev}}} = \frac{1.23}{\sqrt{V}}$

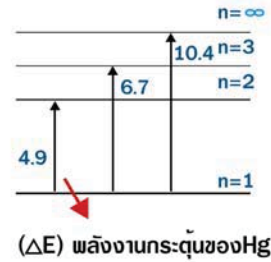
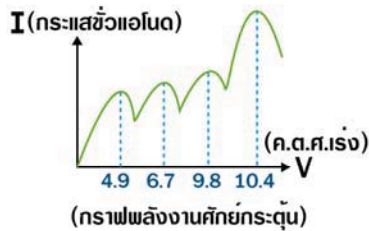
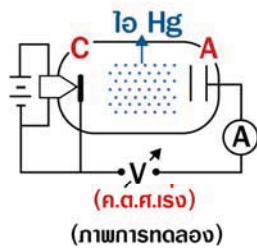
• คลื่นนิ่ง e^-
 $2\pi R = n\lambda$

• $\Delta x \cdot \Delta p \geq \hbar \rightarrow (\Delta x)(m\Delta v) \geq \hbar$
 $\Delta E \cdot \Delta t \geq \hbar ; \hbar = \frac{h}{2\pi}$

การขยายผล : แนวความคิดอะตอมมีระดับพลังงานเป็นขั้นๆ ของ Bohr

- การทดลองของฟรังค์และเฮิร์ตซ์ # ทดลองเมื่อปี พ.ศ. 2457 (1 ปีหลังจาก Bohr เสนอแบบจำลองของเขา)

→ สนับสนุนทฤษฎีอะตอมของ Bohr (ชั้นพลังงานของอะตอม)
→ ทดลองกับไอปรอท (Hg) ซึ่งมีโครงสร้างอะตอมซับซ้อน (กว่าไฮโดรเจน)

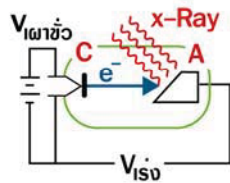


(การทดลอง) → ช่วงที่ให้พลังงานกระตุ้นไม่เท่า $\Delta E(\text{Hg}), e^-$ ที่วิ่งชนจะไม่ถ่ายเทพลังงานให้อะตอม Hg (ชนแบบยืดหยุ่น)

→ การคำนวณเหมือน Bohr

$$|\Delta E| = |E_{n_{\text{ก่อน}}} - E_{n_{\text{หลัง}}}| = hf = \frac{hc}{\lambda} \rightarrow \lambda_{nm} = \frac{1240}{\Delta E_{\text{eV}}} \left\{ \begin{array}{l} \Delta E = \text{ผลต่างระดับพลังงานระหว่างชั้น} \\ (4.9, 6.7, 10.4) \\ \# \Delta E = \text{I.E.} = 10.4 \text{ eV} \end{array} \right.$$

- รังสี X → ใช้ทฤษฎี Bohr อธิบายการเกิด x-ray ได้



- # พ.ศ. 2438 เรินต์เก้นทดลองพบรังสี x เป็นภาพบนแผ่นฟิล์มในของกระดาษ
- # x-ray : เป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า, มีอำนาจทะลุทะลวงวัตถุความหนาแน่นต่ำ เช่น ผิวหนัง
- # จากการทดลองพบ x-ray 2 ชนิด

1. x-ray แบบ Spectrum ต่อเนื่อง → เกิดจาก e^- ชนเป้าโลหะและสูญเสียพลังงาน (e^- มีมากตัว → มากพลังงาน(E) → E จึงต่อเนื่อง)

→ E ต่อเนื่อง → แถบ Spectrum ต่อเนื่อง

→ e^- ตัวที่มีพลังงานมากที่สุด ($E_{k_{\text{max}}}$) → ชนเป้าโลหะได้ f_{max}

$$\# \text{ จาก } W = qV \rightarrow eV = E_{k_{\text{max}}} = hf_{\text{max}} = \frac{hc}{\lambda_{\text{min}}} \rightarrow \lambda_{\text{min}} (\text{nm}) = \frac{1240}{V}$$

2. x-ray เป็น Spectrum แบบเส้น → เกิดจาก e^- ของอะตอมเป้าโลหะเคลื่อนที่ระหว่างชั้นภายในภายหลังถูก e^- จากภายนอกมากระตุ้น (เรียกว่า การเรืองรังสี x)

เป้าโลหะต่างชนิด → เส้น spectrum ไม่เหมือนกัน

$$hf = \frac{hc}{\lambda} = \Delta E = E_{n_{\text{ก่อน}}} - E_{n_{\text{หลัง}}} \quad \lambda_{nm} = \frac{1240}{\Delta E_{\text{eV}}}$$

ΔE = พลังงานของ x-ray ของแต่ละแถบ spectrum

E_n เป็นของโลหะชนิดที่เป็นเป้าโลหะ

x-ray : การเกิดของมันเป็นจริงยืนยันว่าอะตอมมีระดับพลังงานเป็นขั้นๆ (เกิดกับเป้าโลหะที่นอกเหนือจากไฮโดรเจนของบอร์)

(Note : เมื่อ x-ray ผ่านผลึก (เกรตติง) → จะพบแนวแทรกสอด → สมบัติคลื่น)

● การคำนวณ Photoelectric

ปรับหน่วย (eV)

