

แบรนด์ 180 ปี

พัฒนา พร้อมทุกสนามสอบ

O-NET, GAT-PAT กับ 24 ตัวเตอรืชื่อดังระดับประเทศ



BRAND'S®

Summer Camp

ปีที่ 27

พืลิกส์



www.brandssummercamp.com

<https://www.facebook.com/BRANDSWorldThailand>

แบรนด์ 180 ปี



ฟิตสมอง พร้อมทุกสนามสอบ O-NET, GAT-PAT กับ 24 ตัวเตอรืชื่อดังระดับประเทศ



สุดยอดการติวสด

- พิเศษ เกือบข้อสอบกว่า 800 ข้อ
 - รวมสุดยอดติวเตอร์ชื่อดังทั่วประเทศ
 - ติวเข้ม 8 วิชา 6 วันเต็ม 4 ช่องทาง วันที่ 1-6 ตุลาคม 2558
1. ติวสด ณ อาคารจักรพันธ์เพ็ญศิริ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และส่งสัญญาณผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต www.ku.ac.th ไปยังอีก 3 วิทยาเขต คือ นครปฐม ชลบุรี และสกลนคร
 2. ติวพร้อมกันผ่านสัญญาณดาวเทียม
 - ภาคเหนือ คณะเกษตรศาสตร์ ม.เชียงใหม่
 - ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ คณะเกษตรศาสตร์ ม.ขอนแก่น
 - ภาคใต้ คณะแพทยศาสตร์ ม.สงขลานครินทร์ (หาดใหญ่) และมหาวิทยาลัยราชภัฏ จ.ยะลา
 3. ติวผ่านสัญญาณดาวเทียมสามารถเข้าสู่ได้ทั้งช่องทางการรับชมสถานีโทรทัศน์ดาวเทียม MCOT 1 (Live)
 - ช่อง GMM Z ช่อง 279
 - ช่อง PSI ช่อง 227
 - ช่อง True MPEG 4 ช่อง 78
 - ช่อง True MPEG 2 ช่อง 106
 - ช่อง CTH ช่อง 180
 - ช่อง Sun Box ช่อง 83
 - ช่อง Infosat ช่อง 245
 4. ติวผ่านอินเทอร์เน็ตที่ <https://www.facebook.com/BRANDSWorldThailand>
 5. ดูย้อนหลังผ่านทางสถานีวิทยุโทรทัศน์การศึกษาทางไกลผ่านดาวเทียม สศทท.วังไกลกังวล ช่อง สศทท.14 วันที่ 15-20 ตุลาคม 2558

BRANDS

Summer Camp

ปีที่ 27

ฟรี!! หนังสือเก็งข้อสอบ
ฟรี O-NET, GAT-PAT

รับรหัสเพื่อดาวน์โหลดหนังสือเก็งข้อสอบ
แบรนด์ซัมเมอร์แคมป์ได้ที่

www.brandssummerncamp.com



สอบครั้งสำคัญ...ทำให้เต็มที่ ลู ลู

BRANDS 180 ปี



BRANDS®

Summer Camp

ปีที่ 27

ขอขอบคุณ

คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น
คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ที่เป็นหนึ่งในการผลักดันและสร้างความสำเร็จทางการศึกษาให้แก่เยาวชนไทย

เอกสารประกอบการบรรยาย

วิชา ฟิสิกส์

ส่วนที่ 1	(ONET).....โดย อ.ธนวัฒน์ ธารนะ.....หน้า	2-41
ส่วนที่ 2	(PAT 2).....โดย อ.กอบพันธุ์ อธิพันธุ์จินดา.....หน้า	42-80
ส่วนที่ 3	(PAT 2).....โดย อ.สุธี อัสวิมล (พีโหนด).....หน้า	81-143
ส่วนที่ 4	ชุดเก็บข้อสอบ.....หน้า	144-176

www.brandssummercamp.com

<https://www.facebook.com/BRANDSWorldThailand>

แจกฟรี ห้ามจำหน่าย

ประสานงานอาจารย์และจัดพิมพ์โดย ชมรมบัณฑิตก้นท่อน



BRANDS ซัมเมอร์แคมป์ ปีที่ 27



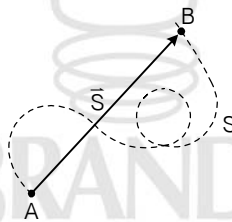
เอกสารประกอบคำบรรยาย
วิชา O NET

ฟิสิกส์

โดย อ.ธนวัฒน์ ธนะ
โรงเรียนเตรียมอุดมศึกษา

การเคลื่อนที่

1. ระยะทาง คือ ความยาวตามเส้นทางการเคลื่อนที่เป็น **ปริมาณสเกลาร์** ดังรูป ถ้าวัตถุเคลื่อนที่จากจุด A ไปยังจุด B ตามแนวเส้นประ ระยะทางของการเคลื่อนที่ก็คือ ระยะตามแนวเส้นประนั่นเอง



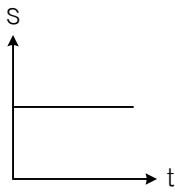
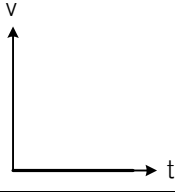
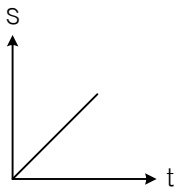
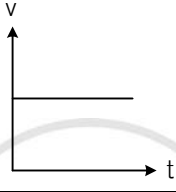
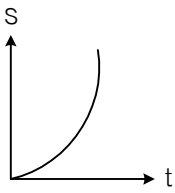
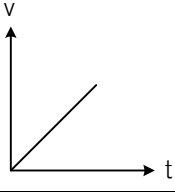
2. การกระจัด คือ ระยะทางในแนวตรงจากตำแหน่งเริ่มต้นไปยังตำแหน่งสุดท้ายของการเคลื่อนที่ และทิศชี้ไปยังตำแหน่งสุดท้ายเป็น **ปริมาณเวกเตอร์** ดังรูป การกระจัด คือ $\vec{S}$ (เส้นตรง $\overrightarrow{AB}$)

3. อัตราเร็ว = $\frac{\text{ระยะทางที่ได้}}{\text{เวลาที่ใช้}}$ (เป็น **ปริมาณสเกลาร์**)

4. ความเร็ว = $\frac{\text{การกระจัดที่ได้}}{\text{เวลาที่ใช้}}$ (เป็น **ปริมาณเวกเตอร์**)

5. ความเร่ง = $\frac{\text{ความเร็วที่เปลี่ยนไป}}{\text{เวลาที่ใช้}}$
= $\frac{\text{ความเร็วปลาย (v) - ความเร็วต้น (u)}}{\text{เวลาที่ใช้}}$ (เป็น **ปริมาณเวกเตอร์**)

6. กราฟการเคลื่อนที่แนวตรง

 	 	 
อยู่นิ่ง	เคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงตัว	เคลื่อนที่ด้วยความเร่งคงตัว

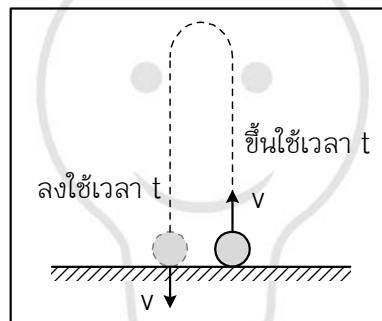
- ข้อใดต่อไปนี้เป็นกรเคลื่อนที่ที่มีขนาดการกระจัดน้อยที่สุด
 - เดินไปทางขวาด้วยอัตราเร็วคงตัว 3 เมตรต่อวินาที เป็นเวลา 4 วินาที
 - เดินไปทางซ้ายด้วยอัตราเร็วคงตัว 4 เมตรต่อวินาที เป็นเวลา 3 วินาที
 - เดินไปทางขวา 10 เมตร แล้วเดินย้อนกลับมาทางซ้าย 2 เมตร
 - เดินทางไปทางซ้าย 2 เมตร แล้วเดินย้อนกลับมาทางขวา 14 เมตร
 - ทั้งสี่ข้อมีขนาดการกระจัดเท่ากันหมด
- ตอนเริ่มต้นวัตถุอยู่ห่างจากจุดอ้างอิงไปทางขวา 4.0 เมตร เมื่อเวลาผ่านไป 10 วินาที พบว่าวัตถุอยู่ห่างจากจุดอ้างอิงไปทางซ้าย 8.0 เมตร จงหาความเร็วเฉลี่ยของวัตถุนี้
 - 0.4 เมตรต่อวินาที
 - 0.4 เมตรต่อวินาที ทางซ้าย
 - 1.2 เมตรต่อวินาที
 - 1.2 เมตรต่อวินาที ทางซ้าย
 - 0.4 เมตรต่อวินาที ทางขวา
- รถยนต์คันหนึ่งกำลังเคลื่อนที่บนถนนตรง กำหนดให้การเคลื่อนที่ไปข้างหน้ามีการกระจัดเป็นค่าบวก และการเคลื่อนที่ถอยหลังมีการกระจัดเป็นค่าลบ ถ้าวินาทีนี้มีความเร็วเป็นค่าลบ แต่มีความเร่งเป็นค่าบวก สภาพการเคลื่อนที่จะเป็นอย่างไร
 - กำลังแล่นไปข้างหน้า แต่กำลังเหยียบเบรกเพื่อให้รถช้าลง
 - กำลังแล่นไปข้างหน้า และกำลังเหยียบคันเร่งเพื่อให้รถเดินหน้าเร็วขึ้น
 - กำลังแล่นถอยหลัง แต่กำลังเหยียบเบรกเพื่อให้รถช้าลง
 - กำลังแล่นถอยหลัง และกำลังเหยียบคันเร่งเพื่อให้รถถอยหลังเร็วขึ้น
 - กำลังเคลื่อนที่ไปข้างหน้าด้วยความเร็วคงที่

การเคลื่อนที่แบบต่าง ๆ

การเคลื่อนที่แบบอิสระภายใต้แรงดึงดูดของโลก (Free Fall) เป็นการเคลื่อนที่ของวัตถุภายใต้แรงโน้มถ่วงของโลกเพียงอย่างเดียว โดยไม่พิจารณาแรงต้านอากาศ วัตถุจะมีความเร่งมีค่าคงที่และมีทิศลงในแนวตั้งเสมอ มีค่าโดยเฉลี่ยประมาณ 9.8 m/s^2 หรือ 10 m/s^2 ตามโจทย์กำหนด

ข้อสังเกต

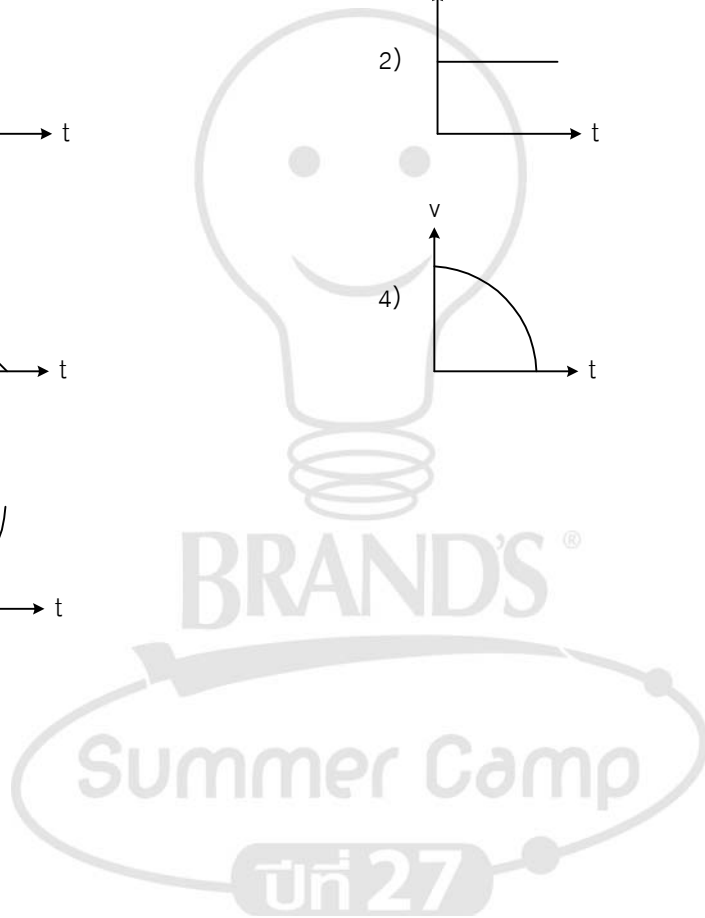
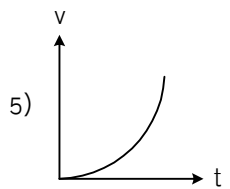
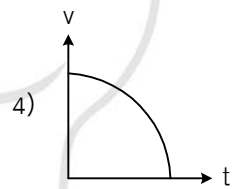
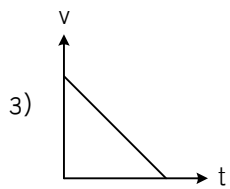
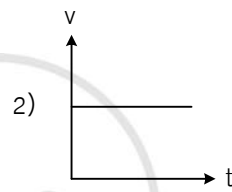
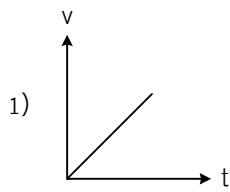
- ในการตกอิสระอย่างต่อเนื่องที่ตำแหน่งเดียวกันจะมีขนาดของความเร็วเท่ากัน (v) แต่ทิศตรงข้าม
- ในการตกอิสระอย่างต่อเนื่องทั้งตอนขึ้นและตอนลง ซึ่งเคลื่อนที่ได้ขนาดกระจัดเท่ากันต้องใช้เวลา (t) เท่ากัน



4. ปล่อยวัตถุ X และ Y จากความสูงเดียวกัน Y มีมวลเป็น $\frac{1}{4}$ เท่าของ X ใช้เวลาในการเคลื่อนที่ลงสู่พื้นเท่ากัน จงพิจารณาข้อใดต่อไปนี้ถูกต้อง (เลือก 2 ตัวเลือก)
- 1) น้ำหนักของวัตถุ X เท่ากับน้ำหนักของวัตถุ Y
 - 2) ความเร่งของวัตถุ X มากกว่าวัตถุ Y
 - 3) ความเร็วก่อนกระทบพื้นของวัตถุ X มากกว่าวัตถุ Y เป็น 4 เท่า
 - 4) ขนาดของแรงที่โลกกระทำต่อมวล X มากกว่ามวล Y เป็น 4 เท่า
 - 5) ความเร่งของวัตถุ X เท่ากับวัตถุ Y
 - 6) X และ Y จะมีมวลเท่ากับศูนย์เมื่ออยู่นอกอวกาศ

5. โยนลูกบอลขึ้นไปในแนวตั้งด้วยความเร็วต้น 4.9 เมตรต่อวินาที นานเท่าใดลูกบอลจึงจะเคลื่อนที่ไปถึงจุดสูงสุด
- 1) 0.25 s
 - 2) 0.5 s
 - 3) 1.0 s
 - 4) 1.5 s
 - 5) 2.0 s

6. กราฟของความเร็ว v กับเวลา t ข้อใดสอดคล้องกับการเคลื่อนที่ของวัตถุที่ถูกโยนขึ้นไปในแนวตั้ง



การเคลื่อนที่แบบโปรเจกไทล์ (Projectile Motion)

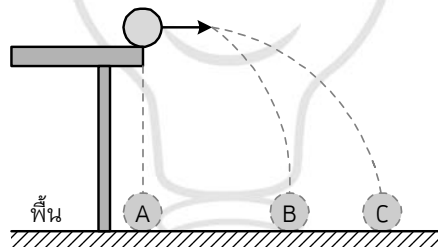
เกิดจากแรงโน้มถ่วงโลกกระทำต่อวัตถุในแนวตั้ง ทำให้เกิดการเคลื่อนที่ 2 แนวพร้อมกัน คือ

1. แนวระดับ ความเร็วแนวระดับจะคงตัวเสมอ
2. แนวตั้ง ความเร็วในแนวตั้งจะเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา วินาทีละประมาณ 10 เมตรต่อวินาที

ข้อสังเกต

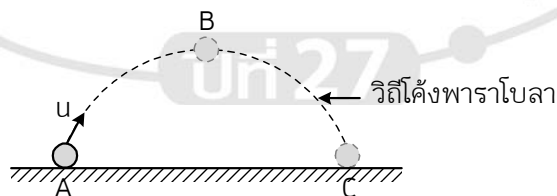
- ❑ บนที่สูงจากพื้นเท่าเดิม ถ้ายิงวัตถุออกไปในแนวราบด้วยความเร็วต้นมากกว่าเดิม ระยะตกไกลสุดในแนวราบจะมากขึ้น
- ❑ บนที่สูงเดียวกันเมื่อยิงวัตถุอันหนึ่งออกไปในแนวราบ ขณะเดียวกันวัตถุอีกก้อนหนึ่งถูกปล่อยให้ตกในแนวตั้งพร้อมกัน วัตถุทั้งสองก้อนจะตกถึงพื้นพร้อมกัน

- ความเร็วในแนวราบ V_C มากกว่า V_B
- ความเร็วในแนวราบ V_A เท่ากับศูนย์

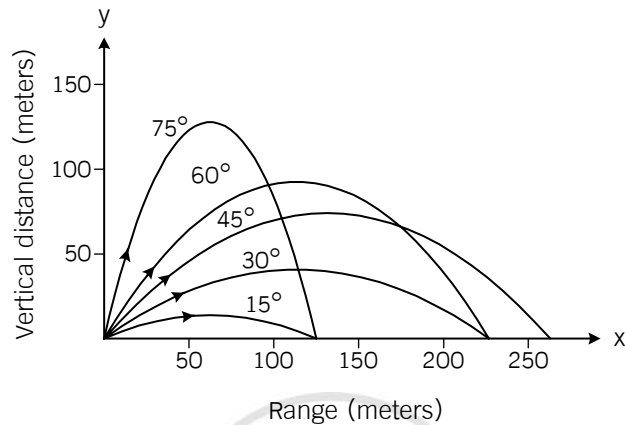


$$\text{เวลาในการตก } t_C = t_B = t_A$$

กรณีเคลื่อนที่จากพื้นสู่พื้น



- ที่จุด B วัตถุจะมีความเร็วเฉพาะแนวราบเท่านั้น (ความเร็วในแนวตั้งเป็นศูนย์)
- เวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่จาก A ไป B จะเท่ากับเวลาที่เคลื่อนที่จาก B ไป C

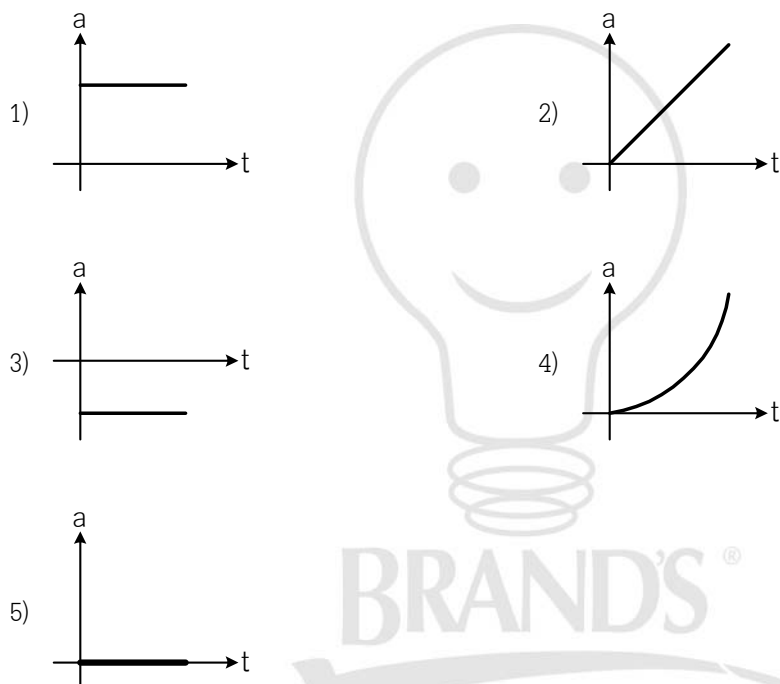
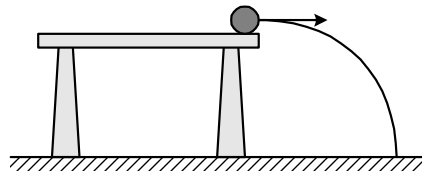


- จะให้ตกไกลสุดตามแนวราบต้องยิงด้วยมุม 45°
- ถ้ามุมที่ยิงสองมุมรวมกันได้ 90° วัตถุจะตกที่จุดเดียวกัน

7. ก้อนหิน 2 ลูก เหมือนกันทุกประการ อยู่สูงจากพื้นเท่ากัน ลูกแรกถูกปล่อยให้เคลื่อนที่ในแนวตั้ง ลูกที่สอง ถูกปาออกไปในแนวระดับด้วยความเร็วต้นค่าหนึ่ง (ไม่คิดแรงต้านอากาศ) การเคลื่อนที่ของก้อนหินทั้งสอง จนกระทบพื้นมีอะไรไม่เท่ากัน (ตอบ 2 คำตอบ)

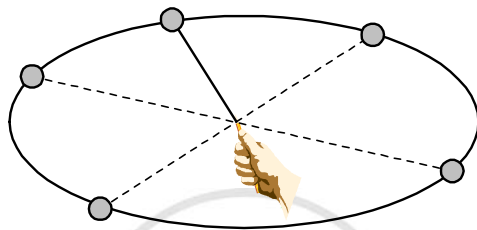
- 1) ความเร่ง
- 2) เวลาในการเคลื่อนที่
- 3) การกระจัดในแนวตั้ง
- 4) การกระจัดในแนวราบ
- 5) ความเร็วในแนวตั้งก่อนกระทบพื้น
- 6) ความเร็วในแนวราบก่อนกระทบพื้น

8. กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร่ง a กับเวลา t ในข้อใดสอดคล้องกับการเคลื่อนที่ของวัตถุที่ถูก
 ปล่อยตกจากโต๊ะ ดังรูป เมื่อให้ทิศขึ้นเป็นบวก และทิศลงเป็นลบ



การเคลื่อนที่เป็นวงกลม (Circular Motion)

ทิศของความเร็วเปลี่ยนไปตลอดเวลา เช่น เชือกจะดึงให้วัตถุเคลื่อนที่เป็นวงกลม แรงดึงของเชือกจะมีทิศเข้าหาจุดศูนย์กลาง คือ จะมีแรงกระทำต่อวัตถุในแนวเข้าสู่ศูนย์กลางของการเคลื่อนที่ และเรียกแรงนี้ว่า **แรงสู่ศูนย์กลาง (Centripetal Force)**



ความถี่ (Frequency) หมายถึง จำนวนรอบที่เคลื่อนที่ในหนึ่งหน่วยเวลา แทนด้วยสัญลักษณ์ f มีหน่วยเป็น $\frac{1}{\text{วินาที}}$ หรือเฮิรตซ์ (Hz)

คาบ (Period) หมายถึง ช่วงเวลาที่เคลื่อนที่ครบหนึ่งลูกคลื่น แทนด้วยสัญลักษณ์ T มีหน่วยเป็นวินาที

$$f = \frac{1}{T}$$

9. ผูกเชือกเข้ากับจุกยาง แล้วเหวี่ยงให้จุกยางเคลื่อนที่เป็นวงกลมในแนวระดับเหนือศีรษะด้วยอัตราเร็วคงตัว ข้อใดถูกต้อง
 - 1) จุกยางมีความเร็วคงตัว
 - 2) จุกยางมีความเร่งเป็นศูนย์
 - 3) แรงที่กระทำต่อจุกยางมีทิศเข้าสู่ศูนย์กลางวงกลม
 - 4) แรงที่กระทำต่อจุกยางมีทิศเดียวกับความเร็วของจุกยาง
 - 5) แรงที่กระทำต่อจุกยางมีค่าคงที่
10. รถไต่ล้อเคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วสม่ำเสมอและวิ่งครบรอบได้ 5 รอบในเวลา 2 วินาที หากคิดในแง่ความถี่ของการเคลื่อนที่ ความถี่จะเป็นเท่าใด
 - 1) 0.4 Hz
 - 2) 0.5 Hz
 - 3) 1.5 Hz
 - 4) 2.5 Hz
 - 5) 5 Hz

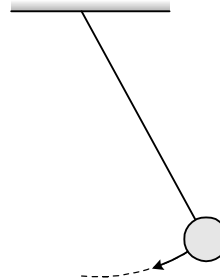
การแกว่งของลูกตุ้มนาฬิกา (The Simple Pendulum Motion)

อนุภาคเคลื่อนที่ในระนาบตั้งด้วยแรงโน้มถ่วงของโลก โดยเชือกจะเอียงทำมุมเล็กๆ กับแนวตั้ง มีคาบการแกว่ง คือ

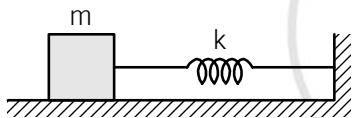
$$T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}}$$

L = ความยาวเชือก

g = ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก



การเคลื่อนที่ของมวลติดสปริงเบา

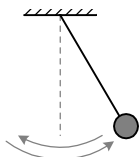


$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$$

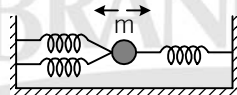
m = มวลติดปลายสปริง

k = ค่าคงที่ของสปริง (ค่านิยของสปริง) = แรงกระทำกับสปริงต่อระยะยืดหรือต่อระยะหด

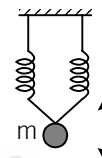
11.



รูป A การแกว่ง
ของลูกตุ้มนาฬิกา



รูป B การสั่นตามแนวระดับ
ของวัตถุติดสปริง

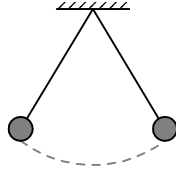


รูป C การสั่นขึ้น-ลง
ของวัตถุติดสปริง

คาบของการเคลื่อนที่แบบซิมเปิลฮาร์โมนิกตามรูปใดไม่ขึ้นกับมวล

- 1) เฉพาะรูป A
- 2) เฉพาะรูป B
- 3) เฉพาะรูป C
- 4) รูป B และรูป C
- 5) รูป A และรูป C

12. ลูกตุ้มนาฬิกาแกว่งแบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย พบว่าผ่านจุดต่ำสุดทุกๆ 2.1 วินาที ความถี่ของการแกว่งของลูกตุ้มนี้เป็นไปตามข้อใด



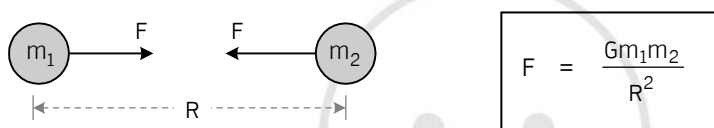
- 1) 0.24 เฮิรตซ์
 - 2) 0.48 เฮิรตซ์
 - 3) 2.1 เฮิรตซ์
 - 4) 4.2 เฮิรตซ์
 - 5) 4.8 เฮิรตซ์
13. ลูกตุ้มนาฬิกากำลังแกว่งกลับไปกลับมาแบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย ที่ตำแหน่งต่ำสุดของการแกว่งลูกตุ้มนาฬิกา มีสภาพการเคลื่อนที่เป็นอย่างไร
- 1) ความเร็วสูงสุด ความเร่งสูงสุด
 - 2) ความเร็วต่ำสุด ความเร่งสูงสุด
 - 3) ความเร็วสูงสุด ความเร่งต่ำสุด
 - 4) ความเร็วต่ำสุด ความเร่งต่ำสุด
 - 5) ความเร็วสูงสุด ความเร่งเป็นศูนย์
14. สปริงเส้นหนึ่งยาว 10 cm แขนงด้านหนึ่งติดเพดาน อีกด้านหนึ่งแขวนด้วยมวล m ทำให้สปริงยืดออก 2 cm เมื่อใช้มือดึงสปริงให้ยืดเพิ่มอีก 1 cm แล้วปล่อย อยากทราบว่าสปริงเส้นนี้จะสั่นแบบซิมเปิลฮาร์มอนิกด้วย แอมพลิจูดเท่าใด
- 1) 6 cm
 - 2) 4 cm
 - 3) 3 cm
 - 4) 2 cm
 - 5) 1 cm

สนามของแรง

แรง (Force : F) คือ ปริมาณที่พยายามจะเปลี่ยนสภาพการเคลื่อนที่ของมวล เป็นปริมาณเวกเตอร์ มีหน่วยเป็นนิวตัน

กฎการดึงดูดระหว่างมวลของนิวตัน

“วัตถุทั้งหลายในเอกภพจะออกแรงดึงดูดซึ่งกันและกัน แรงดึงดูดของวัตถุคู่หนึ่งๆ จะแปรผกผันตรงกับผลคูณระหว่างมวลวัตถุทั้งสองและจะแปรผันตรงกับกำลังสองของระยะทางระหว่างวัตถุทั้งสอง”



G = ค่าคงตัวความโน้มถ่วงสากล ประมาณ $6.6 \times 10^{-11} \text{ Nm}^2/\text{kg}^2$

น้ำหนักของวัตถุ (Weight : W)

น้ำหนักของวัตถุนั้น คือ แรงที่โลกดึงดูดวัตถุนั้น โดยมีทิศพุ่งเข้าหาจุดศูนย์กลางของโลก เป็นปริมาณเวกเตอร์ มีหน่วยเป็นนิวตัน (N)

$$W = mg$$

น้ำหนักของวัตถุจะมีค่าไม่คงที่ ขึ้นอยู่กับค่า g ทั้งนี้ค่า g แต่ละตำแหน่งจะมีค่าไม่เท่ากัน

15. แรงในข้อใดต่อไปนี้เป็นแรงประเภทเดียวกับแรงที่ทำให้โลกโคจรรอบดวงอาทิตย์ได้

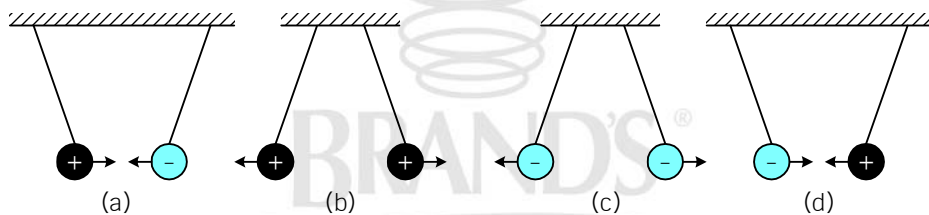
- 1) แรงที่ผู้รักษาประตูรับลูกฟุตบอล
- 2) แรงที่ทำให้โปรตอนรวมกันอยู่ในนิวเคลียสได้
- 3) แรงที่ลูกแอปเปิลตกใส่ศีรษะนิวตัน
- 4) แรงที่ทำให้อิเล็กตรอนโคจรรอบนิวเคลียสได้
- 5) แรงที่ป้ายแม่เหล็กติดฝาตู้โลหะได้

16. เด็กชายกิมเดินทางไปเหยียบดาวอังคาร จงพิจารณาข้อใดต่อไปนี้ถูกต้อง

- 1) แรงที่เด็กชายกิมกระทำต่อดาวอังคารเท่ากับแรงที่ดาวอังคารกระทำต่อเด็กชายกิม
- 2) แรงที่เด็กชายกิมกระทำต่อดาวอังคารไม่เท่ากับแรงที่ดาวอังคารกระทำต่อเด็กชายกิม เพราะเด็กชายกิมมีมวลน้อยกว่า
- 3) ขนาดของแรงที่เด็กชายกิมกระทำต่อดาวอังคารน้อยกว่าขนาดของแรงที่ดาวอังคารกระทำต่อเด็กชายกิม
- 4) ขนาดของแรงที่เด็กชายกิมกระทำต่อดาวอังคารเท่ากับขนาดของแรงที่ดาวอังคารกระทำต่อเด็กชายกิม
- 5) ไม่สามารถตอบได้ เพราะข้อมูลไม่เพียงพอ

17. เมื่ออยู่บนดวงจันทร์ซึ่งน้ำหนักของวัตถุที่มีมวล 10 กิโลกรัม ได้ 16 นิวตัน ถ้าปล่อยให้วัตถุตกที่บนผิวดวงจันทร์ วัตถุมีความเร่งเท่าใด
- 1) 1.6 m/s^2
 - 2) 3.2 m/s^2
 - 3) 6.4 m/s^2
 - 4) 9.6 m/s^2
 - 5) 19.2 m/s^2
18. ที่ขั้วโลกมีความเร่งเนื่องจากแรงดึงดูดของโลกเท่ากับ 9.83 m/s^2 และที่เส้นศูนย์สูตรมีความเร่งเนื่องจากแรงดึงดูดของโลกเท่ากับ 9.73 m/s^2 พิจารณาข้อใดต่อไปนี้เป็นข้อที่ถูกต้อง เมื่อนำวัตถุขึ้นเดียวกันวาง ณ เส้นศูนย์สูตรและขั้วโลก
- 1) ที่ขั้วโลกมวลและน้ำหนักของวัตถุมีค่าเท่ากัน
 - 2) มวลที่ขั้วโลกมีค่ามากกว่ามวลบริเวณเส้นศูนย์สูตร
 - 3) น้ำหนักที่เส้นศูนย์สูตรมีค่าน้อยกว่าน้ำหนักที่ขั้วโลก
 - 4) น้ำหนักที่เส้นศูนย์สูตรและขั้วโลกมีค่าเท่ากัน
 - 5) ข้อมูลไม่เพียงพอ

แรงไฟฟ้าที่กระทำต่อประจุ

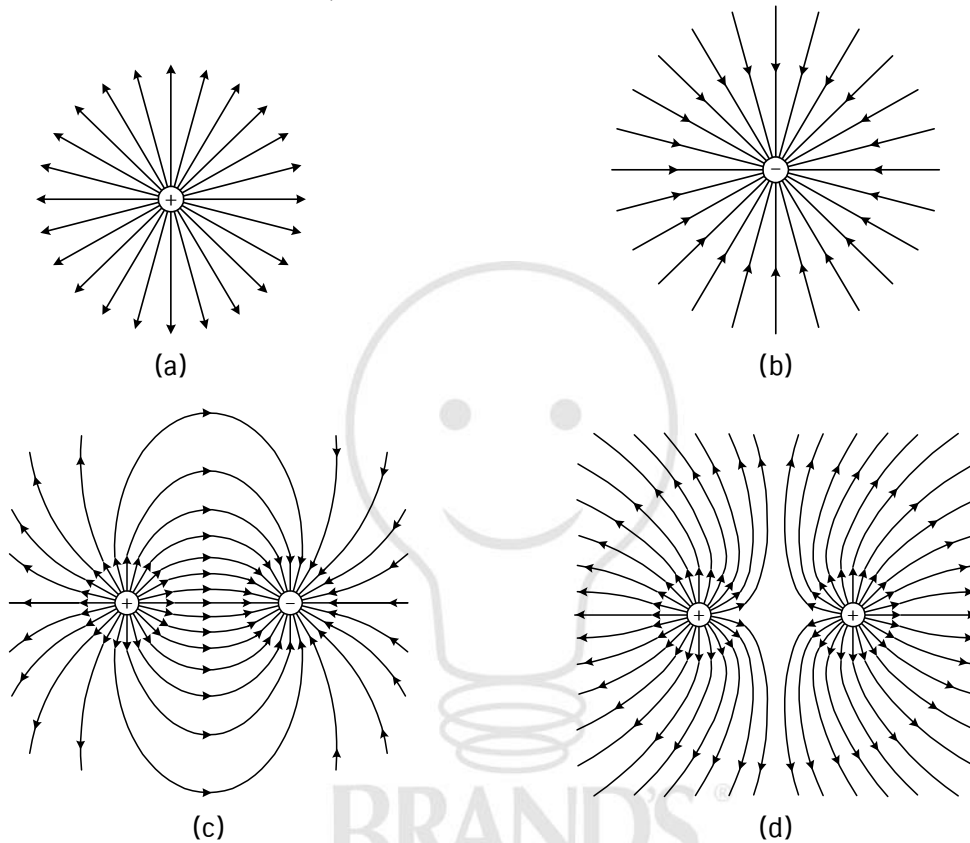


- รูป (a) วัตถุที่มีประจุชนิดตรงข้ามจะเกิดแรงดูดกัน
- รูป (b) และ (c) วัตถุที่มีประจุชนิดเดียวกันจะเกิดแรงผลักกัน
- รูป (d) วัตถุที่มีประจุไฟฟ้ากับวัตถุที่เป็นกลางจะเกิดแรงดูดกัน

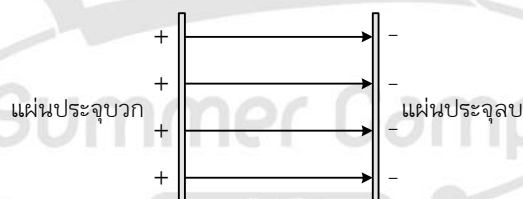
ปีที่ 27

สนามไฟฟ้า (The Electric Field)

สนามไฟฟ้าที่ตำแหน่งใดๆ คือ แรงไฟฟ้าต่อประจุบวกทดสอบที่ตำแหน่งนั้น โดยทิศของสนามไฟฟ้ามีทิศตามทิศของแรงไฟฟ้าที่กระทำต่อประจุบวกทดสอบ



รูปแสดงตัวอย่างสนามไฟฟ้าไม่สม่ำเสมอ



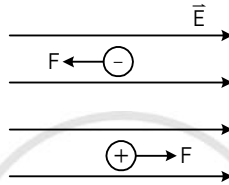
รูปแสดงตัวอย่างสนามไฟฟ้าสม่ำเสมอ

สมบัติของเส้นแรงไฟฟ้า

1. เส้นแรงจะมีทิศพุ่งออกจากประจุบวก และมีทิศพุ่งเข้าหาประจุลบเสมอ
2. เส้นแรงไฟฟ้าจะมีระเบียบจะไม่ตัดกัน นั่นแสดงว่า จุดๆ หนึ่งจะมีเส้นแรงผ่านได้เพียงเส้นเดียว
3. เส้นแรงไฟฟ้าจะตั้งฉากกับผิวของวัตถุที่มีประจุไฟฟ้าเสมอ
4. เส้นแรงไฟฟ้าจะสิ้นสุดที่ผิวดำนำเท่านั้น นั่นคือ ภายในตัวนำสนามไฟฟ้ามีค่าเป็นศูนย์
5. สนามไฟฟ้า ณ ตำแหน่งใดๆ จะมีทิศอยู่ในแนวเส้นสัมผัสกับเส้นแรง ณ ตำแหน่งนั้น

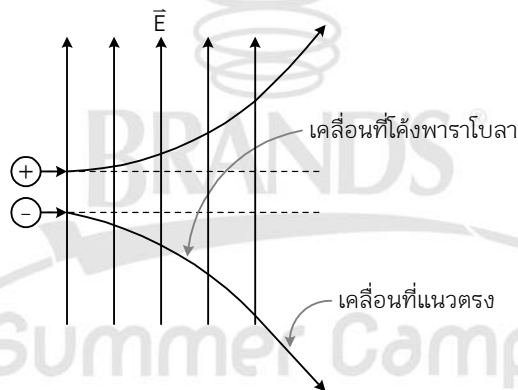
6. ความหนาแน่นของเส้นแรงในบริเวณต่างๆ แสดงถึงถึงความเข้มสนามไฟฟ้าบริเวณนั้น คือ
- บริเวณใดที่มีเส้นแรงไฟฟ้าหนาแน่นมาก แสดงว่าความเข้มสนามไฟฟ้ามีค่ามาก
 - บริเวณใดที่มีเส้นแรงไฟฟ้าหนาแน่นน้อย แสดงว่าความเข้มสนามไฟฟ้ามีค่าน้อย
 - บริเวณใดที่มีเส้นแรงไฟฟ้าหนาแน่นสม่ำเสมอ (เส้นแรงไฟฟ้าขนานกัน) แสดงว่าความเข้มสนามไฟฟ้าก็จะมีค่าสม่ำเสมอ

แรงไฟฟ้ากระทำต่อประจุไฟฟ้าที่อยู่ในสนามไฟฟ้า



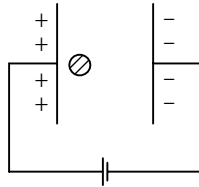
- แรงที่กระทำต่อประจุบวกจะมีทิศเดียวกับสนามไฟฟ้า
- แรงที่กระทำต่อประจุลบจะมีทิศตรงข้ามกับสนามไฟฟ้า
- แรงจะมีทิศขนานกับสนามไฟฟ้าเสมอ ไม่ว่าประจุจะเคลื่อนที่อย่างไรในสนามไฟฟ้า