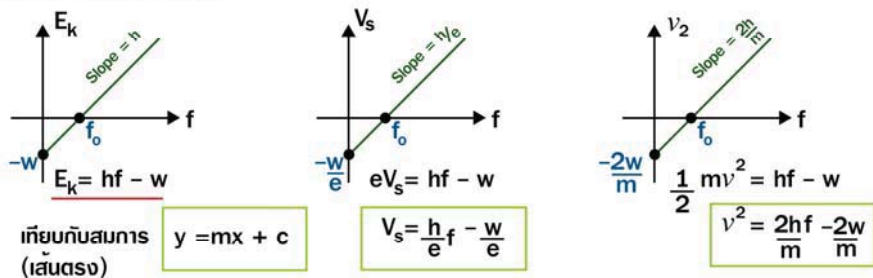
$$eV_s = E_{k_{\max}} = hf - w = \frac{hc}{\lambda} - w \rightarrow w = hf_0 = \frac{hc}{\lambda_0}$$

$$V_s = E_{k_{\max}} = \frac{1240}{\lambda_{nm}} - w_{eV}$$

$$w_{eV} = \frac{1240}{\lambda_{0nm}}$$

V_s = ความต่างศักย์หยุดยั้ง
 # $E_{k_{\max}}$ = พลังงานจลน์ของ photo e^- ที่มากที่สุด
 # f_0, λ_0 = ความถี่, ความยาวคลื่นขีดเริ่ม, # W = Work Function (ฟังก์ชันงาน) = พลังงานยึดเหนี่ยว (I.E.)

● กราฟ Photoelectric



Note เป็นโลหะต่างชนิด $\rightarrow w$ หรือ f_0 จะต่างกัน และเส้นกราฟจะขนานเสมอเพราะ Slope เท่าเดิม
 $\rightarrow$ ปัจจุบันยอมรับว่าแสงแสดงสมบัติเป็นทั้งคลื่นและอนุภาคได้

ปรากฏการณ์คอมป์ตัน # พ.ศ. 2446 Arthur.H Compton. ทดลองวัดการกระเจิงรังสี X, หลังจากยิงไปกระทบอะตอมแท่งแกรไฟต์

มุมกระเจิงยิ่งมาก $\rightarrow$ พบว่า f จะยิ่งน้อย $\rightarrow E$ ยิ่งน้อย, ชัดกับสมบัติคลื่นที่ f จะคงที่เท่ากับแหล่งกำเนิด
 # เป็นไปตามผลการคำนวณเหมือนกับการชนอนุภาค

$$\lambda' - \lambda = \lambda_0 (1 - \cos \alpha)$$

λ' = ความยาวคลื่น x-ray ที่กระเจิง
 # λ = ความยาวคลื่น x-ray ของแหล่งกำเนิด
 # λ_0 = ความยาวคลื่น Compton ของ e^- (0.02422 Å)
 # α = มุม x-ray ที่เบี่ยงเบนจากแนวเดิม (มุมกระเจิง)

$\rightarrow$ สนับสนุนแนวคิดไอน์สไตน์ว่าคลื่นแสดงสมบัติเป็นอนุภาคได้

อนุภาคประพฤติตัวเป็นคลื่นได้ ; สมมุติฐานเดอบรอยล์

เดอบรอยล์ เสนอสมการความสัมพันธ์ระหว่างความยาวคลื่นและโมเมนตัมโฟตอน

$$\rightarrow E = mc^2 \rightarrow m = \frac{E}{c^2}, P = mv = \frac{E}{c} \rightarrow P = \frac{E}{c} = \frac{hf}{c} = \frac{h}{\lambda}$$

$$\lambda = \frac{h}{P} = \frac{h}{mv} = \frac{h}{\sqrt{2mE_k}} = \frac{h}{\sqrt{2mqV}} \rightarrow \lambda_{nm} = \frac{1.23}{\sqrt{E_{eV}}} = \frac{1.23}{\sqrt{V}}$$

(สำหรับ e^- เท่านั้น)

สมการความยาวคลื่นเดอบรอยล์

E_k = พลังงานจลน์ของอนุภาค ; m = มวลอนุภาค ; V = ความต่างศักย์เร่งอนุภาค

λ = ความยาวคลื่นของอนุภาค ; P = โมเมนตัมของอนุภาค

แนวข้อสอบ

28. สมการใดไม่เกี่ยวข้องกับการคำนวณรัศมีการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนในแบบจำลองอะตอมของบอร์

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

2) $F = \frac{mv^2}{r}$

3) $F = \frac{Gm_1m_2}{r^2}$

4) $mvr = n\hbar$

29. อิเล็กตรอนถูกเร่งด้วยพลังงานอย่างน้อยที่สุดเท่าใด จึงสามารถชนโปรตอนอีกตัวหนึ่งได้ (กำหนดให้ มวลอิเล็กตรอน คือ 10^{-29} kg เส้นผ่านศูนย์กลาง คือ 10^{-14} m ตอบในรูป 10^n eV โดยไม่คิดผลของทฤษฎีสัมพัทธภาพพิเศษ)

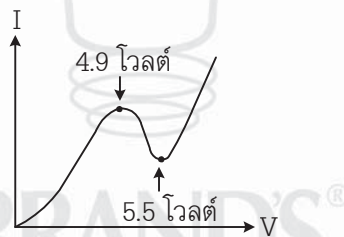
1) 10^3 eV

2) 10^5 eV

3) 10^9 eV

4) 10^{11} eV

30. การทดลองของฟรังค์และเฮิร์ตซ์ประกอบด้วยหลอดบรรจุไอปรอทความดันต่ำ ซึ่งมีแคโทดเป็นตัวปล่อยอิเล็กตรอน และมีขั้วไฟฟ้าบวกสำหรับเร่งอิเล็กตรอน อิเล็กตรอนที่หลุดจากแคโทดจะเคลื่อนที่ผ่านไอปรอทและอาจเกิดการถ่ายเทพลังงานให้กับไอปรอทจนกระทั่งเดินทางมาถึงขั้วไฟฟ้า เกิดเป็นกระแสไฟฟ้าไหลระหว่างแคโทดและขั้วไฟฟ้า กระแสไฟฟ้าสัมพันธ์กับความต่างศักย์ระหว่างแคโทดและขั้วไฟฟ้า ดังรูป