เมื่ออนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าเคลื่อนที่ท่ามกลางใดๆ กับสนามไฟฟ้า (ไม่ขนานกับสนามไฟฟ้า) จะเกิดความเร่งในมิติเดียวกับสนามไฟฟ้า แต่มีความเร็วในมิติขนานกับสนามไฟฟ้าและมิติตั้งฉากกับสนามไฟฟ้า ซึ่งลักษณะการเคลื่อนที่แบบนี้ คือ โพรเจกไทล์



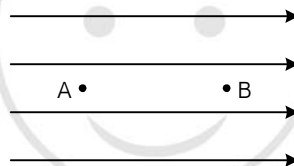
19. A, B และ C เป็นแผ่นวัตถุ 3 ชนิดที่ทำให้เกิดประจุไฟฟ้าโดยการถู ซึ่งได้ผลดังนี้ A และ B ผลักกัน ส่วน A และ C ดูดกัน ข้อใดต่อไปนี้เป็นข้อที่ถูกต้อง
- 1) A และ C มีประจุบวก แต่ B มีประจุลบ
 - 2) B และ C มีประจุลบ แต่ A มีประจุบวก
 - 3) A และ B มีประจุบวก แต่ C มีประจุลบ
 - 4) A และ C มีประจุลบ แต่ B มีประจุบวก
 - 5) B และ C มีประจุบวก แต่ A มีประจุลบ

20. นำโลหะทรงกลมมีสมบัติเป็นกลางทางไฟฟ้าวางบนโต๊ะสี่เหลี่ยมระหว่างแผ่นคู่ขนาน ซึ่งต่อเข้ากับขั้วบวก-ขั้วลบ โดยวางค่อนไปทางขั้วบวก ดังรูป



จงพิจารณาแรงลัพธ์ที่กระทำต่อโลหะทรงกลมเป็นไปตามข้อใด

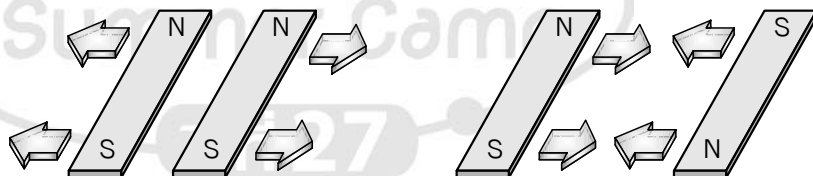
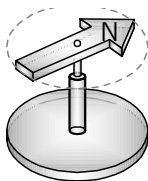
- 1) เท่ากับศูนย์
 - 2) ไม่เท่ากับศูนย์ มีทิศไปทางซ้าย
 - 3) ไม่เท่ากับศูนย์ มีทิศไปทางขวา
 - 4) ไม่เท่ากับศูนย์ มีทิศไปด้านบน
21. จุด A และ B อยู่ภายในเส้นสนามไฟฟ้าที่มีทิศตามลูกศร ดังรูป ข้อใดต่อไปนี้ถูกต้อง



- 1) วางประจุลบลงที่ A ประจุลบจะเคลื่อนไปที่ B
- 2) วางประจุบวกลงที่ B ประจุบวกจะเคลื่อนไปที่ A
- 3) สนามไฟฟ้าที่ A สูงกว่าสนามไฟฟ้าที่ B
- 4) สนามไฟฟ้าที่ A มีค่าเท่ากับสนามไฟฟ้าที่ B
- 5) วางเป็นกลางทางไฟฟ้าลงที่ A ประจุลบจะเคลื่อนไปที่ B

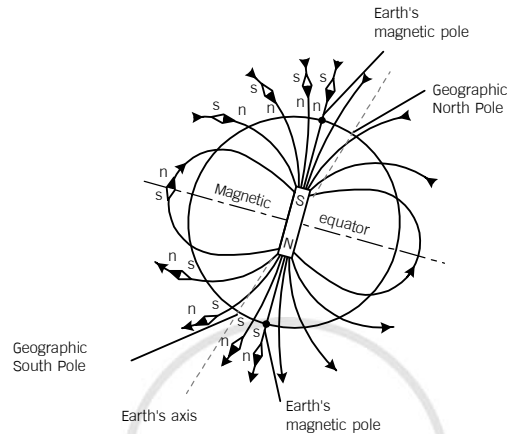
แรงแม่เหล็ก

นำแท่งแม่เหล็กที่สามารถเคลื่อนที่ได้อย่างอิสระ ปลายของแท่งแม่เหล็กที่ชี้ไปประมาณ ทิศเหนือ เรียก ปลายแท่งแม่เหล็กด้านนี้ว่า ขั้วแม่เหล็กเหนือ (N) และปลายตรงข้าม เรียกว่า ขั้วแม่เหล็กใต้ (S)



- ขั้วแม่เหล็กชนิดเดียวกันจะเกิดแรงผลักรัน
- ขั้วแม่เหล็กชนิดตรงข้ามจะเกิดแรงดูดกัน

สนามแม่เหล็กโลก ทิศเหนือของโลกจะเป็นขั้วแม่เหล็กใต้ ทิศใต้จะเป็นขั้วแม่เหล็กเหนือ ดังรูป



- ☐ เส้นแรงแม่เหล็ก หมายถึง เส้นที่แสดงทิศของแรงลัพท์ที่แท่งแม่เหล็กกระทำต่อเข็มทิศ
- ☐ เส้นแรงแม่เหล็กรอบๆ แท่งแม่เหล็กจะมีลักษณะโค้ง 3 มิติ และพุ่งจากขั้วเหนือไปขั้วใต้ของแม่เหล็ก
- ☐ เส้นแรงแม่เหล็กโลกบนพื้นที่เล็กๆ จะมีลักษณะเป็นเส้นขนาน ทิศพุ่งไปทางทิศเหนือภูมิศาสตร์
- ☐ เส้นแรงแม่เหล็กไม่ตัดกัน
- ☐ บริเวณที่ไม่มีเส้นแรงแม่เหล็กผ่านบริเวณนั้นจะไม่มีสนามแม่เหล็ก เรียกจุดนั้นว่า จุดสะเทิน

22. A, B และ C เป็นแท่งแม่เหล็ก 3 แท่ง วางไว้ดังรูป ถ้าขั้วที่ 1 ผลักกับขั้วที่ 2

S
1

A

2
3

B

4
N

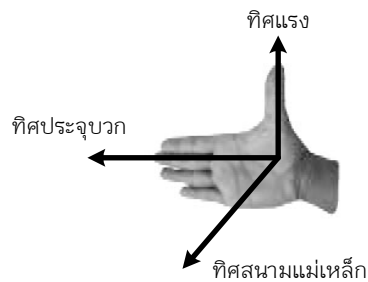
C

จงพิจารณาข้อความต่อไปนี้ ข้อใดผิด

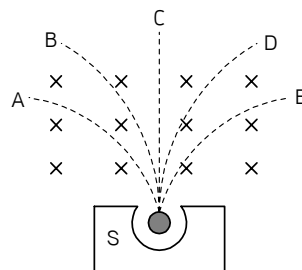
- 1) ขั้วที่ 3 และขั้วที่ 4 ต่างเป็นขั้วเหนือ
- 2) เข็มทิศมีทิศชี้เข้าสู่ขั้วที่ 3 และขั้วที่ 4
- 3) เมื่อแขวน B อย่างอิสระ ขั้วที่ 2 จะชี้ไปทางทิศเหนือ ขั้วที่ 3 จะชี้ไปทางทิศใต้
- 4) เส้นแรงแม่เหล็กมีทิศชี้ออกจากขั้วที่ 1 และขั้วที่ 2

แรงที่กระทำต่ออนุภาคที่มีประจุ ซึ่งเคลื่อนที่ในบริเวณที่มีสนามแม่เหล็ก

อนุภาคที่มีประจุจะถูกแรงแม่เหล็กกระทำต่ออนุภาคก็ต่อเมื่ออนุภาคนั้น**ต้องเคลื่อนที่** โดย**ไม่ขนานกับทิศสนามแม่เหล็ก** ถ้าเคลื่อนที่ที่ตั้งฉากกับทิศสนามแม่เหล็กจะถูกแรงกระทำให้เคลื่อนที่เป็นวงกลม **ทิศทาง**ของแรงที่กระทำต่ออนุภาคที่มี**ประจุบวก** ใช้ **“Right Hand Rule”** หลักมือขวา (ประจุลบใช้มือซ้าย)



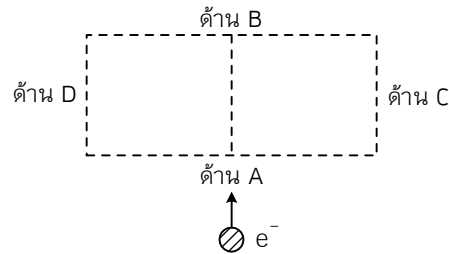
23.



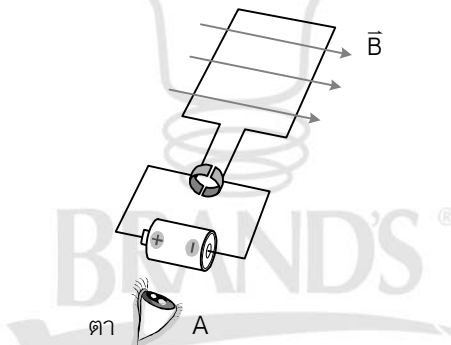
สนามแม่เหล็กมีทิศพุ่งเข้า (x แทนสนามแม่เหล็ก พุ่งเข้าจากหน้ากระดาษ) อนุภาคแอลฟา อนุภาคแกมมา และโปรตอน เคลื่อนที่ออกจากกล่องตะกั่ว S จะเคลื่อนที่ตามเส้นทางใด ตามลำดับ

- 1) A, B และ C
- 2) E, D และ C
- 3) B, C และ A
- 4) E, C และ D
- 5) A, E และ B

24. อิเล็กตรอนวิ่งเข้าบริเวณพื้นที่สี่เหลี่ยมที่มีสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กใน A ดังรูป จงพิจารณาว่าสนามแม่เหล็กและสนามไฟฟ้าควรมีทิศตามข้อใด จึงจะทำให้อิเล็กตรอนเคลื่อนที่เป็นเส้นตรง



- 1) สนามแม่เหล็กมีทิศเข้าหากระดาษ ส่วนสนามไฟฟ้ามีทิศจากด้าน C ไปด้าน D
 - 2) สนามแม่เหล็กมีทิศออกจากกระดาษ ส่วนสนามไฟฟ้ามีทิศจากด้าน C ไปด้าน D
 - 3) สนามแม่เหล็กมีทิศออกจากกระดาษ ส่วนสนามไฟฟ้ามีทิศจากด้าน D ไปด้าน C
 - 4) สนามแม่เหล็กมีทิศจากด้าน B ไปด้าน A ส่วนสนามไฟฟ้ามีทิศจากด้าน A ไปด้าน B
 - 5) สนามแม่เหล็กมีทิศจากด้าน D ไปด้าน C ส่วนสนามไฟฟ้ามีทิศจากด้าน C ไปด้าน D
- 25.

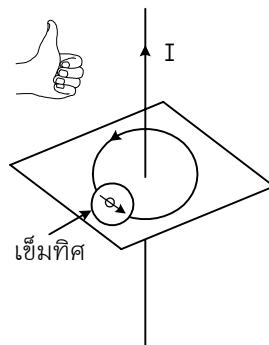


ปล่อยกระแสไฟฟ้าขนาดคงที่ผ่านแฉวนแยกไปยังขดลวดตัวนำที่มีสนามแม่เหล็ก ($\vec{B}$) ผ่านดังรูป จงพิจารณาข้อความต่อไปนี้ข้อความใดถูกต้อง

- 1) ขดลวดไม่เคลื่อนที่
- 2) ขดลวดหมุนกลับไปกลับมา
- 3) ถ้าเรามองจากตำแหน่ง A จะเห็นขดลวดหมุนตามเข็มนาฬิกา
- 4) ถ้าเรามองจากตำแหน่ง A จะเห็นขดลวดหมุนทวนเข็มนาฬิกา
- 5) ขดลวดหมุนไปสักพักแล้วก็หยุด

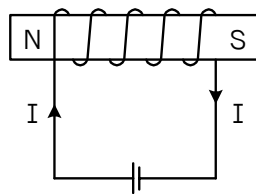
สนามแม่เหล็กที่เกิดจากกระแสไฟฟ้า

เมื่อนำเข็มทิศวางไว้ใกล้ๆ เส้นลวด เมื่อมีกระแสไหลในเส้นลวดเข็มทิศจะเบี่ยงเบนไป แสดงว่าเมื่อมีกระแสไหลในเส้นลวดจะเกิดสนามแม่เหล็กรอบเส้นลวดนั้น โดยทิศของสนามแม่เหล็ก Andre' Marie Ampère ได้แนะนำให้ใช้มือขวา กำเส้นลวดให้ หัวแม่มือชี้ตามทิศของกระแสนี้ทั้งสี่จะวนตามทิศทางสนามแม่เหล็ก

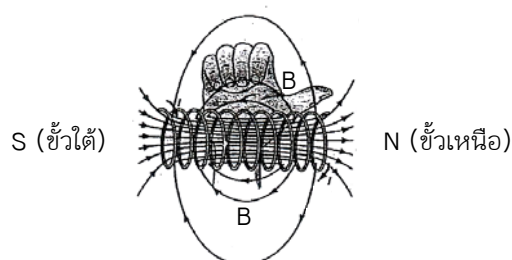


สนามแม่เหล็กของขดลวดโซเลนอยด์

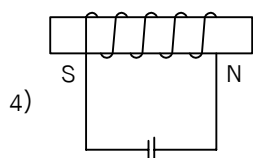
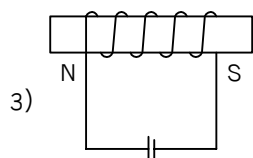
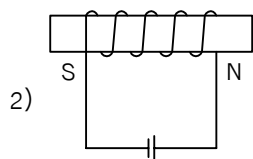
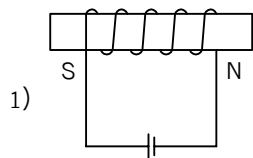
ขดลวดโซเลนอยด์ คือ ขดลวดที่พันไว้หลายๆ รอบ มีพื้นที่หน้าตัดเป็นวงกลม พันไว้จนทำให้ ความยาวของขดลวดยาวกว่าเส้นผ่านศูนย์กลางของการพันนั้น ขดลวดโซเลนอยด์ที่มีกระแสไฟฟ้าผ่านจะแสดงความเป็นแม่เหล็กที่มีอำนาจแม่เหล็ก และมีขั้วแม่เหล็กขั้วเหนือและขั้วใต้เกิดขึ้น



การหาขั้วแม่เหล็กที่เกิดจาก โซเลนอยด์ ให้กางนิ้วทั้งสี่ของมือขวา แล้วกำไปตามทิศของกระแสที่ไหลในเส้นลวดของโซเลนอยด์ นิ้วหัวแม่มือจะชี้ขั้วเหนือของขดลวดโซเลนอยด์

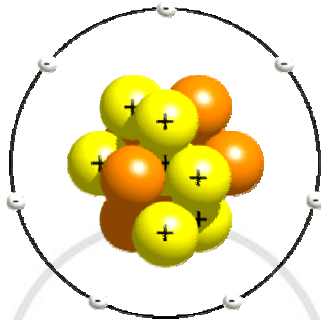


25. ขั้วแม่เหล็กของขดลวดโซเลนอยด์ต่อไปนี้ ข้อใดผิด



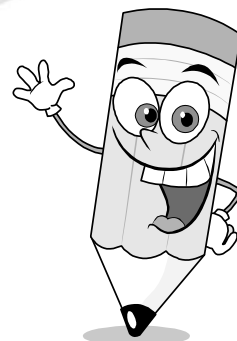
แรงนิวเคลียร์

- เป็นแรงดูดที่มีค่ามหาศาลมากเมื่อเทียบกับแรงระหว่างประจุและแรงดึงดูดระหว่างมวล
- นิวคลีออนในนิวเคลียสอัดตัวกันอยู่อย่างหนาแน่นมาก



27. แรงในข้อใดต่อไปนี้เป็นแรงประเภทเดียวกันกับแรงที่ทำให้ลูกแอปเปิลตกลงสู่พื้นโลก
- 1) แรงที่ทำให้ดวงจันทร์อยู่ในวงโคจรรอบโลก
 - 2) แรงที่ทำให้อิเล็กตรอนอยู่ในอะตอมได้
 - 3) แรงที่ทำให้โปรตอนหลายอนุภาคอยู่รวมกันในนิวเคลียสได้
 - 4) แรงที่ทำให้ป้ายแม่เหล็กติดอยู่บนฝาตู้เย็น
 - 5) แรงที่ลูกบอลเคลื่อนตัวกระทบกำแพง
28. แรงระหว่างอนุภาคซึ่งอยู่ภายในนิวเคลียสประกอบด้วยแรงใดบ้าง
- 1) แรงนิวเคลียร์เท่านั้น
 - 2) แรงนิวเคลียร์ และแรงไฟฟ้า
 - 3) แรงไฟฟ้า และแรงดึงดูดระหว่างมวล
 - 4) แรงนิวเคลียร์ และแรงดึงดูดระหว่างมวล
 - 5) แรงนิวเคลียร์ แรงไฟฟ้า และแรงดึงดูดระหว่างมวล

NOTE



คลื่น

คลื่นเป็นปรากฏการณ์การแผ่กระจายพลังงานและโมเมนตัมออกจากแหล่งกำเนิด

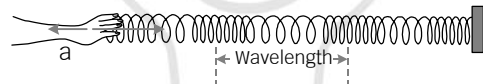
จำแนกคลื่น

1. จำแนกตามลักษณะการเคลื่อนที่

คลื่นตามขวาง (Transverse Wave) เมื่อคลื่นเคลื่อนที่ผ่านตัวกลางอนุภาคของตัวกลางจะมีการสั่นกลับไปมาในแนวตั้งฉากกับทิศการเคลื่อนที่ของคลื่น เช่น คลื่นในเส้นเชือก คลื่นที่ผิวน้ำ เป็นต้น



คลื่นตามยาว (Longitudinal Wave) เมื่อคลื่นเคลื่อนที่ผ่านตัวกลางอนุภาคของตัวกลางจะมีการสั่นกลับไปกลับมาในแนวขนานกับทิศการเคลื่อนที่ของคลื่น เช่น คลื่นในสปริง คลื่นเสียง เป็นต้น



2. จำแนกคลื่นตามลักษณะการอาศัยตัวกลาง

คลื่นกล (Mechanical Wave) เป็นคลื่นที่เคลื่อนที่โดยอาศัยตัวกลาง ซึ่งอาจเป็นของแข็ง ของเหลว หรือแก๊สก็ได้ ตัวอย่างของคลื่น ได้แก่ คลื่นเสียง คลื่นผิวน้ำ คลื่นในเส้นเชือก เป็นต้น

คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic Wave) เป็นคลื่นที่ประกอบด้วยสนามแม่เหล็กและสนามไฟฟ้าในแนวตั้งฉากกันในการเคลื่อนที่ซึ่งหลักการเหนี่ยวนำกันไปจึงไม่จำเป็นต้องอาศัยตัวกลาง (มีตัวกลางก็เคลื่อนที่ได้) และจะเคลื่อนที่ได้เร็วที่สุดในสุญญากาศ และจะช้าลงเมื่อเคลื่อนที่ในตัวกลาง เมื่อจัดลำดับความถี่ของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจากความถี่ต่ำไปยังค่ามากจะได้ดังนี้ กระแสสลับ คลื่นวิทยุ (เอเอ็ม เอฟเอ็ม) ไมโครเวฟ (เรดาร์) รังสีอินฟราเรด แสง รังสีอัลตราไวโอเลต รังสีเอกซ์ และรังสีแกมมา

3. จำแนกคลื่นตามลักษณะการเกิดคลื่น

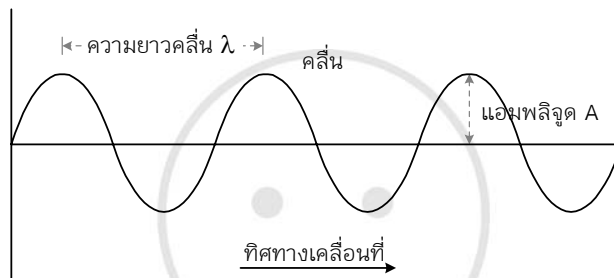
คลื่นดล (Pulse Wave) เป็นคลื่นที่เกิดจากแหล่งกำเนิดถูกรบกวนเพียงช่วงสั้นๆ เช่น สบัดเชือกครั้งเดียว โยนก้อนหินตกน้ำ เป็นต้น

คลื่นต่อเนื่อง (Continuous Wave) เป็นคลื่นที่เกิดจากแหล่งกำเนิดถูกรบกวนเป็นจังหวะต่อเนื่อง เช่น เคา่ผิวน้ำเป็นเวลานานๆ เป็นต้น

ส่วนประกอบของคลื่น

- สันคลื่น เป็นตำแหน่งสูงสุดของคลื่นหรือเป็นตำแหน่งที่มีการกระจัดสูงสุดในทางบวก
- ท้องคลื่น เป็นตำแหน่งต่ำสุดของคลื่นหรือเป็นตำแหน่งที่มีการกระจัดมากสุดในทางลบ
- แอมพลิจูด เป็นระยะจากแนวปกติไปยังสันคลื่นหรือท้องคลื่นก็ได้
- ความยาวคลื่น เป็นความยาวของคลื่นหนึ่งลูกมีค่าเท่ากับระยะระหว่างสันคลื่นหรือท้องคลื่นที่อยู่ติดกัน

หรือถ้าเป็นคลื่นตามยาวจะเป็นระยะระหว่างช่วงอัดถึงช่วงอัดติดกัน หรือขยายถึงขยายก็ได้ความยาวคลื่นแทนด้วยสัญลักษณ์ λ มีหน่วยเช่นเดียวกับหน่วยของระยะทาง



อัตราเร็วของคลื่น

อัตราเร็วของคลื่น คือ อัตราส่วนของระยะทางที่คลื่นเคลื่อนที่ได้ต่อเวลาที่ใช้ในเวลาเดียวกัน

$$\text{อัตราเร็วของคลื่น} = \frac{\text{ระยะทาง}}{\text{เวลา}} = \frac{\lambda}{T} = f\lambda$$

สมบัติของคลื่น

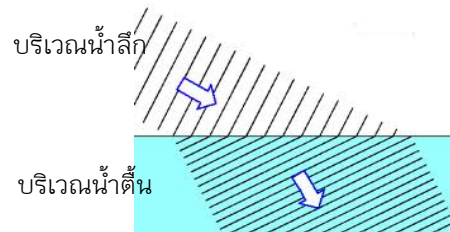
คลื่นจะต้องมีสมบัติ 4 ประการ ดังต่อไปนี้

1. การสะท้อน เมื่อคลื่นเคลื่อนที่ตกกระทบผิวสะท้อนที่มีขนาดใหญ่กว่าความยาวคลื่นจะเกิดการสะท้อน
2. การหักเห เมื่อคลื่นเคลื่อนที่เปลี่ยนตัวกลางแล้วอัตราเร็วของคลื่นเปลี่ยนแปลงไม่จำเป็นต้องเปลี่ยน

ทิศทาง

3. การเลี้ยวเบน เป็นปรากฏการณ์ที่คลื่นสามารถเคลื่อนที่อ้อมสิ่งกีดขวางได้
4. การแทรกสอด เมื่อคลื่นตั้งแต่สองขบวนเคลื่อนที่มาพบกันจะเกิดการรวมกันของคลื่นเกิดคลื่นลัพธ์

อัตราเร็วของคลื่นน้ำ



ความยาวคลื่นในบริเวณน้ำตื้นสั้นกว่าบริเวณน้ำลึก เนื่องจากความถี่ที่บริเวณทั้งสองเท่ากัน เพราะเกิดจากแหล่งกำเนิดเดียวกัน จะได้

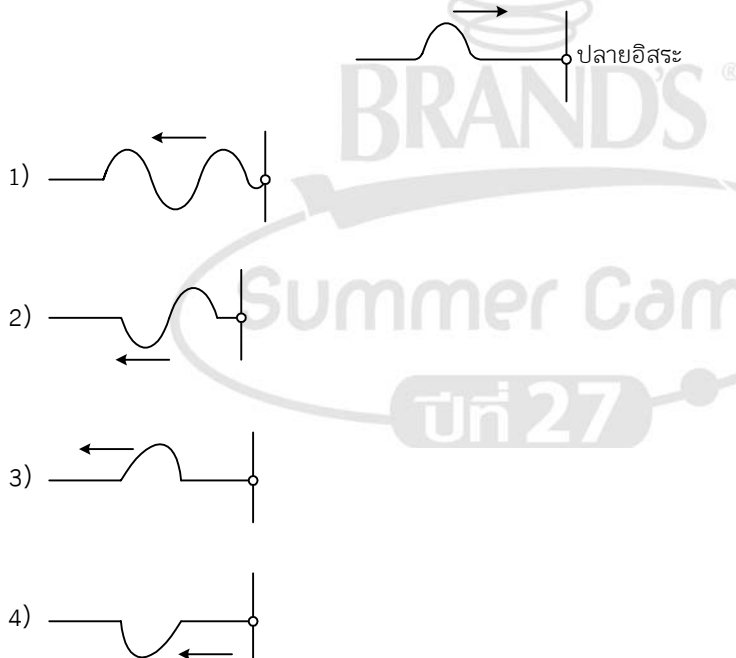
$$\lambda_{\text{ลึก}} > \lambda_{\text{ตื้น}}$$

$$f\lambda_{\text{ลึก}} > f\lambda_{\text{ตื้น}}$$

$$v_{\text{ลึก}} > v_{\text{ตื้น}}$$

อัตราเร็วคลื่นในน้ำลึกจะมากกว่าอัตราเร็วคลื่นในน้ำตื้น ยกเว้นบริเวณน้ำลึกมากๆ อัตราเร็วคลื่นจะไม่เปลี่ยนแปลงตามความลึก

29. ปลายเชือกด้านหนึ่งผูกกับเสาแบบอิสระ สะบัดปลายเชือกอีกด้านหนึ่ง ทำให้เกิดคลื่นคล ดังรูป



30. ข้อใดต่อไปนี้เป็นข้อที่ต้องเกี่ยวกับคลื่นตามยาว

- 1) เป็นคลื่นที่อนุภาคของตัวกลางมีการสั่นในแนวเดียวกับการเคลื่อนที่ของคลื่น
- 2) เป็นคลื่นที่เคลื่อนที่ไปตามแนวยาวของตัวกลาง
- 3) เป็นคลื่นที่ไม่ต้องอาศัยตัวกลางในการเคลื่อนที่
- 4) เป็นคลื่นที่อนุภาคของตัวกลางมีการสั่นได้หลายแนว
- 5) เป็นคลื่นที่มีความยาวคลื่นมาก

31. เมื่อคลื่นเดินทางจากน้ำลึกสู่ผิวน้ำ ข้อใดต่อไปนี้เป็นข้อที่ต้อง

- 1) อัตราเร็วคลื่นในน้ำลึกน้อยกว่าอัตราเร็วคลื่นในน้ำตื้น
- 2) ความยาวคลื่นในน้ำลึกมากกว่าความยาวคลื่นในน้ำตื้น
- 3) ความถี่คลื่นในน้ำลึกมากกว่าความถี่คลื่นในน้ำตื้น
- 4) ความถี่คลื่นในน้ำลึกน้อยกว่าความถี่คลื่นในน้ำตื้น
- 5) อัตราเร็วคลื่นในน้ำลึกเท่ากับความเร็วคลื่นในน้ำตื้น

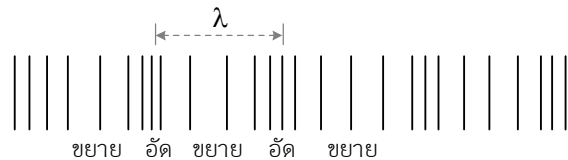


คลื่นเสียง (Sound Waves)

เกิดจากการสั่นของวัตถุ (เป็นคลื่นตามยาว) ทำให้โมเลกุลของอากาศที่อยู่รอบวัตถุสั่นตาม ส่งผลให้คลื่นเสียงเคลื่อนที่ออกจากแหล่งกำเนิดเสียงมายังหูเรา

การได้ยินเสียงเป็นการทำงานของระบบประสาท ทำให้รับรู้และแยกแยะวิเคราะห์เป็นเรื่องราวต่างๆ ได้

ความดันอากาศ ในบริเวณที่เสียงเคลื่อนที่ผ่าน เรียกว่า **ความดันเสียง** ณ เวลาหนึ่งโมเลกุลของอากาศในบางบริเวณจะอยู่ใกล้ชิดกันมาก ทำให้มีความหนาแน่นและความดันสูงกว่าปกติ บริเวณนี้เรียกว่า **ส่วนอัด** แต่ในบางบริเวณโมเลกุลของอากาศ อยู่ห่างกันมากจึงมีความหนาแน่นและความดันต่ำกว่าปกติ บริเวณนี้เรียกว่า **ส่วนขยาย**



อัตราเร็วเสียง

ในการเคลื่อนที่ของเสียงจำเป็นต้องอาศัยตัวกลาง ถ้าไม่มีตัวกลางเสียงจะเคลื่อนที่ไม่ได้ การหาอัตราเร็วของเสียงก็หาเช่นเดียวกับคลื่นโดยทั่วไป กล่าวคือ

$$\text{อัตราเร็วเสียง} = \frac{\text{ระยะทาง}}{\text{เวลา}} = f\lambda$$

องค์ประกอบที่ทำให้อัตราเร็วเสียงเปลี่ยนได้ นั่นคือ

ชนิดของตัวกลาง โดยส่วนใหญ่แล้วเสียงเคลื่อนที่ในตัวกลางที่มีความหนาแน่นมากจะมีอัตราเร็วมากกว่าเคลื่อนที่ในตัวกลางที่มีความหนาแน่นน้อย (แต่ก็ไม่จริงเสมอไป เช่น เสียงเคลื่อนที่ในปรอทจะมีอัตราเร็วน้อยกว่าอัตราเร็วเสียงในน้ำ เป็นต้น)

อุณหภูมิ มีผลต่ออัตราเร็วของเสียงในอากาศ กล่าวคือ อัตราเร็วเสียงในอากาศแปรผันตรงกับรากที่สองของอุณหภูมิสัมบูรณ์ $v \propto \sqrt{T}$ โดย T เป็นอุณหภูมิในหน่วยเคลวิน

จะได้
$$\frac{v_1}{v_2} = \sqrt{\frac{T_1}{T_2}}$$

และได้

$$v = 331 + 0.6t$$

เมื่อ t เป็นอุณหภูมิหน่วยเซลเซียส (ใช้ได้อุณหภูมิประมาณ -45°C ถึง 45°C เท่านั้น)

ระดับเสียง หรือระดับความสูงต่ำของเสียง ซึ่งจะขึ้นกับความถี่ของเสียง โดยช่วงความถี่เสียงที่มนุษย์ได้ยินอยู่ระหว่าง 20-20000 เฮิร์ตซ์ โดยเสียงที่มีความถี่ต่ำกว่า 20 เฮิร์ตซ์ เรียกว่า **อินฟราซาวด์ (Infrasonic)** และเสียงที่มีความถี่สูงกว่า 20000 เฮิร์ตซ์ เรียกว่า **อัลตราซาวด์ (Ultrasonic)**

☐ เสียงแหลม คือ เสียงที่มีระดับเสียงสูงหรือเสียงที่มีความถี่มาก

☐ เสียงทุ้ม คือ เสียงที่มีระดับเสียงต่ำหรือเสียงที่มีความถี่น้อย

ความเข้มของเสียง คือ อัตราพลังงานเสียงที่ตกลงบนพื้นที่ 1 ตารางเมตร มีหน่วยเป็นวัตต์ต่อตารางเมตร

☐ ความเข้มของเสียงน้อยที่สุดที่พอจะได้ยินได้ 10-12 วัตต์ต่อตารางเมตร

☐ ความเข้มของเสียงมากที่สุดที่ทนฟังได้ 1 วัตต์ต่อตารางเมตร

ระดับความเข้มเสียง เป็นค่าที่บอกความดังของเสียง ซึ่งจะขึ้นกับแอมพลิจูดของคลื่น ถ้าค่าแอมพลิจูดมากเสียงจะดัง ช่วงระดับความเข้มเสียงที่มนุษย์จะได้ยินจะอยู่ในช่วง 0-120 dB (เดซิเบล)

สมบัติของคลื่นเสียง

เสียงเป็นคลื่นจึงมีคุณสมบัติเหมือนคลื่นทั่วไป ได้แก่

1. การสะท้อนของเสียง เมื่อเสียงตกกระทบผิวสะท้อนที่ขนาดใหญ่กว่าความยาวคลื่นจะเกิดการสะท้อนและเป็นไปตามกฎการสะท้อน เสียงจะสะท้อนได้ดีกับวัตถุผิว ติดยกรูปรูป ตกแต่งด้วยต้นไม้หรือติดผ้าม่าน เป็นต้น

❑ เสียงก้อง (Echo) คือ เสียงสะท้อนที่ได้ยินเป็นครั้งที่สองหลังจากได้ยินเสียงครั้งแรกไปแล้ว ซึ่งจะเกิดขึ้นได้ต้องใช้เวลาห่างกันไม่น้อยกว่า 0.1 วินาที

2. การหักเหของคลื่นเสียง เกิดจากการที่เสียงเปลี่ยนตัวกลางในการเคลื่อนที่แล้วทำให้อัตราเร็วและความยาวคลื่นเสียงเปลี่ยนไปแต่ความถี่คงเดิม *ปรากฏการณ์ที่เกิดในชีวิตประจำวันเนื่องจากการหักเหของเสียง เช่น การเห็นฟ้าแลบแล้วไม่ได้ยินเสียงฟ้าร้อง เพราะเสียงหักเหกลับขึ้นไปในอากาศ*

3. การแทรกสอดของเสียง เกิดจากการที่คลื่นเสียงอย่างน้อย 2 ขบวนเคลื่อนที่มาพบกันแล้วเกิดการเสริมหรือหักล้างกัน เช่น ในเครื่องบินการป้องกันเสียงในเครื่องบิน ทำโดยการผลิตเสียงที่มีความถี่เท่ากับเสียงที่เกิดจากเครื่องยนต์ไอพ่น แต่มีลักษณะตรงข้ามกันทำให้เสียงเกิดการหักล้าง เสียงในห้องโดยสารจึงเงียบสนิท

บีตส์ (Beats)

ปรากฏการณ์ที่เกิดเสียงดังและค่อยสลับกันเป็นจังหวะคงที่ เป็นการแทรกสอดของคลื่นเสียงสองชุดที่มีความถี่ต่างกันเล็กน้อยเคลื่อนที่ในทิศทางเดียวกัน คลื่นสองขบวนเป็นคลื่นลัพธ์ที่มีแอมพลิจูดไม่คงที่เปลี่ยนแปลงตามเวลา จุดที่คลื่นทั้งสองรวมกันแบบเสริมจะมีแอมพลิจูดมากเสียงที่ได้ยินจะดัง จุดที่คลื่นทั้งสองรวมกันแบบหักล้างจะมีแอมพลิจูดน้อย เสียงที่ได้ยินจะค่อย

ความถี่บีตส์ (Beat Frequency) คือ จำนวนครั้งที่ได้ยินเสียงดังในหนึ่งวินาที ซึ่งความถี่บีตส์จะหาได้จากผลต่างระหว่างความถี่ของแหล่งกำเนิดทั้งสอง

$$\text{ความถี่บีตส์} = \frac{\text{จำนวนครั้งที่ได้ยินเสียงดัง}}{\text{เวลา}}$$

$$f_b = |f_2 - f_1|$$

โดยปกติมนุษย์จะสามารถจำแนกเสียงบีตส์ที่ได้ยินเป็นจังหวะ เมื่อความถี่บีตส์ไม่เกิน 7 เฮิรตซ์

4. การเลี้ยวเบนของเสียง เกิดจากการที่คลื่นเสียงสามารถอ้อมเลี้ยวผ่านสิ่งกีดขวางได้ เสียงที่มีความยาวคลื่นยาวจะเลี้ยวเบนผ่านขอบของสิ่งกีดขวางได้ดีกว่าเสียงที่มีความยาวคลื่นสั้น เช่น รถวิ่งไปด้านหน้าตึกเปิดประตูขึ้น คนที่อยู่ด้านข้างของตึกจะได้ยินเสียงได้ เพราะเสียงเลี้ยวเบนผ่านขอบของตึกไปได้

คุณภาพเสียง แหล่งกำเนิดเสียงต่างกัน อาจให้เสียงที่มีระดับเสียงเดียวกัน เช่น ไวโอลิน และขลุ่ย ถ้าเล่นโน้ตเดียวกันจะให้เสียงที่มีความถี่เดียวกัน แต่เราสามารถแยกออกได้ว่าเสียงใดเป็นเสียงไวโอลินและเสียงใดเป็นเสียงขลุ่ย แสดงว่านอกจากระดับเสียงแล้วจะต้องมีปัจจัยอื่นอีกที่ทำให้เสียงที่ได้ยินแตกต่างกันจนเราสามารถแยกประเภทของแหล่งกำเนิดเสียงนั้นได้

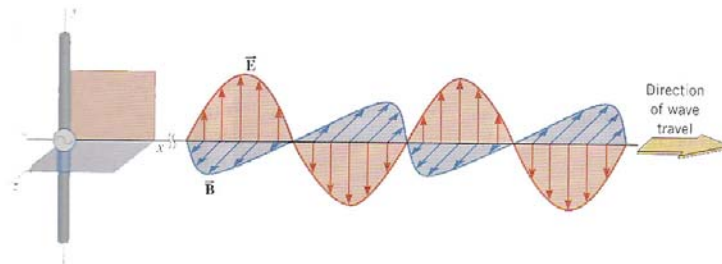
แหล่งกำเนิดเสียงต่างชนิดกัน ขณะสั่นจะให้เสียงซึ่งมีความถี่มูลฐานและฮาร์โมนิกต่างๆ ออกมาพร้อมกันเสมอ แต่จำนวนฮาร์โมนิกและความเข้มเสียงแต่ละฮาร์โมนิกจะแตกต่างกัน จึงทำให้ลักษณะคลื่นเสียงที่ออกมาแตกต่างกัน สำหรับแหล่งกำเนิดที่ต่างกันจะให้เสียงที่มีลักษณะเฉพาะตัวที่เราเรียกว่า **คุณภาพเสียง** ต่างกันนั่นเอง

32. ข้อใดต่อไปนี้มีผลทำให้อัตราเร็วของคลื่นเสียงในอากาศเปลี่ยนแปลงได้
- 1) ลดความถี่
 - 2) เพิ่มความยาวคลื่น
 - 3) เพิ่มแอมพลิจูด
 - 4) ลดอุณหภูมิ
 - 5) เปลี่ยนแหล่งกำเนิดคลื่น
33. ข้อใดต่อไปนี้เป็นวัตถุประสงค์ของการบุผนังของโรงภาพยนตร์ด้วยวัสดุกลืนเสียง
- 1) ลดความถี่ของเสียง
 - 2) ลดความดังของเสียง
 - 3) ลดการสะท้อนของเสียง
 - 4) ลดการหักเหของเสียง
 - 5) ลดความเร็วของเสียง
34. เครื่องโซนาร์ในเรือประมงได้รับสัญญาณสะท้อนจากท้องทะเล หลังจากส่งสัญญาณลงไปเป็นเวลา 0.4 วินาที ถ้าอัตราเร็วเสียงในน้ำเป็น 1500 เมตรต่อวินาที ทะเลมีความลึกเท่ากับข้อใด
- 1) 150 เมตร
 - 2) 300 เมตร
 - 3) 600 เมตร
 - 4) 900 เมตร
 - 5) 1200 เมตร
35. ในการเทียบเสียงกีตาร์กับหลอดเทียบเสียงมาตรฐาน เมื่อดีดสายกีตาร์พร้อมกับหลอดเทียบเสียงเกิดบีตส์ขึ้นที่ความถี่หนึ่ง แต่เมื่อขันให้สายตึงขึ้นเล็กน้อยความถี่ของบีตส์สูงขึ้น ความถี่ของเสียงกีตาร์เดิมเป็นอย่างไร
- 1) สูงกว่าเสียงมาตรฐาน
 - 2) ต่ำกว่าเสียงมาตรฐาน
 - 3) เท่ากับเสียงมาตรฐาน
 - 4) อาจมากกว่าหรือน้อยกว่าเสียงมาตรฐาน
 - 5) อาจจะน้อยกว่าหรือมากกว่าหรือเท่ากับเสียงมาตรฐานก็ได้

คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

สรุปสมบัติคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ได้ดังนี้

1. สนามไฟฟ้า $\vec{E}$ และสนามแม่เหล็ก $\vec{B}$ มีทิศตั้งฉากซึ่งกันและกันและตั้งฉากกับทิศการเคลื่อนที่ของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเสมอ ดังนั้นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจึงเป็นคลื่นตามขวาง