เหตุการณ์ใดเกิดขึ้นในช่วงความต่างศักย์ 4.9 โวลต์ ถึง 5.5 โวลต์

- 1) จำนวนอิเล็กตรอนจากแคโทดมีปริมาณลดลง
- 2) อิเล็กตรอนจากแคโทดสูญเสียพลังงานจนเกือบทั้งหมดที่มีให้แก่ไอปรอท
- 3) พลังงานจลน์ของอิเล็กตรอนจากแคโทดถูกเปลี่ยนเป็นพลังงานศักย์ไฟฟ้า เนื่องจากการเข้าชนกับไอปรอท
- 4) อิเล็กตรอนจากแคโทดมีพลังงานเพียงพอที่จะถูกไอปรอทจับไว้ ทำให้จำนวนอิเล็กตรอนที่ไปถึงขั้วไฟฟ้าลดลงจำนวนลง

31. ในเครื่องกำเนิดรังสีเอกซ์ ถ้าเราเพิ่มความต่างศักย์ระหว่างขั้วไฟฟ้ากับเป้าโลหะ (V_0) ความยาวคลื่นต่ำสุดและความยาวคลื่นรังสีเอกซ์เฉพาะตัวที่เกิดขึ้นจะเป็นอย่างไร

	ความยาวคลื่นต่ำสุด	ความยาวคลื่นรังสีเอกซ์เฉพาะตัว
1)	เพิ่มขึ้น	เปลี่ยนแปลง
2)	เพิ่มขึ้น	ไม่เปลี่ยนแปลง
3)	ลดลง	เปลี่ยนแปลง
4)	ลดลง	ไม่เปลี่ยนแปลง

32. อิเล็กตรอนในอะตอมไฮโดรเจนเปลี่ยนระดับพลังงานจากชั้น $n = 3$ ไปสู่สถานะพื้นจะปล่อยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีพลังงานประมาณกี่อิเล็กตรอนโวลต์

- 1) 1.41 2) 1.91
3) 12.1 4) 14.1

33. จากปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริก เมื่อมีแสงมาตกกระทบโลหะ

- ก. จะเกิดโฟโตอิเล็กตรอน ก็ต่อเมื่อแสงมีพลังงานมากกว่าฟังก์ชันงาน
ข. ถ้าแสงมีความถี่มาก พลังงานจลน์ของโฟโตอิเล็กตรอนจะมากด้วย
ค. ถ้าแสงมีความถี่มาก จำนวนโฟโตอิเล็กตรอนจะมากด้วย
ง. ถ้าแสงมีความเข้มมาก จำนวนโฟโตอิเล็กตรอนจะมากด้วย

ข้อที่ถูกต้องมีกี่ข้อ

- 1) 1 ข้อ 2) 2 ข้อ
3) 3 ข้อ 4) 4 ข้อ

34. เมื่อโฟตอนที่มีความถี่ 2000 เทระเฮิรตซ์ ตกกระทบโลหะชนิดหนึ่งทำให้เกิดอิเล็กตรอนที่มีความยาวคลื่นเดอบรอยล์ 0.3 นาโนเมตร โลหะชนิดนี้มีฟังก์ชันงานก้ออิเล็กตรอนโวลต์ (กำหนดให้ $h = 4 \times 10^{-15} \text{ eV}\cdot\text{s}$ และมวลอิเล็กตรอนเท่ากับ $0.5 \text{ MeV}/c^2$)

35. การใช้แสง UV ที่มีพลังงาน 6×10^{-19} จูล ในการตรวจสอบธนบัตร หากมองเห็นลายน้ำจากการฉาย UV แสดงว่าเป็นธนบัตรจริง ลายน้ำโลหะบนธนบัตรจริงควรมีความหนาของเส้นลายนํ้าอย่างน้อยเท่าใด จึงจะมองเห็นได้โดยแสงดังกล่าว

- 1) 390 nm
2) 330 nm
3) 1.30 fm
4) 0.33 fm

36. ความยาวคลื่นเดอบรอยล์ของอิเล็กตรอนในอะตอมไฮโดรเจนที่ระดับพลังงาน $n = 4$ เป็นกี่เท่าของที่ระดับพลังงาน $n = 3$

- 1) $\frac{1}{3}$
- 2) 2
- 3) $\frac{4}{3}$
- 4) $\frac{3}{4}$

Nuclear Physics

สัญลักษณ์
และสมการ
นิวเคลียร์

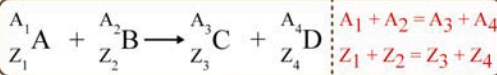
(เลขมวล)

$$p + n = A$$

$$p = Z$$

(เลขอะตอม)

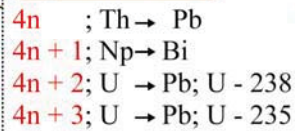
การดุลสมการนิวเคลียร์



Isotope ; Proton เท่า
Isobar ; p + n เท่า
Isotone ; neutron เท่า

ธาตุกัมมันตรังสี

อนุกรมการสลายตัว



กัมมันตภาพรังสี

มวล	$\alpha > \beta > \gamma$
	(4u) (m _e) 0
ประจุ	+2 -1 0
แตกตัว(ion)	$\alpha > \beta > \gamma$
ระยะเดินทาง	$\gamma > \beta > \alpha$
ทะลุทะลวง	$\gamma > \beta > \alpha$

การแผ่รังสี (กัมมันตรังสี)

$$A = \frac{dN}{dt} = -\lambda N$$

$$e^{-\lambda t} = \frac{N}{N_0} = \frac{m}{m_0} = \frac{A}{A_0} = \frac{1}{2^n}$$

$$\text{mol} = \frac{m}{M} = \frac{N}{N_A}$$

$$\lambda = \frac{\ln 2}{T} = \frac{0.693}{T} \quad n = \frac{t}{T}$$

Bq (Nucleus/s) - SI
1 Ci = 3.7 × 10¹⁰ Bq

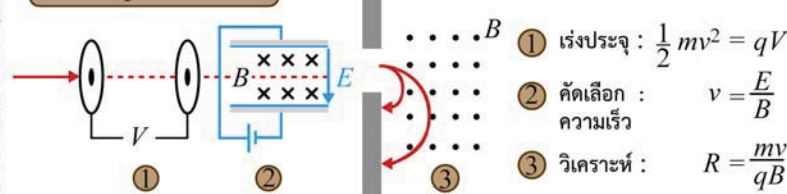
อุปมาอุปไมยลูกเต๋า
λ = หน้าที่/หน้าที่ทั้งหมด

สมดุล - สลายตัว

$$\frac{dN_1}{dt} = \frac{dN_2}{dt} \rightarrow \frac{N_1}{N_2} = \frac{T_1}{T_2} = \frac{\text{mol}_1}{\text{mol}_2} = \frac{\lambda_2}{\lambda_1} = \frac{m_1}{m_2} \frac{M_2}{M_1}$$

วิเคราะห์
Isotope

Mass Spectrometer



ขนาดนิวเคลียส

$$R = R_0 \sqrt[3]{A}; R_0 = 1.2 \times 10^{-15} \text{ m}$$

$$\text{หา } V = \frac{4}{3}\pi R^3, \rho = \frac{m}{V}$$

เสถียรภาพ
ของนิวเคลียส

สมการไอน์สไตน์

$$E = mc^2$$

หรือ

$$E = 931 \times m \text{ (MeV)} \quad m \text{ (u)}$$

พลังงานยึดเหนี่ยว

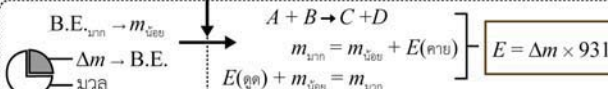
$$\text{B.E.} = (\Delta m) \times 931 \text{ MeV}$$

$$\Delta m = (Zm_p + (A-Z)m_n) - m_{\text{nucleus}}$$

$$\Delta m = (Zm_H + (A-Z)m_n) - m_{\text{atom}}$$

$$\frac{\text{B.E.}}{A} = \text{ความเสถียรของนิวเคลียส}$$

พลังงานปฏิกิริยา
นิวเคลียร์



แนวข้อสอบ

37. อนุภาค X ในปฏิกิริยานิวเคลียร์ $n + {}^{235}_{92}\text{U} \rightarrow {}^{160}_{62}\text{Sm} + {}^{72}_{30}\text{Zn} + X$ คืออะไร

- 1) ${}^1_1\text{H}$ 3 อนุภาค
- 2) ${}^3_1\text{H}$
- 3) n 4 อนุภาค
- 4) ${}^0_1\text{e}$ 3 อนุภาค

38. ข้อใดแสดงปฏิกิริยาการสลายตัวของ ${}^{234}_{90}\text{Th}$ เป็น ${}^{234}_{91}\text{Pa}$ ได้ถูกต้อง

- 1) ${}^{234}_{90}\text{Th} \rightarrow {}^{234}_{91}\text{Pa} + n$
- 2) ${}^{234}_{90}\text{Th} \rightarrow {}^{234}_{91}\text{Pa} + \alpha$
- 3) ${}^{234}_{90}\text{Th} \rightarrow {}^{234}_{91}\text{Pa} + e^- + \text{อนุภาคที่ตรวจวัดไม่พบ}$
- 4) ${}^{234}_{90}\text{Th} \rightarrow {}^{234}_{91}\text{Pa} + e^+ + \text{อนุภาคที่ตรวจวัดไม่พบ}$

39. การคำนวณค่ากัมมันตรังสีของนิวเคลียสตั้งต้น ไม่เกี่ยวข้องกับสิ่งใด

- ก. นิวเคลียสลูกหลังการสลายตัว
 - ข. ชนิดของนิวเคลียส
 - ค. ครึ่งชีวิต
 - ง. จำนวนนิวเคลียสที่เวลาใดๆ
- 1) ข้อ ก. เท่านั้น
 - 2) ข้อ ข. เท่านั้น
 - 3) ข้อ ข. และ ง.
 - 4) เกี่ยวข้องทุกข้อ

40. ข้อใดถูกต้องเกี่ยวกับการสลายตัวของ U-238

- 1) พลังงานยึดเหนี่ยวต่อนิวคลีออนเปลี่ยนแปลงโดยอาจลดหรือเพิ่มก็ได้
- 2) พลังงานยึดเหนี่ยวต่อนิวคลีออนไม่เปลี่ยนแปลง
- 3) พลังงานยึดเหนี่ยวต่อนิวคลีออนเพิ่มขึ้น
- 4) พลังงานยึดเหนี่ยวต่อนิวคลีออนลดลง