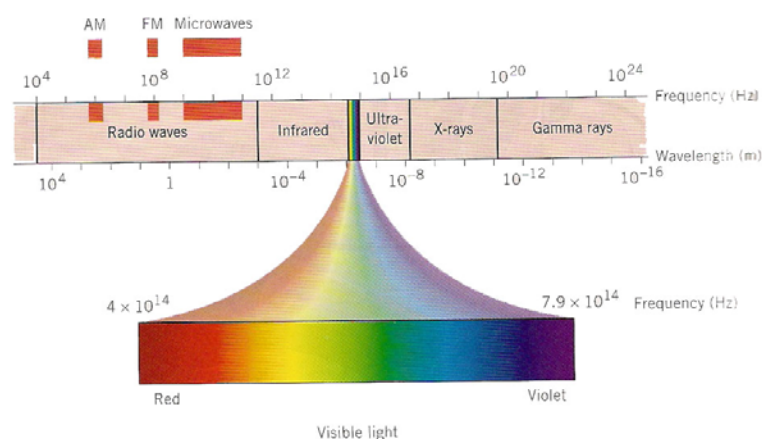
2. สนามไฟฟ้า $\vec{E}$ และสนามแม่เหล็ก $\vec{B}$ เป็นฟังก์ชันรูปไซน์ และสนามทั้งสองจะเปลี่ยนแปลงตามเวลาด้วยความถี่เดียวกันและเฟสตรงกันถ้าสนามไฟฟ้าเป็นศูนย์ สนามแม่เหล็กก็เป็นศูนย์ด้วยมีค่าสูงสุด และต่ำสุดพร้อมกัน

3. ประจุไฟฟ้าเมื่อเคลื่อนที่ด้วยความเร่ง จะปลดปล่อยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าออกมาประกอบการเคลื่อนที่ของประจุนั้น

สเปกตรัมของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้านี้แม้มีแหล่งกำเนิดและวิธีการตรวจวัดที่ไม่เหมือนกัน แต่คลื่นเหล่านี้จะมีสมบัติร่วมกัน คือ จะเคลื่อนที่ไปด้วยความเร็วในสุญญากาศที่เท่ากันหมด และเท่ากับความเร็วแสง พร้อมๆ กับการส่งพลังงานไปพร้อมกับคลื่น

สเปกตรัมของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า



1. คลื่นวิทยุ เป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความถี่ในช่วง 10^6 – 10^9 เฮิร์ตซ์

ระบบเอเอ็ม (Amplitude Modulation : A.M.) มีความถี่ในช่วง 530–1600 กิโลเฮิร์ตซ์ จะเป็นการผสมสัญญาณเสียงเข้ากับคลื่นวิทยุ (คลื่นพาหะ) โดยสัญญาณเสียงจะบังคับให้คลื่นวิทยุมีแอมพลิจูดเปลี่ยนแปลงไปตามสัญญาณเสียง A.M. สามารถสะท้อนได้ดีที่บรรยากาศชั้นไอโอโนสเฟียร์ ข้อดี คือ ทำให้สามารถสื่อสารได้ไกลเป็นพันๆ กิโลเมตร (คลื่นฟ้า) ข้อเสีย คือ จะถูกคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจากแหล่งอื่นๆ แทรกเข้ามารบกวนได้ง่าย

ระบบเอฟเอ็ม (Frequency Modulation : F.M.) มีความถี่ในช่วง 80–108 เมกะเฮิร์ตซ์ เป็นการผสม (Modulate) สัญญาณเสียงเข้ากับคลื่นวิทยุ (คลื่นพาหะ) โดยสัญญาณเสียงจะบังคับให้คลื่นวิทยุมีความถี่เปลี่ยนไปตามสัญญาณเสียง ข้อดี คือ ทำให้คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจากแหล่งอื่นรบกวนได้ยาก ข้อเสีย คือ สะท้อนบรรยากาศชั้นไอโอโนสเฟียร์ได้น้อยมาก ทำให้การส่งกระจายเสียงได้ระยะทางไม่ไกล ต้องใช้สถานีถ่ายทอดเป็นระยะๆ (คลื่นดิน)

2. คลื่นโทรทัศน์และไมโครเวฟ มีความถี่ในช่วง 10^8 – 10^{11} เฮิร์ตซ์ เป็นคลื่นที่ไม่สะท้อนในชั้นไอโอโนสเฟียร์ แต่จะทะลุชั้นบรรยากาศออกไปนอกโลกเลย การส่งสัญญาณต้องมีสถานีถ่ายทอดเป็นระยะๆ หรือใช้ดาวเทียมในการถ่ายทอด ส่วนคลื่นไมโครเวฟจะใช้ในอุปกรณ์สำหรับหาตำแหน่งของสิ่งกีดขวาง ตรวจจับอัตราเร็วของรถยนต์ และอากาศยานในท้องฟ้า ซึ่งเป็นอุปกรณ์สร้างขึ้นเพื่อใช้ตรวจหาที่เรียกว่า เรดาร์ (Radiation Detection And Ranging : RADAR) เพราะคลื่นไมโครเวฟสามารถสะท้อนผิวโลหะได้ดี

คลื่นไมโครเวฟทำให้อาหารสุกได้ โดยโมเลกุลของน้ำที่อยู่ในอาหารสั่นสะเทือนประมาณ 2450 ล้านครั้งต่อวินาที การสั่นนี้ทำให้อาหารดูดพลังงานและเกิดความร้อนในอาหาร โดยไม่มีการสูญเสียพลังงานในการทำให้เตาหรืออากาศในเตาร้อนขึ้น อาหารจึงร้อนและสุกอย่างรวดเร็ว ภาชนะที่ทำด้วยโลหะและไม้ไม่ควรใช้ เพราะโลหะสะท้อนไมโครเวฟออกไป ส่วนเนื้อไม้มีความชื้นเมื่อร้อนจะทำให้ไม้แตกควรใช้ภาชนะประเภทกระเบื้องและแก้ว เพราะจะไม่ดูดความร้อนจากสนามแม่เหล็ก

3. รังสีอินฟราเรด มีความถี่ในช่วง 10^{11} – 10^{14} เฮิร์ตซ์ เกิดจากวัตถุที่มีอุณหภูมิสูงโดยมนุษย์สามารถรับรู้ได้โดยประสาทสัมผัสทางผิวหนัง รังสีอินฟราเรดมีความสามารถทะลุผ่านเมฆหมอกที่หนาได้มากกว่าแสงธรรมดา จึงทำให้รังสีอินฟราเรดถูกนำมาใช้ในการศึกษาสภาพแวดล้อมและลักษณะพื้นผิวโลก โดยการถ่ายภาพพื้นโลกจากดาวเทียม ส่วนนักธรณีวิทยาก็อาศัยการถ่ายภาพจากดาวเทียมด้วยรังสีอินฟราเรดในการสำรวจหาแหล่งน้ำมัน แร่ธาตุ และชนิดต่างๆ ของหินได้

นอกจากนี้รังสีอินฟราเรดยังใช้ในรีโมทคอนโทรล (Remote Control) ซึ่งเป็นอุปกรณ์ควบคุมระยะไกล ในกรณีนี้รังสีอินฟราเรดจะเป็นตัวนำคำสั่งจากอุปกรณ์ควบคุมไปยังเครื่องรับ และใช้รังสีอินฟราเรดเป็นพาหะนำสัญญาณในเส้นใยนำแสง (Optical Fiber) ปัจจุบันทางการทหารได้นำรังสีอินฟราเรดนี้มาใช้ในการควบคุมการเคลื่อนที่ของอาวุธนำวิถีให้เคลื่อนที่ไปยังเป้าหมายได้อย่างแม่นยำ

4. แสง มีความถี่ประมาณ 10^{14} เฮิร์ตซ์ มีความยาวคลื่น 400–700 nm มนุษย์สามารถรับรู้แสงได้ด้วยประสาทสัมผัสทางตา โดยจะเห็นเป็นสีต่างๆ เรียงจากความถี่มากไปน้อย คือ ม่วง คราม น้ำเงิน เขียว เหลือง แสด แดง ส่วนใหญ่แสงจะเกิดจากวัตถุที่มีอุณหภูมิสูงมากๆ ซึ่งจะส่งออกมาพร้อมๆ กันหลายความถี่ เมื่อมีอุณหภูมิยิ่งสูงความถี่แสงที่เปล่งออกมาก็ยิ่งมาก นักวิทยาศาสตร์จึงใช้สีแสงของดาวฤกษ์ในการบอกว่าดาวฤกษ์ดวงใดมีอุณหภูมิสูงกว่ากัน เช่น ดาวฤกษ์สีน้ำเงินจะมีอุณหภูมิสูงกว่าดาวฤกษ์สีเหลือง เปลวไฟจากเตาแก๊สซึ่งมีอุณหภูมิสูงจะเกิดสีน้ำเงินหรือสีม่วง แต่ไฟจากแสงเทียนซึ่งมีอุณหภูมิต่ำกว่าจะเกิดแสงสีแดงหรือสีแสด เป็นต้น

5. รังสีอัลตราไวโอเล็ต มีความถี่ในช่วง 10^{15} – 10^{18} เฮิร์ตซ์ ในธรรมชาติส่วนใหญ่มาจากดวงอาทิตย์ รังสีนี้เป็นตัวการทำให้บรรยากาศชั้นโอโซนสลายตัวเป็นโอโซนได้ดี (เพราะรังสีอัลตราไวโอเล็ตมีพลังงานสูงพอที่จะทำให้อิเล็กตรอนหลุดจากโมเลกุลอากาศ พบว่าในโอโซนสเปียร์มีโมเลกุลหลายชนิด เช่น โอโซน ซึ่งสามารถกันรังสีอัลตราไวโอเล็ตได้ดี)

ประโยชน์ของรังสีอัลตราไวโอเล็ต คือ ใช้ตรวจสอบลายมือชื่อ, ใช้รักษาโรคผิวหนัง, ใช้ฆ่าเชื้อโรคบางชนิดได้, ใช้ในสัญญาณกันขโมย แต่รังสีอัลตราไวโอเล็ตถ้าได้รับในปริมาณที่สูงอาจทำให้เกิดอันตรายต่อเซลล์ผิวหนังเป็นมะเร็งผิวหนัง และเป็นอันตรายต่อนัยน์ตาของมนุษย์ได้

6. รังสีเอกซ์ มีความถี่ในช่วง 10^{17} – 10^{21} เฮิร์ตซ์ รังสีเอกซ์มีสมบัติในการทะลุสิ่งกีดขวางหนาๆ และตรวจรับได้ด้วยฟิล์ม จึงใช้ประโยชน์ในการหารอยร้าวภายในชิ้นโลหะขนาดใหญ่ ใช้ในการตรวจสอบสมรรถนะของผู้โดยสาร ตรวจหาอาวุธปืนหรือวัตถุระเบิด และในทางการแพทย์ใช้รังสีเอกซ์ฉายผ่านร่างกายมนุษย์ไปตกบนฟิล์ม ในการตรวจหาความผิดปกติของอวัยวะภายใน และกระดูกของมนุษย์

7. รังสีแกมมา ใช้เรียกคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความถี่สูงมากกว่ารังสีเอกซ์ เกิดจากการสลายตัวของนิวเคลียสของธาตุกัมมันตรังสี หรือเป็นรังสีพลังงานสูงจากนอกโลก เช่น รังสีคอสมิกและบางชนิดมาจากการแผ่รังสีของประจุไฟฟ้าที่ถูกเร่งในเครื่องเร่งอนุภาค (Cyclotron) มีอันตรายต่อมนุษย์มากที่สุด เพราะสามารถทำลายเซลล์สิ่งมีชีวิตได้ แต่สามารถใช้ประโยชน์ในการรักษาโรคมะเร็งได้

36. เหตุใดคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจึงจัดเป็นคลื่นตามขวาง

- 1) สนามแม่เหล็กมีทิศตั้งฉากกับสนามไฟฟ้า
- 2) สนามแม่เหล็กและสนามไฟฟ้ามีทิศตรงข้ามกับทิศการเคลื่อนที่ของคลื่น
- 3) สนามแม่เหล็กและสนามไฟฟ้ามีทิศตั้งฉากกับทิศการเคลื่อนที่ของคลื่น
- 4) สนามแม่เหล็กและสนามไฟฟ้ามีทิศเดียวกับทิศการเคลื่อนที่ของคลื่น
- 5) สนามแม่เหล็กมีทิศตรงข้ามกับทิศการเคลื่อนที่ของคลื่นและสนามไฟฟ้ามีทิศตั้งฉากกับทิศการเคลื่อนที่ของคลื่น

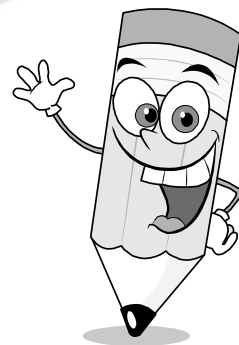
37. ข้อใดเป็นการเรียงลำดับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจากความยาวคลื่นน้อยไปมากได้ถูกต้อง

- 1) รังสีเอกซ์ อินฟราเรด ไมโครเวฟ
- 2) อินฟราเรด ไมโครเวฟ รังสีเอกซ์
- 3) รังสีเอกซ์ ไมโครเวฟ อินฟราเรด
- 4) ไมโครเวฟ อินฟราเรด รังสีเอกซ์
- 5) อินฟราเรด รังสีเอกซ์ ไมโครเวฟ

38. ส่งสัญญาณวิทยุ F.M. พาหะความถี่ 100 MHz เสียงมีความถี่ 20 Hz ความถี่ที่ส่งไปมีค่าเท่าใด

- 1) 20 Hz
- 2) 100 MHz
- 3) $100 \text{ MHz} - 20 \text{ Hz}$
- 4) $100 \text{ MHz} + 20 \text{ Hz}$
- 5) $\frac{100 \text{ MHz}}{20 \text{ Hz}}$

NOTE



พลังงานนิวเคลียร์ กับมันตภาพรังสี

นักฟิสิกส์เรียกปรากฏการณ์ที่ธาตุสามารถแผ่รังสีได้เองอย่างต่อเนื่องนี้ว่า กัมมันตภาพรังสี และเรียกธาตุที่มีสมบัติสามารถแผ่รังสีออกมาได้เองนี้ว่า ธาตุกัมมันตรังสี

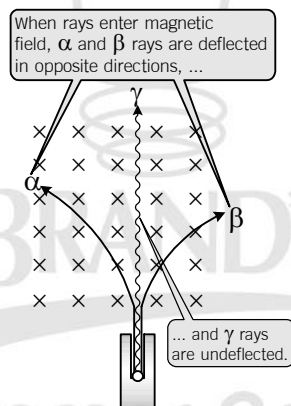
1. กัมมันตภาพรังสี

รังสีแอลฟา (Alpha, สัญลักษณ์ ${}^4_2\text{He}$ ตัวย่อ α) เป็นนิวเคลียสของอะตอมของธาตุฮีเลียม มีมวล 4U ($1\text{U} = 1.66 \times 10^{-27} \text{ kg}$) ประจุ $+2e$ พลังงานประกอบด้วย 4-10 MeV เสียพลังงานง่าย อำนาจทะลุทะลวงต่ำ ผ่านอากาศได้ 3-5 เซนติเมตร ทำให้เกิดการแตกตัวเป็นไอออนในสารที่รังสีผ่านได้ดีที่สุด

รังสีเบตา (Beta, สัญลักษณ์ ${}^0_{-1}\text{e}$ ตัวย่อ β^-) มีประจุ $-1e$ มวล 9.1×10^{-31} กิโลกรัม มีพลังงานในช่วง 0.025-3.5 MeV ผ่านอากาศได้ 1-3 เมตร อำนาจทะลุทะลวงสูงกว่าแอลฟา แต่ทำให้เกิดการแตกตัวเป็นไอออนในสารที่เคลื่อนที่ผ่านได้ด้น้อยกว่าแอลฟา

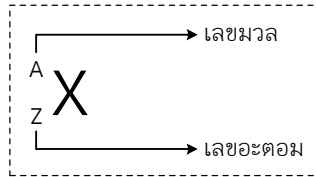
รังสีแกมมา (Gamma, สัญลักษณ์และตัวย่อ γ) เป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ส่งพลังงานในรูปของโฟตอน $E = hf$ มีพลังงานประมาณ 0.04-3.2 MeV อำนาจทะลุทะลวงสูงสุด ทำให้เกิดการแตกตัวเป็นไอออนได้น้อยสุด

2. การวิเคราะห์ชนิดของประจุของสารกัมมันตรังสีโดยใช้สนามแม่เหล็ก



ทิศการเบี่ยงเบนของอนุภาคแอลฟา และอนุภาคเบตา เป็นไปตามทิศทางแรงจากสนามแม่เหล็กที่กระทำต่อประจุซึ่งเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็ก

สัญลักษณ์นิวเคลียร์ของธาตุ



เลขมวล (Mass Number, A) คือ ผลรวมของจำนวนโปรตอนและนิวตรอนที่อยู่ภายในนิวเคลียส

เลขอะตอม (Atomic Number, Z) คือ จำนวนโปรตอนภายในนิวเคลียส

จำนวน Neutron ภายในนิวเคลียส = A - Z ตัว

เลขมวลในทางฟิสิกส์ คือ เลขจำนวนเต็มที่มีค่าใกล้เคียงกับมวลอะตอมของธาตุนั้นในหน่วย U เช่น ${}^4_2\text{He}$ มวล 1 อะตอมมีค่าประมาณ 4U (มวลจริง 4.002603 U)

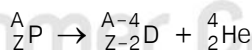
สัญลักษณ์นิวเคลียร์ของธาตุ X ที่มีเลขมวล A และมีเลขอะตอม Z สามารถเขียนเป็นสัญลักษณ์ได้ คือ ${}^A_Z\text{X}$ หรือเขียนสัญลักษณ์อย่างย่อเป็น X-A เช่น ${}^{238}_{92}\text{U}$ เขียนเป็น U-238

สัญลักษณ์ที่ใช้แทนอนุภาคที่ควรจำ

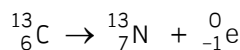
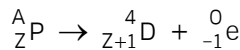
อนุภาคหรือรังสี	ตัวย่อ	สัญลักษณ์	อนุภาคหรือรังสี	ตัวย่อ	สัญลักษณ์
1. โปรตอน	p	${}^1_1\text{H}$	5. แอลฟา	α	${}^4_2\text{He}$
2. ดิวเทรอน	d	${}^2_1\text{H}$	6. เบตา	β	${}^0_{-1}\text{e}$
3. ทริเทียม	T	${}^3_1\text{H}$	7. โพซิตรอน	β^+	${}^0_{+1}\text{e}$
4. นิวตรอน	n	${}^1_0\text{n}$	8. แกมมา	γ	γ

การแตกตัวให้รังสีชนิดต่างๆ

1. การแตกตัวให้แอลฟา (Alpha decay, α decay) เกิดจากการที่นิวเคลียสเดิมสลายตัวให้นิวเคลียสใหม่ที่มีเลขอะตอมลดลง 2 เลขมวลลดลง 4 พร้อมปลดปล่อยแอลฟาออกมาตามสมการ

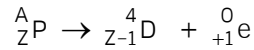


2. การแตกตัวให้เบตาลบ (Beta decay, β^- decay) เกิดจากการที่นิวตรอน 1 ตัวภายในนิวเคลียสเดิมเปลี่ยนสภาพกลายเป็นโปรตอน 1 ตัวในนิวเคลียสใหม่ ทำให้นิวเคลียสใหม่มีเลขมวลเท่าเดิมแต่เลขอะตอมเพิ่มขึ้นหนึ่ง พร้อมปลดปล่อยเบตาลบ ตามสมการ

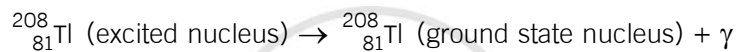


3. อนุภาคเบตาบวก (Positron สัญลักษณ์ ${}^0_{+1}\text{e}$ ตัวย่อ β^+) เป็นอนุภาคที่มีประจุ +e และมีมวล 9.1×10^{-31} กิโลกรัม เป็นอนุภาคที่เกิดจาก โดย ${}^0_{-1}\text{e} + {}^0_{+1}\text{e} \rightarrow 2\gamma$

4. การแตกตัวให้เบตาบวก เกิดจากการที่โปรตอน 1 ตัวในนิวเคลียสเดิมเปลี่ยนสภาพไปเป็นนิวตรอน 1 ตัวในนิวเคลียสใหม่ ทำให้นิวเคลียสใหม่มีเลขอะตอมลดลง 1 แต่เลขมวลคงเดิม พร้อมปลดปล่อยเบตาบวกออกมา ตามสมการ



5. การแตกตัวให้แกมมา เป็นผลพลอยได้จากการแตกตัวให้แอลฟาและเบตา คือ นิวเคลียสที่ได้จากการแตกตัวใหม่ๆ ยังอยู่ในภาวะที่ถูกกระตุ้น เมื่อนิวเคลียสเหล่านี้กลับสู่ภาวะพื้นฐานจะคายพลังงานออกในรูปของรังสีแกมมา เช่น



3. เวลาครึ่งชีวิต (Half Life, T or $T_{\frac{1}{2}}$)

เวลาครึ่งชีวิต คือ เวลาที่สารสลายตัวไปเหลือครึ่งหนึ่งของปริมาณสารเดิม เป็นค่าคงที่สำหรับสารชนิดหนึ่ง ความสัมพันธ์ระหว่าง N_t , N_0 , t และ T

สมมติที่เวลาเริ่มต้นมีสารอยู่ = N_0 เมื่อเวลาผ่านไป จะเหลือปริมาณสารอยู่ N_t ถ้า n = จำนวนครั้งที่สลายตัว จะได้ว่า

$$\text{สลายตัวครั้งที่ 1, } n = 1, t_1 = 1T \text{ จะเหลือจำนวนนิวเคลียส} = \frac{N_0}{2}$$

$$\text{สลายตัวครั้งที่ 2, } n = 2, t_2 = 2T \text{ จะเหลือจำนวนนิวเคลียส} = \frac{N_0}{4}$$

$$\text{สลายตัวครั้งที่ 3, } n = 3, t_3 = 3T \text{ จะเหลือจำนวนนิวเคลียส} = \frac{N_0}{8}$$

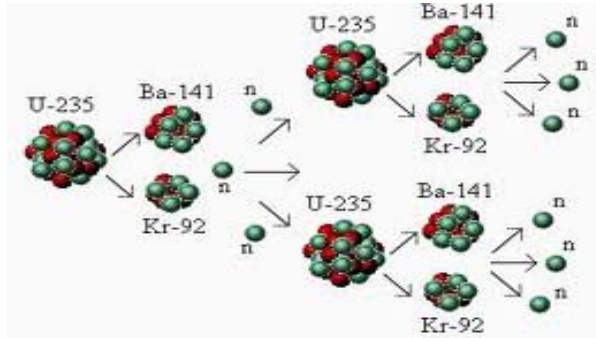
$$\text{สลายตัวครั้งที่ } n, n = n, t_n = nT \text{ จะเหลือจำนวนนิวเคลียส} = \frac{N_0}{2^n}$$

$$t = nT, N_t = \frac{N_0}{2^n} \text{ จะได้ว่า } \frac{N_t}{N_0} = \left[\frac{1}{2}\right]^{t/T}$$

4. ไอโซโทป (Isotope) เป็นธาตุที่มีจำนวนโปรตอนเท่ากันแต่จำนวนนิวตรอนต่างกัน ไอโซโทปของธาตุชนิดเดียวกันจะมีคุณสมบัติทางเคมีเหมือนกัน เพราะมีจำนวนอิเล็กตรอนเท่ากัน แต่มีคุณสมบัติทางฟิสิกส์ต่างกัน เพราะแต่ละไอโซโทปมีมวลไม่เท่ากัน เมื่อให้วิ่งผ่านสนามแม่เหล็กเดียวกันจะมีรัศมีทางวิ่งไม่เท่ากันเนื่องจากนิวเคลียสที่เป็นไอโซโทปกัน เช่น ไฮโดรเจน (${}_1^1\text{H}$), ดิวเทอเรียม (${}_1^2\text{H}$) และทริเทียม (${}_1^3\text{H}$) มีมวลแตกต่างกัน แต่จะมีสมบัติทางเคมีหรือปฏิกิริยาเคมีเหมือนกัน ดังนั้นจึงไม่สามารถวิเคราะห์แยกไอโซโทปได้ด้วยปฏิกิริยาเคมี การจะวิเคราะห์ไอโซโทป (Isotope) ที่มีมวลแตกต่างกัน จึงต้องอาศัยสมบัติทางกายภาพโดยการวิเคราะห์นี้จะใช้อุปกรณ์ที่วัดมวลได้ละเอียดมาก ซึ่งเรียกว่า แมสสเปกโตรมิเตอร์

5. ปฏิกิริยาแบบฟิชชัน (Fission)

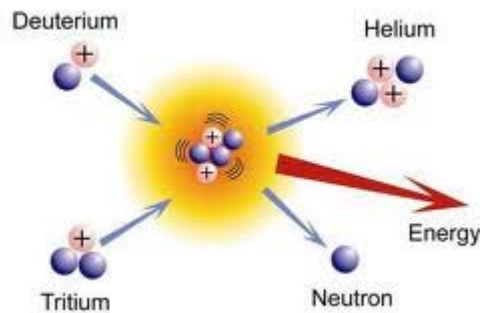
เกิดจากการที่นิวเคลียสขนาดใหญ่แตกออกเป็นนิวเคลียสขนาดเล็กอันเนื่องมาจากการใช้อ่อนุภาคที่มีพลังงานสูงวิ่งเข้าชนนิวเคลียสแล้วได้พลังงานถูกปลดปล่อยออกมา



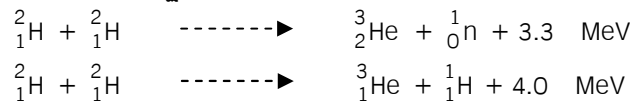
ปฏิกิริยานิวเคลียร์แบบฟิชชันสามารถควบคุมปฏิกิริยาแบบลูกโซ่ได้ โดยใช้เครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ (Nuclear Reactor)

6. ปฏิกิริยาแบบฟิวชัน (Fusion)

ปฏิกิริยานิวเคลียร์แบบฟิวชันเป็นปฏิกิริยาที่เกิดจากการรวมตัวของนิวเคลียสของธาตุเบาเป็นนิวเคลียสของธาตุที่หนักกว่าแต่มีมวลรวมหายไป และได้อนุภาคใหม่เกิดขึ้นด้วย เช่น นิวตรอน โปรตอน และอนุภาคนิวตริโน (Neutrino, ν ซึ่งเป็นอนุภาคที่มีมวลน้อย ไม่มีประจุและมีความเร็วเท่าแสง) พร้อมปลดปล่อยพลังงานออกมา

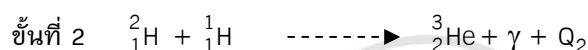
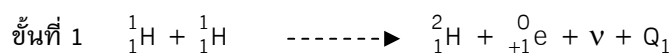


ตัวอย่างของปฏิกิริยานิวเคลียร์แบบฟิวชัน เช่น



ฟิวชันในดาวฤกษ์และดวงอาทิตย์ เชื่อว่าเป็นการหลอมตัวของ ${}^1_1\text{H}$ เป็น ${}^4_2\text{He}$ ด้วยเหตุผล คือ

1. พื้นผิวของดวงอาทิตย์มีอุณหภูมิสูงมากถึง 10^7 เคลวิน ซึ่งอุณหภูมิสูงมากเช่นนี้จะทำให้ธาตุไฮโดรเจนแตกตัวออกเป็นโปรตอน
2. เมื่อตรวจสอบสเปกตรัมจากดวงอาทิตย์ พบว่า เป็นสเปกตรัมของไฮโดรเจน 80% และของฮีเลียม 20%
3. ฟิวชันในดวงอาทิตย์เป็นฟิวชันในปฏิกิริยาแบบลูกโซ่ของโปรตอน-โปรตอน (Proton-Proton chain) เรียงตามลำดับ



39. ในธรรมชาติ ธาตุคาร์บอนมี 3 ไอโซโทป คือ ${}^{12}_6\text{C}$, ${}^{13}_6\text{C}$ และ ${}^{14}_6\text{C}$ ข้อใดต่อไปนี้ถูกต้อง

- 1) แต่ละไอโซโทปมีจำนวนอิเล็กตรอนต่างกัน
- 2) แต่ละไอโซโทปมีจำนวนโปรตอนต่างกัน
- 3) แต่ละไอโซโทปมีจำนวนนิวตรอนต่างกัน
- 4) แต่ละไอโซโทปมีจำนวนโปรตอนเท่ากับจำนวนนิวตรอน
- 5) แต่ละไอโซโทปมีจำนวนอิเล็กตรอนเท่ากับจำนวนนิวตรอน

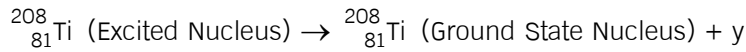
40. อัตราการสลายตัวของกลุ่มนิวเคลียสกัมมันตรังสี A ขึ้นกับอะไร

- 1) อุณหภูมิ
- 2) ความดัน
- 3) ปริมาตร
- 4) จำนวนนิวเคลียสกัมมันตรังสี A ที่มีอยู่
- 5) แสง

41. ข้อความใดต่อไปนี้ถูกต้องเกี่ยวกับรังสีแอลฟา รังสีเบตาและรังสีแกมมา

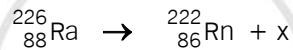
- 1) รังสีแอลฟามีประจุ +4
- 2) รังสีแอลฟามีมวลมากที่สุดและอำนาจทะลุทะลวงผ่านสูงที่สุด
- 3) รังสีเบตามีมวลน้อยที่สุดและอำนาจทะลุทะลวงผ่านต่ำที่สุด
- 4) รังสีแกมมามีอำนาจทะลุทะลวงผ่านสูงที่สุด
- 5) รังสีแกมมาเบี่ยงเบนในสนามไฟฟ้า

42. นิวเคลียสของ Bismuth มีการสลายดังสมการข้างล่าง x และ y คืออะไร ตามลำดับ



- 1) อนุภาคนิวตรอน, รังสีแกมมา
- 2) อนุภาคเบต้า, อนุภาคแอลฟา
- 3) อนุภาคนิวตรอน, อนุภาคเบต้า
- 4) อนุภาคแอลฟา, รังสีแกมมา

43. นิวเคลียสของเรเดียม-226 มีการสลายดังสมการข้างล่าง x คืออะไร



- 1) รังสีแกมมา
- 2) อนุภาคเบตา
- 3) อนุภาคนิวตรอน
- 4) อนุภาคแอลฟา
- 5) โปรตอน

44. กิจกรรมการศึกษาที่เปรียบเทียบการสลายกัมมันตรังสีกับการทอดลูกเต๋านั้น จำนวนลูกเต๋าสีที่ถูกคัดออกเทียบกับได้กับปริมาณใด

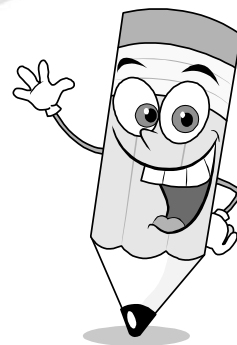
- 1) เวลาครึ่งชีวิต
- 2) จำนวนนิวเคลียสตั้งต้น
- 3) จำนวนนิวเคลียสที่เหลืออยู่
- 4) จำนวนนิวเคลียสที่สลาย
- 5) อัตราการสลายตัวของนิวเคลียส

45. สารกัมมันตรังสีจำนวนหนึ่ง เมื่อทิ้งไว้ 10 ชั่วโมง ปรากฏว่าสลายไป $\frac{15}{16}$ เท่าของของเดิม จงหาเวลาครึ่งชีวิตของสารนี้

- 1) 0.5 ชั่วโมง
- 2) 1.0 ชั่วโมง
- 3) 1.5 ชั่วโมง
- 4) 2.0 ชั่วโมง
- 5) 2.5 ชั่วโมง



NOTE



BRANDS ซัมเมอร์แคมป์ ปีที่ 27



เอกสารประกอบการบรรยาย
วิชา PAT 2

ฟิสิกส์

โดย อ.กอบพันธุ์ อธิพันธุ์จินดา

กลศาสตร์การเคลื่อนที่

1. การเคลื่อนที่แนวเส้นตรง

	ตัวแปร	ความหมาย	ปริมาณ	หน่วย
การกระจัด (Displacement)	$\vec{s}$	เส้นที่ลากจากจุดเริ่มต้นถึงจุดสุดท้าย	Vector	m
ความเร็ว (Velocity)	$\vec{v}$	การกระจัดที่วัตถุเคลื่อนที่ได้ในหนึ่งหน่วยเวลา	Vector	m/s
	$\vec{v}$			
ความเร่ง (Acceleration a)	$\vec{a}$	การเปลี่ยนแปลงความเร็วในหนึ่งวินาที	Vector	m/s ²
เวลา	t	ช่วงระยะเวลา	Scalar	s

⚠ ต้องระวังอย่าสับสนกับระยะทาง - ระยะทาง คือ ระยะรวมที่วัตถุเคลื่อนที่ไปเป็นปริมาณสเกลาร์!!

⚠ ต้องระวังอย่าสับสนระหว่างความเร็วกับอัตราเร็วในการเคลื่อนที่แนวเส้นตรงด้วยความเร็วคงที่

: มีสูตรเดียวคือ $s = vt$

การเคลื่อนที่แนวเส้นตรงด้วยความเร่งคงที่

: มี 4 สูตรหลัก คือ

$$1. v = u + at$$

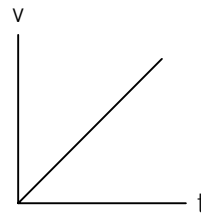
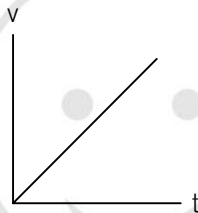
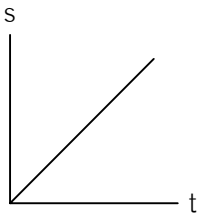
$$2. s = \frac{(u + v)}{2} t$$

$$3. s = ut + \frac{1}{2} at^2$$

$$4. v^2 = u^2 + 2as$$

หมายเหตุ ปริมาณทุกปริมาณในสูตรเป็นเวกเตอร์ทั้งหมด ยกเว้น t ดังนั้นการแทนเครื่องหมายบวกลบนั้นจะต้อง กำหนดให้ทิศ u เป็นหลักคือ บวก ส่วนปริมาณไหนทิศตรงข้าม u ให้มันเป็นลบให้หมด ส่วนการเคลื่อนที่ในแนวตั้งนั้นเพียงแค่เปลี่ยนจาก a เป็น g เท่านั้น

กราฟของการเคลื่อนที่แนวเส้นตรง



พื้นที่ใต้กราฟของกราฟ s, t คือ - พื้นที่ใต้กราฟของกราฟ v, t คือ s พื้นที่ใต้กราฟของกราฟ a, t คือ v
ความชันของกราฟ s, t คือ v ความชันของกราฟ v, t คือ a ความชันของกราฟ a, t คือ -

การปล่อยของออกจากบอลสูง

1. ปล่อยวัตถุตกจากสิ่งใด วัตถุจะมีความเร็วเริ่มต้นเท่ากับสิ่งนั้น ทั้งทิศทางและขนาด
2. เมื่อปล่อยวัตถุแล้ววัตถุจะตกอิสระด้วยความเร่ง g
3. ถ้าโจทย์บอกว่าขว้างวัตถุ ต้องนำความเร็วของวัตถุนั้นรวมกับความเร็วบอลสูงด้วย

การเคลื่อนที่ของวัตถุหลายก้อน

1. เริ่มเคลื่อนที่จากตำแหน่งเดียวกัน เมื่อวิ่งทันกันแสดงว่าระยะทางและการกระจัดเท่ากัน (ถ้าออกไม่พร้อมกัน เวลาจะไม่เท่า)
2. ขว้างของขึ้นจากตำแหน่งเดียวกัน แต่เริ่มขว้างไม่พร้อมกัน เมื่อชนกันได้ แสดงว่า การกระจัดเท่ากัน (ระยะทางไม่เท่า) และก้อนที่เริ่มเคลื่อนที่ก่อนจะใช้เวลามากกว่า
3. วัตถุเคลื่อนที่เข้าหากัน เมื่อชนกันแสดงว่า ระยะทางที่ทั้งสองก้อนเคลื่อนที่รวมกันแล้วเท่ากับระยะห่างตอนแรก

สูตรการหาระยะทางในช่วงเวลา 1 วินาทีใด ๆ

$$S_n = u + \frac{1}{2} a(2n - 1)$$

2. มวล, แรง, และกฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน

กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน มี 3 ข้อ ดังนี้

กฎข้อ 1 “กฎความเฉื่อย” คือวัตถุจะรักษาสภาพนิ่ง หรือสภาพการเคลื่อนที่ด้วยความเร็วที่คงที่เป็นแนวเส้นตรง เมื่อไม่มีแรงมากระทำ

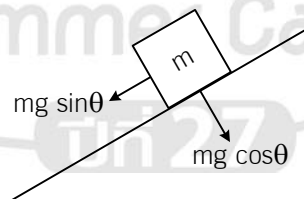
กฎข้อ 2 “ $F = ma$ ” คือเมื่อมีแรงลัพธ์ที่ไม่ใช่ศูนย์มากระทำต่อวัตถุ จะทำให้วัตถุมีความเร่งในทิศเดียวกันกับแรงลัพธ์

กฎข้อ 3 “Action = Reaction” แรงที่มีขนาดเท่ากันแต่ทิศทางตรงกันข้ามเสมอ นำมาหักล้างกันไม่ได้ เพราะกระทำที่วัตถุคนละก้อน

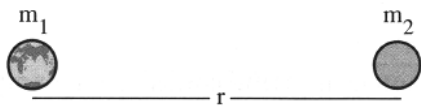
หมายเหตุ แรงคู่ปฏิกิริยาของแรง mg (แรงที่โลกดูดวัตถุ) คือ แรงที่วัตถุดูดโลก ดังนั้นแรงคู่ปฏิกิริยาของแรง mg จะไม่ใช่แรง N (แรงที่พื้นดันวัตถุ) หรือ แรง T (แรงที่เชือกดึงวัตถุ) ตรงนี้โจทย์ชอบออกมาหลอกนะ ouch!!! นะจ๊ะ !!!

การคำนวณนิวตัน

- ใช้ $\Sigma F = ma$ คู่กับ สูตรการเคลื่อนที่ 4 สูตรหลัก
- การคิดคำนวณพยายามคิดระบบก่อนเพื่อหา ความเร่งของระบบ จากนั้นถ้าอยากรู้แรงตรงไหนค่อยแยกคิดทีละส่วน(แรงดึงเชือกเป็นแรงภายในระบบ)
- สนใจสิ่งไหน แรงพุ่งออกจากสิ่งนั้นเสมอ (แต่ถ้าเป็นแรงผลัก สนใจสิ่งไหน แรงพุ่งเข้าสิ่งนั้น)
- ความเร่งไปทางไหนสนใจแรงทางนั้นมากกว่า การตั้งสมการให้อาไว้ข้างหน้า
- แรง N อาจบอกได้หลายแบบ เช่น
 - น้ำหนักที่อ่านได้จากตาชั่งในลิฟท์
 - แรงที่มวลกดลงบนพื้นลิฟท์
 - แรงปฏิกิริยาที่พื้นลิฟท์ทำต่อมวล
 - แรงหรือแรงเฉลี่ยระหว่างมวลกับพื้น
- พื้นเอียงลื่นจะมีการแตกแรงดังนี้



แรงดึงดูดระหว่างมวล



- ◆ ยิ่งมวลมีขนาดใหญ่แรงดึงดูดระหว่างมวลยิ่งเยอะ
- ◆ ยิ่งมวลมีระยะทางใกล้กันมากเท่าไร แรงดึงดูดระหว่างมวลยิ่งเยอะเท่านั้น



พูดง่ายๆ คือ แรงดึงดูดระหว่างมวลแปรผันตรงกับขนาดของมวล และแปรผกผันกับระยะทาง เขียนเป็นสมการได้คือ...

$$F \propto \frac{m_1 m_2}{r^2} \text{ หรือ } F = \frac{G m_1 m_2}{r^2}$$

- ◆ G = ค่าคงที่ความโน้มถ่วง = $6.67 \times 10^{-11} \text{ Nm}^2/\text{kg}^2$
- ◆ m_1 = มวลก้อนที่หนึ่ง (kg)
- ◆ m_2 = มวลก้อนที่สอง (kg)
- ◆ r = ระยะห่างระหว่างวัตถุทั้งสอง

- สูตรหา g ในอวกาศ คือ

$$\frac{g'}{g} = \left[\frac{R}{R+h} \right]^2$$

- สูตรของคาบของการโคจรเกิดจากแรงดึงดูดระหว่างมวลกลายเป็นแรงดึงดูดเข้าสู่ศูนย์กลางได้ว่า

$$\frac{T^2}{R^3} = \frac{4\pi^2}{GM}$$

3. สมดุลกล

สภาวะสมดุล คือ สภาวะที่วัตถุไม่เปลี่ยนแปลงการเคลื่อนที่ หรือ ไม่เปลี่ยนแปลงการหมุน

สมดุลการเคลื่อนที่ → ความเร่ง = 0 m/s^2

$$\therefore \sum F = 0 \text{ N}$$

หลักการคำนวณสมดุลการเคลื่อนที่

1. เลือกระบบ
2. เขียนแรงภายนอก
3. จับผลรวมของแรงเท่ากับศูนย์

สมดุลการหมุนความเร่งเชิงมุม = 0 rad/s^2

$$\therefore \sum M = 0 \text{ N} \cdot \text{m}$$

หลักการคำนวณสมดุลการหมุน

1. เลือกระบบ
2. เขียนแรงภายนอก
3. เลือกจุดหมุน
4. จับผลรวมของโมเมนต์เท่ากับศูนย์

หลักของสมดุลจะมีทั้งหมดคือ

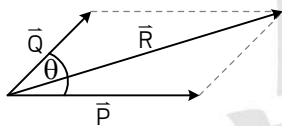
แรงซ้าย = แรงขวา

แรงขึ้น = แรงลง

โมเมนต์ตามเข็มนาฬิกา = โมเมนต์ทวน

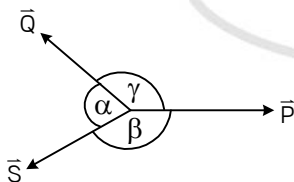
ทฤษฎีสี่เหลี่ยมด้านขนาน

หลักหัวต่อหาง

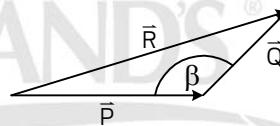


$$R^2 = P^2 + Q^2 - 2PQ \cos \theta$$

ทฤษฎีลามี (LAMI)

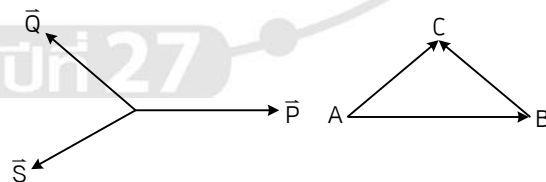


$$\frac{P}{\sin \alpha} = \frac{Q}{\sin \beta} = \frac{S}{\sin \gamma}$$



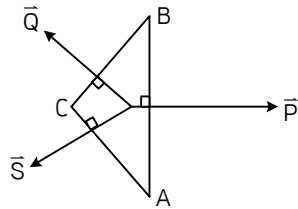
$$R^2 = P^2 + Q^2 + 2PQ \cos \beta$$

Δ แทนแรง



$$\frac{P}{AB} = \frac{Q}{BC} = \frac{S}{CA}$$

Δ ตั้งฉากแรง



$$\frac{P}{AB} = \frac{Q}{BC} = \frac{S}{CA}$$

แรงเสียดทาน

$f = \mu N$ (มีทิศตรงข้ามกับการเคลื่อนที่เท่านั้น ไม่ใช้แรงที่ผลัก)

- แรงเสียดทานสถิต ; เป็นแรงเสียดทานขณะที่วัตถุยังไม่เคลื่อนที่ มีค่าได้หลายค่าคือตั้งแต่ 0 ถึง $\mu_s N$
- แรงเสียดทานจลน์ ; เป็นแรงเสียดทานขณะที่วัตถุเคลื่อนที่แล้ว, มีค่าคงที่ คือ $\mu_k N$

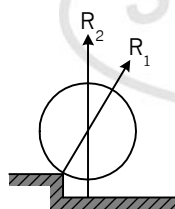
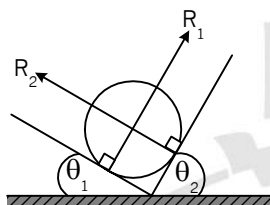
ประเภทของสมดุล

☆ สมดุลต่อการเลื่อน คือ การที่วัตถุอาจนิ่ง หรือเคลื่อนที่เร็วคงที่ในแนวเส้นตรง นั่นก็คือ ไม่มีการเลื่อนด้วยความเร่งนั่นเอง

☆ สมดุลต่อการหมุน คือ การที่วัตถุไม่หมุน หรือ หมุนเร็วคงที่ นั่นก็คือ ไม่มีการหมุนด้วยความเร่งนั่นเอง

☆ ทั้งสองอย่างนี้รวมกันจะเรียกว่า สมดุลสมบูรณ์

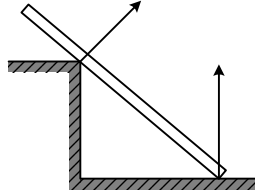
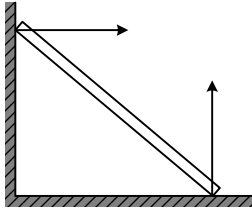
สมดุลของวัตถุทรงกลม



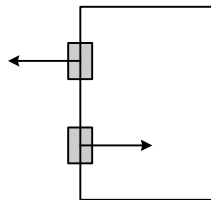
- แรงปฏิกิริยาดังฉากกับผิวทรงกลมจะอยู่ในแนวรัศมีเสมอ (คือผ่านศูนย์กลางทรงกลม) และการคิดโมเมนต์ส่วนใหญ่ เราจะใช้จุดศูนย์กลางวงกลม หรือจุดที่พื้นหรือมุมที่สัมผัสทรงกลมเป็นจุดหมุน

คานพิงฝาและคานพาดฝา

- แรงปฏิกิริยา จะตั้งฉากกับระนาบ พุ่งออกมาจากมุมเสมอ
- การคำนวณโมเมนต์ ควรใช้ปลายล่างเป็นจุดหมุน จะทำให้คิดง่าย



บานพับประตูหรือหน้าต่าง



- แรงปฏิกิริยาที่บานบนจะตั้งเข้า และแรงปฏิกิริยาที่บานล่างจะผลักรอก โดยมีขนาดเท่ากัน
- คัดโมเมนต์ควรใช้บานพับล่างเป็นจุดหมุน

4. งานและพลังงาน

งาน คือ แรงคูณระยะทางตามแนวแรง เป็นปริมาณสเกลาร์ แต่มีบวกลบได้ ขึ้นอยู่กับทิศทางของแรงกับระยะทาง



$$\text{กำลัง ; } P = \frac{W}{t}$$

พลังงาน (Mechanical Energy)

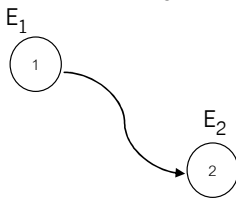
- พลังงานศักย์ คือ $E_p = mgh$
- พลังงานจลน์ คือ $E_k = \frac{1}{2} mv^2$
- พลังงานศักย์ยืดหยุ่น คือ $E_{p_{yy}} = \frac{1}{2} Fs = \frac{1}{2} ks^2$
- แรงสปริง คือ $F_{สปริง} = ks$

กฎการอนุรักษ์พลังงาน (Mechanical Energy)

กฎอนุรักษ์พลังงานมีหลักๆ อยู่ 2 ข้อ คือ

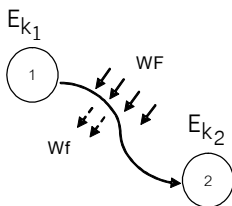
- I. อยู่ดีๆ พลังงานไม่มีการสูญหายหรือเกิดใหม่ได้
- II. แต่ถ้ามีแรงภายนอกมาดึงหรือดันวัตถุ งานที่เกิดจากแรงภายนอกสามารถเปลี่ยนรูปเป็นพลังงานได้

พลังงานไม่มีการสูญหายหรือเกิดใหม่



$$E_1 = E_2$$

งานที่ใส่เข้าไปต้องเปลี่ยนไปเป็นพลังงานเสมอ



$$E_{k2} = E_{k1} + W_{1 \rightarrow 2}$$

การสูบน้ำ + ฉีดน้ำ

$$W_{\text{สูบ+ฉีด}} = mgh + \frac{1}{2}mv^2$$

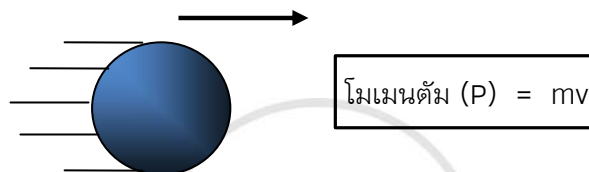
หมายเหตุ ; ถ้าระดับน้ำคงที่ ระยะทางที่คิด จะคิดจากผิวน้ำถึงเครื่องสูบน้ำ แต่ถ้าสูบน้ำแล้วระดับน้ำลดลง ให้ใช้กึ่งกลางน้ำที่สูบน้ำถึงเครื่องสูบน้ำ

เครื่องกล

จะใช้สูตร $W_{\text{เข้า}} = W_{\text{ออก}}$

5. โมเมนตัม

โมเมนตัม คือ ค่าที่ใช้วัดค่าความทะลุทะลวงของวัตถุที่มีความเร็ว (วัตถุมีความพยายามในการเคลื่อนที่ไปเท่าไร) ซึ่งค่าความทะลุทะลวงของวัตถุที่เคลื่อนที่นี้สามารถคำนวณได้จาก...



โมเมนตัม $P = mv$ (เป็นเวกเตอร์ ดังนั้น ต้องคิดทิศทางด้วย)

การชนและการระเบิด มี 3 แบบ ดังนี้

1. การชนแบบยืดหยุ่น ; ไม่มีการสูญเสียพลังงาน

$$\begin{aligned}\Sigma P_{\text{ก่อนชน}} &= \Sigma P_{\text{หลังชน}} \\ \Sigma E_{k\text{ก่อนชน}} &= \Sigma E_{k\text{หลังชน}}\end{aligned}$$

2. การชนแบบไม่ยืดหยุ่น ; มีการสูญเสียพลังงาน

$$\begin{aligned}\Sigma P_{\text{ก่อนชน}} &= \Sigma P_{\text{หลังชน}} \\ \Delta E_{k\text{หายไป}} &= \Sigma E_{k\text{ก่อนชน}} - \Sigma E_{k\text{หลังชน}}\end{aligned}$$

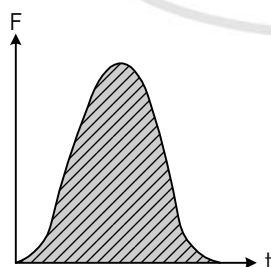
3. การระเบิด, การยิงปืน, การระเบิดสปริง ; จะทำให้พลังงานรวมมากขึ้น

$$\begin{aligned}\Sigma P_{\text{ก่อนชน}} &= \Sigma P_{\text{หลังชน}} \\ \Delta E_{k\text{เพิ่ม}} &= \Sigma E_{k\text{หลังชน}} - \Sigma E_{k\text{ก่อนชน}}\end{aligned}$$

การดล คือ โมเมนตัมที่เปลี่ยนแปลงไป

$$I = Ft = mv - mu$$

ในที่นี้ F คือ แรงดลเฉลี่ย จะหาได้จากสูตรเท่านั้น เพราะส่วนใหญ่ กราฟระหว่าง F กับ t จะเป็นดังนี้



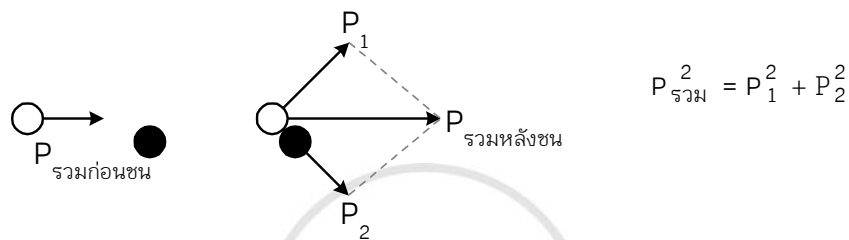
เราจะหา การดล ได้จากพื้นที่ใต้กราฟ F, t แล้ว เอาไปเข้าสูตร

$$I = Ft \text{ ก็จะได้แรงดลเฉลี่ย}$$

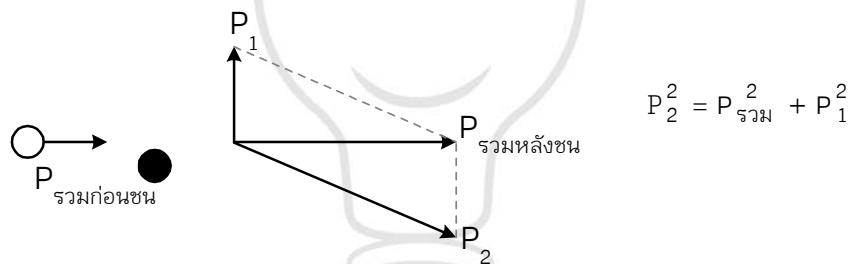
การอนุรักษ์โมเมนตัมใน 2 มิติ

ถ้าเป็นการชน ระเบิด แบบแยกตั้งฉาก จะคิดง่าย ๆ โดยใช้หลักของ โดโมเมนตัมอันไหนทำมุมฉากกันให้ คิดเป็นด้านประกอบมุมฉากเอา มีทั้งหมด 3 แบบคือ

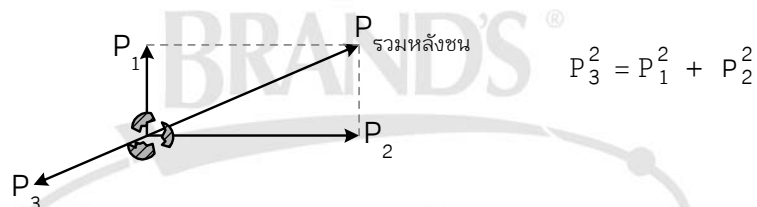
1. วัตถุก้อนแรกเข้าชนก้อนที่สองโดยไม่ผ่านจุดศูนย์กลางมวล



2. วัตถุก้อนใหญ่ระเบิดเป็นก้อนเล็ก 2 ก้อน โดยใช้ก้อนหนึ่งเคลื่อนที่ที่ตั้งฉากกับแนวเดิม



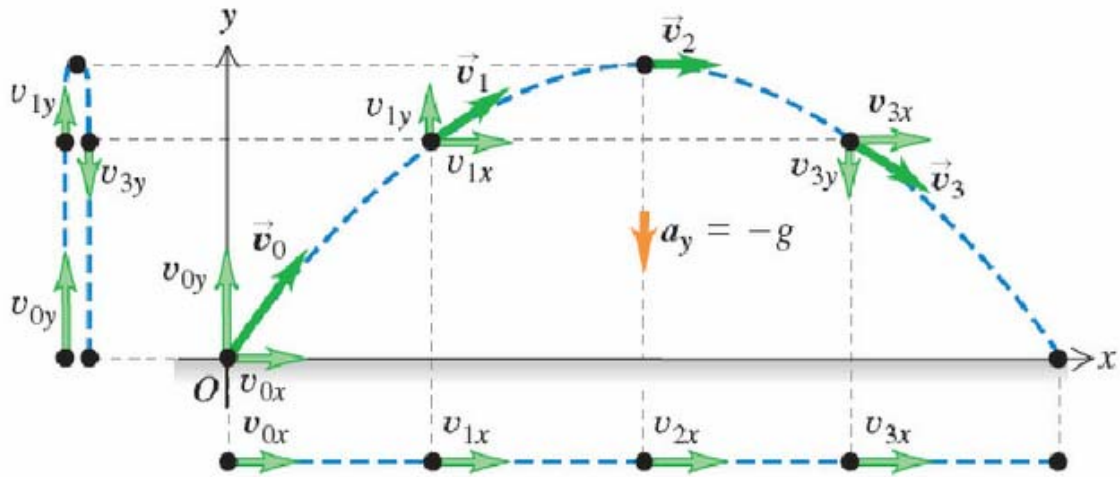
3. ลูกระเบิดอยู่หนึ่งแล้วระเบิดเป็น 3 ก้อน โดย 2 ก้อนแรกเคลื่อนที่ที่ตั้งฉากกัน



***** ถ้าโจทย์บอกว่ามวลก้อนหนึ่งหยุดนิ่ง มีมวลอีกก้อนที่มีค่ามวลเท่ากันวิ่งเข้าชนแบบยืดหยุ่น โดยไม่ผ่านจุดศูนย์กลางมวล จะอ้างได้ว่า แยกกันเป็นมุมฉาก ชัวร์ๆ แต่ถ้าชนแล้ว แยกไม่ตั้งฉากให้แตกคิดแกน x แกน y แล้วอ้างว่าโมเมนตัมรวมคงที่ในแต่ละแกน

6. การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์

คือ การเคลื่อนที่ของวัตถุที่ถูกขว้างออกไปในอากาศ ซึ่งการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์นี้ประกอบไปด้วย การเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรง 2 แนว ได้แก่ ... (1) การเคลื่อนที่แบบเส้นตรงในแนวแกน x ... และ ... (2) การเคลื่อนที่แบบเส้นตรงในแนวแกน y

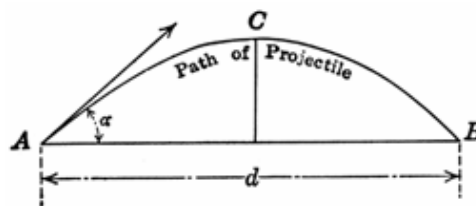


หัวใจของการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ คือ เวลาที่วัตถุใช้ในการเคลื่อนที่ เนื่องจาก... เวลาที่วัตถุใช้ในการเคลื่อนที่ตามแนวแกน y = เวลาที่วัตถุใช้ในการเคลื่อนที่ตามแนวแกน x

การเคลื่อนที่ 2 มิติ ซึ่งมีวิธีการคิดดังนี้

- แนวราบ v คงที่ ใช้สูตร $s = vt$
- แนวตั้ง มีความเร่ง g ใช้ 4 สูตรหลัก

สูตรลดการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ (ใช้ได้กับการขว้างลูกในแนวระดับเท่านั้น)



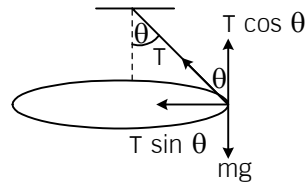
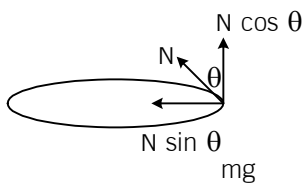
- ◆ เวลาที่วัตถุใช้ในการเคลื่อนที่หาได้จาก

$$\vec{S}_y = \vec{U}_y + \frac{1}{2} \vec{a} t^2 \rightarrow 0 = (U \sin \theta) t + \frac{1}{2} (-g) t^2 \rightarrow \therefore \text{ทั้งหมดที่ใช้ในการเคลื่อนที่} = \frac{2U \sin \theta}{g}$$

- ◆ ระยะทางในแนวแกน x ที่วัตถุเคลื่อนที่ได้หาได้จาก

$$\vec{S}_x = \vec{U}_x t \rightarrow \vec{S}_x = (U \cos \theta) \left(\frac{2U \sin \theta}{g} \right) \rightarrow \vec{S}_x = \left(\frac{U^2 \sin(2\theta)}{g} \right)$$

3. วัตถุผูกเชือกแล้วแกว่งเป็นรูปกรวย หรือ เครื่องบินบินเป็นวงกลมในแนวราบ



แนวตั้ง : สมดุล

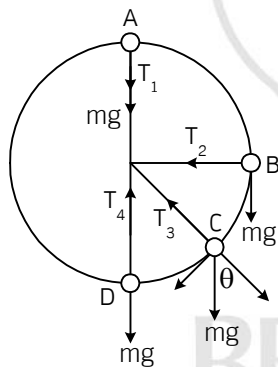
แนวราบ : เป็นแรงที่ทำให้เกิดการเคลื่อนที่วงกลม

$$T \sin \theta = \frac{mv^2}{R} \dots\dots\dots(1)$$

$$T \sin \theta = \frac{mv^2}{R} \dots\dots\dots(2)$$

$$\frac{(2)}{(1)} : \tan \theta = \frac{v^2}{Rg}$$

4. วัตถุผูกเชือกแกว่งในแนวแกนตั้ง (คล้ายลูกตุ้มนาฬิกา)



ให้สังเกต แรงลัพธ์สุดท้ายที่มีทิศทางเข้าสู่ศูนย์กลาง (สนใจน้ำหนักด้วย)

ที่ตำแหน่ง A : $T_1 + mg = \frac{mv^2}{R}$

ที่ตำแหน่ง B : $T_2 = \frac{mv^2}{R}$

ที่ตำแหน่ง C : $T_3 - mg \cos \theta = \frac{mv^2}{R}$

ที่ตำแหน่ง D : $T_4 - mg = \frac{mv^2}{R}$

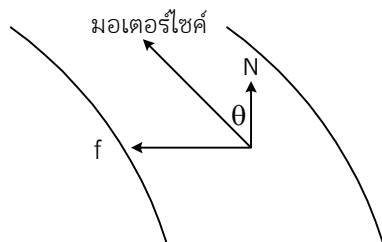
5. รถวิ่งเลี้ยวโค้งบนถนนราบ (วางวัตถุบนโต๊ะหมุน) แรงเสียดทานเป็นแรงสู่ศูนย์กลาง

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

$$\mu mg = \frac{mv^2}{R}$$

$$\mu = \frac{mv^2}{Rg}$$

6. มอเตอร์ไซด์เลี้ยวโค้งหรือรถยนต์เลี้ยวโค้งบนถนนราบ ถ้ามุมที่เอียงตัว



$$\tan \theta = \frac{v^2}{Rg}$$

7. มอเตอร์ไซค์ไต่ถัง

$$\mu = \frac{Rg}{v^2}$$

8. ถ้าเคลื่อนที่เป็นวงกลมได้พอดี (พอดีครบรอบ)

$$\begin{aligned} v_{uu} &= \sqrt{gr} \\ v_{\text{ล่าง}} &= \sqrt{5gr} \\ H &= 2.5r \end{aligned}$$

9. ผลต่างแรงดึงเชือกตำแหน่งบนสุดและต่ำสุด

- ถ้าแกว่ง V คงที่ $T_{\text{ล่าง}} - T_{\text{บน}} = 2mg$
- ถ้าแกว่ง V ไม่คงที่ $T_{\text{ล่าง}} - T_{\text{บน}} = 6mg$

7. การเคลื่อนที่แบบหมุน

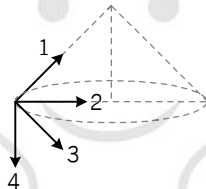
- ▲ การกระจัด ; θ เรเดียน
- ▲ ความเร็ว ; $\omega = \frac{\Delta\theta}{\Delta t}$ เรเดียน/วินาที
- ▲ ความเร่ง ; $\alpha = \frac{\Delta\omega}{\Delta t}$ เรเดียน/วินาที²
- ▲ สมการการเคลื่อนที่ ;
$$\begin{aligned} \omega_2 &= \omega_1 + \alpha t \\ \theta &= \left(\frac{\omega_2 + \omega_1}{2} \right) t \\ \theta &= \omega_1 t + \frac{1}{2} \alpha t^2 \\ \omega_2^2 &= \omega_1^2 + 2\alpha\theta \end{aligned}$$
- ▲ โมเมนต์ความเฉื่อย ; $I = \sum mr^2$
- ▲ ปริมาณที่ทำให้เกิดการเคลื่อนที่ ; $\Sigma \tau = I\alpha$
- ▲ โมเมนตัม ; $L = I\omega$
- ▲ พลังงานจลน์ ; $E_{k\text{หมุน}} = I\omega^2$
- ▲ เชิงเส้น = เชิงมุม X R

แนวข้อสอบ

1. ออกแรงบีบวัตถุมวล m จำนวนหลายชิ้นเข้าด้วยกันแล้วยกขึ้น ถ้าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานสถิตระหว่างวัตถุแต่ละชิ้นเท่ากับ 0.2 และให้แรงเสียดทานระหว่างนี้กับวัตถุมีค่าสูงมาก จงหาจำนวนชิ้นมวลมากที่สุดที่สามารถยกได้ด้วยแรงบีบ $F = 3mg$



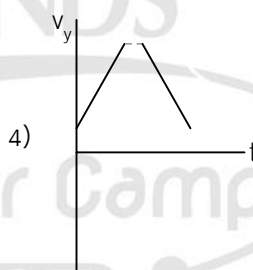
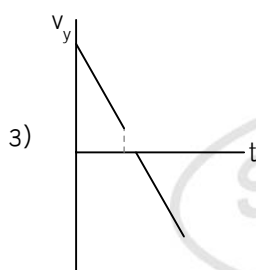
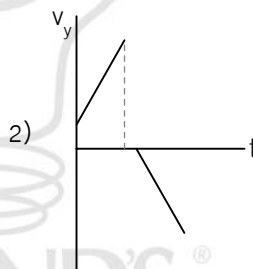
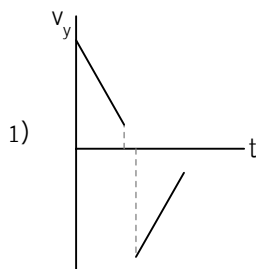
- 1) 3
 - 2) 4
 - 3) 5
 - 4) 6
2. วัตถุถูกไว้ด้วยเชือกและกำลังเคลื่อนที่เป็นวงกลมด้วยอัตราความเร็วคงตัวดังรูป



ทิศของความเร่งลัพธ์อยู่ในทิศตามหมายเลขใด

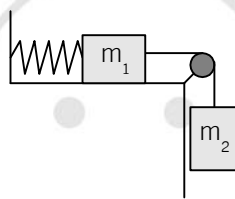
- 1) 1
 - 2) 2
 - 3) 3
 - 4) 4
3. วางสปริงบนพื้นราบโดยปลายด้านหนึ่งยึดไว้กับผนัง ปลายอีกด้านหนึ่งมีมวล 0.5 กิโลกรัมติดไว้และสปริงถูกดึงยืดออก 10 เซนติเมตรจากสมดุลทำให้สปริงมีพลังงานศักย์ยืดหยุ่น 100 จูล ถ้าแรงเสียดทานระหว่างมวลกับพื้นเท่ากับ 100 นิวตัน จงหาว่าหลังจากปล่อยมือ สปริงจะถูกอัดเข้าไปจากตำแหน่งสมดุลเป็นระยะกี่เซนติเมตร
- 1) 8.0
 - 2) 8.5
 - 3) 9.0
 - 4) 9.5
4. จรวดเด็กเล่นมวล 0.5 กิโลกรัม เมื่อจุดระเบิดด้วยดินปืนจะเกิดแรงคงตัวขนาด 20 นิวตันกระทำต่อจรวดเป็นเวลา 2 วินาที ถ้าจรวดนี้อยู่ในแนวระดับ ขนาดความเร็วของจรวดหลังจากจุดระเบิดเป็นกี่เมตรต่อวินาที ถ้าถือว่ามวลของดินปืนน้อยมาก เมื่อเทียบกับมวลจรวด และไม่คิดแรงต้านของอากาศ
- 1) 19.6
 - 2) 28.0
 - 3) 80.0
 - 4) 82.4

5. มอเตอร์กำลัง 50 วัตต์ ต่อกับจุดศูนย์กลางของจานโลหะมวล 10 กิโลกรัม รัศมี 20 เซนติเมตร สามารถหมุนจานจากสภาพหยุดนิ่งจนมีอัตราเร็วการหมุน 300 รอบต่อนาทีได้ภายในเวลาประมาณกี่วินาที
- 1) 1
 - 2) 2
 - 3) 3
 - 4) 4
6. เตะลูกบอลขึ้นจากพื้นโดยมีเส้นทางการเคลื่อนที่เป็นเส้นโค้งพาราโบลา ณ ตำแหน่งใดที่ความเร็วของลูกบอลมีทิศตั้งฉากกับความเร่งของลูกบอล
- 1) ทุกๆ ตำแหน่งของการเคลื่อนที่
 - 2) ตำแหน่งสูงสุดของการเคลื่อนที่
 - 3) ตำแหน่งที่ลูกบอลกระทบพื้น
 - 4) ไม่มีตำแหน่งดังกล่าว
7. กราฟระหว่างความเร็วในแนวดิ่งกับเวลาในข้อใดที่สอดคล้องกับการที่ลูกบอลถูกโยนขึ้นไปในแนวดิ่งแล้วถูกจับไว้ชั่วขณะหนึ่งโดยที่ลูกบอลยังขึ้นไปไม่ถึงตำแหน่งสูงสุดจากนั้นจึงถูกขว้างออกไปในแนวระดับ



8. หากพิจารณารถยนต์ทั้งคันรวมทั้งล้อรถเป็นระบบเดียวกัน แรงใดต่อไปนี้ที่ทำให้ระบบรถยนต์นี้เคลื่อนที่ด้วยความเร่ง (ไม่ต้องพิจารณาแรงต้านอากาศ)
- 1) แรงจากเพลาล้อ
 - 2) แรงจากน้ำมันเชื้อเพลิง
 - 3) แรงเสียดทานระหว่างล้อกับพื้นถนน
 - 4) ถูกทุกข้อ

9. ถ้าแรงต้านอากาศที่กระทำกับรถที่เคลื่อนที่มีค่าแปรผันตามอัตราเร็วของรถยกกำลังสองและอัตราเร็วสูงสุดของรถก็ถูกจำกัดด้วยแรงต้านอากาศ ถ้ากำลังของรถคันนี้เพิ่มขึ้นร้อยละ 50 อัตราเร็วสูงสุดของรถจะเพิ่มขึ้นประมาณร้อยละเท่าใด
- 15
 - 2.20
 - 3.30
 - 4.50
10. วัตถุมวล m_1 อยู่บนพื้นราบลื่นและติดอยู่ที่ปลายสปริงที่มีค่าคงที่สปริง k วัตถุ อีกก้อนหนึ่งมวล m_2 ด้วยเชือกเบาที่คล้องผ่านรอกเบาแล้วนำไปผูกติดกับมวล m_1 ดังรูป



เริ่มต้นสปริงไม่ยืดไม่หดและใช้มือจับมวล m_2 เอาไว้ เมื่อปล่อยมือให้ระบบนี้สั่น มวล m_2 จะสั่นขึ้นลงรอบจุดสมดุล จุดสมดุลนี้อยู่ต่ำกว่าตำแหน่งของ m_2 ก่อนปล่อยมือเท่าใด

- $\frac{m_1 g}{k}$
 - $\frac{m_2 g}{k}$
 - $\frac{(m_1 + m_2)g}{k}$
 - $\frac{(m_2 - m_1)g}{k}$
11. วัตถุ A และวัตถุ B เหมือนกันทุกประการถูกยิงขึ้นจากตำแหน่งเดียวกันขนาดความเร็วที่เท่ากันแต่ทำมุมกับแนวระดับต่างกัน โดยยิงวัตถุ A เที่ยงทำมุม 30 องศา กับแนวระดับในขณะที่ยิงวัตถุ B เที่ยงทำมุม 60 องศา ข้อใดต่อไปนี้เป็นข้อที่ต้องเมื่อวัตถุทั้งสองตกลงมายังระดับที่ยิงอีกครั้งหนึ่ง (ไม่ต้องคิดแรงต้านอากาศ)
- วัตถุทั้งสองมีการตกลงและอัตราเร็วเท่ากัน
 - วัตถุ A มีการตกลงมากกว่าวัตถุ B
 - วัตถุ B มีการตกลงมากกว่าวัตถุ A
 - วัตถุทั้งสองมีการตกลงและความเร็วเท่ากัน
12. วัตถุก้อนหนึ่งเคลื่อนที่เป็นวงกลมอย่างสม่ำเสมอในแนวระดับโดยรัศมีเท่ากับ 4 เมตร ถ้าวัตถุนี้มีพลังงานจลน์คงที่ 100 จูล ขนาดของแรงสู่ศูนย์กลางที่กระทำต่อวัตถุก้อนนี้เป็นกี่นิวตัน
- 25
 - 50
 - 75
 - 100

Note



คลื่น แสง และเสียง

1. คลื่น

การหักเหของคลื่น

การหักเหจะเกิดขึ้นเมื่อคลื่นเคลื่อนที่ผ่านตัวกลางต่างชนิดกัน...

เพราะในตัวกลางที่ต่างกันคลื่นจะมีความเร็วต่างกันแต่ความถี่เท่าเดิม ดังนั้นเราจะได้ Snell's law

$$\frac{n_2}{n_1} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} \leftarrow \text{กฎของ Snell}$$

ดัชนีหักเห คือ ค่าที่บอกว่าคลื่นเคลื่อนที่ในตัวกลางได้ยากหรือง่าย... n มาก เคลื่อนที่ได้ยาก n น้อยเคลื่อนที่ได้ง่าย

หมายเหตุ : เวลาคลื่นน้ำเดินทางจากน้ำลึกไปสู่น้ำตื้นคลื่นจะเกิดการหักเหเช่นกัน เนื่องจากคลื่นเดินทางในน้ำลึกได้ดีกว่าในน้ำตื้น ดังนั้นในน้ำลึกค่าดัชนีหักเหจะมีค่าน้อยกว่าค่าดัชนีหักเหในน้ำตื้น ...ในน้ำลึกความยาวคลื่นจะยาวกว่าความยาวคลื่นในน้ำตื้นเนื่องจากคลื่นน้ำเคลื่อนที่ในน้ำลึกได้เร็วกว่าในน้ำตื้นหรือจำง่ายๆ ว่า ยิ่งลึกยิ่งยาวยิ่งเร็ว

การหักเหจะเกิดขึ้นเมื่อคลื่นเคลื่อนที่ผ่านตัวกลางต่างชนิดกัน....

เพราะในตัวกลางที่ต่างกันคลื่นจะมีความเร็วต่างกันแต่ความถี่เท่าเดิม ดังนั้นเราจะได้ Snell's law

$$\frac{n_2}{n_1} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} \leftarrow \text{กฎของ Snell}$$

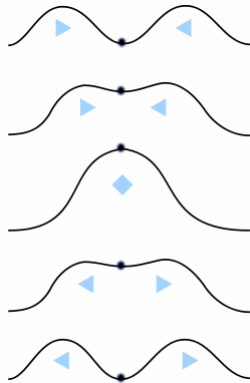
หมายเหตุ

θ วัดได้จาก

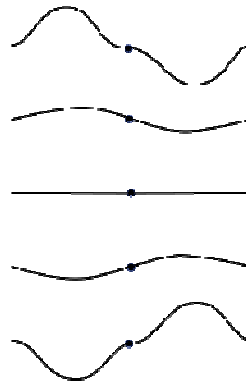
1. ทิศทางการเคลื่อนที่ของคลื่นทำเส้นแนวฉาก
2. หน้าคลื่นทำกับแนวรอยต่อตัวกลาง

การแทรกสอด (Interference)

การแทรกสอดเกิดจากคลื่น 2 คลื่นหรือมากกว่า 2 คลื่นเคลื่อนที่มาเจอกัน เมื่อคลื่น 2 อันเคลื่อนที่มาเจอกัน การกระจัดของอนุภาคของคลื่นลัพธ์ มีค่าเท่ากับผลบวกของการกระจัดของอนุภาคของคลื่น 2 ขบวนรวมกัน และหลังจากที่คลื่นเคลื่อนผ่านพ้นกันไปแล้วคลื่นแต่ละอันก็ยังมีรูปร่างและขนาดเหมือนเดิม



การแทรกสอดแบบเสริม
(Antinode)



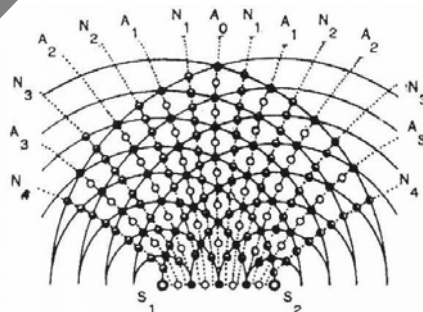
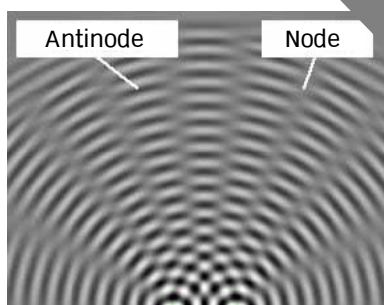
การแทรกสอดแบบหักล้าง
(Node)

การแทรกสอดของแหล่งกำเนิดคลื่นอาพันธ์

คือ แหล่งกำเนิดคลื่นสองแหล่งที่ให้คลื่นที่มีความเร็ว ความถี่ และความยาวคลื่นที่เท่ากัน

แหล่งกำเนิดคลื่นอาพันธ์

ผลลัพธ์ของการแทรกสอดจากแหล่งกำเนิดคลื่นอาพันธ์



จากรูปจะเห็นว่าผลลัพธ์การแทรกสอดที่เกิดจากแหล่งกำเนิดคลื่นอาพันธ์ 2 แหล่งจะมีรูปแบบที่ตายตัว....

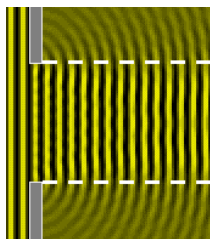
ดังนั้นการคำนวณเรื่องการแทรกสอดจะมุ่งเน้นไปที่การดูว่าจุดๆ หนึ่ง (จุด P) ที่จัมขึ้นมาเป็นจุดที่เกิดการแทรกสอดแบบหักล้าง (Node) หรือ การแทรกสอดแบบเสริม (Antinode) โดยถ้าแหล่งกำเนิดคลื่นอาพันธ์ S_1 และ S_2 มีเฟสตรงกัน...

- ถ้าจุด P มีการแทรกสอดแบบเสริม $S_1P - S_2P = n\lambda$
- ถ้าจุด P มีการแทรกสอดแบบหักล้าง $S_1P - S_2P = \left(n - \frac{1}{2}\right)\lambda$

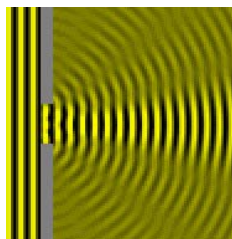
การเลี้ยวเบนและหลักของฮอยเกนส์

การเลี้ยวเบน คือ ปรากฏการณ์ที่คลื่นเลี้ยวเบนเมื่อคลื่นเคลื่อนที่ผ่านช่อง (Slit) เล็กๆ ช่องหนึ่ง...ซึ่งปรากฏการณ์เลี้ยวเบนที่เกิดขึ้นสามารถอธิบายได้ด้วยสมมติฐานของฮอยเกนส์ คือ เวลาคลื่นเคลื่อนที่จากจุดหนึ่งไปยังจุดหนึ่ง...หน้าคลื่นใหม่ที่เกิดขึ้นจะเกิดจากหน้าคลื่นอันเก่าโดยยึดหลักใหญ่ๆ 2 ข้อ คือ...