41. ลูกเต๋าชุด A มี 6 หน้า แต้มสีไว้เพียง 1 หน้า มีทั้งหมด 4800 ลูก ลูกเต๋าชุด B มี 10 หน้า แต้มสีไว้ 4 หน้า ในการทอดแต่ละครั้งจะหยิบลูกเต๋าคือชิ้นหน้าที่แต้มสีออก สำหรับการทอดลูกเต๋าค้างแรก ถ้าต้องการให้จำนวนลูกเต๋าคือถูกหยิบออกทั้งสองชุดเท่ากัน จะต้องใช้ลูกเต๋าชุด B กี่ลูก
- 1) 1200
 - 2) 1500
 - 3) 2000
 - 4) 2400
42. หากเปรียบเทียบการทอดลูกเต๋ากับการสลายตัวของนิวเคลียสกัมมันตรังสี เมื่อเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าคงตัวการสลาย (แกนตั้ง) กับจำนวนหน้าที่แต้มสีของลูกเต๋าคือ (แกนนอน) เป็นดังข้อใด
- 1) เป็นกราฟไฮเพอร์โบลามุมฉาก
 - 2) เป็นกราฟเส้นตรงที่มีความชันเป็นลบ
 - 3) เป็นกราฟเส้นตรงที่มีความชันเป็นบวก
 - 4) เป็นกราฟเอกซ์โพเนนเชียลที่มีความชันเป็นบวก
43. วัตถุก้อนหนึ่งมียูเรเนียม-238 เป็นส่วนประกอบ ถ้าวัตถุมวลยูเรเนียมที่มีได้ 20 กรัม หากย้อนเวลากลับไปสองเท่าของค่าครึ่งชีวิต วัตถุนี้จะมียูเรเนียม-238 เท่าใด
- 1) ศูนย์
 - 2) 5 กรัม
 - 3) 40 กรัม
 - 4) 80 กรัม
44. สารกัมมันตรังสี A สลายตัวได้ B ถ้าปริมาณ $\frac{7}{8}$ ของ A สลายในเวลา 30 ปี ค่าครึ่งชีวิตของ A จะเป็นกี่ปี
- 1) 3.75
 - 2) 5
 - 3) 7
 - 4) 10
45. พลังงานที่ปลดปล่อยออกมาจากการสลายให้รังสีเบตาของ $^{14}_6\text{C}$ มีค่าก็เมกะอิเล็กตรอนโวลต์ กำหนดมวลอะตอมของไอโซโทปต่างๆ
- | | | | |
|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|
| $^{11}\text{C}(11.011433 \text{ u})$ | $^{12}\text{C}(12.000000 \text{ u})$ | $^{13}\text{C}(13.003355 \text{ u})$ | $^{14}\text{C}(14.003242 \text{ u})$ |
| $^{13}\text{N}(13.005739 \text{ u})$ | $^{14}\text{N}(14.003074 \text{ u})$ | $^{15}\text{N}(15.000109 \text{ u})$ | $^{15}\text{O}(15.003065 \text{ u})$ |
| $^{16}\text{O}(15.994915 \text{ u})$ | $^{18}\text{O}(17.999159 \text{ u})$ | | |
- มวลอิเล็กตรอน 0.000549 u และ $1 \text{ u} = 930 \text{ MeV}/c^2$

พิจารณาข้อมูลต่อไปนี้ แล้วตอบคำถามข้อ 46-48

แบรีออนเป็นอนุภาคที่ประกอบด้วยควาร์ก 3 ตัว ยึดติดกันด้วยแรงนิวเคลียร์แบบเข้ม ควาร์กเป็นอนุภาคมูลฐานที่มีมวล และประจุไฟฟ้าตามข้อมูล ดังนี้

ชนิดควาร์ก	มวล	ประจุไฟฟ้า
u	2.4 MeV/c ²	+2e/3
d	4.8 MeV/c ²	-e/3
s	104 MeV/c ²	-e/3
c	1.27 GeV/c ²	+2e/3
b	4.2 GeV/c ²	-e/3
t	171.2 GeV/c ²	+2e/3

46. อนุภาคเดลต้า⁺⁺(Δ^{++}) ประกอบด้วยควาร์กชนิด u ทั้ง 3 ตัว จงหาว่า เดลต้า⁺⁺ มีประจุรวมเท่าใด

- 1) +e
- 2) $+\frac{2}{3}e$
- 3) +2e
- 4) -2e

47. อนุภาคประกอบด้วยควาร์กชนิดใด จะเคลื่อนที่เป็นทางตรงในสนามแม่เหล็ก

- 1) uud
- 2) udd
- 3) uuu
- 4) ddd

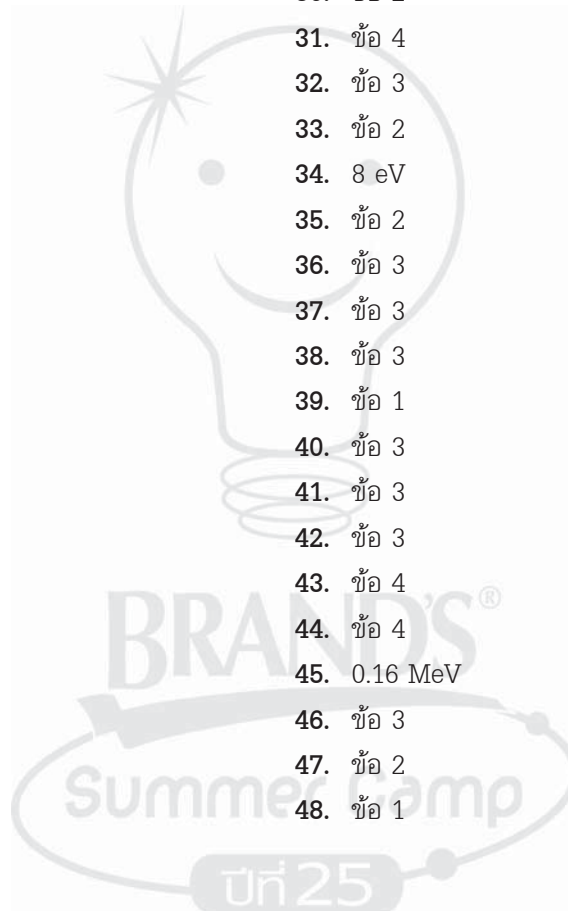
48. ถ้ามีควาร์กอยู่ 3 ชนิด คือ u, d และ s จะสามารถสร้างแบรีออนได้ทั้งหมดกี่แบบ