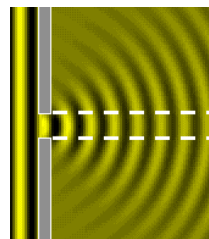
- ❖ จุดทุกจุดบนหน้าคลื่นให้สมมติว่าเป็นแหล่งกำเนิดคลื่นอันใหม่
- ❖ หน้าคลื่นใหม่ที่เกิดขึ้นเกิดจากการรวมกันของคลื่นที่มาจากแหล่งกำเนิดในข้อ 1



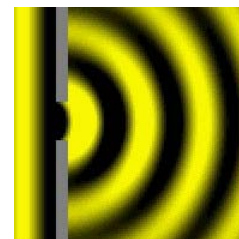
$d \gg \lambda$



$d > \lambda$



$d \sim \lambda$

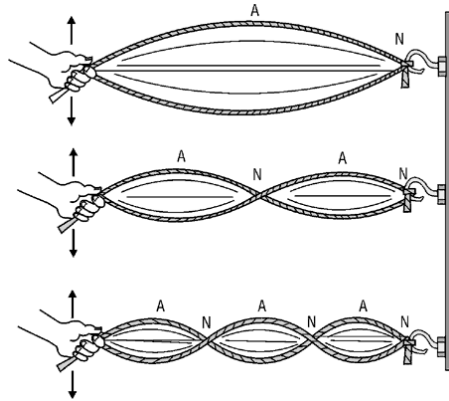


$d < \lambda$



คลื่นนิ่ง

คือ ผลที่เกิดจากการสะท้อนกลับไปกลับมาของคลื่นในตัวกลางหนึ่งตามธรรมชาติ ที่มีรูปลักษณะเหมือนอยู่กับที่ เช่น คลื่นที่สะท้อนกลับไปกลับมาในเส้นเชือกที่เราจะมาทำการวิเคราะห์กันในขั้นนี้



จากรูปน้องจะเห็นได้ว่า.... การสะท้อนที่ทำให้เกิดคลื่นนิ่งในเส้นเชือกโดยธรรมชาติ มีได้หลายรูปแบบ (หลายความยาวคลื่น) อย่างไรก็ตามทุกรูปแบบ “ความยาวของเส้นเชือกจะต้องมีค่าเป็นจำนวนเต็มครึ่งของความยาวคลื่น...” พุดง่ายๆ คือ...

$$L = 1\left(\frac{\lambda}{2}\right), L = 2\left(\frac{\lambda}{2}\right), L = 3\left(\frac{\lambda}{2}\right), L = 4\left(\frac{\lambda}{2}\right), \dots$$
$$\text{หรือ } \lambda = \frac{2}{1}L, \frac{2}{2}L, \frac{2}{3}L, \frac{2}{4}L, \dots$$

จากความเข้าใจตรงนี้จะทำให้เราสามารถคำนวณหาความถี่ของคลื่นในเส้นเชือกที่ทำให้เกิดคลื่นนิ่งได้จาก...

$$f = \frac{v}{\lambda} \text{ โดยที่}$$

f = ความถี่ที่ทำให้เกิดคลื่นนิ่ง

v = ความเร็วคลื่นในเส้นเชือก

$$\lambda = \text{ความยาวคลื่นที่ทำให้เกิดคลื่นนิ่งในเส้นเชือก} = \frac{2}{1}L, \frac{2}{2}L, \frac{2}{3}L, \frac{2}{4}L, \dots$$

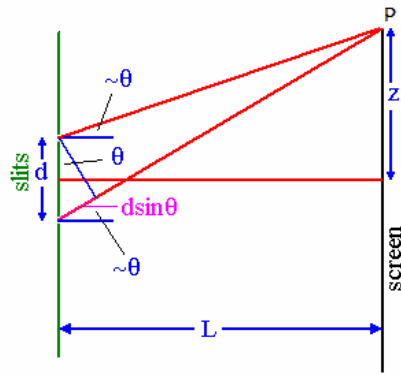
การหาความเร็วคลื่นในเส้นเชือก;

$$v = f\lambda = \sqrt{\frac{T}{\mu}}$$

2. แสง

สำหรับหัวข้อที่ออกข้อสอบมากในเรื่องแสงมีอยู่ 3 ประเด็นหลักๆ ได้แก่ การแทรกสอดของแสงผ่าน Slit คู่, การเลี้ยวเบนของแสงผ่าน Slit เดี่ยว และทัศนูปกรณ์

- แสงเดินทางผ่าน Slit คู่ → ใช้หลักการแทรกสอด



- ถ้าจุด P เป็นจุดที่เกิดการแทรกสอดแบบเสริม

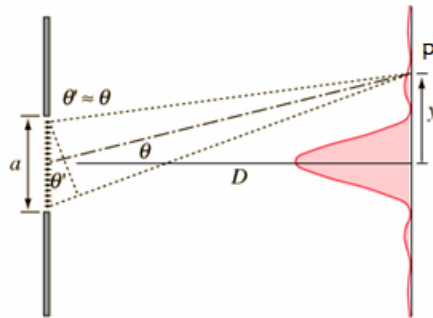
$$|S_1P - S_2P| = n\lambda$$
- ถ้าจุด P เป็นจุดที่เกิดการแทรกสอดแบบหักล้าง

$$|S_1P - S_2P| = (n - 0.5)\lambda$$

โดย $|S_1P - S_2P| = d \sin \theta$

ซึ่งค่า d หาได้จากความยาวของ Slit ทั้งแผ่น (L) หารด้วยจำนวนช่อง Slit
 ในกรณีที่ θ มีขนาดเล็ก $\sin \theta \approx \tan \theta = z/L$

- แสงเดินทางผ่าน Slit เดี่ยว → ใช้หลักการเลี้ยวเบน



- ถ้าจุด P เป็นจุดที่มีการแทรกสอดแบบหักล้าง

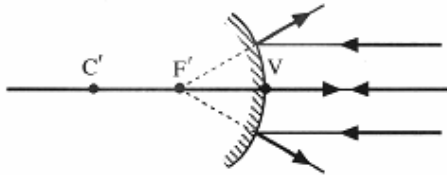
$$|S_1P - S_2P| = n\lambda$$

โดย $|S_1P - S_2P| = d \sin \theta$

ในกรณีที่ θ มีขนาดเล็ก $\sin \theta \approx \tan \theta = y/D$

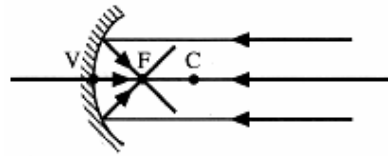
กระจกและเลนส์

กระจกนูน คือ กระจกที่หน้ากระจกโค้งออก



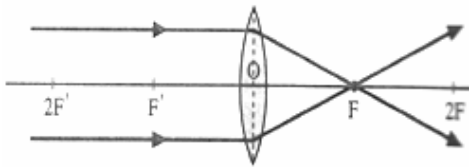
ทำหน้าที่ในการกระจายแสง

กระจกเว้า คือ กระจกที่หน้ากระจกโค้งเข้า



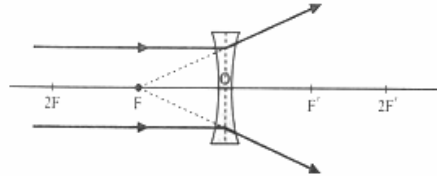
ทำหน้าที่ในการรวมแสง

เลนส์นูน คือ เลนส์ที่ตรงกลางเลนส์อ้วนกว่าหัวท้าย และจากกฎการหักเหของแสง เราจะพบว่าเลนส์นูน ทำหน้าที่ในการรวมแสง



ทำหน้าที่ในการรวมแสง

เลนส์เว้า คือ เลนส์ที่ตรงกลางเลนส์ผอมกว่าหัวท้าย และจากกฎการหักเหของแสง เราจะพบว่าเลนส์เว้าทำหน้าที่ในการกระจายแสง



ทำหน้าที่ในการกระจายแสง

การคำนวณเรื่องเลนส์และกระจก

พระเอก 3 กลอ ในเรื่องการคำนวณกระจกโค้ง

1. ระยะโฟกัส (f) คือ ระยะห่างระหว่างจุดโฟกัสกับกระจกหรือเลนส์
2. ระยะวัตถุ (s) คือ ระยะห่างระหว่างวัตถุกับกระจกหรือเลนส์
3. ระยะภาพ (S') คือ ระยะห่างระหว่างภาพกับกระจกหรือเลนส์

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{S} + \frac{1}{S'}$$

$$m = \frac{S'}{S} = \frac{(S' - F)}{F} = \frac{F}{(S - F)}$$

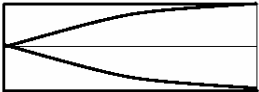
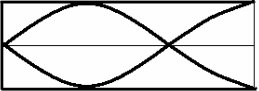
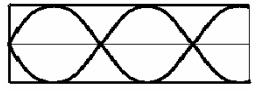
ข้อควรระวัง → สำหรับสูตรไม่ยาก แต่การใช้สูตรต้องระวังเรื่องของเครื่องหมายครับ

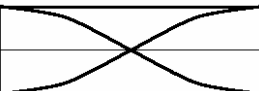
		
F = ระยะโฟกัส	กระจกเว้า, เลนส์นูน	กระจกนูน, เลนส์เว้า
S = ระยะวัตถุ	วัตถุหน้ากระจก / เลนส์	วัตถุหลังกระจก / เลนส์ (ในกรณี Compound Lens)
S' = ระยะภาพ	ภาพจริง	ภาพเสมือน

3. เสียง

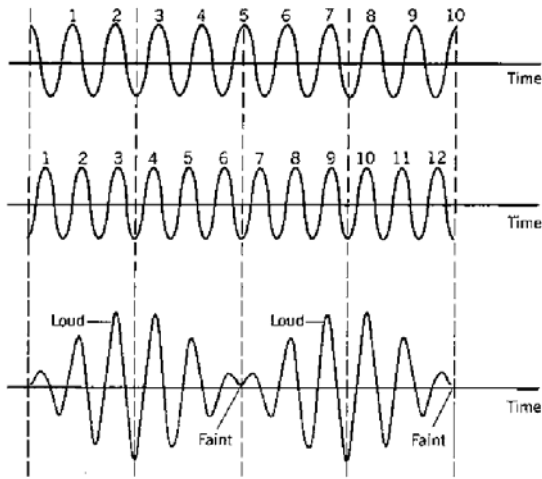
การสั่นพ้องของเสียง

หมายถึง การสั่นที่พ้องตรงกับความถี่ของธรรมชาติ ซึ่งความถี่ธรรมชาติสามารถหาได้จากสูตร... $f = v/\lambda$ โดยที่ความเร็วของคลื่นเสียงโจทย์ต้องให้เรามา ในขณะที่ λ หาจากรูปแบบของการเกิดคลื่นนิ่งในท่อปลายปิดและปลายเปิด

ภาพการสะท้อนในท่อปลายปิดโดยธรรมชาติ	ความถี่ธรรมชาติ
	$F = v/\lambda \rightarrow \text{จากรูป } L = \lambda/4 \rightarrow$ $\therefore f = v/(4L)$
	$F = v/\lambda \rightarrow \text{จากรูป } L = 3\lambda/4 \rightarrow$ $\therefore f = 3v/(4L)$
	$F = v/\lambda \rightarrow \text{จากรูป } L = 5\lambda/4 \rightarrow$ $\therefore f = 5v/(4L)$

ภาพการสะท้อนในท่อปลายเปิดโดยธรรมชาติ	ความถี่ธรรมชาติ
	$f = v/\lambda \rightarrow \text{จากรูป } L = \lambda/2 \rightarrow$ $\therefore f = v/(2L)$
	$f = v/\lambda \rightarrow \text{จากรูป } L = 2\lambda/2 \rightarrow$ $\therefore f = 2v/(2L)$
	$f = v/\lambda \rightarrow \text{จากรูป } L = 3\lambda/2 \rightarrow$ $\therefore f = 3v/(2L)$

การเกิดบีตส์ (Beats)



$$f_{\text{beats}} = |f_1 - f_2|$$

$$f_{\text{sound}} = \frac{f_1 + f_2}{2}$$

ความดังหรือความเข้มของเสียง (Sound Intensity)

ความเข้มของเสียง คือ ความเข้มข้น หรือ ความดังของเสียง ณ จุดๆ หนึ่ง จุดที่มีความเข้มมากเสียงก็จะดังมาก ณ จุดที่มีความเข้มน้อยเสียงก็จะดังน้อย สามารถหาได้จาก

$$\text{ความเข้มเสียง (I)} = \frac{P}{A} = \frac{P}{4\pi R^2}$$

I ความเข้มเสียง มีหน่วยเป็น W/m^2

P กำลังเสียง มีหน่วยเป็น Watt

A พื้นที่หน้าตัด มีหน่วยเป็น m^2

R ระยะห่างระหว่างแหล่งกำเนิดกับจุดที่วัดความดัง

Summer Camp

ปีที่ 27

หมายเหตุ ถ้าเสียงเบามากๆ ความเข้มของเสียงนั้นจะมีค่าเท่ากับ 10^{-12} W/m^2
 ถ้าเสียงดังมากๆ ความเข้มของเสียงนั้นจะมีค่าเท่ากับ $10^0 = 1 \text{ W/m}^2$

ดังนั้นในการวัดค่าความดังของเสียงเราสามารถหาได้จากการเอา I มาเปรียบเทียบกับ $I_{\text{เบา}}$ เนื่องจากตัวเลขนี้มีมันดูไม่สวยงามสำหรับนักวิทยาศาสตร์ดังนั้นเค้าจึงคิดหน่วยใหม่ให้ตัวเลขสวยงามขึ้นนั่นก็คือหน่วยเบล

$$\beta = \log\left(\frac{I}{I_{\text{เบา}}}\right)$$

β = ระดับความดังของเสียง
 I = ความเข้มเสียง
 $I_{\text{เบา}}$ = ความเข้มเสียงที่เบาที่สุดที่เราได้ยิน

ผลต่างระดับความเข้มเสียง

$$\beta_1 - \beta_2 = 10 \log \frac{I_1}{I_2}$$

$$\beta_1 - \beta_2 = 20 \log \frac{R_2}{R_1}$$

ความเร็วเสียงเมื่ออุณหภูมิสูง

$$\frac{v_1}{v_2} = \sqrt{\frac{T_1}{T_2}} \text{ (K) (ถ้าไม่เกิน } 45^\circ\text{C ใช้สูตรลัดได้ คือ } v_t = 331 + 0.6t(^{\circ}\text{C}))$$

สรุปการคำนวณ Doppler's Effect

เป็นปรากฏการณ์ที่ผู้ฟังได้ยินเสียงมีความถี่เปลี่ยนไปจากความถี่เดิม (ความถี่ที่แหล่งกำเนิดเสียงปล่อยออกมา) เนื่องจาก หรือคนฟังเคลื่อนที่เข้าหา/ออกจากแหล่งกำเนิด แหล่งกำเนิดเสียงเคลื่อนที่เข้าหา/ออกจากคนฟัง

- ผู้ฟังจะเคลื่อนที่หรือไม่เคลื่อนที่ ก็ไม่มีผลต่อความยาวคลื่นเสียง

- เมื่อแหล่งกำเนิดเคลื่อนที่ λ หน้ารถจะสั้นลง $\lambda_{\text{หน้ารถ}} = \frac{u - v_s}{f_0}$

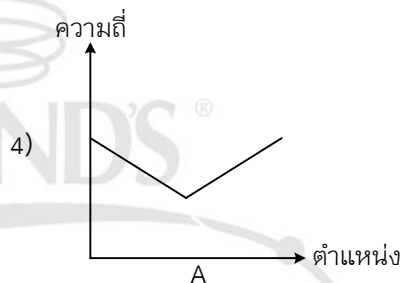
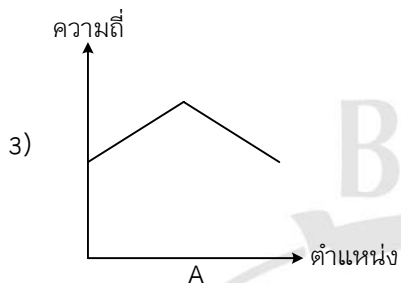
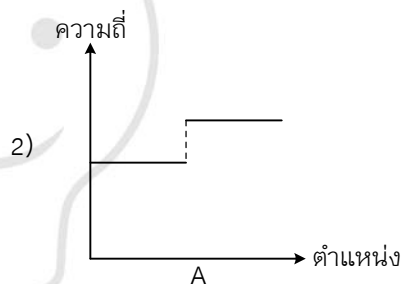
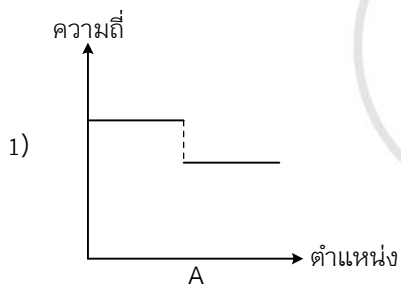
- λ หลังรถจะยาวขึ้น $\lambda_{\text{หลังรถ}} = \frac{u + v_s}{f_0}$

- ถ้าถามความถี่เสียงปรากฏต่อผู้ฟัง f ปรากฏ $= f \left(\frac{u - v_L}{u - v_s} \right)$ โดยคิดเวกเตอร์ด้วยโดยให้ลากเวกเตอร์

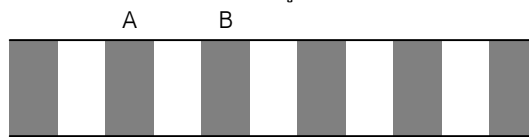
จาก S ไป L เป็นบวก ความเร็วใดมีทิศตรงข้ามกับเวกเตอร์นี้ต้องเป็นลบ

แนวข้อสอบ

1. นักเรียนคนหนึ่งสังเกตเห็นคลื่นน้ำเคลื่อนที่โดยมีคาบเท่ากับ 2 วินาที และพบว่าคลื่นแต่ละลูกเคลื่อนที่ผ่านเสาสองต้นซึ่งอยู่ห่างกัน 45 เมตรในเวลา 25 วินาที ความยาวคลื่นของคลื่นน้ำที่สังเกตเห็นเป็นกี่เมตร
 - 1) 0.3
 - 2) 0.9
 - 3) 1.1
 - 4) 3.6
2. ผู้สังเกตคนหนึ่งเริ่มเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่เข้าหาแหล่งกำเนิดเสียงความถี่คงที่ค่าหนึ่งซึ่งอยู่นิ่ง แล้วผ่านไป กราฟในข้อใดแสดงถึงความถี่ของเสียงที่ผู้สังเกตวัดได้ ถ้า A คือตำแหน่งที่ตั้งของแหล่งกำเนิดเสียง



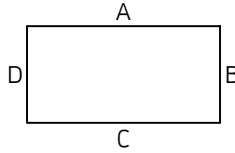
3. ผลการทดลองการแทรกสอดของแสงจากช่องแคบคู่เป็นดังนี้



- ถ้าพบว่า ความต่างระยะทาง (path difference) ของระยะทางจากช่องแคบที่หนึ่ง (S_1) ไปยังกึ่งกลางของแถบมืด A และ ระยะทางจากช่องแคบที่สอง (S_2) ไปยังกึ่งกลางของแถบมืด A มีค่ามากกว่าความต่างระยะทางของระยะทางจากช่องแคบที่หนึ่ง (S_1) ไปยังกึ่งกลางของแถบมืด B และ ระยะทางจากช่องแคบที่สอง (S_2) ไปยังกึ่งกลางของแถบมืด B อยู่ 500 นาโนเมตร ความยาวคลื่นของแสงที่ใช้เท่ากับกี่นาโนเมตร
- 1) 250
 - 2) 333
 - 3) 500
 - 4) 750
4. นักเรียนคนหนึ่งสะบัดเชือกขึ้นลงให้เกิดคลื่นในเส้นเชือก ถ้าเขาเพิ่มความถี่ในการสะบัดเชือกเป็น 2 เท่า โดยที่เชือกยังคงมีความตึงเชือกเท่าเดิม ข้อใดถูกต้องเกี่ยวกับอัตราเร็วของคลื่นในเส้นเชือก ณ ขณะนี้
- 1) เท่าเดิม โดยความยาวคลื่นเพิ่มเป็น 2 เท่า
 - 2) เท่าเดิม โดยความยาวคลื่นลดลงเป็น 2 เท่า
 - 3) เพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่า โดยความยาวคลื่นเท่าเดิม
 - 4) เพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่า โดยความยาวคลื่นเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่า
5. สมศักดิ์ยืนอยู่ห่างจากแหล่งกำเนิดเสียงที่แผ่ในทุกทิศทางอย่างสม่ำเสมอเป็นระยะทาง 5 เมตร เขาวัดระดับความเข้มเสียงได้ 70 เดซิเบล ถ้าสมศรีซึ่งอยู่ห่างจากแหล่งกำเนิดเสียงเป็นระยะ 20 เมตร จะวัดระดับความเข้มเสียงได้กี่เดซิเบล
- 1) 17.5
 - 2) 58
 - 3) 64
 - 4) 70
6. นักเรียนคนหนึ่งทำการทดลองเคาะลิ่มเสียงที่ไม่ทราบความถี่อันหนึ่งเหนือปากหลอดเรโซแนนซ์อันหนึ่ง ซึ่งยาว 1 เมตร พบว่าได้ยินเสียงดังขึ้นครั้งแรกเมื่อมีระดับน้ำในหลอดสูง 12.5 เซนติเมตร และครั้งที่สองเมื่อเติมน้ำลงไปอีก 25 เซนติเมตร ถ้าเขายังคงเติมน้ำเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ เขาจะได้ยินเสียงดังขึ้นอีกกี่ครั้ง
- 1) 2
 - 2) 3
 - 3) 4
 - 4) 5

7. ฉายแสงเลเซอร์ในอากาศตกกระทบบั้ววัตถุโปร่งใสชนิดหนึ่งที่มีดัชนหักเห 1.5 ถ้ามุมตกกระทบบเท่ากับ 30 องศา
ลำเลเซอร์นี้จะทะลุออกจากแท่งวัตถุนี้เป็นครั้งแรกที่ด้านใด

- 1) A
2) B
3) C
4) D



8. วางวัตถุไว้ห่างจากฉากเป็นระยะคงที่ค่าหนึ่ง เมื่อวางเลนส์บางอันหนึ่งระหว่างวัตถุกับฉาก โดยให้เลนส์อยู่ใกล้กับฉากมากกว่าวัตถุ พบว่า เกิดภาพชัดเจนบนฉาก ถ้าต้องการให้เกิดภาพชัดเจนบนฉากแต่มีขนาดใหญ่ขึ้นกว่าตอนแรก จะต้องเลื่อนสิ่งใด (เพียงอย่างเดียวเท่านั้น) จากตำแหน่งปัจจุบัน

- 1) เลื่อนฉากให้ใกล้เลนส์มากขึ้น
2) เลื่อนฉากให้ไกลเลนส์ออกไป
3) เลื่อนเลนส์ให้ใกล้ฉากมากขึ้น
4) เลื่อนเลนส์ให้ไกลฉากออกไป

9. นักเรียนคนหนึ่งทำการทดลองการแทรกสอดจากสลิตคู่ของยัง พบว่า ผลต่างของระยะทางจากสลิตที่หนึ่งไปยังตำแหน่งแถบสว่างลำดับที่สองจากแถบสว่างกลางและจากสลิตที่สองไปยังแถบสว่างเดียวกันนั้นเป็น 1200 นาโนเมตร ผลต่างของระยะทางจากสลิตที่หนึ่งไปยังตำแหน่งแถบมืดลำดับที่สองจากแถบสว่างกลางและจากสลิตที่สองไปยังแถบมืดเดียวกันนั้นเป็นกี่นาโนเมตร

- 1) 700
2) 800
3) 900
4) 1000



Note



สมบัติเชิงกลของสาร

สมบัติเชิงกลของของแข็ง

$$\text{ความเค้น} = \frac{F}{A}$$

$$\text{ความเครียด} = \frac{\Delta L}{L}$$

$$\text{มอดูลัสของยัง} = \frac{\text{เค้น}}{\text{เครียด}}$$

ของไหล คือ สารที่สามารถเปลี่ยนแปลงรูปร่างตามภาชนะที่บรรจุได้ มีอยู่ 2 สถานะ คือ

1. สารที่มีสถานะเป็นของเหลว
2. สารที่มีสถานะเป็นแก๊ส

สำหรับบทนี้เราจะสนใจเฉพาะของไหลที่เป็นของเหลวเท่านั้น ส่วนของไหลที่อยู่ในสถานะแก๊ส เราจะไปดูกันในหัวข้อถัดไป นะครับ... สำหรับบทนี้ประเด็นสำคัญจะมีอยู่แค่ 2 หัวข้อใหญ่ๆ ได้แก่

1. คุณสมบัติที่สำคัญของของเหลว (ความหนาแน่น ความดัน และแรงลอยตัว)
2. ของเหลวที่ไหล

1. ความหนาแน่น (Density)

ความหนาแน่น คือ น้ำหนักหรือปริมาตร (หรือมวล) ของสาร 1 หน่วยปริมาตร ซึ่งสามารถเขียนสูตรง่ายๆ ได้ คือ

$$\rho = \frac{m}{V}$$

เกร็ดที่ต้องรู้

- หน่วยที่นิยมใช้วัดความหนาแน่นมี 2 หน่วย คือ g/cm^3 และ kg/m^3
- ความหนาแน่นของน้ำมีค่าเท่ากับ 1 g/cm^3 หรือ 1000 kg/m^3

นอกจากความหนาแน่นธรรมดาแล้ว เรายังสามารถใช้ความถ่วงจำเพาะหรือความหนาแน่นสัมพัทธ์ในการบอกค่าความหนาแน่นของของเหลวได้ ซึ่งค่า...

ความถ่วงจำเพาะ (Specific Gravity) หรือความหนาแน่นสัมพัทธ์ คือ ความหนาแน่นของวัตถุที่บอกเป็นจำนวนเท่าของความหนาแน่นของน้ำ พุดง่ายๆ คือ ถ้าสารมีค่า $\text{SG} = 1.5$ สารตัวนั้นจะมีค่าความหนาแน่นเท่ากับ 1.5 เท่าของความหนาแน่นของน้ำ หรือ 1.5 g/cm^3

2. ความดัน

ความดัน คือ ขนาดของแรงที่กดทับลงบนพื้นที่ 1 หน่วยซึ่งสามารถเขียนเป็นสมการได้ง่ายๆ คือ ...

$$P = \frac{F}{A}$$

P = ความดันเป็นปริมาณสเกลาร์ มีหน่วยเป็น N/m^2 หรือ Pascal

ความดันของของเหลว เนื่องจากของเหลวมีน้ำหนักดังนั้นเมื่อน้ำหนักของของเหลวชั้นหนึ่งใส่น้ำที่มีความสูง H น้ำหนักจะพบว่าที่ก้นภาชนะจะมีแรงกดจากน้ำหนักของของเหลวที่บรรจุอยู่ นั่นก็คือ ...

$$P = \frac{F}{A} = \frac{mg}{A} = \frac{(\rho V)g}{A} = \frac{(\rho Ah)g}{A} = \rho gh$$

เนื่องจากของเหลวสามารถไหลไปได้ทุกทิศทาง ดังนั้นเวลาของเหลวถูกกดในทิศทางใดทิศทางหนึ่ง ความดันที่เกิดขึ้นจะผลักให้ของเหลวไหลออกไปทุกทิศทุกทาง

เกร็ดต้องรู้

- จากสูตรนี้เราจะเห็นได้ว่าความดันของของเหลวขึ้นอยู่กับความลึกของของเหลวเท่านั้น พุดง่ายๆ คือ ในของเหลวชนิดเดียวกัน จุด 2 จุดที่มีระดับความลึกเท่ากัน (ระดับเดียวกัน) จะมีความดันเท่ากัน

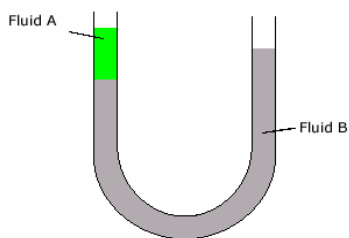
- ความดันที่เราคำนวณจากสูตร $P = \rho gh$ เป็นความดันเนื่องจากของเหลวเท่านั้น แต่เนื่องจากรอบๆ ตัว (อากาศ) ก็มีความดันอากาศ (หรือความดันบรรยากาศ) ดังนั้นหากเราต้องการหาความดันทั้งหมดที่เกิดที่ก้นถัง เราต้องบวกค่าความดันบรรยากาศเข้าไปด้วย เราเรียกความดันทั้งหมดหรือความดันรวมนี้ว่า ความดันสัมบูรณ์

บทประยุกต์เรื่องความดันของเหลว

สำหรับบทประยุกต์เรื่องนี้มียุ่ 3 หัวข้อใหญ่ๆ ที่น้องต้องทำให้ได้ ได้แก่ ... (1) หลอดรูปตัว U... และ ...

(2) แรงดันที่ของเหลวกระทำต่อเขื่อน... และ ... (3) กฎของปาสคาล

2.1 หลอดรูปตัว U



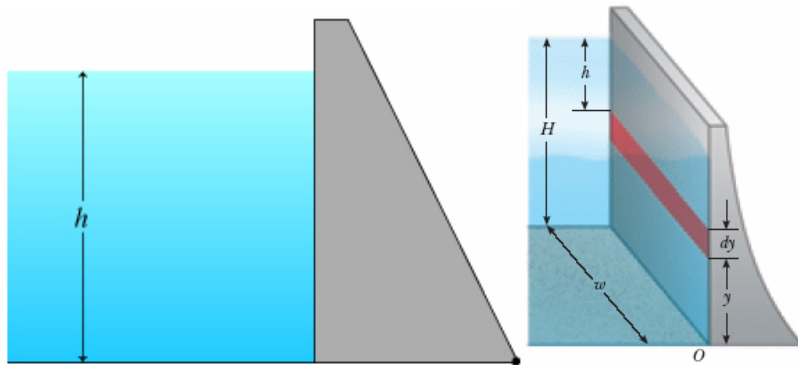
“สำหรับหลักการคำนวณเรื่องนี้ มีหลักแค่ข้อเดียว คือ ของเหลวชนิดเดียวกันที่ระดับเดียวกันจะมีความดันต้องเท่ากัน”

2.2 แรงดันที่ผิวข้างของเขื่อน

โดยปกติถ้าน้องอยากหาแรงดันจากความดัน น้องสามารถหาได้จาก $F = PA$

*** แต่สำหรับแรงดันที่เขื่อน...น้องไม่สามารถหาแรงดันที่ของเหลวกระทำกับเขื่อนได้จาก $F = PA$ ได้โดยตรง

*** เพราะความดันที่น้ำกระทำที่ผนังเขื่อนมีค่าไม่คงที่ขึ้นอยู่กับระดับความลึก



ดังนั้นแรงดันที่น้ำกระทำต่อผนังเขื่อนสามารถหาได้จาก $F = PA$ เนื่องจากความดันที่กระทำที่ผนังเขื่อนมีค่าไม่เท่ากัน ดังนั้นตัวความดัน P เราต้องใช้ความดันเฉลี่ย

$$P_{\text{เฉลี่ย}} = \frac{(P_{\text{น้อย}} + P_{\text{มาก}})}{2}$$

ดังนั้น เราจะได้แรงดันที่ของเหลวกระทำกับผนังเขื่อนมีค่าเท่ากับ

$$F = \frac{(P_{\text{น้อย}} + P_{\text{มาก}})}{2} \times A$$

3. แรงลอยตัว

แรงลอยตัว คือ แรงที่มาพยุงวัตถุไว้เวลาวัตถุจมอยู่ในน้ำ แต่ก่อนที่เราจะมาหาแรงลอยตัวกัน พี่อยากพูดถึงเรื่องของอาร์คิมิดีสก่อน ซึ่งหลักของอาร์คิมิดีสมีแค่ 2 ข้อใหญ่ๆ คือ

ข้อที่ 1 → “เมื่อนำวัตถุที่มีปริมาตร V จุ่มลงในของเหลว ของเหลวจะถูกแทนที่ด้วยปริมาตร V ”

ข้อที่ 2 → เมื่อนำวัตถุไปใส่ในของเหลว อาร์คิมิดีสพบว่าของเหลวจะออกแรงพยุงวัตถุไว้ ซึ่งแรงที่พยุงวัตถุนี้จะมีค่าเท่ากับน้ำหนักของของเหลวที่ถูกแทนที่ พูดง่ายๆ คือ

“แรงลอยตัวที่เกิดขึ้นจะมีค่าเท่ากับน้ำหนักของน้ำที่ถูกแทนที่”

$$F_B = m_L g = \rho_L V_{\text{จุ่ม}} g$$

$$F_B = \text{แรงลอยตัว} = \text{แรงที่ของเหลวพยุงวัตถุ}$$

$$\rho_L = \text{ความหนาแน่นของของเหลว}$$

$$V_{\text{จุ่ม}} = \text{ปริมาตรของวัตถุที่จุ่มอยู่ในของเหลว หรือปริมาตรที่ของเหลวถูกแทนที่}$$

$$g = \text{ค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วง} = 10 \text{ m/s}^2$$

Note

- ถ้าแรงลอยตัวมีค่าเท่ากับน้ำหนักของวัตถุ → วัตถุก็จะลอยอยู่บนผิวน้ำ
- ถ้าแรงลอยตัวมีน้อยกว่าน้ำหนักของวัตถุ → วัตถุก็จะจมลงสู่ก้นน้ำ

เคล็ดลับการคำนวณเรื่องแรงลอยตัว *** ใช้เรื่องของสมดุลกลคิด ***

1. เลือกวัตถุที่อยู่ในของเหลวเป็นระบบแล้วเขียนแรงภายนอก (อย่าลืมแรงลอยตัว)
2. จับแรงขึ้นเท่ากับแรงลง

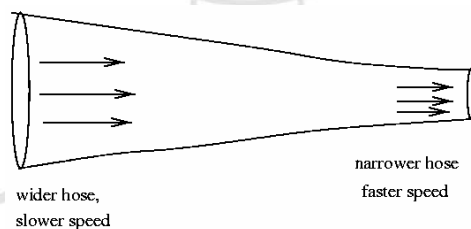
4. การไหลของของเหลว

ในหัวข้อข้างต้นที่ผ่านมา ได้พูดถึงเรื่องของคุณสมบัติทั้งหมดของของเหลวไปหมดแล้วนะครับ พอมาถึงหัวข้อนี้สิ่งที่น้องจะได้เจอจะเป็นเรื่องของของเหลวที่ไหล โดยถ้าเราพูดถึงของเหลวที่ไหลอยู่ น้องจำไว้เลยนะครับว่ามันต้องเป็นไปตามกฎ 2 ข้อ คือ

1. กฎการอนุรักษ์มวล (ของเหลวที่ไหลอยู่ในท่อ ไม่สามารถงอกออกมาได้หรือหายไป)
2. กฎการอนุรักษ์พลังงาน (พลังงานรวมของของเหลวต้องมีค่าเท่ากัน)

4.1 กฎการอนุรักษ์มวล

ถ้าน้องพิจารณาของเหลวที่ไหลผ่านส่วนต่างๆ ของท่อ (ดูรูปข้างล่าง) น้องจะเห็นได้ว่ามวลของเหลวที่ไหลเข้ากับมวลของเหลวที่ไหลออกต้องมีค่าเท่ากัน ดังนั้นเราจึงสามารถเขียนเป็นสมการได้ทันทีว่า

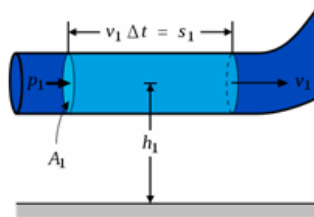


$$\begin{aligned} \text{มวลที่ไหลเข้าด้าน 1 ใน 1 วินาที} &= \text{มวลที่ไหลออกด้าน 2 ใน 1 วินาที} \\ &: \\ &: \\ A_1 V_1 &= A_2 V_2 \end{aligned}$$

4.2 กฎการอนุรักษ์พลังงาน

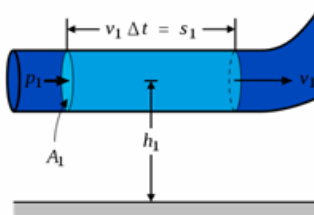
จาก Concept เรื่องพลังงาน น้อยสามารถเอามาประยุกต์เข้ากับเรื่องของเหลวได้ ดังนั้นถ้าเราพูดถึงพลังงานในของเหลว พลังงานในของเหลวแน่นอนก็คือสิ่งที่มีอยู่ในของเหลวที่พร้อมทำให้ของเหลวเคลื่อนที่ ซึ่งพลังงานในของเหลวมีอยู่ทั้งหมด 3 รูปแบบ ได้แก่

1. พลังงานศักย์ พลังงานที่อยู่ในของเหลวที่มีความสูง
2. พลังงานจลน์ พลังงานที่อยู่ในของเหลวที่มีความเร็ว
3. พลังงานจากความดัน พลังงานที่อยู่ในของเหลวที่มีความดัน (เนื่องจากความดันในของเหลวมันดันให้ของเหลวพร้อมที่จะเคลื่อนที่ไปข้างหน้าอยู่แล้ว)



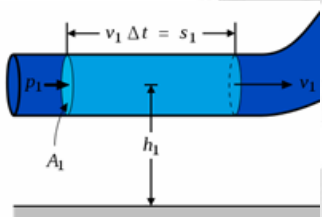
พลังงานศักย์ในของเหลวสามารถหาได้จาก

$$E_p = mgh$$



พลังงานจลน์ในของเหลวสามารถหาได้จาก

$$E_k = (1/2) mv^2$$



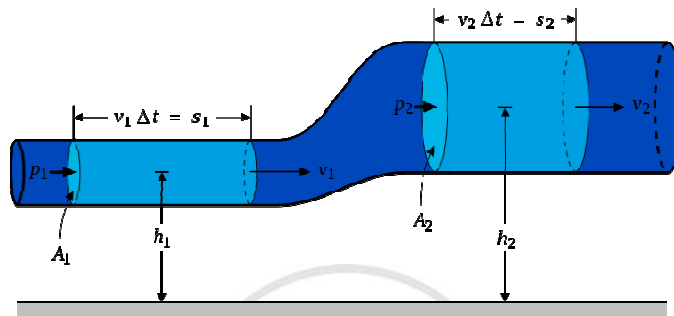
พลังงานจากความดันในของเหลวสามารถหาได้จาก

$$E_{\text{Pressure}} = PV$$

ดังนั้นเราจะได้พลังงานรวมในของเหลวเป็น

$$E_{\text{total}} = E_p + E_k + E_{\text{Pressure}}$$

เอาล่ะที่นี้้องรู้แล้วนะครีว่าในของเหลวทุกชนิด มันจะมีพลังงานทั้ง 3 อันนี้อยู่ที่ผลักให้มันเคลื่อนที่ไป ดังนั้นถ้าน้องพิจารณาพลังงานในของเหลวที่ไหลในท่อ



จากกฎอนุรักษ์พลังงานน้องจะได้ทันทีว่า

$$E_{\text{total}} (\text{ที่จุดที่ 1}) = E_{\text{total}} (\text{ที่จุดที่ 2})$$

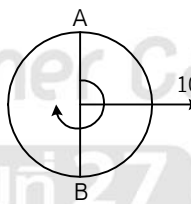
$$mgh_1 + (1/2)m_1^2 + P_1V_1 = mgh_2 + (1/2)m_2^2 + P_2V_2$$

“ถ้าเราเอาปริมาตรของของเหลวหารตลอด”

$$\rho gh_1 + (1/2)\rho v_1^2 + P_1 = \rho gh_2 + (1/2)\rho v_2^2 + P_2 \quad (\text{หลักของแบร์นูลลี})$$

แนวข้อสอบ

1. กระบอกฉีดยาฆ่าแมลงอยู่ในแนวราบ ประกอบด้วยลูกสูบพื้นที่หน้าตัด 10 ตารางเซนติเมตร และปลายกระบอกเป็นรูเล็กๆ พื้นที่หน้าตัด 2 ตารางมิลลิเมตร อากาศที่ถูกอัดจะพ่นผ่านปลายท่อขนาดเล็กวางตัวในแนวตั้งที่จุ่มในน้ำผสมยาฆ่าแมลง สมมติให้ระดับผิวน้ำอยู่ต่ำกว่ารู 10 เซนติเมตร และประมาณว่าน้ำยามีความหนาแน่น 1000 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร ถ้าเราออกแรง 10 นิวตัน ดันลูกสูบให้เคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็ว 10 เซนติเมตร/วินาที น้ำยาจะถูกดูดขึ้นมาตามท่อขนาดเล็กและพ่นออกไปได้เมื่ออากาศในกระบอกสูบถูกอัดจนมีความหนาแน่นใกล้เคียงกับ 1 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร
 - 1) 5
 - 2) 7
 - 3) 9
 - 4) 11
2. ลวดโลหะเส้นหนึ่งเดิมมีความยาว 2.0000 เมตร ออกแรงดึงเส้นลวดเส้นนี้จนมีความเครียด 1.000×10^{-3} ความยาวของลวดเส้นนี้ภายใต้แรงดึงมีค่าประมาณกี่เมตร
 - 1) 1.000×10^{-3}
 - 2) 1.002×10^{-3}
 - 3) 2.001
 - 4) 2.002
3. ลูกบอลถูกเตะออกไปด้วยอัตราเร็ว 10 เมตรต่อวินาทีในอากาศที่หยุดนิ่งและหมุนรอบตัวเองด้วยความถี่ $\frac{10}{2\pi}$ Hz การหมุนรอบตัวเองทำให้ความเร็วสัมพัทธ์ของอากาศเทียบกับผิวของลูกบอลแตกต่างกันไปโดยด้านหนึ่งจะมีค่ามากกว่า 10 เมตรต่อวินาทีและอีกด้านหนึ่งจะมีค่าน้อยกว่า 10 เมตรต่อวินาที ถ้าอากาศมีความหนาแน่น 1.1 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร จงหาว่าจุด A และ B มีความแตกต่างของความดันที่พาสคัล กำหนดให้ลูกบอลมีรัศมี 15 เซนติเมตร



 - 1) 33
 - 2) 56
 - 3) 66
 - 4) 112

Note



BRANDS ซัมเมอร์แคมป์ ปีที่ 27



เอกสารประกอบการบรรยาย
วิชา **PAT 2**

ฟิสิกส์

โดย อ.สุธี อัสววิมล (พี่โหน่ง)
สถาบันกวดวิชาออนดีมานด์

Smart Planning



ลำดับบทที่ออกสอบ (จากมาก → น้อย)

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 ให้จดทิ้งไว้หน้า
ข้อคำถาม และจดลง Short Note เอาไว้ทบทวน
5. อ่าน/ฝึก ตามลำดับความสำคัญ
(เน้น บท/เรื่องที่ออกสอบมากก่อน)