- 1) 27
- 2) 15
- 3) 9
- 4) 3

เฉลย

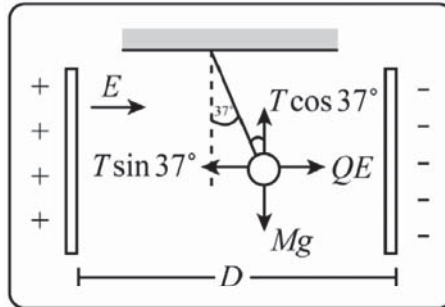
1. ข้อ 4
2. ข้อ 2
3. ข้อ 2
4. ข้อ 2
5. ข้อ 3
6. ข้อ 4
7. ข้อ 1
8. ข้อ 3
9. ข้อ 2
10. ข้อ 1
11. ข้อ 1
12. ข้อ 4
13. ข้อ 4
14. ข้อ 3
15. ข้อ 4
16. ข้อ 1
17. ข้อ 2
18. ข้อ 1
19. ข้อ 2
20. ข้อ 4
21. ข้อ 2
22. ข้อ 4
23. ข้อ 4
24. ข้อ 2

25. ข้อ 2
26. ข้อ 1
27. ข้อ 1
28. ข้อ 3
29. ข้อ 2
30. ข้อ 2
31. ข้อ 4
32. ข้อ 3
33. ข้อ 2
34. 8 eV
35. ข้อ 2
36. ข้อ 3
37. ข้อ 3
38. ข้อ 3
39. ข้อ 1
40. ข้อ 3
41. ข้อ 3
42. ข้อ 3
43. ข้อ 4
44. ข้อ 4
45. 0.16 MeV
46. ข้อ 3
47. ข้อ 2
48. ข้อ 1



เฉลยแนวข้อสอบ (เฉพาะข้อยาก)

4.



วิธีทำ

1. พิจารณาสมดุลในแนวตั้ง หา T

$$F \uparrow = F \downarrow \quad ; \quad T \cos 37^\circ = Mg$$

$$\therefore T = \frac{Mg}{\cos 37^\circ}$$

2. พิจารณาสมดุลในแนวระดับ หา E

$$F \leftarrow = F \rightarrow \quad ; \quad T \sin 37^\circ = QE$$

$$\left(\frac{Mg}{\cos 37^\circ} \right) \sin 37^\circ = QE$$

$$\therefore E = \frac{Mg}{Q} \tan 37^\circ$$

3. หาค่าความต่างศักย์ระหว่างแผ่นคู่ขนาน

$$V = ED \quad ; \quad V = \left(\frac{Mg}{Q} \tan 37^\circ \right) D$$

$$\therefore V = \frac{3MgD}{4Q} \text{ ----- ข้อ 2}$$

6. วิธีทำ

1. หาค่าตัวเก็บประจุรวม

$$\frac{1}{C_t} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2 + C_3} + \frac{1}{C_4} \quad ; \quad \frac{1}{C_t} = \frac{1}{4} + \frac{1}{1+3} + \frac{1}{2}$$

$$\therefore C_t = 1 \mu\text{F}$$

2. หาประจุรวม

$$Q_t = C_t V \quad ; \quad Q_t = (1)(5)$$

$$\therefore Q_t = 5 \mu\text{C}$$

3. หาความต่างศักย์ไฟฟ้าคร่อม C_1

$$C_1 = \frac{Q_t}{V_1} \quad ; \quad 4 = \frac{5}{V_1}$$

$$\therefore V_1 = 1.25 \text{ V}$$

4. หาความต่างศักย์ไฟฟ้าคร่อม C_2, C_3

$$(C_2 + C_3) = \frac{Q_t}{V_{2,3}} \quad ; \quad (1+3) = \frac{5}{V_{2,3}}$$

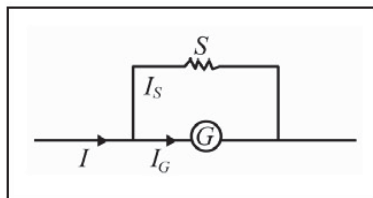
$$\therefore V_2 = V_3 = 1.25 \text{ V}$$

5. หาความต่างศักย์ไฟฟ้าคร่อม C_4

$$C_4 = \frac{Q_t}{V_4} \quad ; \quad (2) = \frac{5}{V_4}$$

$$\therefore V_4 = 2.5 \text{ V}$$

8. วิธีทำ



เมื่อนำไปวัดกระแส $I = 10 \text{ mA}$

แล้วเข็มเบนไม่เต็มแสดงว่า

I_G ไหลเข้ามิเตอร์ น้อยกว่า 2 mA

จากสมการ

$$\frac{I_G}{I} = \frac{R_S}{R_G + R_S}$$

ถ้า I_G น้อยไป แสดงว่า 1) R_S น้อยไป

2) R_G มากไป

ดังนั้น ข้อสันนิษฐานที่เป็นไปได้ คือ

ตอนแรกคำนวณ R_S น้อยไป (ค)

ตอนแรกวัดค่า R_G ได้มากไป (ข)

ตอบข้อ 3

10. วิธีทำ จาก $P = I^2 R$ และ $I = \frac{E}{R+r}$ ดังนั้น $P = \left(\frac{E}{R+r} \right)^2 R$ ————— (1)

หา R ที่ทำให้ $P_{\max}$ โดย $\frac{dP}{dR} = 0$ จาก (1) $0 = \frac{dP}{dR} = \frac{(R+r)^2 E^2 - (E^2 R) 2(R+r)}{(R+r)^4}$

(หาค่าวิกฤต)

$$E^2 (R+r)^2 = 2E^2 R(R+r)$$

$$R+r = 2R$$

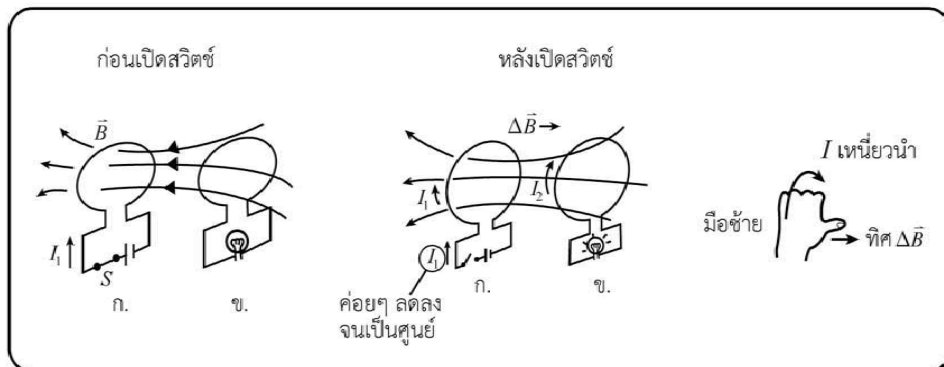
$$\therefore R = r$$

นั่นคือกำลังไฟฟ้าที่เกิดบนวงจรจะมีค่ามากที่สุดเมื่อ $R = r$ เรียกว่าเกิด

“Maximum Power Transfer”

ตอบข้อ 1

13.