วิเคราะห์ข้อสอบ PAT 2 ฟิสิกส์ มี.ค. ปี 58

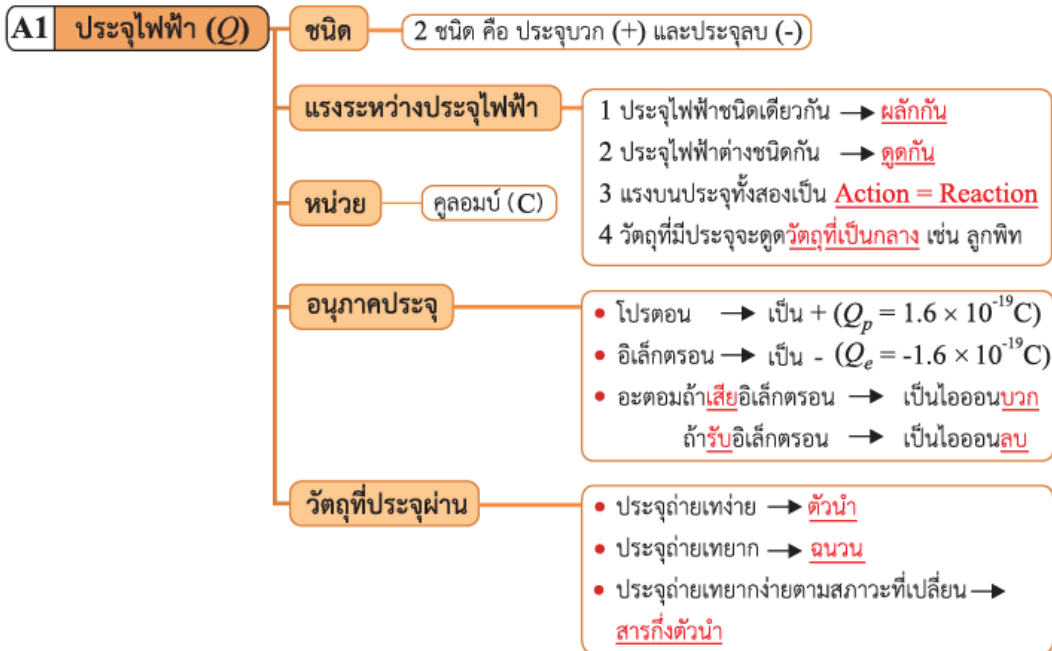
PAT 2 วิชา วิทยาศาสตร์ PART : PHYSICS	ข้อสอบปี 2558				
	ลำดับ	หัวข้อ	จำนวน ข้อสอบ	% ที่ออก	% สะสม
	1	แสง	3	11	11
	2	ของแข็ง ของเหลว และของไหล	3	11	22
	3	ฟิสิกส์อะตอม	3	11	33
	4	บทนำและการนับ	2	7	41
	5	โมเมนตัม	2	7	48
50%	6	การเคลื่อนที่แบบซิมเปิลฮาร์โมนิก	2	7	56
	7	แก๊สและทฤษฎีจลน์	2	7	63
	8	การเคลื่อนที่แนวตรง	1	8	67
	9	กฎของนิวตัน	1	4	70
	10	งานและพลังงาน	1	4	74
80%	11	การเคลื่อนที่วงกลมและดวงดาว	1	4	78
	12	เสียง	1	4	81
	13	ไฟฟ้าสถิต	1	4	85
	14	ไฟฟ้ากระแสตรง	1	4	89
	15	ไฟฟ้ากระแสสลับ	1	4	93
	16	คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและแสงเชิงฟิสิกส์	1	4	96
	17	ฟิสิกส์นิวเคลียร์	1	4	100
	18	สมดุลกล	0	0	100
	19	การเคลื่อนที่วิถีโค้ง	0	0	100
	20	การเคลื่อนที่แบบหมุน	0	0	100
	21	คลื่น	0	0	100
	22	แม่เหล็กไฟฟ้า	0	0	100
		รวม	27	100	

วิเคราะห์ข้อสอบ PAT 2 ฟิสิกส์ พ.ย. ปี 57

PAT 2 วิชา วิทยาศาสตร์ PART : PHYSICS	ข้อสอบปี 2557				
	ลำดับ	หัวข้อ	จำนวน ข้อสอบ	% ที่ออก	% สะสม
	1	ของแข็ง ของเหลว และของไหล	3	10	10
	2	การเคลื่อนที่แนวตรง	2	7	17
	3	การเคลื่อนที่วงกลมและดวงดาว	2	7	24
	4	การเคลื่อนที่แบบซิมเปิลฮาร์โมนิก	2	7	31
	5	แสง	2	7	38
	6	แก๊สและทฤษฎีจลน์	2	7	45
50%	7	ไฟฟ้ากระแสสลับ	2	7	52
	8	ฟิสิกส์อะตอม	2	7	59
	9	กฎของนิวตัน	1	3	62
	10	สมดุลกล	1	3	66
	11	งานและพลังงาน	1	3	69
	12	โมเมนตัม	1	3	72
80%	13	การเคลื่อนที่วิถีโค้ง	1	3	76
	14	คลื่น	1	3	79
	15	เสียง	1	3	83
	16	ไฟฟ้าสถิต	1	3	86
	17	ไฟฟ้ากระแสตรง	1	3	90
	18	แม่เหล็กไฟฟ้า	1	3	93
	19	คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและแสงเชิงฟิสิกส์	1	3	97
	20	ฟิสิกส์นิวเคลียร์	1	3	100
	21	บทนำและการนับ	0	0	100
	22	การเคลื่อนที่แบบหมุน	0	0	100
		รวม	29	100	

ไฟฟ้าสถิต

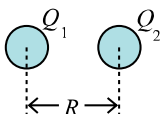
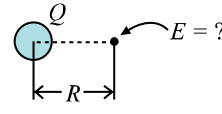
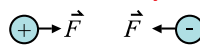
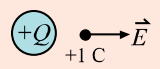
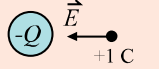
A พื้นฐานไฟฟ้าสถิต (Basic Concepts)



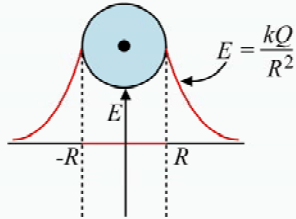
A2 การทำให้วัตถุที่เป็นกลางเกิดประจุ

	① การขั้ตฤ	② การสัมผัส	③ การเหนี่ยวนำ
ผลของประจุที่เกิดขึ้น	วัตถุ 2 ชนิดจะมีประจุชนิดตรงข้ามกัน	ประจุเป็นชนิดเดียวกับที่นำมาสัมผัส	ประจุเป็นชนิดตรงข้ามกับที่นำมาเหนี่ยวนำ
หลักการ	วัตถุที่มีเลขลำดับการขั้ตสีน้อยกว่าจะเกิดประจุบวกหลังขั้ตสี	• ผลรวมของประจุบนวัตถุทั้งสอง<u>ก่อนแตะ</u> = <u>หลังแตะ</u> • ประจุหยุดถ่ายเทเมื่อวัตถุทั้งสองมีศักย์ไฟฟ้าเท่ากัน	ประจุที่นำมาใช้เหนี่ยวนำมีจำนวนเท่าเดิม

B ปริมาณทางไฟฟ้าสถิต : Vector

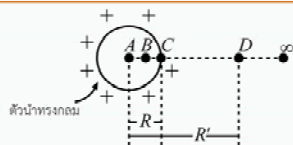
B1 แรงระหว่างประจุ ($\vec{F}$)	B2 สนามไฟฟ้า ($\vec{E}$)
นิยาม ; แรงคู่กริยาระหว่าง 2 ประจุต่อกัน (Action = Reaction)	นิยาม ; แรงที่กระทำต่อประจุทดสอบ +1 C ที่วาง ณ ตำแหน่งนั้น
ขนาด $F = \frac{kQ_1Q_2}{R^2}$  F : หน่วยนิวตัน (N) R = ระยะระหว่างศูนย์กลางของ 2 ประจุ (m) Q_1, Q_2 = ประจุทั้ง 2 ที่เกิดแรงกระทำต่อกัน (C) (ตอนแทนค่าไม่ต้องแทนเครื่องหมาย +, -)	ขนาด $E = \frac{kQ}{R^2}$  E = หน่วยนิวตันต่อคูลอมบ์ (N/C) หรือโวลต์ต่อเมตร (V/m) R = ระยะจากศูนย์กลางประจุต้นเหตุถึงจุดที่จะหา E (m) Q = ประจุต้นเหตุที่แสดงอำนาจไฟฟ้า (C) (ตอนแทนค่าไม่ต้องแทนเครื่องหมาย +, -)
$k = \text{ค่าคงตัวของคูลอมบ์} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9 \times 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2$ $\epsilon_0 = \text{สภาพยอมของสุญญากาศ} = 8.85 \times 10^{-12} \text{ C}^2/\text{Nm}^2$	
ทิศทาง • ประจุชนิดเดียวกัน $\rightarrow$ ผลักกัน  • ประจุต่างชนิดกัน $\rightarrow$ ดึงกัน 	ทิศทาง ทิศ $\vec{E}$ = ทิศของแรงที่กระทำกับ ประจุสมมติ +1 C  ประจุต้นเหตุเป็น + ทิศ $\vec{E}$ พุ่งออก  ประจุต้นเหตุเป็น - ทิศ $\vec{E}$ พุ่งเข้า
ถ้ามีมากกว่า 1 แรงบนประจุ • รวมแรงแบบ Vector • แยกแรงเข้าแกน 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



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

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



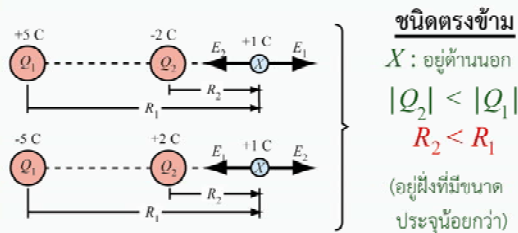
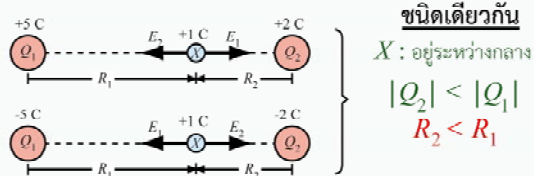
ตำแหน่ง	อำนาจประจุ	$\vec{E} \rightarrow$ ขนาด
(A) ศูนย์กลาง	0	0
(B) ในทรงกลม	0	0
(C) ผิวทรงกลม	Q	มากที่สุด $\rightarrow E = \frac{kQ}{R^2}$
(D) นอกทรงกลม	Q	ลดลง $\rightarrow E = \frac{kQ}{R'^2}$
(∞) ระยะไกลมาก	Q	0 $\rightarrow E = \frac{kQ}{(\infty)^2}$

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

B2/2 จุดสะเทินในสนามไฟฟ้า (x)

คือจุดใน $\vec{E}$ ที่มี $\vec{E}_i = 0$ 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 $\vec{E}_i = \Sigma \vec{E}_i = 0$
รวม Vector
แตก Vector เข้า x, y
($\Sigma \vec{E}_x = 0, \Sigma \vec{E}_y = 0$)

B3 แรงบนประจุ (q) ในสนามไฟฟ้า (E)

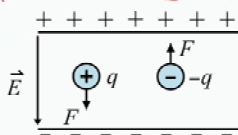
$$F = \frac{kqQ}{R^2} = q \left(\frac{kQ}{R^2} \right) = qE$$

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

q : ประจุที่อยู่ในสนามไฟฟ้าที่เกิดจากประจุต้นเหตุ
หน่วย คูลอมบ์ (C)

- หาทิศทาง

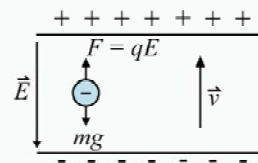
- * ถ้า q เป็นบวก (+) ทิศ $\vec{F}$ เดียวกับ ทิศ $\vec{E}$
- * ถ้า q เป็นลบ (-) ทิศ $\vec{F}$ ตรงข้ามและขนานกับ $\vec{E}$
(จึงสรุปว่า $\vec{E}$ จะมีทิศจาก Q ต้นเหตุฝั่ง + ไปหา -)



B3/1 การเคลื่อนที่ของประจุใน $\vec{E}$

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

- $\Sigma \vec{F} = m\vec{a}$, มี $\vec{a}$
 $qE - mg = ma$
- สมดุล ($\vec{v}$ คงที่)
($\uparrow$) $qE = (\downarrow) mg$



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

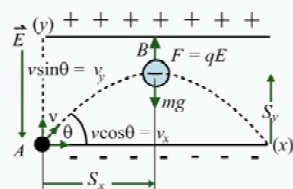
$$\vec{a}_y ; \vec{F}_y = m\vec{a}_y \quad (\uparrow)$$

$$qE - mg = ma_y$$

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

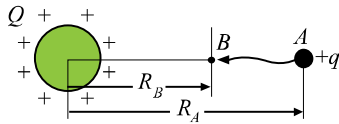
$$\vec{a}_x = 0 ; S_x = v_x t$$

แก้สมการ แกน x และ y



(ด.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

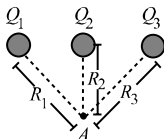
Q = ประจุต้นเหตุที่ส่งอำนาจไฟฟ้า (C)

R = ระยะจากศูนย์กลางประจุ

หลาย Q ต้นเหตุ

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

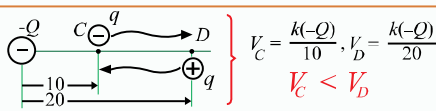
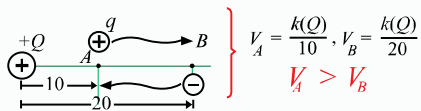
V_A, V_B = ศักย์ไฟฟ้าที่จุด A และ B (volt)

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)

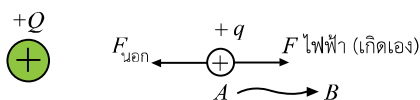
$$1 \text{ ประจุ} \rightarrow W_{\infty \rightarrow A} = q(V_A)$$

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

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

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

C2/2 งานภายนอก / งานไฟฟ้า



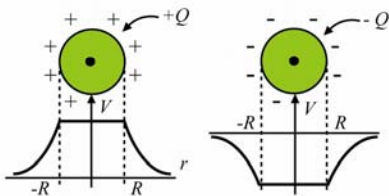
$$F_{\text{ไฟฟ้า}} = -F_{\text{นอก}}$$

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

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

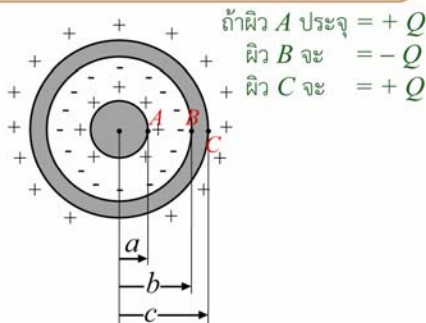
$$\frac{k(-Q)}{R}; -Q$$

- 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)

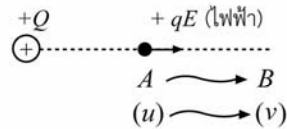
$$V_A = \frac{kQ}{a} - \frac{kQ}{b} + \frac{kQ}{c}$$

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

(ถ้าจุดใดต่อสายดินให้แทน $Q = 0$)

C2/3 การเคลื่อนที่ของประจุกับงานทางไฟฟ้า

Q ต้นเหตุ 1 ตัว



ประจุเคลื่อนที่ได้เอง จาก $A \rightarrow B$

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

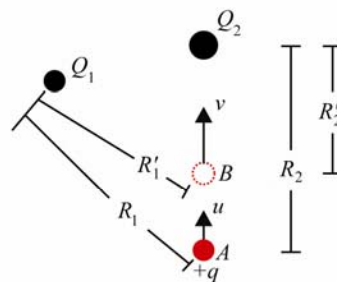
$$W_{\text{ไฟฟ้า}} = -W_{\text{นอก}}; -[q(V_B - V_A)] = E_{k_B} - E_{k_A}$$

note

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

Q ต้นเหตุมากกว่า 1 ตัว

ใช้หลักการอนุรักษ์พลังงาน

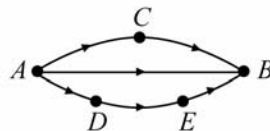


+q วิ่งจาก A ไป B

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

$$(q \frac{kQ_1}{R_1} + q \frac{kQ_2}{R_2}) + (\frac{1}{2} mu^2) = (q \frac{kQ_1}{R_1'} + q \frac{kQ_2}{R_2'}) + (\frac{1}{2} mv^2)$$

C2/4 แรงแอนุรักษ์ $\rightarrow$ 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 ถ้าจุดตั้งต้นกับจุดสุดท้ายเหมือนกันทุกเส้นทางจะทำงานเท่ากัน

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

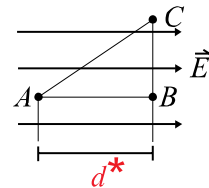
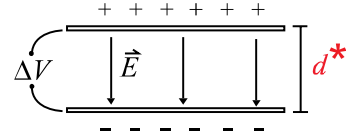
2

ระหว่างจุด 2 จุด ในสนามไฟฟ้า (E)

d = ระยะระหว่าง 2 จุด ในสนามไฟฟ้า (วัดขนานกับสนามไฟฟ้า)

$$V_{AB} = V_{AC}$$

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



E ความจุไฟฟ้า และตัวเก็บประจุ

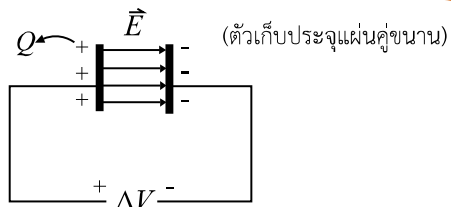
E1 สมการความจุไฟฟ้า

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

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

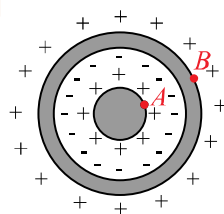
$k = 9 \times 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2$

โลกมี R สูงมาก $\rightarrow C$ สูงมาก $\rightarrow V = 0$

(เมื่อต่อสายดินกับโลก $\rightarrow V = 0$)

ตัวนำทรงกลมซ้อนกัน

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



V_{AB} = ความต่างศักย์ระหว่างผิวนอกของทรงกลม

2 ลูกที่วางซ้อนกัน

V_A, V_B (ไปดูการหาศักย์ไฟฟ้าตัวนำทรงกลมซ้อนกัน (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

$$C_1 \text{ --- } C_2 \text{ --- } C_3 \text{ --- } \dots$$

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

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

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

ขนาน

$$C_1 \text{ --- } C_2 \text{ --- } C_3 \text{ --- } \dots$$

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

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

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

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)

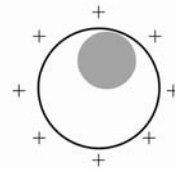
E4 การนำตัวนำที่มีประจุมาแตะกัน

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

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



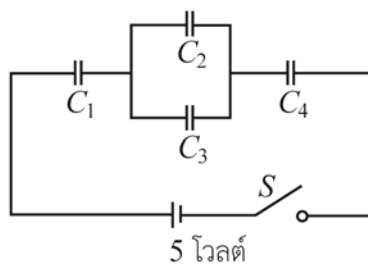
แนวข้อสอบ

-
- Diagram showing three point charges on a horizontal dashed line. The charges are labeled $+Q$, $-Q$, and $+2Q$ from left to right. The distance between the first and second charge is R , and the distance between the second and third charge is R .

1) $\frac{kQ^2}{2R}$
 2) $\frac{kQ^2}{R}$
 3) $-\frac{kQ^2}{2R}$
 4) $-\frac{2kQ^2}{R}$

- BRANDS™**
Summer Camp
pg 27

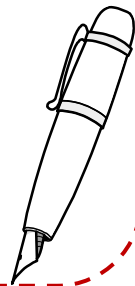
5. ละอองน้ำมันมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 ไมโครเมตร มีประจุบวกถูกทำให้ลอยนิ่งในอากาศ โดยมีสนามไฟฟ้าในแนวตั้งที่เกิดจากแผ่นตัวนำคู่ขนานวางห่างกัน 2 เซนติเมตร ความต่างศักย์ของแผ่นตัวนำคู่ขนานมีค่าประมาณกี่โวลต์ โดยความหนาแน่นของละอองน้ำมันเท่ากับ 300 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร
- 1) 12 2) 120
3) 1,200 4) 12,000
6. วงจรไฟฟ้าหนึ่งประกอบด้วยตัวเก็บประจุ C_1 , C_2 , C_3 และ C_4 ที่มีค่าความจุเท่ากับ 4, 1, 3 และ 2 ไมโครฟารัดตามลำดับ ดังรูป



เมื่อสับสวิตช์ไฟฟาลงช่วงระยะเวลาหนึ่ง หลังจากนั้นจึงดึงสวิตช์ไฟฟ้าขึ้น 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

Note



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)	(ยาก)
$E = IR + Ir$ $\text{emf} = V_{\text{out}} + V_{\text{in}}$	$V_{ab} + \sum V_i = 0$ (Loop) (KVL)
Voltage Divider	หา E (แบบยาก)
$V_1 = \left(\frac{R_1}{R_1 + R_2} \right) V_t$ $V_2 = \left(\frac{R_2}{R_1 + R_2} \right) V_t$	KVL: $\sum V = 0$ 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

ง่าย

อนุกรม ; $R_t = R_1 + R_2 + \dots$

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

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

$$I = 0$$

$$I = \infty$$

พิเศษ

- ไม่ครบวงจร
- ลัดวงจร

- Bridge
- สมมาตร
- $\Delta \rightarrow Y / Y \rightarrow \Delta$

r คิดเหมือน R

ต่อ cell

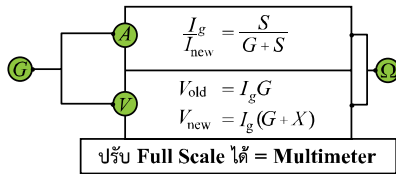
ต้องดูขั้ว ±

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)

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

P_{max}

$W \rightarrow \text{unit} \rightarrow \text{J}$

$$V = IR$$

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)

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

$$I_t' = I_1' = I_2' = I'; \quad P_t' = P_1' + P_2' + \dots$$

$$R_t' = R_1' + R_2' + \dots; \quad (I')^2 R_t' = (I')^2 R_1' + (I')^2 R_2' + \dots$$

$$V_t' = V_1' = V_2' = V'; \quad P_t' = P_1' + P_2' + \dots$$

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

5D กระแส (I) และความต้านทาน (R) ในตัวนำ

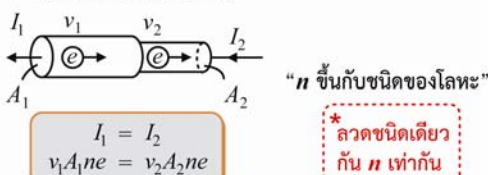
5D/1 กระแสในตัวนำ (I)

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

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



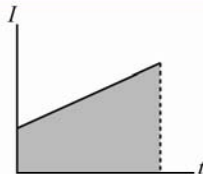
ลวดหลายหน้าตัดต่อกัน



Graph I กับ t

$$Q = It$$

$Q =$ พื้นที่ใต้กราฟ
ระหว่าง $I - t$



I = กระแสไฟฟ้าในเส้นลวดตัวนำ (A : แอมแปร์)

Q = ประจุไฟฟ้ารวม (C : คูลอมบ์)

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)

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

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

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

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

$$V' = Al$$

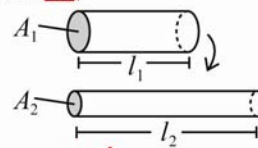
$$A = \pi R^2 = \frac{\pi d^2}{4}$$

การเปลี่ยนสภาพลวดตัวนำ

• การยืดลวด (V' : ปริมาตรคงที่) *

$$V'_1 = V'_2$$

$$A_1 l_1 = A_2 l_2$$

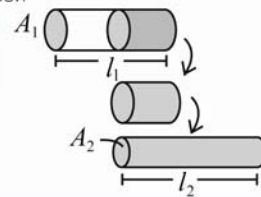


• การตัดลวด (V' : ปริมาตรเปลี่ยน) *

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)

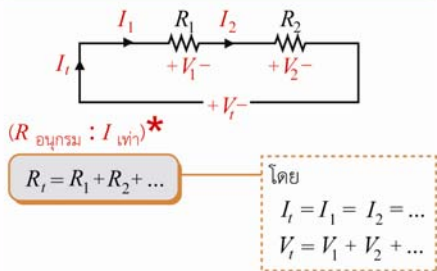
d = เส้นผ่านศูนย์กลางลวดตัวนำ (m)

* คุณสมบัติประจำตัว
แต่ละชนิดวัสดุ

6C การต่อตัวต้านทาน และการหาความต้านทานในวงจร

6C/1 การต่อตัวต้านทานแบบพื้นฐาน

การต่อตัวต้านทานแบบอนุกรม (Series)

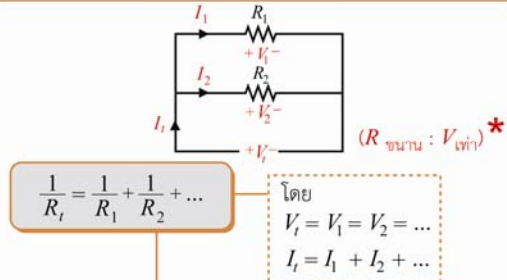


หมายเหตุ

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

- (2) ต่ออนุกรม $\rightarrow I$ ผ่าน R ทุกตัวเท่ากัน
ต่อขนาน $\rightarrow V$ ตกคร่อมบน R ทุกตัวเท่ากัน

การต่อแบบขนาน (Parallel)



(กรณีมี R 2 ตัว)

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

(กรณีต่อขนาน R' เท่ากัน ; n ชุด)

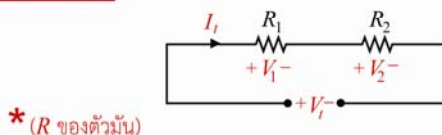
$$R = \frac{R'}{n}$$

- (3) ต่ออนุกรม $\rightarrow$ เกิดการแยกแรงดัน (V)
ต่อขนาน $\rightarrow$ เกิดกระแสแยกไหล (I)

6C/2 กฎการแบ่งแรงดัน และกระแสบนตัวต้านทาน

Voltage Divider (การแบ่งแรงดัน)

เกิดเมื่อต่ออนุกรม *



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

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

$$\left(\begin{array}{l} V = V_1 + V_2 \\ I = I_1 = I_2 \end{array} \right)$$

Prove $I_1 = I_1 = I_2$

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

Current Divider (การแบ่งกระแส)

เกิดเมื่อต่อขนาน *

$(R \text{ ของอีกตัว})^*$

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

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

$$\left(\begin{array}{l} I = I_1 + I_2 \\ V = V_1 = V_2 \end{array} \right)$$

Prove $V = V_1 = V_2$

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

8B/3 การหาความต่างศักย์ 2 จุด ในวงจรซับซ้อน

กฎที่ใช้ KVL ($\Sigma V = 0$)

เป้าหมาย หาความต่างศักย์คร่อมระหว่าง 2 จุด

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

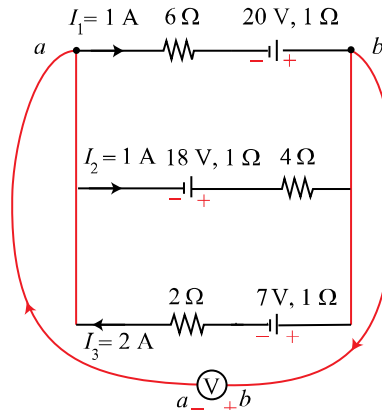
Note • เครื่องหมาย ตัวต้านทาน (R) $\rightarrow$ ใช้ $+IR$

Cell ไฟฟ้า $\rightarrow$ ใช้ $+E, -E$

$\ominus$ - $\oplus$ โวลต์มิเตอร์ $\rightarrow$ ใช้ $+V_{xy}$

(วนเข้า โวลต์มิเตอร์ ทาง x , ออกทาง y)

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



หาความต่างศักย์ระหว่าง a กับ b

คิดวน Loop ผ่านเส้นบน ($\Sigma V = 0$)

$$I_1(6) - \frac{20}{E} + I_2(1) + V_{ba} = 0$$

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

$$V_{ba} = 13 \text{ V}$$

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

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

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

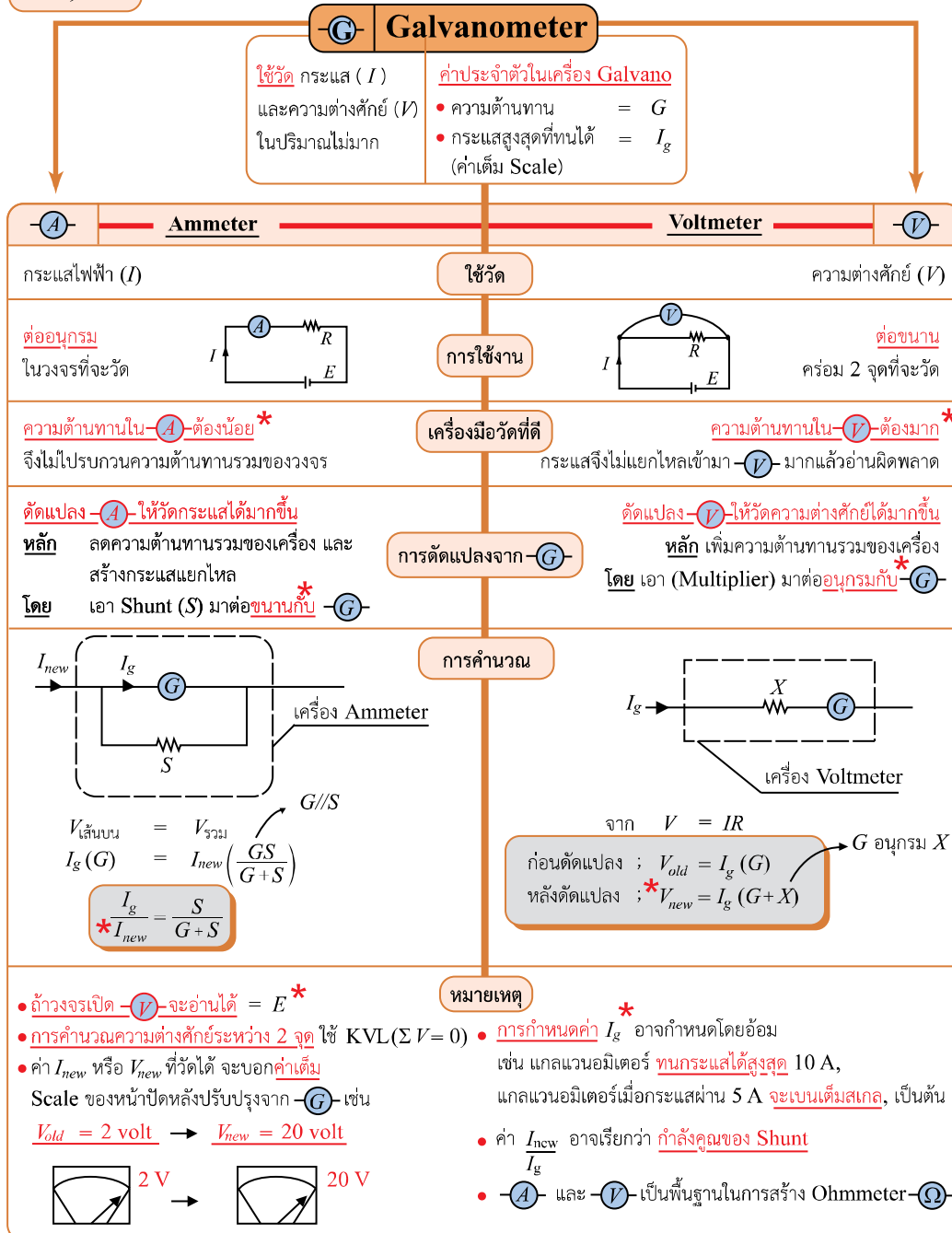
9 การคำนวณวงจรกรณีมีตัวเก็บประจุ (C) และขดลวดเหนี่ยวนำ (L)

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

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

10 Meter วัดค่าในวงจร

10A, 10B



11 พลังงานไฟฟ้าและกำลังไฟฟ้า

11A สมการงานและกำลังไฟฟ้า

- สมการรวมของงาน (W) และกำลังไฟฟ้า (P)

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

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

★ การคำนวณโดยใช้สมการชุดนี้ ใช้ SI 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 *

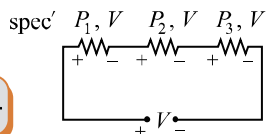
11C การคำนวณกำลังไฟฟ้าในวงจร

11C/1 การหาลำดับกำลัง (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')

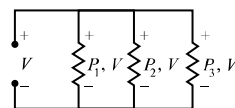
- โดยแต่ละหลอดจะให้กำลัง

$$P'_i = \frac{P'_t}{n} = \frac{P}{n^2}$$

- 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 $\rightarrow P'_i = P$

- 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'_i = ความต่างศักย์ที่ตกคร่อม
เครื่องใช้ไฟฟ้าตัวที่ i จริง

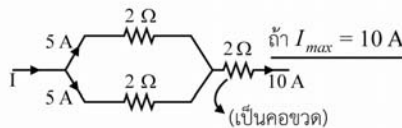
$V_{\text{source}} = V_{\text{spec'}}$ = V
 n = จำนวนเครื่องใช้ไฟฟ้า

11C/3 การหาค่ากำลังสูงสุดในวงจร (P_{max})

① P_{max} บนกลุ่มตัวต้านทาน

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

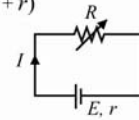
EX



② P_{max} บนตัวต้านทานในวงจร cell ไฟฟ้า

- เป้าหมายหาค่ากำลังสูงสุดในวงจร R ที่ต่อกับ cell ไฟฟ้า
- หลักการ หา R ที่ทำให้เกิด P_{max} (calculus)

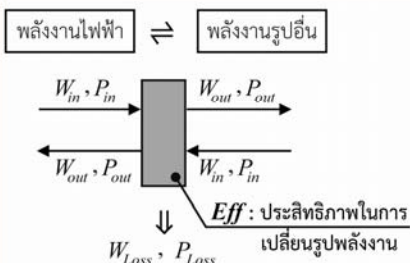
- ขั้นตอน จาก $P = I^2 R$ และ $I = \frac{E}{R+r}$
 ดังนั้น $P = \left(\frac{E}{R+r}\right)^2 R$ (1)
 หา R ที่ทำให้ P_{max} โดย $\frac{dP}{dR} = 0$ จาก (1)
 (หาค่าวิกฤต)
 $0 = \frac{dP}{dR} = \frac{(R+r)^2 E^2 - (E^2 R) 2(R+r)}{(R+r)^4}$
 $E^2 (R+r)^2 = 2E^2 R(R+r)$
 $R+r = 2R$
 $\therefore R = r$



นั่นคือกำลังไฟฟ้าที่เกิดบนวงจรจะมีค่ามากที่สุดเมื่อ $R = r$ เรียกว่าเกิด

“Maximum Power Transfer”

11C/4 การเปลี่ยนรูปพลังงาน และประสิทธิภาพเครื่องใช้ไฟฟ้า (Efficiency)



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

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

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

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

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

พลังงานอื่นๆ $W = Pt \rightarrow E$

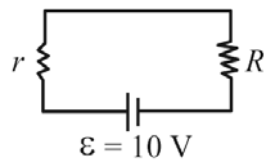
W_{in}, W_{out} = พลังงานขาเข้า, ออก (J)
 P_{in}, P_{out} = กำลังขาเข้า, ออก (Watt)
 W_{Loss}, P_{Loss} = พลังงานและกำลังสูญเสีย
 Eff = ประสิทธิภาพ (%)
 (ใช้หน่วย SI ในการคำนวณ)

$E_k = \frac{1}{2} mv^2$
 $E_p = mgh$
 $Q = mc\Delta T$
 $Q = mL$
 $W = FS$
 ฯลฯ

แนวข้อสอบ

-

10. พิจารณาวงจรดังรูป

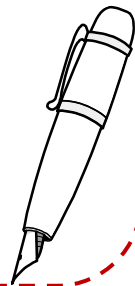


เงื่อนไขต่อไปนี้ ทำให้กำลังที่ได้จากตัวต้านทาน R มีค่ามากที่สุด

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



Note



แม่เหล็กไฟฟ้า

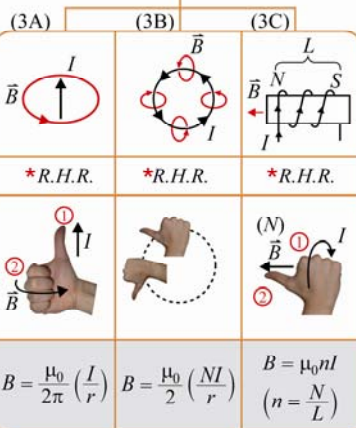
Overviewmap Electromagnetic

① พื้นฐานแม่เหล็ก

② สนาม + เส้นแรงแม่เหล็ก

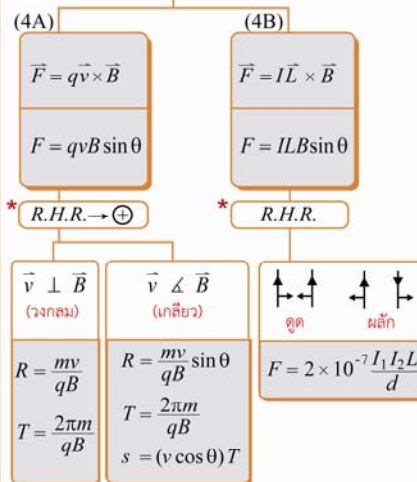
$$B = \frac{\phi}{A_{\perp}}$$

③ $I \rightarrow B$

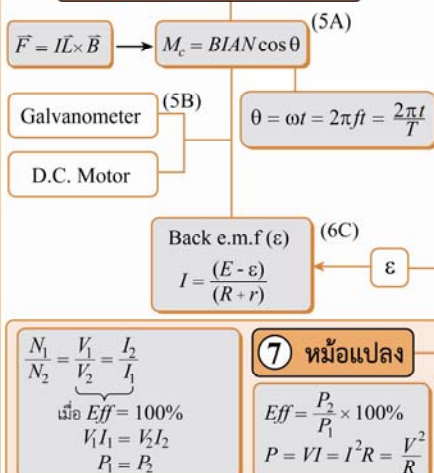


$$(\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ Wb/A.m})$$

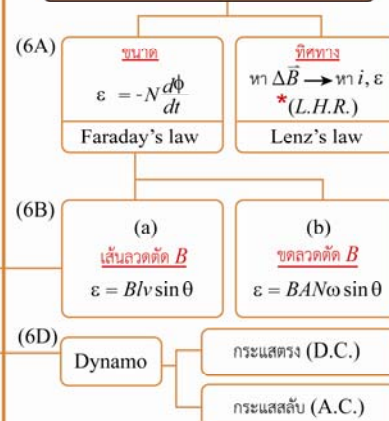
④ $B \rightarrow F$



⑤ ไฟฟ้า $\rightarrow$ กล (Motor)



⑥ กล $\rightarrow$ ไฟฟ้า (Dynamo)



2 สนามแม่เหล็กและเส้นแรงแม่เหล็ก

2A สนามแม่เหล็กและเส้นแรงแม่เหล็ก

สนามแม่เหล็ก (Magnetic Field)

เส้นแรงแม่เหล็ก (Magnetic Line of Force)

บริเวณที่มีอำนาจกระทำจากแท่งแม่เหล็ก ตรวจสอบได้จากเข็มทิศ มีทิศตามแนววงตัวเข็มทิศ และชี้ไปทิศเดียวกับขั้วเหนือของเข็มทิศ

คือ เส้นที่แสดงว่ามีสนามแม่เหล็กบริเวณนั้น, เส้นแรงแม่เหล็กจะพุ่งออกจากขั้วเหนือ (N) สู่ขั้วใต้ (S)

2B สนาม - เส้นแรงแม่เหล็กโลก และเข็มทิศ

ขั้วแม่เหล็กโลก

แม่เหล็กขั้วเหนือ (N) → ขั้วโลกใต้

แม่เหล็กขั้วใต้ (S) → ขั้วโลกเหนือ

เส้นแรงแม่เหล็กโลก

พุ่งจากแม่เหล็ก N → S

หรือชี้โลกใต้ → เหนือ

สนามแม่เหล็กโลก

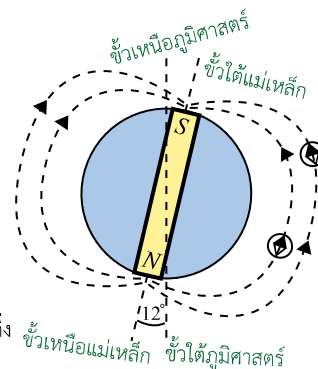
เส้นศูนย์สูตร → สนามแม่เหล็กอยู่แนวราบ

ขั้วโลก → สนามแม่เหล็กอยู่แนวตั้ง

บริเวณอื่น → มีสนามแม่เหล็กทั้งแนวราบและตั้ง

เข็มทิศ

จะชี้ตามทิศสนามแม่เหล็ก → โลก ; จะชี้ไปทิศเหนือเสมอ



2C จุดสะเทิน (Neutral Point)