แนวคิด ก่อนเปิดสวิตช์ วงจร ก. มีกระแสไหลคงที่ เกิดสนามแม่เหล็กที่ผ่านลวด ข.

หลังเปิดสวิตช์ กระแสในวงจร ก. มีการเปลี่ยนแปลงคือลดลง ส่งผลให้สนามแม่เหล็ก

ลดลงไปด้วย สนามแม่เหล็กที่เปลี่ยนแปลง ทำให้เกิดกระแสเหนี่ยวนำในวงจร ข.

และทำให้ไฟติดชั่วขณะหนึ่ง หากทิศกระแสเหนี่ยวนำจากกฎมือซ้าย

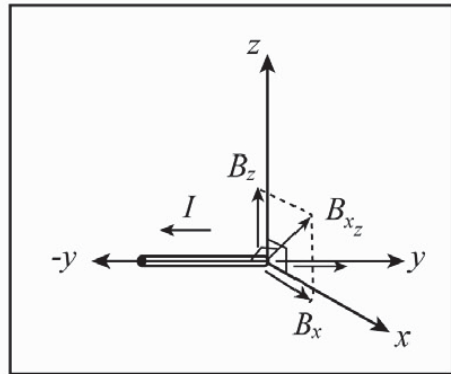
ได้ว่ากระแสในวงจร ข. ไหลวนตามเข็มนาฬิกา ซึ่งมีทิศเดียวกับวงจร ก.

ดังนั้น ลวด ข. จะถูกดูดเข้าหาลวด ก.

ตอบข้อ 4

15.

วิธีทำ คำนวณหาแรงแม่เหล็กได้จากสูตร



$$F = ILB \sin \theta$$

; B_y วางตัวขนานกับลวด $\theta = 180^\circ$

($\sin 180^\circ = 0$) จึงไม่ทำให้เกิดแรง

ให้ทำการรวมเวกเตอร์ B_x และ B_z

$$B_{xz} = \sqrt{B_x^2 + B_z^2}$$

$$B_{xz} = \sqrt{6^2 + 8^2}$$

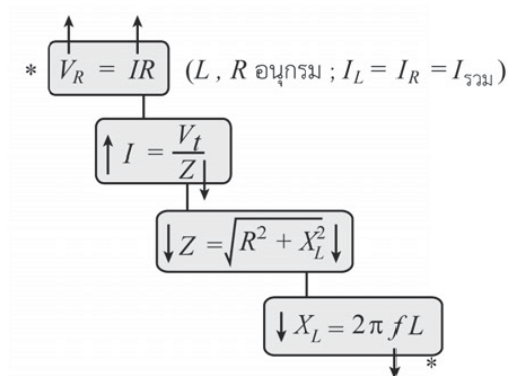
$$\therefore B_{xz} = 10 \text{ T}$$

$$\therefore F = 10IL$$

ตอบข้อ 4

$$F = ILB_{xz} \sin 90^\circ ; F = IL(10)(1)$$

21. แนวคิด ไล่ฝั่งสมการจากบนลงล่าง

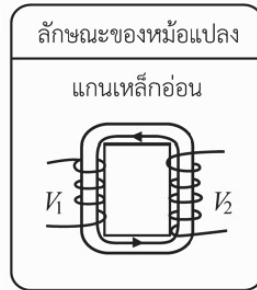


$\therefore$ ถ้าต้องการให้ V_R ลดลง ต้องเพิ่มความถี่

ตอบข้อ 2

ปี 25

22. แนวคิด



หม้อแปลงทำงานโดยอาศัยการเหนี่ยวนำไฟฟ้า ฟลักซ์แม่เหล็กที่เปลี่ยนแปลงอันเนื่องมาจากการเปลี่ยนความต่างศักย์ทางฝั่งปฐมภูมิ (V_1) จะทำให้เกิดความต่างศักย์ทางฝั่งทุติยภูมิ (V_2) ฟลักซ์แม่เหล็กนี้เชื่อมถึงกันทางแกนเหล็กอ่อนจึงมีเฟสตรงกัน และทำให้เฟสของ V_1 ตรงกับเฟสของ V_2 แต่สำหรับขดลวดเหนี่ยวนำ เฟสของความต่างศักย์จะนำเฟสของกระแส 90° ดังนั้น ถ้ากระแสกำลังมีค่าเป็นศูนย์ (เฟส 0°) ความต่างศักย์จะมีค่าสูงสุด (เฟส 90°)