คือ

จุดที่มีความเข้มสนามแม่เหล็กหักล้างจนเป็นศูนย์

ตำแหน่งที่จะเกิด

จะเกิดบริเวณที่เส้นแรงแม่เหล็กวิ่งสวนหักล้างกัน

ระหว่างขั้วแม่เหล็ก

ชนิดเดียวกัน ; เกิดระหว่างขั้วใกล้เคียงขั้วที่แรงน้อยกว่า

ต่างชนิดกัน ; เกิดนอกรอยต่อขั้วฝั่งที่แรงน้อยกว่า

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)



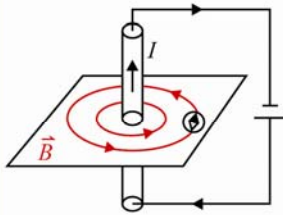
(พุ่งเข้า)



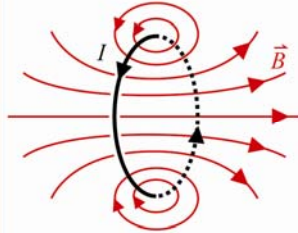
(พุ่งออก)

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

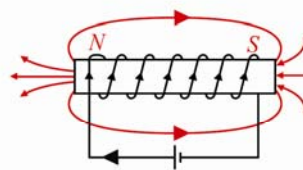
3A สนามแม่เหล็กจากกระแสผ่านลวดตัวนำ



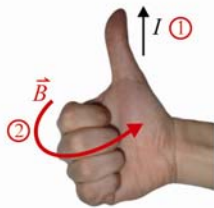
3B สนามแม่เหล็กจากกระแสผ่านตัวนำโค้งวงกลม



3C สนามแม่เหล็กจากกระแสผ่านขดลวดโซลินอยด์

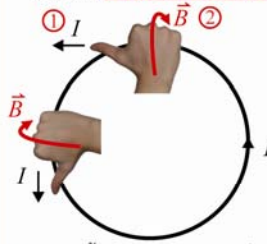


ทิศ $\vec{B}$: Right Hand Rule



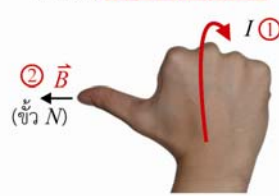
* โป้งขวาชี้ตาม $I \rightarrow$ กำได้ $\vec{B}$

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

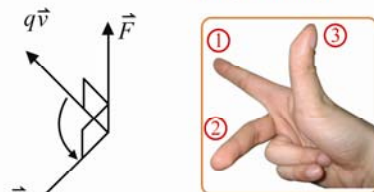
สมการแรง $\vec{F} = q\vec{v} \times \vec{B}$

หาขนาด $F = qvB \sin \theta$

(θ = มุมที่ความเร็วประจุทำกับทิศสนามแม่เหล็ก)

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

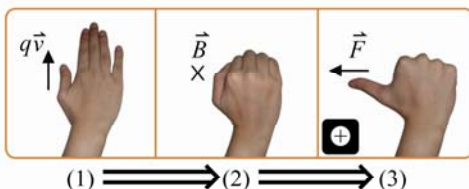
หาทิศทาง ใช้การ Cross Vector (Right Hand)



*** (Right Hand For +q)**

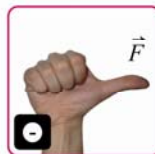
ขั้นตอนหาทิศ $\vec{F}$

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



• 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

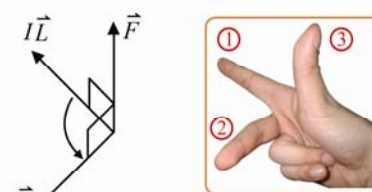
สมการแรง $\vec{F} = I\vec{L} \times \vec{B}$

หาขนาด $F = ILB \sin \theta$

(θ = มุมระหว่างทางเดินกระแสกับสนามแม่เหล็ก)

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

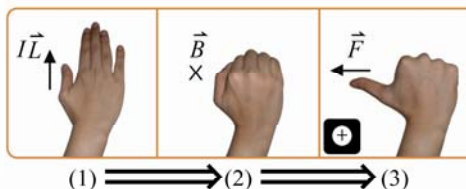
หาทิศทาง ใช้การ Cross Vector (Right Hand)



(กระแสเป็น $\oplus \rightarrow$ Right Hand)

ขั้นตอนหาทิศ $\vec{F}$

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

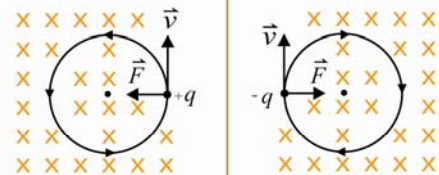


หมายเหตุ

- 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)

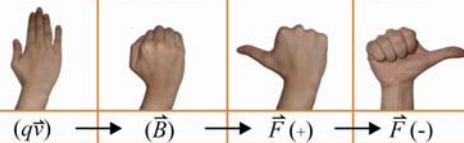
4A/1 กรณีประจุมีความเร็ว ($\vec{v}$) ตั้งฉากกับสนามแม่เหล็ก ($\vec{B}$) ; $q\vec{v} \perp \vec{B}$

แนวทางการเคลื่อนที่ประจุ → วิ่งวนเป็นวงกลม*



แรงกระทำต่อประจุบวก

แรงกระทำต่อประจุลบ



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

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

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

หารัศมี (R)

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

หาคาบ (T)

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

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

หาเวลา (t) ณ มุมใดๆ

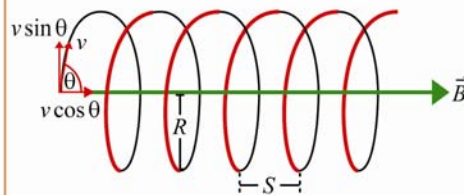
$$t = \frac{\theta m}{qB}$$

$$\theta = \text{หน่วยเรเดียน} ; T = \text{คาบ (sec)}$$

(S.I. Unit)*

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

แนวทางการเคลื่อนที่ประจุ → วิ่งวนเป็นวงเกลียว*



$\vec{v}$ ทำมุมกับ $\vec{B} = \theta$, ซึ่งแตก Vector 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) $F = qvB \sin \theta$; ($F = F_c$)

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

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

หารัศมี (R)

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

หาคาบ (T)

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

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)

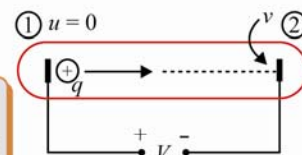
เร่งโดยความต่างศักย์ (V)

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

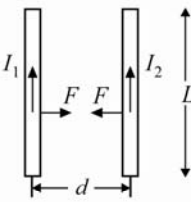
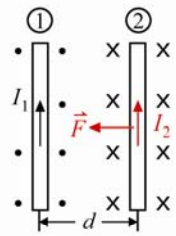
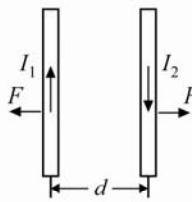
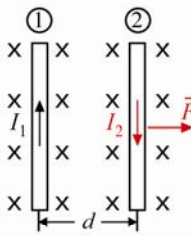
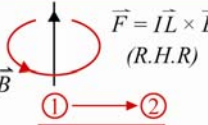
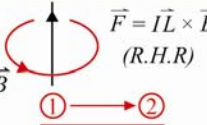
$$W_1 \rightarrow 2 = \Delta E_k$$

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

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



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

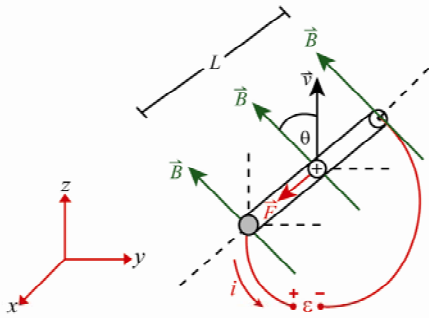
กระแสตามกัน 		กระแสสวนกัน 	
จะเกิดแรงคู่กิริยา * ดึงกัน	 $\vec{F} = I\vec{L} \times \vec{B}$ (R.H.R) ① → ②	จะเกิดแรงคู่กิริยา * ผลักกัน	 $\vec{F} = I\vec{L} \times \vec{B}$ (R.H.R) ① → ②
<u>หาขนาดแรง (F)</u> ; ใช้ได้ทั้งกรณีกระแสตาม, สวน $F = I_2 L (B \text{ จาก 1})$ $= I_2 L (2 \times 10^{-7} \frac{I_1}{d})$ $F = \frac{2 \times 10^{-7} I_1 I_2 L}{d}$ F = แรงระหว่างเส้นลวด (N) I_1, I_2 = กระแสในลวดแต่ละเส้น (A) L = ความยาวลวดช่วงที่มี คู่กระแส* (m) d = ระยะห่างระหว่างขดลวด (m)			

Note

BRANDS™
Summer Camp

6B แรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำจากตัวนำตัดสนามแม่เหล็ก

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



$$W = FS$$

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

$$V = BLv\sin\theta$$

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

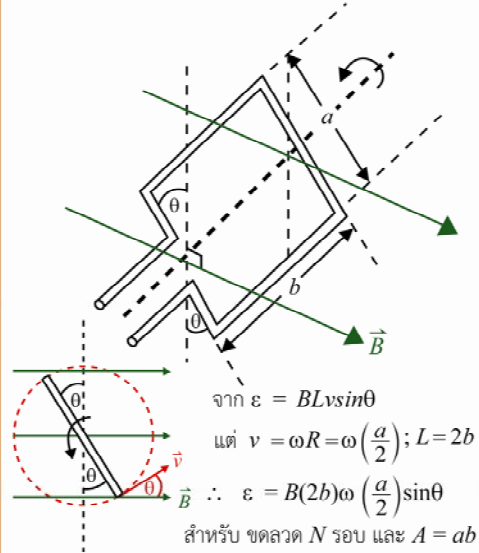
$$\mathcal{E} = i(\Sigma R)$$

- * 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 $A = ab$

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

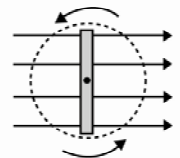
$$\mathcal{E} = i(\Sigma R)$$

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

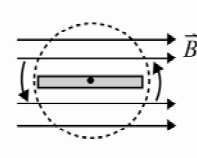
หมายเหตุ

- (1) ถ้า $\theta = 0^\circ \rightarrow \mathcal{E} = 0$
 $\theta = 90^\circ \rightarrow \mathcal{E}$ = ค่ามากที่สุด

- (2) การหาทิศ i ใช้กฎมือซ้าย (หา $\Delta\vec{B}$) $\rightarrow$
 โป้งซ้ายชี้ $\Delta\vec{B} \rightarrow$ กำได้ทิศ i



$$\vec{B} \text{ ลด} \rightarrow \text{ทิศ } \Delta\vec{B} \uparrow \downarrow \vec{B}$$



$$\vec{B} \text{ เพิ่ม} \rightarrow \text{ทิศ } \Delta\vec{B} \uparrow \uparrow \vec{B}$$

7 หม้อแปลงไฟฟ้า (Transformer)

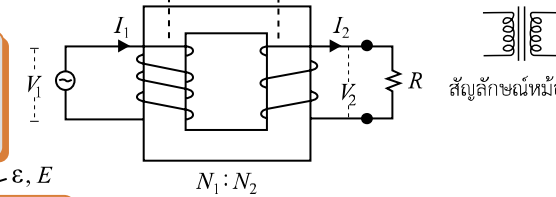
หน้าที่

- แปลงแรงดัน (V)
- แปลงกระแส (I)

(In) ขดลวดปฐมภูมิ (Out) ขดลวดทุติยภูมิ

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

$$\varepsilon \propto N$$



สัญลักษณ์หม้อแปลง

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

เมื่อ $Eff = 100\%$

$$\begin{aligned} V_1 I_1 &= V_2 I_2 \\ P_1 &= P_2 \\ \text{(In)} & \quad \text{(Out)} \end{aligned}$$

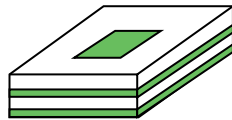
$$P = VI = I^2 R = \frac{V^2}{R} = \frac{W}{t}$$

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

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

$V_1 < V_2 \rightarrow$ 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 $P = \frac{V^2}{R}$



ก่อนแบ่ง
 (Loss มาก)

หลังแบ่ง
 (Loss น้อย)

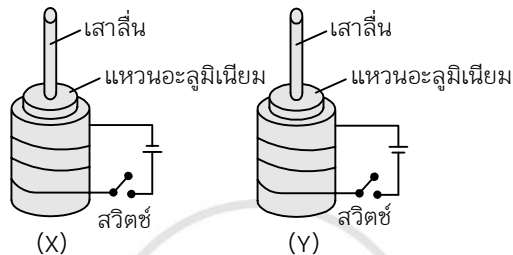
Remark

- (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)

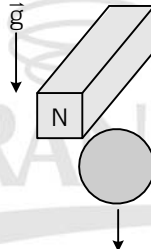
N_1, N_2 = จำนวนรอบของขดลวดปฐมภูมิและทุติยภูมิ
 V_1, V_2 = ความต่างศักย์ของขดลวดปฐมภูมิและทุติยภูมิ (Volt)
 I_1, I_2 = กระแสในขดลวดปฐมภูมิและทุติยภูมิ (A)
 P_1, P_2 = กำลังที่เกิดในขดลวดปฐมภูมิและทุติยภูมิ (Watt)
 Eff = ประสิทธิภาพหม้อแปลง (%)
 R = ความต้านทาน (Ω)
 A.C. = ไฟฟ้ากระแสสลับ (Alternating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

แนวข้อสอบ

11. ถ้าสับสวิตช์ แหวนอะลูมิเนียมของทั้ง 2 รูป จะเป็นอย่างไร

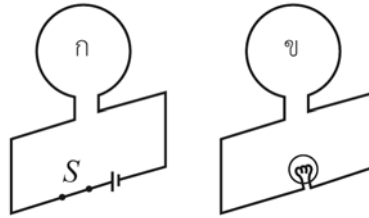


- 1) แหวนอะลูมิเนียมจะเด็นขึ้น แล้วตกกลับลงมาที่เดิมทั้ง 2 รูป
 - 2) แหวนอะลูมิเนียมจะเด็นขึ้น แล้วลอยค้างทั้ง 2 รูป
 - 3) แหวนอะลูมิเนียมของรูป X จะเด็นขึ้น แล้วตกกลับลงมาที่เดิม ส่วนของรูป Y จะเด็นขึ้น แล้วลอยค้าง
 - 4) แหวนอะลูมิเนียมของรูป X จะเด็นขึ้น แล้วตกกลับลงมาที่เดิม ส่วนของรูป Y จะไม่ขยับ
12. ปล่อยางลวดให้ตกลงมาในแนวดิ่งภายใต้แรงโน้มถ่วงโลก จากกึ่งกลางแท่งแม่เหล็กถาวรดังรูป ข้อสรุปเกี่ยวกับแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำ ข้อใดถูกต้อง

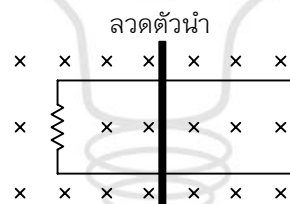


- 1) ขนาดกำลังเพิ่ม ทิศทวนเข็มนาฬิกา
- 2) ขนาดกำลังเพิ่ม ทิศตามเข็มนาฬิกา
- 3) ขนาดกำลังลด ทิศทวนเข็มนาฬิกา
- 4) ขนาดกำลังลด ทิศตามเข็มนาฬิกา

13. ทันทีที่เปิดสวิตช์ S ที่เชื่อมกับลวดตัวนำ ก จะเกิดอะไรขึ้นบนลวดตัวนำ ข



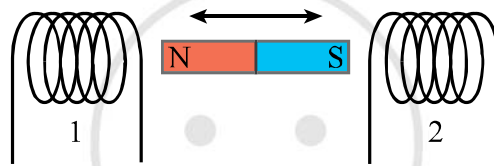
- 1) หลอดไฟสว่างขึ้นชั่วขณะ
 - 2) ลวด ข ถูกดูดเข้าหาลวด ก
 - 3) เกิดกระแสบนลวด ข ในทิศตามเข็มนาฬิกา
 - 4) ถูกทุกข้อ
14. วางลวดตัวนำยาว 30 เซนติเมตร บนรางตัวนำยาวมากที่มีความต้านทานน้อยมากและต่อกับตัวต้านทาน 3 โอห์ม โดยรางตัวนำวางห่างกัน 15 เซนติเมตร ดังรูป จะต้องออกแรงกระทำกับเส้นลวดที่นิวตัน เพื่อให้เส้นลวดเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ 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 ตามลำดับ ขนาดของแรงแม่เหล็กที่กระทำต่อลวดตัวนำคือข้อใด
- 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. แบบจำลองของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเป็นดังรูป

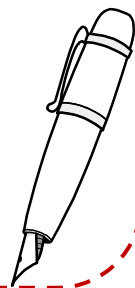


ถ้าเราเปลี่ยนแม่เหล็กให้อ่านาจแม่เหล็กสูงขึ้น และลั่นให้เร็วขึ้น ไฟฟ้าที่ผลิตได้ควรจะมีลักษณะอย่างไร

- 1) แรงดันไฟฟ้าสูงขึ้น ความถี่เท่าเดิม
- 2) แรงดันไฟฟ้าสูงขึ้น ความถี่สูงขึ้น
- 3) แรงดันไฟฟ้าเท่าเดิม ความถี่เท่าเดิม
- 4) แรงดันไฟฟ้าเท่าเดิม ความถี่สูงขึ้น



Note



ไฟฟ้ากระแสสลับ

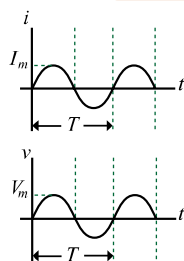
ไฟฟ้ากระแสสลับ (A.C.) : Alternating Current

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)

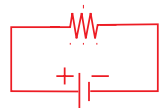
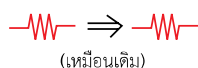
V_m = แรงดันสูงสุด (Volt)

Passive Element

(State of Circuit)

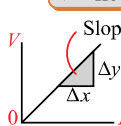
1 อุปกรณ์ใน D.C. Circuit (วงจรกระแสตรง)

R ตัวต้านทาน (Ω)

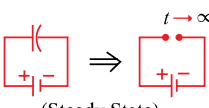
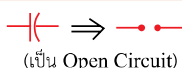


สมการ

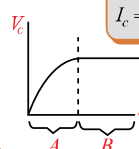
$$V = IR$$



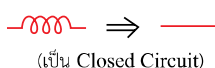
C ตัวเก็บประจุ (F)



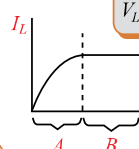
$$I_c = C \frac{dV_c}{dt}$$



L ขดลวดเหนี่ยวนำ (H)



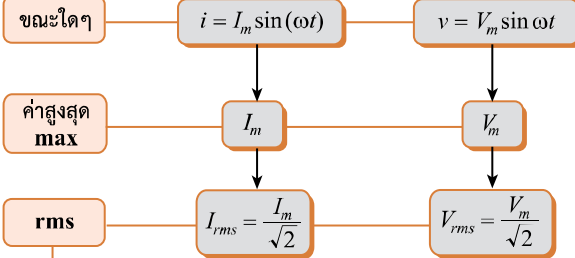
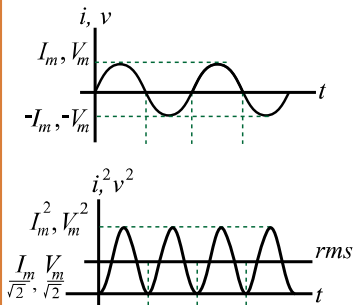
$$V_L = L \frac{dI_L}{dt}$$



A = Transient State = ช่วงเปลี่ยนแปลงก่อนสู่สภาวะคงตัว

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

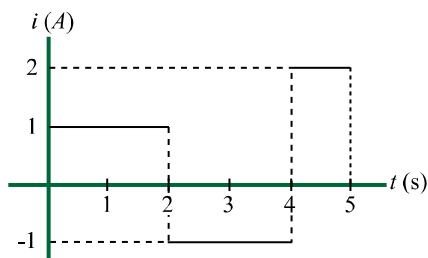
ค่าเฉลี่ยผล, ค่าสูงสุด



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} = ค่าเฉลี่ยผลของกระแส

v = ความต่างศักย์ขณะใดขณะหนึ่ง
 V_m = ความต่างศักย์สูงสุด
 V_{rms} = ค่าเฉลี่ยผลของความต่างศักย์

rms = root mean square
 = ค่าเฉลี่ยผล
 = ค่ารากที่สองของกำลังสองเฉลี่ย
 = ค่าที่อ่านได้จากมิเตอร์

Note

2 อุปกรณ์ใน A.C. Circuit (วงจรกระแสสลับ)

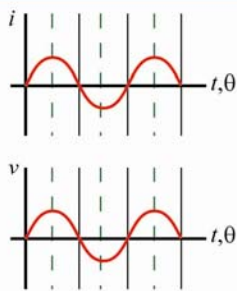
R ตัวต้านทาน (Ω)



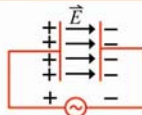
ตัวต้านทาน = R (Ω)

สมการ R

เฟส
(I , V) I เท่า V



C ตัวเก็บประจุ (F)



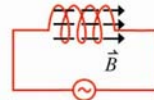
$= X_c$ (Ω)

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

I นำ V 90°

CIV
(I นำ V)

L ขดลวดเหนี่ยวนำ (H)



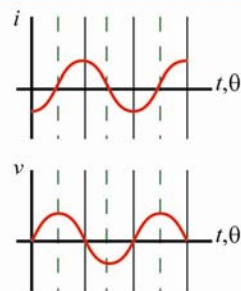
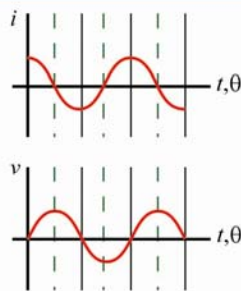
$= X_L$ (Ω)

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

I ตาม V 90°

VIL
(I ตาม V)

$CIV \leftarrow CIVIL \Rightarrow VIL$



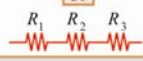
NOTE

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

การต่อ R, C, L

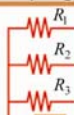
ต่อแบบแยกของใครของมัน

R



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

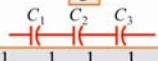
$$\frac{1}{R_t} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots$$



R

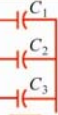
อนุกรม

C



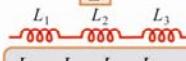
$$\frac{1}{C_t} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \dots$$

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



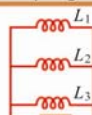
C

L



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

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

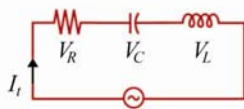


L

ขนาน

ต่อแบบ R, C, L รวมกัน

อนุกรม $R - C - L$

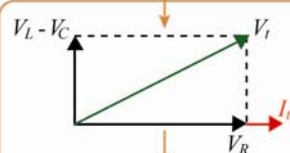
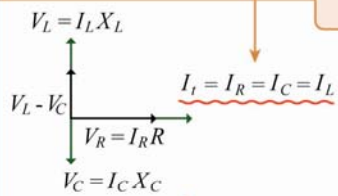


$$V_t = V_m(\sin \omega t + \theta_t)$$

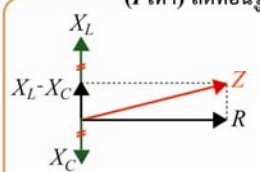
อนุกรม I เท่า

$$I_t = I_R = I_C = I_L$$

Phaser ตั้งต้นที่ I



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

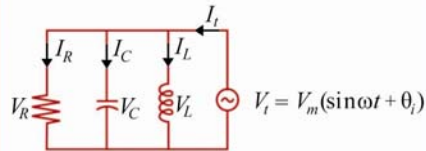


$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$$

$Z = \text{Impedance}$

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

ขนาน $R // C // L$

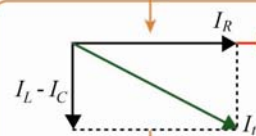
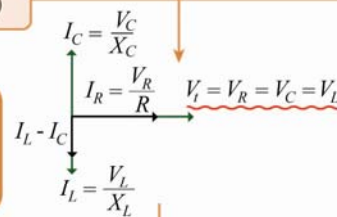


$$V_t = V_m(\sin \omega t + \theta_t)$$

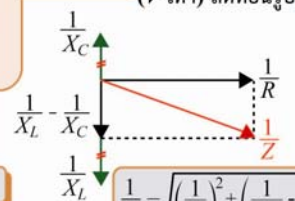
ขนาน V เท่า

$$V_t = V_R = V_C = V_L$$

Phaser ตั้งต้นที่ V



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



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

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

$$P = vi$$

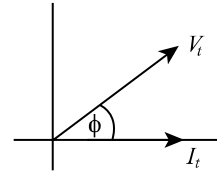
$$P_m = V_m I_m \cos \phi$$

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

! 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 = กำลังไฟฟารวม
(หน่วย = วัตต์)

ϕ = มุมระหว่างเฟสของกระแส
และความต่างศักย์

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

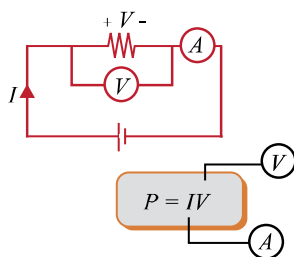
• $0 \leq \cos \phi \leq 1$ เมื่อในวงจรมี R , L และ C

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

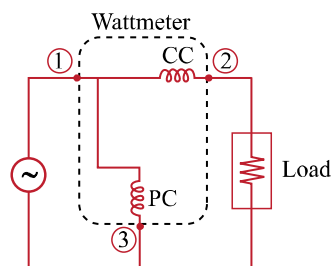
• $\cos \phi = 1$ เมื่อในวงจรมีแต่ R (เฟส V กับ I ตรงกัน)

II Wattmeter (rms)

D.C.



A.C.



* CC = Current Coil ; อนุกรม

PC = Potential Coil ; คร่อมขนานกับวงจร

แนวข้อสอบ

18. วงจรไฟฟ้าที่มีตัวเหนี่ยวนำ ตัวเก็บประจุ และตัวต้านทานต่ออนุกรมกันโดยมีแหล่งกำเนิดไฟฟ้าเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ กระแสที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำมีเฟสตามศักระยะ 90° กระแสที่ไหลผ่านตัวเก็บประจุมีเฟสนำศักระยะ 90° และมีกระแสที่ไหลผ่านตัวต้านทานมีเฟสตรงกับศักระยะ กระแสที่ไหลผ่านตัวเก็บประจุมีเฟสนำกระแสที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำเท่าใด

- | | |
|---------|---------|
| 1) 0° | 2) 90° |
| 3) 120° | 4) 180° |

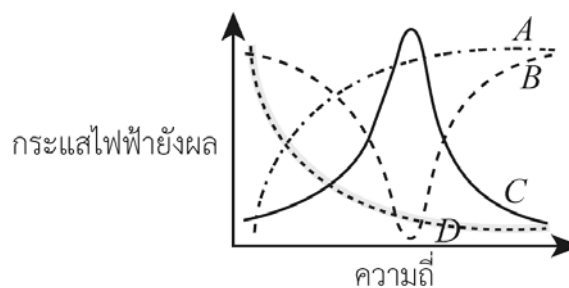
19. หากเปรียบเทียบวงจรไฟฟ้าที่ประกอบด้วยตัวเก็บประจุ (ที่มีประจุเต็ม) และตัวเหนี่ยวนำเท่านั้นกับระบบมวลติดปลายสปริงที่เคลื่อนที่บนพื้นราบลื่น จงพิจารณาข้อความต่อไปนี้

- ก. ตัวเก็บประจุที่มีความจุมากเปรียบได้กับสปริงที่มีค่าคงตัวสปริงน้อย
- ข. พลังงานที่สะสมในตัวเหนี่ยวนำเปรียบได้กับพลังงานศักย์ยืดหยุ่นของสปริง
- ค. กระแสไฟฟ้าที่ไหลในวงจรเปรียบได้กับอัตราเร็วของก้อนมวล

มีข้อความที่ถูกต้องข้อ

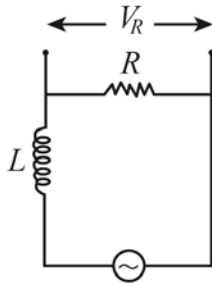
- | | |
|------|--------------------|
| 1) 1 | 2) 2 |
| 3) 3 | 4) 0 (ไม่มีข้อถูก) |

20. ตัวต้านทาน ขดลวดเหนี่ยวนำ และแหล่งจ่ายไฟกระแสสลับ ต่ออนุกรมกันเป็นวงจรไฟฟ้า แหล่งจ่ายไฟสามารถจ่ายไฟที่มีแรงเคลื่อนไฟฟ้าคงที่แต่สามารถปรับเปลี่ยนความถี่ได้ ถ้าเราค่อยๆ เพิ่มความถี่จากต่ำมากๆ ไปจนสูงมากๆ ขนาดของกระแสไฟฟ้ายังผล จะเปลี่ยนใกล้เคียงกับกราฟข้อใดมากที่สุด

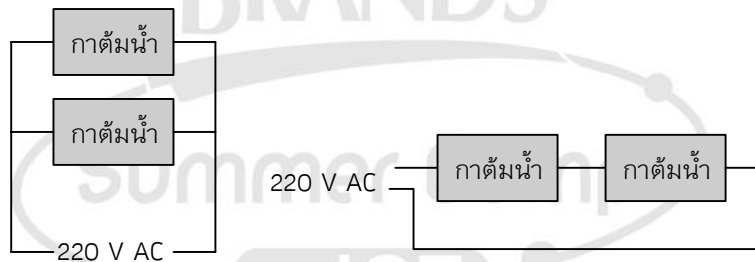


- | | |
|------|------|
| 1) A | 2) B |
| 3) C | 4) D |

21. ถ้าต้องการทำให้ความต่างศักย์คร่อมตัวต้านทาน (R_P) มีค่าลดลงจะต้องทำอย่างไร



- 1) เพิ่มค่าความเหนี่ยวนำ
 - 2) เพิ่มความถี่ของไฟฟ้ากระแสสลับ
 - 3) ลดความถี่ของไฟฟ้ากระแสสลับ
 - 4) มีคำตอบถูกมากกว่า 1 ข้อ
22. หม้อแปลงอุดมคติต่อกับแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับ ขณะที่กระแสไฟฟ้าที่ด้านปฐมภูมิมีค่าเป็นศูนย์แล้ว ความต่างศักย์ที่ด้านทุติยภูมิจะเป็นเท่าใด
- 1) เป็นศูนย์
 - 2) ไม่เท่ากับศูนย์ แต่กำลังลดลง
 - 3) ไม่เท่ากับศูนย์ แต่กำลังเพิ่มขึ้น
 - 4) มีค่าสูงสุด
23. กาต้มน้ำเหมือนกันจำนวน 4 ใบ ฉลากที่ติดข้างกาเขียนไว้ว่า 1,500 W 220 V AC ใส่น้ำเต็มกาทุกใบ นำกาต้มน้ำนี้ 2 ใบ มาต่อแบบขนานกัน อีก 2 ใบ ต่อแบบอนุกรม หลังจากนั้นเสียบเข้ากับปลั๊กไฟบ้าน จงเปรียบเทียบการต้มน้ำในกาทั้ง 4 ให้เดือด

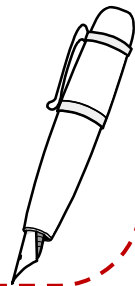


แบบที่ 1 การต้มน้ำแบบต่อขนาน

แบบที่ 2 การต้มน้ำแบบต่ออนุกรม

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

Note



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

เมื่อ S_1, S_2 มีเฟสตรงกัน

A Antinode (ปฏิบัพ)
N Node (บัพ)

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

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

! 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

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

(b) คลื่นนิ่ง (Standing Wave)

นิยาม เกิดจากคลื่น 2 ขบวน มี Amplitude, λ , v เท่ากันวิ่งสวนกันในแนวเส้นตรง

หลักการ

- * ระยะ A ถึง A หรือ N ถึง N $\} = \frac{\lambda}{2}$ (1 Loop)
- * ระยะ A ถึง N $= \frac{\lambda}{4}$ ($\frac{1}{2}$ Loop)
- * ถ้าเฟสตรงกัน $\rightarrow$ ตำแหน่งกึ่งกลางเป็น A
- * ถ้าเฟสตรงข้าม $\rightarrow$ ตำแหน่งกึ่งกลางเป็น N

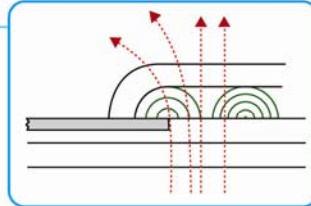
(สมบัติพื้นฐานของคลื่น)

4 การเลี้ยวเบน

① หลักการของฮอยเกนส์

“แต่ละจุดบนหน้าคลื่นถือว่าเป็นแหล่งกำเนิดของคลื่นใหม่ซึ่งให้กำเนิดคลื่นทุกทิศทาง”

② การเลี้ยวเบนผ่านช่องกีดขวาง



การเลี้ยวเบนผ่านช่องคู่ (สลิตคู่)

→ คำนวณเหมือน 2 แหล่งกำเนิด

การเลี้ยวเบนผ่านช่องเดี่ยว (สลิตเดี่ยว)

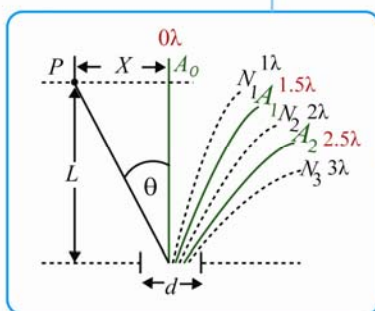
(1) ถ้า $d \leq \lambda$

จะไม่เห็นลวดลายการแทรกสอด
(อาจเรียกว่า เลี้ยวเบนดี) *



(2) ถ้า $d > \lambda$

จะเห็นลวดลายการแทรกสอด
(อาจเรียกว่า เลี้ยวเบนไม่ดี (ไม่สมบูรณ์))



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

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

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

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

d = ความกว้างของช่องเดี่ยว

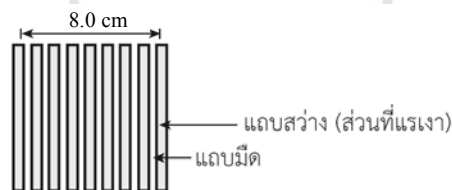
L = ระยะระหว่างช่องเดี่ยว จนถึงฉาก

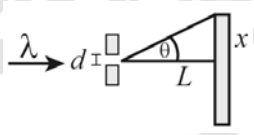
X = ระยะที่ A หรือ N ห่างจากแนวกลาง

θ = มุมที่แนว A หรือ N เบนจากแนวกลาง

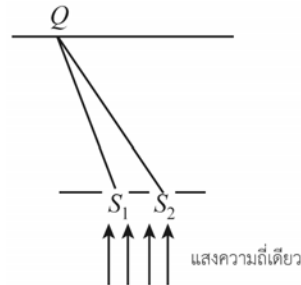
แนวข้อสอบ

24. ข้อใดถูกเกี่ยวกับการแทรกสอดของแสงเลเซอร์ผ่านเกรตติง เมื่ออุปกรณ์ทั้งหมดอยู่ใต้ผิวน้ำเปรียบเทียบกับเมื่อทำการทดลองในอากาศ
- 1) รี้วการแทรกสอด ในน้ำอยู่ห่างเท่ากับในอากาศ
 - 2) รี้วการแทรกสอด ในน้ำอยู่ชิดกันมากกว่าในอากาศ
 - 3) รี้วการแทรกสอด ในน้ำอยู่ห่างกันมากกว่าในอากาศ
 - 4) ไม่เกิดรี้วการแทรกสอด ในน้ำ
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

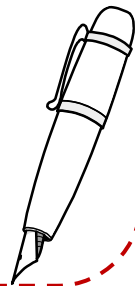
27. ถ้าระยะ S_1Q มีค่าต่างจากระยะ S_2Q อยู่ 1,500 นาโนเมตร ตำแหน่ง Q ของแสงความยาวคลื่น 600 นาโนเมตร จะมีสมบัติอย่างไร



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



Note



ฟิสิกส์อะตอม

SUPER MAP

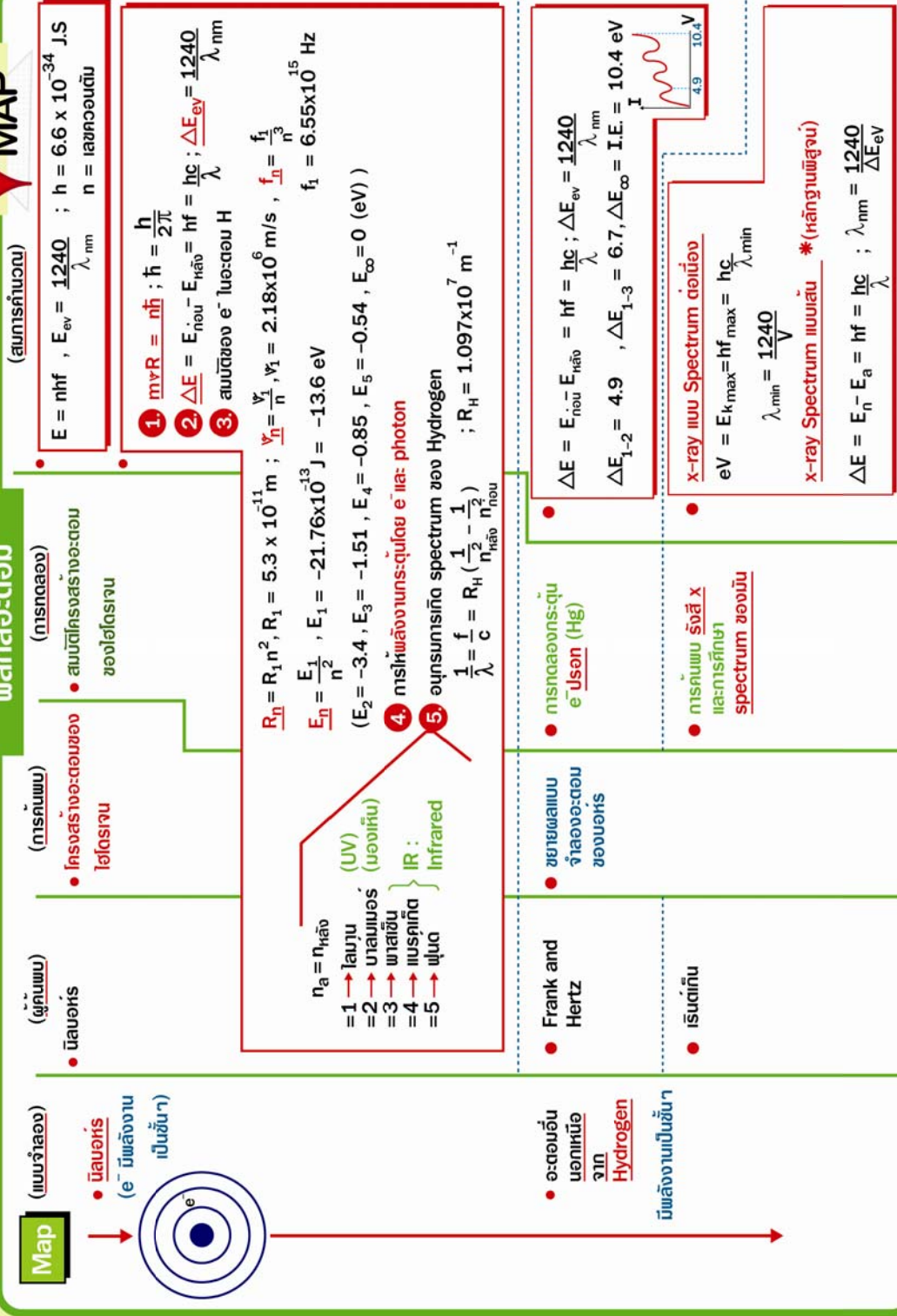
ฟิสิกส์อะตอม

Map

- กรีก < ดิโมคริตัส อริสโตเติล

นักฟิสิกส์	การทดลอง	สมการคำนวณ
อนุภาคมูลฐาน • Dalton • Thomson	ให้คำจำกัดความ Atom • อนุภาคมูลฐานประกอบด้วย ดิน, น้ำ, ลม, ไฟ	Note 1 eV = 1.6 x 10⁻¹⁹ J เร่ง e ด้วยความต่างศักย์ 100 Volt → E = 100 eV.
(อนุกรมเมนเดเลเยฟ) • Mendeleev • Sir W. Crooke	(การทดลอง) • สสารประกอบด้วยอนุภาค e⁻	(สมการคำนวณ) $\frac{q}{m} = \frac{v^2}{2V_a} = \frac{2V_a}{B^2 R^2} = \frac{v}{BR} ; \frac{q}{m} = 1.76 \times 10^{11} \frac{C}{kg}$
Thomson	หาค่า q/m ของ e⁻	การทดลอง หลอดรังสีแคโทด
Millikan	หาค่า q, m ของ e⁻	การทดลอง หยดน้ำมัน $qE = mg \quad m = \rho V = \rho \left(\frac{4\pi R^3}{3} \right) ; m_e = 9.1 \times 10^{-31} \text{ kg}$ $E = \frac{V}{d} \quad q_e = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$
Rutherford	ยิง α ผ่านแผ่นทองคำ	$\left(\frac{1}{2} m v^2 \right) = q \left(\frac{KQ}{R} \right)$ (ของ α) (α) → R min = R nucleus (หาเรย์นิวเคลียส)
Max Planck	วัตถุดำ Spectrum	E = nhf h = 6.6x10⁻³⁴ J.s