ตอบข้อ 4

26. แนวคิด

จากสูตร

$$\frac{dx}{L} = d \sin \theta = n\lambda$$

ถ้า $d < \lambda$ จะทำให้

$$\sin \theta = n \frac{\lambda}{d} > 1$$

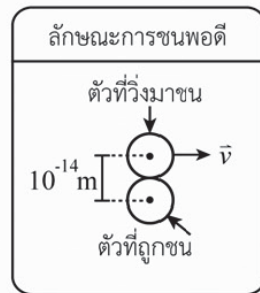
θ ไม่สามารถหาค่าได้

$\therefore$ สูตรจะผิดพลาด ถ้า $d < \lambda$

ตอบข้อ 1



29. วิธีทำ



โปรตอนตัวหนึ่งจะวิ่งชนโปรตอนอีกตัวได้ เมื่อมีพลังงานจลน์สูงกว่าพลังงานศักย์ไฟฟ้าสูงสุด ทำให้สามารถเอาชนะแรงผลักทางไฟฟ้าได้ จากกฎการอนุรักษ์พลังงานจะได้ว่า

$$E_{k,\max} = E_{P,\max}$$

$$\begin{aligned} E_{k,\max} &= \frac{ke^2}{r} \\ &= \frac{(9 \times 10^9)(1.6 \times 10^{-19})^2}{10^{-14}} \text{ จูล} \\ &= (9 \times 10^{23})(1.6 \times 10^{-19}) \text{ eV} \\ &= 14.4 \times 10^4 \text{ eV} \\ &\approx 10^5 \text{ eV} \end{aligned}$$

ตอบข้อ 2

33. แนวคิด จากการทดลองเรื่องโฟโตอิเล็กทริก สามารถสรุปผลได้ดังนี้

1. จะเกิดโฟโตอิเล็กตรอนเมื่อแสงมีพลังงานมากกว่าหรือเท่ากับฟังก์ชันงาน ข้อ ก. ผิด
2. พลังงานจลน์ของโฟโตอิเล็กตรอนไม่ขึ้นกับความเข้มแสง แต่ขึ้นกับความถี่ ข้อ ข. ถูก
3. ถ้าแสงมีความถี่มากพลังงานจลน์จะมากตามไปด้วย จำนวนโฟโตอิเล็กตรอนขึ้นกับ

ความเข้มแสง แต่ไม่ขึ้นกับความถี่ ข้อ ค. ผิด

ข้อ ง. ถูก

ถูก 2 ข้อ

ตอบข้อ 2

36. วิธีทำ

1. รัศมีวงโคจรที่ระดับพลังงาน n คือ $r_n = r_1 n^2$

2. อิเล็กตรอนที่ระดับพลังงาน n จะเป็นคลื่นนิ่ง ดังนั้น ความยาวของวงโคจรจะต้องเป็นจำนวน n เท่าของความยาวคลื่นเดอบรอยล์ นั่นคือ

$$2\pi r_n = n\lambda_n$$

แทนค่า $r_n = r_1 n^2$; $2\pi r_1 n = \lambda_n$

$$\therefore \lambda_n \propto n$$

จาก $L_n = mv_n r_n = n\hbar$
 $P_n r_n = \frac{nh}{2\pi}$
 $2\pi r_n = \frac{nh}{P_n} = n\lambda_n$

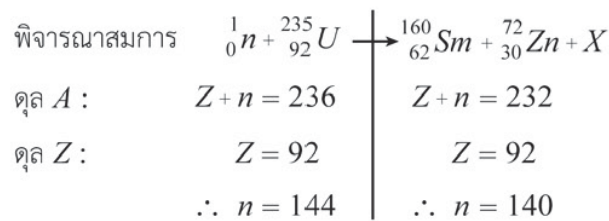
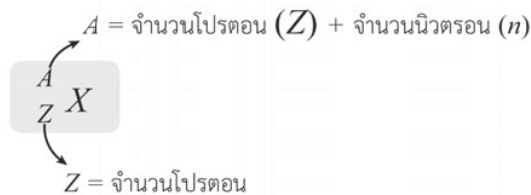
3. เปรียบเทียบกรณี $n = 4$ และ $n = 3$

$$\frac{\lambda_4}{\lambda_3} = \frac{4}{3}$$

ความยาวคลื่นเดอบรอยล์ที่ $n = 4$ ยาวเป็น $\frac{4}{3}$ เท่าของที่ $n = 3$

ตอบข้อ 3

37. วิธีทำ สัญลักษณ์นิวเคลียร์



จะเห็นว่าฝั่งขวามี n ขาดไป 4 ตัว $\therefore X$ ควรจะต้องเป็น n 4 อนุภาค

ตอบข้อ 3

42. แนวคิด

ในการสลายตัวของนิวเคลียส λ = ค่าคงที่การสลายตัว แต่ในการอุปมา-อุปมัย

เปรียบเทียบการทอดลูกเต๋า $\lambda = \frac{\text{จำนวนหน้าที่แต้มสี่}}{\text{จำนวนหน้าทั้งหมด}}$

จาก $y = mx$ (กราฟเส้นตรง)

ถ้า แกน y คือ λ

แกน x คือ จำนวนหน้าที่แต้มสี่

และ m คือ $\frac{1}{\text{จำนวนหน้าทั้งหมด}}$ ← เป็นค่าบวกเสมอ

เป็นกราฟเส้นตรงที่ความชันเป็นบวก

ตอบข้อ 3

44. แนวคิด

ในเวลา $t = 30$ ปี ธาตุ A สลายตัวไป $\frac{7}{8}$ ส่วน แสดงว่า ยังเหลือ $\frac{1}{8}$ ส่วน

วิธีทำ

ใช้สูตรอัตราส่วนจำนวนที่เหลือ (N) ต่อจำนวนทั้งหมด (N_0)

$$\frac{N}{N_0} = \left(\frac{1}{2}\right)^{t/T} ; \text{แทนค่า } \frac{N}{N_0} = \frac{1}{8}, t = 30 \text{ ปี เพื่อหาค่าครึ่งชีวิต } T$$

$$\therefore \frac{1}{8} = \left(\frac{1}{2}\right)^{30/T} \quad \text{แทนค่า} \quad \frac{1}{8} = \left(\frac{1}{2}\right)^3$$

$$\text{จะได้ว่า } 3 = \frac{30}{T}$$

$$T = 10 \text{ ปี}$$

ครึ่งชีวิตคือ 10 ปี

ตอบข้อ 4