ฟิสิกส์อะตอม



ฟิสิกส์อะตอม

Map

(พลังงานเป็นชั้นๆ)

ทวิภาพของคลื่นและอนุภาค

- ปรากฏการณ์ Photoelectric (Hertzทดลอง, สรุปผลโดยไอน์สไตน์)
แสงประพฤติตัวเป็นอนุภาค (Photon) กลุ่มก้อนพลังงาน ($E = hf$)
- $E = nhf$
 $n = \text{จำนวน photon}$
 $= hf + hf + \dots$
(n ตัว)
- ปรากฏการณ์ Compton (x-ray)
(Compton วัดการกระเจิงรังสี X หลังการชนของอิเล็กตรอน)
- สมการคลื่นเดอบรอยล์ $\rightarrow E = mc^2$ และ $P = mv$
- เดวิสสัน และเกอร์เมอร์ + J.P. Thomson $\rightarrow$ การแทรกสอดของ e^-

① คลื่น $\rightarrow$ อนุภาค

$n = \infty$

$E_k = hf$

w

② อนุภาค $\rightarrow$ คลื่น

E

p

กลุ่มนอก

กลศาสตร์ควอนตัม
(ไฮเซนเบิร์ก, ชโรดิงเจอร์)

- หลักความไม่แน่นอนของไฮเซนเบิร์ก
- แบบจำลองอะตอมแบบกลุ่มนอก

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

$$= \frac{hc}{\lambda} - \frac{hc}{\lambda_0}$$

หรือ $V_s = E_{k_{\max}} = \frac{1240}{\lambda_{\text{nm}}} - w_{\text{eV}} \rightarrow w_{\text{eV}} = \frac{1240}{\lambda_{0\text{nm}}}$

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

รังสี X : ประพฤติตัวเป็นอนุภาค

$$\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{m v} = \frac{h}{\sqrt{2mE_k}} = \frac{h}{\sqrt{2mqV}}$$

(สำหรับ e) $\lambda_{\text{nm}} = \frac{1.23}{\sqrt{E_{\text{eV}}}} = \frac{1.23}{\sqrt{V}}$

คลื่นนิ่ง e^-
 $2\pi R = n\lambda$

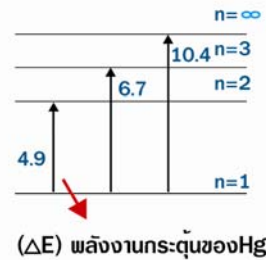
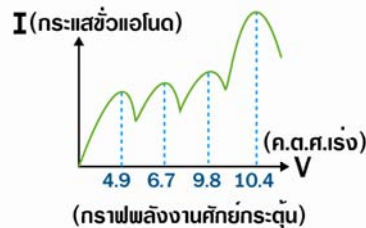
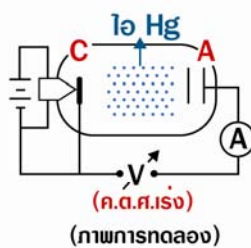
$$\Delta x \cdot \Delta p \geq \hbar \rightarrow (\Delta x)(m\Delta v) \geq \hbar$$

$$\Delta E \cdot \Delta t \geq \hbar ; \hbar = \frac{h}{2\pi}$$

การขยายผล : แนวความคิดอะตอมมีระดับพลังงานเป็นขั้นๆ ของ Bohr

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

- สนับสนุนทฤษฎีอะตอมของ Bohr (ชั้นพลังงานของอะตอม)
- ทดลองกับไฮโดรเจน (Hg) ซึ่งมีโครงสร้างอะตอมซับซ้อน (กว่าไฮโดรเจน)

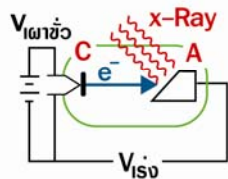


(การทดลอง) → ช่วงที่ให้พลังงานกระตุ้นไม่เท่า $\Delta E(\text{Hg}), e^-$ ที่ชนจะไม่ถ่ายเทพลังงานให้อะตอม Hg (ชนแบบยืดหยุ่น)

→ 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 เป็นภาพบนแผ่นฟิล์มในช่องกระดาษ
- # x-ray : เป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า, มีอำนาจทะลุทะลวงวัตถุความหนาแน่นต่ำ เช่น ผิวหนัง
- # จากการทดลองพบ x-ray 2 ชนิด

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

→ E ต่อเนื่อง → แถบ Spectrum ต่อเนื่อง

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

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

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

โลหะต่างชนิด → 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 เป็นของโลหะชนิดที่เป็นเป้าหมาย

x-ray : การเกิดของมันก็ยืนยันยืนยันว่าอะตอมมีระดับพลังงานเป็นขั้นๆ (เกิดกับโลหะที่นอกเหนือจากไฮโดรเจนของบอร์)

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

● การคำนวณ Photoelectric

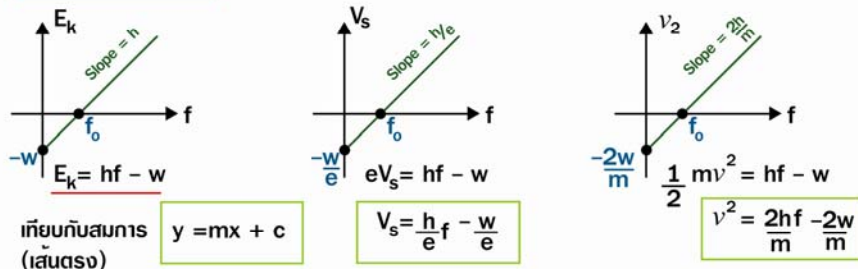
$$eV_s = E_{k_{\max}} = hf - w = \frac{hc}{\lambda} - w \quad \rightarrow \quad w = hf_0 = \frac{hc}{\lambda_0}$$

$$V_s = E_{k(eV)} = \frac{1240}{\lambda_{nm}} - w_{ev} \quad \quad w_{ev} = \frac{1240}{\lambda_{0nm}}$$

$\# V_s$ = ความต่างศักย์หยุดยั้ง
 $\# E_{k_{\max}}$ = พลังงานจลน์ของ photo e^- ที่มากที่สุด

$\# f_0, \lambda_0$ = 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, ขัดกับสมบัติคลื่นที่ f จะคงที่เท่ากับแหล่งกำเนิด
 $\#$ เป็นไปตามผลการคำนวณเหมือนกับการชนอนุภาค

$\lambda' - \lambda = \lambda_0 (1 - \cos \alpha)$ $\# \lambda'$ = ความยาวคลื่น x-ray ที่กระเจิง
 $\# \lambda$ = ความยาวคลื่น x-ray ของแหล่งกำเนิด
 $\Delta \lambda$ = Compton Shift (λ ของ x-ray ที่เปลี่ยนไป) $\# \lambda_0$ = ความยาวคลื่น Compton ของ e^- (0.02422 Å)
 $\# \alpha$ = มุม x-ray ที่เบี่ยงเบนจากแนวเดิม (มุมกระเจิง)

$\rightarrow$ สนับสนุนแนวคิดโฟตอนว่าคลื่นแสดงสมบัติเป็นอนุภาคได้

อนุภาคประพฤติตัวเป็นคลื่นได้ ; สมมุติฐานเดอบรอยล์

$\#$ เดอบรอยล์ เสนอสมการความสัมพันธ์ระหว่างความยาวคลื่นและโมเมนตัมโฟตอน

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

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

$\#$ สมการความยาวคลื่นเดอบรอยล์

(สำหรับ e^- เท่านั้น)

$\# E_k$ = พลังงานจลน์ของอนุภาค ; m = มวลอนุภาค ; V = ความต่างศักย์เร่งอนุภาค

$\# \lambda$ = ความยาวคลื่นของอนุภาค ; P = โมเมนตัมของอนุภาค

แนวข้อสอบ

28. สมการใดไม่เกี่ยวข้องกับการคำนวณรัศมีการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนในแบบจำลองอะตอมของบอร์

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

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

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

4) $mvr = n\hbar$

29. อิเล็กตรอนถูกเร่งด้วยพลังงานอย่างน้อยที่สุดเท่าไร จึงสามารถชนโปรตอนอีกตัวหนึ่งได้ กำหนดให้มวลอิเล็กตรอน คือ 10^{-29} kg เส้นผ่านศูนย์กลาง คือ 10^{-14} m ตอบในรูป 10^n eV โดยไม่คิดผลของทฤษฎีสัมพันธภาพพิเศษ

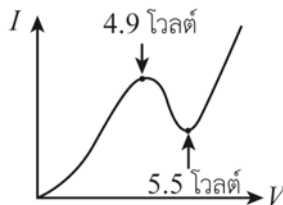
1) 10^3 eV

2) 10^5 eV

3) 10^9 eV

3) 10^{11} eV

30. การทดลองของฟรังค์และเฮริตซ์ประกอบด้วยหลอดบรรจุไอปรอทความดันต่ำ 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 (R_0) ความยาวคลื่นต่ำสุด และความยาวคลื่นรังสีเอกซ์เฉพาะตัวที่เกิดขึ้น จะเป็นอย่างไร

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

32. อิเล็กตรอนในอะตอมไฮโดรเจนเปลี่ยนระดับพลังงานจากชั้น $n = 3$ ไปสู่สถานะพื้น จะปล่อยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีพลังงานประมาณกี่อิเล็กตรอนโวลต์

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. เมื่อฉายคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความยาวคลื่น 310 นาโนเมตร สู่โลหะที่มีฟังก์ชันงานตามข้อใด จะทำให้เกิดโฟโตอิเล็กตรอนที่มีพลังงานจลน์ต่ำที่สุด

1) 1.7 eV 2) 2.3 eV 3) 3.5 eV 4) 3.9 eV

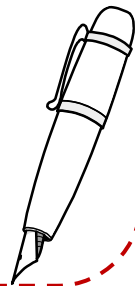
35. การใช้แสง UV ที่มีพลังงาน 6×10^{-19} จูล ในการตรวจสอบธนบัตร หากมองเห็นลายน้ำจากการฉาย UV แสดงว่าเป็นธนบัตรจริง ลายน้ำโลหะบนธนบัตรจริงควรมีความหนาของเส้นลายอย่างน้อยเท่าใด จึงจะมองเห็นได้โดยแสงดังกล่าว

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

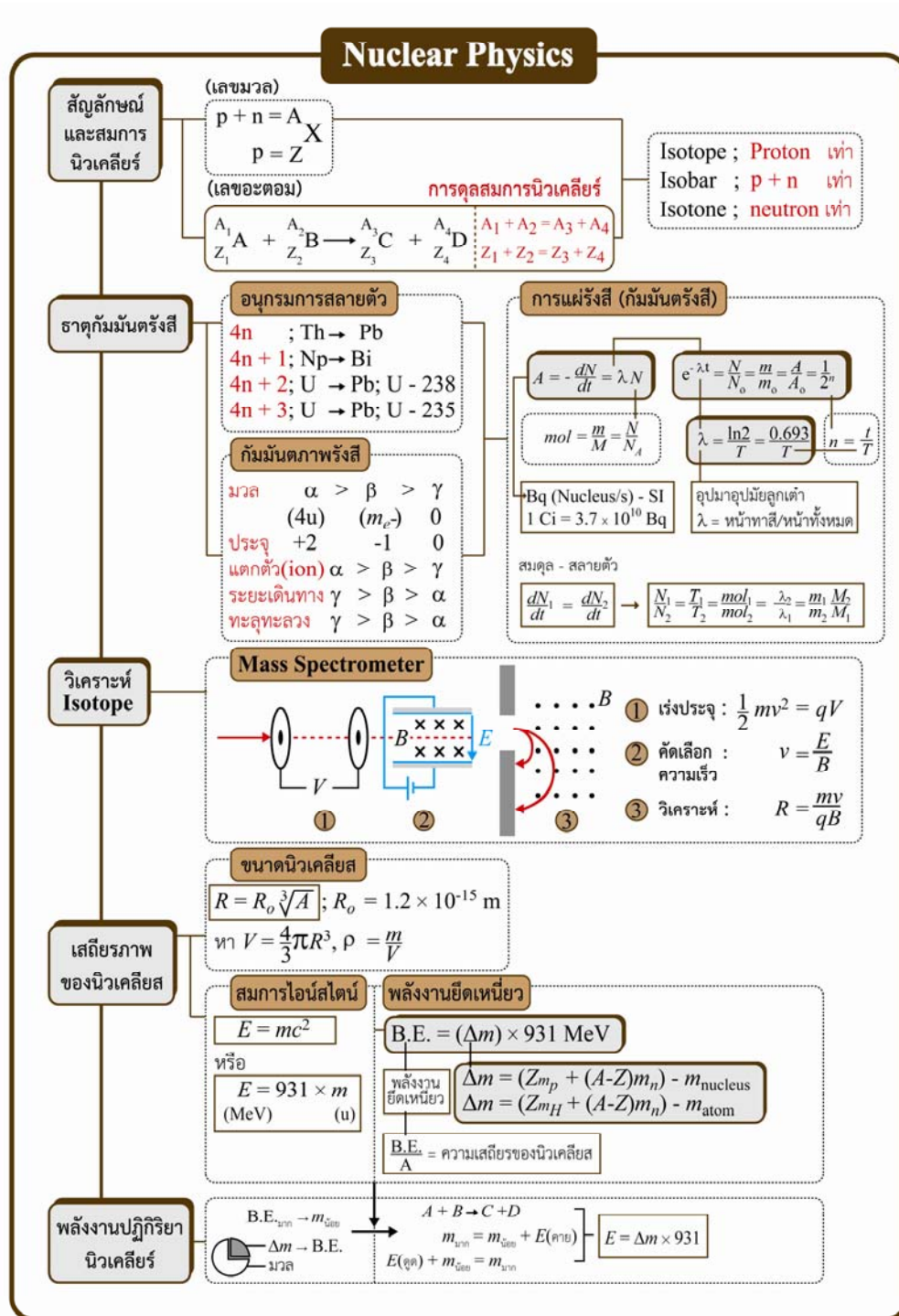
36. ความยาวคลื่นเดอบรอยล์ของอิเล็กตรอนในอะตอมไฮโดรเจนที่ระดับพลังงาน $n = 4$ เป็นกี่เท่าของที่ระดับพลังงาน $n = 3$

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

Note



ฟิสิกส์นิวเคลียร์



แนวข้อสอบ

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

- [illegible]

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. การคำนวณหาค่ากัมมันตรังสีของนิวเคลียสตั้งต้น 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

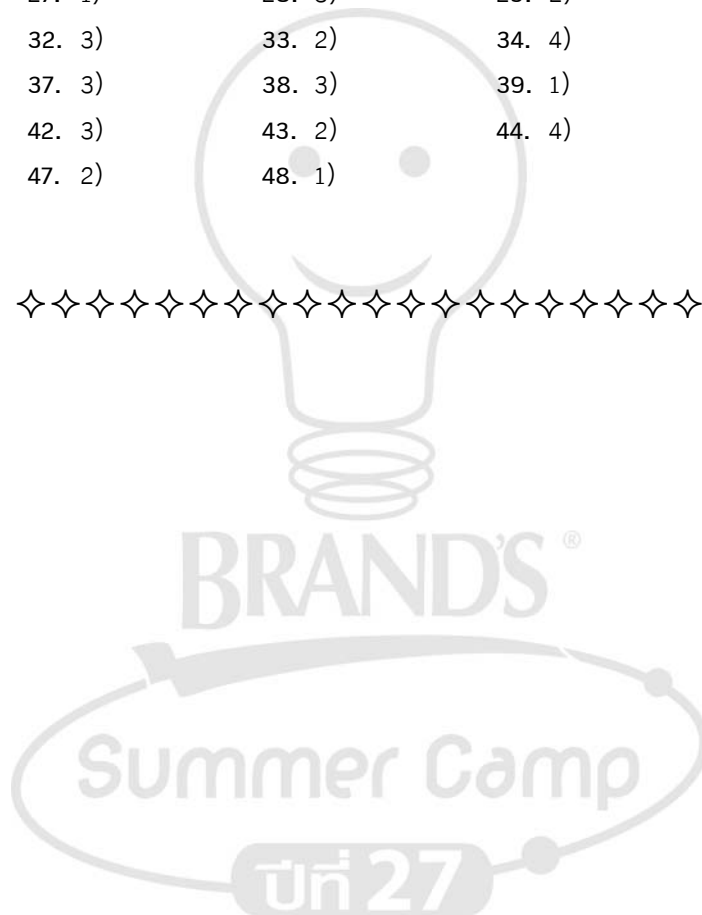
41. ลูกเต๋าคูต A มี 6 หน้า แต้มสีไว้เพียง 1 หน้า มีทั้งหมด 4,800 ลูก ลูกเต๋าคูต B มี 10 หน้า แต้มสีไว้ 4 หน้า ในการทอดแต่ละครั้งจะหยิบลูกเต๋าคูตที่ขึ้นหน้าที่แต้มสีออก สำหรับการทอดลูกเต๋าคูตครั้งแรก ถ้าต้องการให้จำนวนลูกเต๋าคูตที่ถูกหยิบออกทั้งสองชุดเท่ากัน จะต้องใช้ลูกเต๋าคูต B กี่ลูก

- 1) 1,200 2) 1,500
3) 2,000 4) 2,400

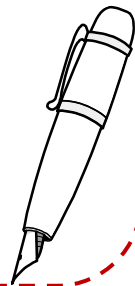
42. หากเปรียบเทียบการทอดลูกเต๋ากับการสลายตัวของนิวเคลียสกัมมันตรังสี เมื่อเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าคงตัวการสลาย (แกนตั้ง) กับจำนวนหน้าที่แฉกสีของลูกเต๋าคู่ (แกนนอน) เป็นดังข้อใด
- 1) เป็นกราฟไฮเพอร์โบลามุมฉาก
 - 2) เป็นกราฟเส้นตรงที่มีความชันเป็นลบ
 - 3) เป็นกราฟเส้นตรงที่มีความชันเป็นบวก
 - 4) เป็นกราฟเอกซ์โพเนนเชียลที่มีความชันเป็นบวก
43. สารกัมมันตรังสีชนิดหนึ่งมีค่าครึ่งชีวิต 50 วินาที เมื่อเวลาผ่านไป 125 วินาที สารชนิดนี้เหลือ 200 กรัม ในตอนแรกเริ่มต้นมีสารชนิดนี้กี่กรัม
- 1) 1,450
 - 2) 1,131
 - 3) 885
 - 4) 765
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. พลังงานที่ปลดปล่อยออกมาจากการสลายให้รังสีบีตาของ $^{14}_6\text{C}$ มีค่าที่เมกะอิเล็กตรอนโวลต์ 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 $1 \text{ u} = 930 \text{ MeV}/c^2$

เฉลย

- | | | | | |
|--------|--------|--------|--------|--------------|
| 1. 2) | 2. 4) | 3. 2) | 4. 2) | 5. 4) |
| 6. 4) | 7. 1) | 8. 3) | 9. 3) | 10. 1) |
| 11. 1) | 12. 4) | 13. 4) | 14. 3) | 15. 4) |
| 16. 1) | 17. 2) | 18. 1) | 19. 2) | 20. 4) |
| 21. 2) | 22. 4) | 23. 4) | 24. 2) | 25. 2) |
| 26. 1) | 27. 1) | 28. 3) | 29. 2) | 30. 2) |
| 31. 4) | 32. 3) | 33. 2) | 34. 4) | 35. 2) |
| 36. 3) | 37. 3) | 38. 3) | 39. 1) | 40. 3) |
| 41. 3) | 42. 3) | 43. 2) | 44. 4) | 45. 0.16 MeV |
| 46. 3) | 47. 2) | 48. 1) | | |



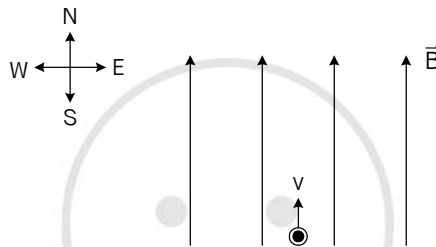
Note



เก็งข้อสอบ

ชุดที่ 1

1. สนามแม่เหล็กมีทิศทางตามทิศเหนือ



เมื่อโปรตอนเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว v ตามทิศเหนือตามรูป จงพิจารณาข้อต่อไปนี้อย่างถูกต้อง

- 1) เคลื่อนที่ไปทาง N แต่มีความเร็วลดลงเรื่อยๆ แล้ววิ่งกลับมาทาง S
- 2) เคลื่อนที่ไปทาง N โดยมีความเร็วเท่าเดิม
- 3) เคลื่อนที่ไปทาง N โดยความเร็วเพิ่มขึ้น
- 4) โค้งไปทาง E เป็นวงกลมด้วยอัตราเร็วคงที่

- 2.



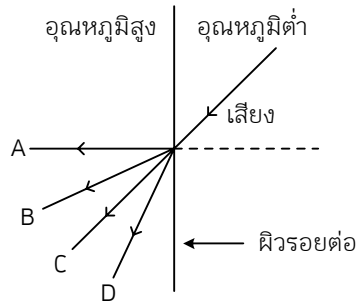
เหรียญวัตถุมวล 0.5 กิโลกรัม เป็นรูปวงกลมในแนวระดับบนพื้นลื่นด้วยเชือกยาว 1 เมตร ทนแรงจุดได้ 2 นิวตัน อัตราเร็วสูงสุดของการเคลื่อนที่แบบวงกลมนี้มีค่าเท่าใด

- 1) 1 m/s
- 2) 2 m/s
- 3) 3 m/s
- 4) 4 m/s

3. ปล่อยวัตถุ A และ B จากความสูงเดียวกัน A มีมวลเป็น 4 เท่าของ B วัตถุทั้งสองใช้เวลาในการเคลื่อนที่ลงสู่พื้นเท่ากัน จงพิจารณาข้อใดต่อไปนี้อย่างถูกต้อง

- 1) ความเร็วก่อนกระทบพื้นของ A มากกว่า B 4 เท่า
- 2) น้ำหนักของ A เท่ากับน้ำหนักของ B
- 3) ความเร่งของวัตถุ A มากกว่าวัตถุ B
- 4) ขนาดของแรงที่โลกกระทำต่อมวล A มากกว่ามวล B เป็น 4 เท่า

4. เสียงเคลื่อนที่จากตัวกลางที่มีอุณหภูมิต่ำไปยังที่มีอุณหภูมิสูง จะมีการเคลื่อนที่ตามเส้นทางใด



- 1) A
 - 2) B
 - 3) C
 - 4) D
5. คุณชายธนวัฒน์เดินทางไปเหยียบดวงจันทร์ จงพิจารณาข้อใดต่อไปนี้ถูกต้อง
- 1) แรงที่คุณชายธนวัฒน์กระทำดวงจันทร์เท่ากับแรงที่ดวงจันทร์กระทำต่อคุณชายธนวัฒน์
 - 2) แรงที่คุณชายธนวัฒน์กระทำต่อดวงจันทร์ไม่เท่ากับแรงที่ดวงจันทร์กระทำต่อคุณชายธนวัฒน์ เพราะดวงจันทร์มีมวลมากกว่า
 - 3) ขนาดของแรงที่ดวงจันทร์กระทำต่อคุณชายธนวัฒน์มากกว่าขนาดของแรงที่คุณชายธนวัฒน์กระทำต่อดวงจันทร์
 - 4) ขนาดของแรงที่คุณชายธนวัฒน์กระทำต่อดวงจันทร์เท่ากับขนาดของแรงที่ดวงจันทร์กระทำต่อคุณชายธนวัฒน์
6. แม่นาคอยู่ห่างจากลำโพงมากกว่าฟीมาร์คเป็นระยะทาง 2 เท่า จงพิจารณาข้อความต่อไปนี้ผิด
- 1) แม่นาคได้รับความเข้มเสียงน้อยกว่าฟีมาร์ค
 - 2) แม่นาคและฟีมาร์คได้รับความถี่เสียงจากลำโพงเท่ากัน
 - 3) ระดับความเข้มเสียงที่ฟีมาร์คได้รับน้อยกว่าแม่นาค
 - 4) เสียงเคลื่อนที่ไปหาแม่นาคและฟีมาร์คด้วยอัตราเร็วเท่ากัน
7. ลูกเทนนิส 2 ลูก เหมือนกันทุกประการ อยู่สูงจากพื้นเท่ากัน ลูกแรกถูกปล่อยให้เคลื่อนที่ในแนวตั้ง ลูกที่สองถูกปาออกไปในแนวระดับด้วยความเร็วต้นค่าหนึ่ง (ไม่คิดแรงต้านอากาศ) การเคลื่อนที่ของลูกเทนนิสทั้งสองจนกระทบพื้นมีอะไรไม่เท่ากัน
- 1) ความเร่ง
 - 2) เวลาในการเคลื่อนที่
 - 3) การกระจัดในแนวราบ
 - 4) ความเร็วในแนวตั้งก่อนกระทบพื้น

8. โขเหล็กขดบนพื้นเป็นรูปร่างของตัวเลขอารบิกตามข้อใดที่มีระยะการกระจัดน้อยที่สุด

- 1) เลข 1
- 2) เลข 2
- 3) เลข 5
- 4) เลข 8

9.

สถานีต้นทางกรุงเทพมหานคร

สถานีปลายทาง	ออก	ถึง	ระยะทาง (km)
นครสวรรค์	12.00 น.	14.30 น.	239
นครศรีธรรมราช	17.00 น.	05.00 น.	789
นครราชสีมา	21.00 น.	24.00 น.	349
นครพนม	17.30 น.	05.00 น.	679
สกลนคร	21.00 น.	00.30 น.	459

อัตราเร็วเฉลี่ยในการเดินทางจากสถานีต้นทางกรุงเทพมหานครไปยังสถานีปลายทางที่จังหวัดใดน้อยที่สุด

- 1) สกลนคร
- 2) นครพนม
- 3) นครราชสีมา
- 4) นครศรีธรรมราช

10. ขว้างลูกบอลสีดำนวล 0.2 กิโลกรัมออกจากที่สูง 3.0 เมตร โดยมีความเร็ว 4.0 เมตรต่อวินาทีในแนวราบ ขณะเดียวกันก็ขว้างลูกบอลสีขาวมวล 0.2 กิโลกรัมออกจากที่สูงเท่ากัน ด้วยความเร็ว 8.0 เมตรต่อวินาทีในแนวราบเช่นกัน ข้อใดต่อไปนี้เป็นข้อที่ถูกต้อง

- 1) ลูกบอลสีขาวตกถึงพื้นก่อน
- 2) ลูกบอลทั้งสองตกถึงพื้นพร้อมกัน
- 3) ลูกบอลทั้งสองตกกระทบพื้นห่างจากจุดขว้างเท่ากัน
- 4) อัตราเร็วในแนวตั้งของลูกบอลสีดำนวลมากกว่าลูกบอลสีขาว

11. จงพิจารณาข้อความต่อไปนี้ ข้อใดผิด

- 1) คลื่นเรดาร์เป็นคลื่นไมโครเวฟมีสมบัติสะท้อนกับผิวโลหะได้ดี
- 2) ผงของหลอดเรืองแสงจะทำด้วยแก้ว เพราะแก้วกันรังสีอัลตราไวโอเล็ตได้ดี
- 3) คลื่นแม่เหล็กทุกชนิดเป็นคลื่นตามขวางมีอัตราเร็วในสุญญากาศเท่ากับ 3×10^8 m/s
- 4) รังสีแกมมา รังสีเอกซ์ รังสีอัลตราไวโอเล็ต แสงที่ตามองเห็น รังสีอินฟราเรด จะเรียงตามความยาวคลื่นมากไปความยาวคลื่นน้อย

12. คลื่นวิทยุ, รังสีอินฟราเรด และคลื่นไมโครเวฟมีสิ่งที่เหมือนกันในข้อใดบ้าง
- ก. เป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า
 - ข. ตรวจรับได้ด้วยฟิล์มถ่ายรูป
 - ค. ใช้ประโยชน์ในการสื่อสารดาวเทียม
- ข้อใดถูกต้อง
- 1) ก. และ ค.
 - 2) ก. และ ข.
 - 3) ข. และ ค.
 - 4) คำตอบเป็นอย่างอื่น
13. ธาตุที่มีสัญลักษณ์นิวเคลียร์ $^{14}_6\text{C}$ ถูกเรียกชื่อย่อว่าอะไร
- 1) คาร์บอน-6
 - 2) คาร์บอน-8
 - 3) คาร์บอน-14
 - 4) คาร์บอน-20
14. โพแทสเซียมเป็นโลหะชนิดหนึ่ง มีสัญลักษณ์นิวเคลียร์ $^{40}_{19}\text{K}$ แสดงว่านิวเคลียสของโพแทสเซียมนี้มีอนุภาคตามข้อใด
- 1) โปรตอน 40 ตัว นิวตรอน 19 ตัว
 - 2) โปรตอน 59 ตัว นิวตรอน 40 ตัว
 - 3) โปรตอน 40 ตัว อิเล็กตรอน 21 ตัว
 - 4) โปรตอน 19 ตัว นิวตรอน 21 ตัว
15. จงพิจารณาว่าข้อใดถูกต้องสำหรับ “ธาตุกัมมันตรังสี”
- ก. ธาตุกัมมันตรังสีทุกชนิดมีค่าพลังงานยึดเหนี่ยวในนิวเคลียสต่ำ
 - ข. ธาตุกัมมันตรังสีหนึ่งๆ มีค่าครึ่งชีวิตคงที่เสมอ
 - ค. การสลายตัวของนิวเคลียสที่ปลดปล่อย แอลฟา เบต้า หรือแกมมา แม้เพียงอย่างหนึ่งก็จะสามารถทำให้เปลี่ยนสภาพเป็นนิวเคลียสของธาตุใหม่ได้
- 1) ก.
 - 2) ก. และ ข.
 - 3) ข. และ ค.
 - 4) ก., ข. และ ค.

16. สารกัมมันตรังสีจำนวนหนึ่งเมื่อทิ้งไว้ 4 ชั่วโมง ปรากฏว่าเหลือสารกัมมันตรังสีจำนวน $\frac{1}{16}$ เท่าของของเดิม จงหาเวลาครึ่งชีวิตของสารนี้
- 1) 0.5 ชั่วโมง
 - 2) 1.0 ชั่วโมง
 - 3) 1.5 ชั่วโมง
 - 4) 2.5 ชั่วโมง
17. รังสีแอลฟาที่มีอำนาจในการทะลุผ่านน้อยกว่ารังสีชนิดอื่นที่ออกมาจากธาตุกัมมันตรังสีเนื่องจากเหตุผลตามข้อใด
- 1) รังสีแอลฟาไม่มีประจุไฟฟ้า
 - 2) รังสีแอลฟามีพลังงานน้อยกว่ารังสีชนิดอื่น
 - 3) รังสีแอลฟามีคุณสมบัติในการทำให้สารที่รังสีผ่านแตกตัวเป็นไอออนได้ดี
 - 4) ข้อ 2) และ 3) ถูก
18. ข้อใดมีขนาดของการกระจัดมากที่สุด
- 1) รিংเป็นรูปครึ่งวงกลมรัศมี 14 เมตร
 - 2) รিংไปทางทิศตะวันออก 16 เมตร แล้วเปลี่ยนไปทางทิศใต้ 12 เมตร
 - 3) รিংเป็นเส้นตรงเป็นระยะ 40 เมตร แล้ววิ่งกลับมาเป็นระยะ 40 เมตร
 - 4) โยนของขึ้นไปสูงเป็นระยะ 40 เมตร ตกลงค้างกิ่งไม้สูง 15 เมตร
 - 5) รিংเป็นวงกลมรัศมี 7 เมตร จำนวน 2 รอบ
19. แสงสีแดงมีความถี่ 3×10^{14} Hz จะมีความยาวคลื่นเท่าใด
- 1) 1.6×10^{-6} m
 - 2) 1.0×10^{-6} m
 - 3) 0.9×10^{-6} m
 - 4) 0.7×10^{-6} m
 - 5) 0.4×10^{-6} m
20. ข้อใดไม่ใช่ลักษณะของแรงนิวเคลียร์
- 1) แรงที่มีขอบเขตเฉพาะในนิวเคลียส
 - 2) แรงระหว่างนิวคลีออน
 - 3) ดึงอิเล็กตรอนที่โคจรรอบนิวเคลียส
 - 4) แรงระหว่างโปรตอนกับโปรตอนในนิวเคลียส
 - 5) แรงระหว่างนิวตรอนกับนิวตรอนในนิวเคลียส

21. พิจารณาข้อความเกี่ยวกับประโยชน์ของสารกัมมันตรังสี ข้อใดผิด

- 1) Co-60 รักษาโรคมะเร็ง
- 2) γ ทำให้หนอนแมลงวันเป็นหมัน
- 3) C-14 ตรวจหาอายุของวัตถุโบราณ
- 4) เครื่องตรวจวัดตะกั่ว ตรวจรังสีที่ออกจากวัตถุระเบิด
- 5) I-131 ช่วยในการถ่ายภาพเพื่อตรวจโรคไทรอยด์

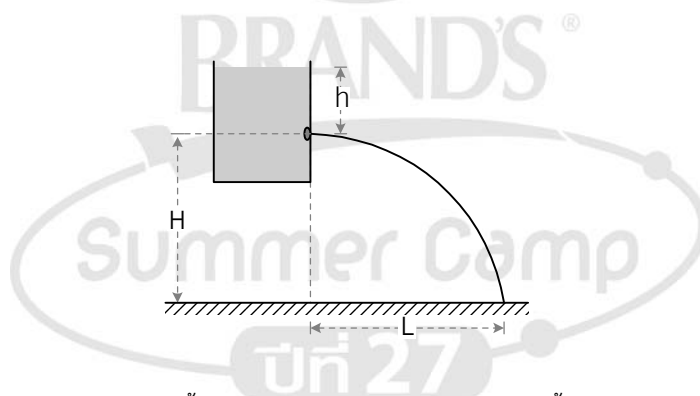
22. ข้อใดไม่ใช่เกิดจากสมบัติของการสะท้อน

- 1) อุปกรณ์ตรวจจับเรดาร์
- 2) ปลาโลมาจับทิศทางได้แม้อยู่ในท้องทะเลมืดมิด
- 3) การบุผนังในโรงภาพยนตร์
- 4) ได้ยินเสียงจากลำโพงแม้อยู่คนละฟากของกำแพง
- 5) ฟาฟาแต่ไม่ได้ยินเสียงฟ้าร้อง

23. คลื่นชนิดใดที่ประสาทสัมผัสของมนุษย์รับรู้ได้

- 1) ไมโครเวฟ
- 2) วิทยุ
- 3) อินฟราเรด
- 4) อัลตราไวโอเลต
- 5) แกมมา

พิจารณารูปต่อไปนี้ แล้วตอบคำถามข้อ 24-25



กระป๋องใส่น้ำดังรูป โดยระดับผิวน้ำสูงจากฐานเป็นระยะ h และรู้สูงจากพื้นเป็นระยะ H เมื่อน้ำพุ่งออกจากรูที่เจาะไว้ด้วยความเร็ว v และเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ ได้ระยะตามแนวราบ L โดยมีความสัมพันธ์ของตัวแปรดังนี้

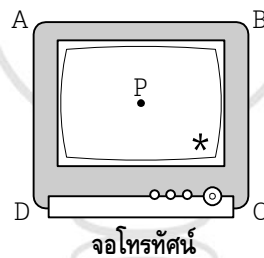
$$v = \sqrt{2gh}$$

$$H = \frac{1}{2}gt^2$$

$$L = vt$$

24. การออกแบบการทดลองข้างต้น ตัวแปรใดเป็นตัวแปรต้น
- 1) t
 - 2) L
 - 3) h
 - 4) H
 - 5) v
25. จากการทดลองข้างต้น ตัวแปรใดที่มีความสัมพันธ์แบบเส้นตรง
- 1) L^2 กับ h
 - 2) $\sqrt{L}$ กับ h
 - 3) $\sqrt{L^2 + H^2}$ กับ h
 - 4) $(L + H)$ กับ h
 - 5) L กับ h

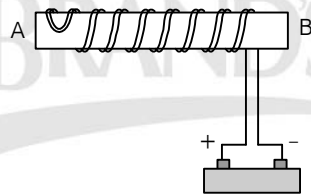
26.



อิเล็กตรอนเคลื่อนที่มีทิศพุ่งออกจากกลางจอโทรทัศน์ที่ตำแหน่ง P ถ้าต้องการให้อิเล็กตรอนเคลื่อนที่เข้าหาตำแหน่ง * ของจอโทรทัศน์ สนามแม่เหล็กมีทิศอย่างไร

- 1) มีทิศจาก D ไป B
 - 2) มีทิศจาก A ไป C
 - 3) มีทิศจากหน้า AD ไป BC
 - 4) มีทิศจากหน้า AB ไป DC
 - 5) มีทิศสวนทางกับทิศของอิเล็กตรอน
27. ปฏิกิริยาฟิชชันในปฏิกิริยา fission เกิดจากอนุภาคใด
- 1) ไฮโดรเจน
 - 2) แอลฟา
 - 3) โปรตอน
 - 4) อิเล็กตรอน
 - 5) นิวตรอน

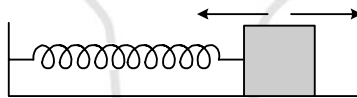
28. แหล่งกำเนิดเสียง x และ y มีความถี่ปิดค่าหนึ่ง เมื่อเพิ่มความถี่ของแหล่งกำเนิดเสียง y แล้วความถี่ที่เพิ่มขึ้น ข้อใดถูกต้อง
- 1) ความถี่ของแหล่งกำเนิด x มากกว่าความถี่ของแหล่งกำเนิด y
 - 2) ความยาวคลื่น x มากกว่าความยาวคลื่น y
 - 3) คุณภาพเสียงของแหล่งกำเนิด x มากกว่าแหล่งกำเนิด y
 - 4) อัตราเร็วเสียงจากแหล่งกำเนิด x มากกว่าแหล่งกำเนิด y
 - 5) ความเข้มเสียงจากแหล่งกำเนิด x มากกว่าแหล่งกำเนิด y
29. ข้อใดใช้หลักการเดียวกันกับการหมุนของพัดลมไฟฟ้า
- 1) โทรทัศน์รุ่นเก่า
 - 2) เครื่องดักจับฝุ่นในโรงงาน
 - 3) การโคจรของดาวเทียม
 - 4) น้ำขึ้น-น้ำลง
 - 5) แรงยึดในนิวเคลียส
30. ข้อใดที่ทำให้คลื่นแตกต่างกับสสารที่มีมวล
- 1) ความถี่
 - 2) การหักเห
 - 3) การสะท้อน
 - 4) ความเร็ว
 - 5) การเลี้ยวเบน
- 31.



ลวดตัวนำเคลือบสารป้องกันไฟฟ้าลวดวงจรต่อเข้ากับแบตเตอรี่แล้วนำลวดตัวนำประกบติดกันพันรอบแท่งโลหะดังรูป ข้อใดต่อไปนี้กล่าวถูกต้อง

- 1) A เป็นขั้วแม่เหล็กเหนือ B เป็นขั้วแม่เหล็กใต้
- 2) A เป็นขั้วแม่เหล็กใต้ B เป็นขั้วแม่เหล็กเหนือ
- 3) A เป็นขั้วแม่เหล็กใต้ B เป็นขั้วแม่เหล็กใต้
- 4) A เป็นขั้วแม่เหล็กเหนือ B เป็นขั้วแม่เหล็กเหนือ
- 5) ไม่เกิดขั้วแม่เหล็กที่ A และ B

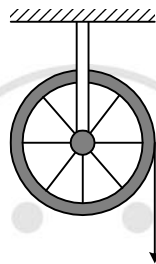
32. ผูกเชือกเข้ากับจุกยาง แล้วเหวี่ยงให้จุกยางเคลื่อนที่เป็นวงกลมในแนวระดับเหนือศีรษะด้วยอัตราเร็วคงตัว ครอบรอบได้ 9 รอบใน 3 วินาที หากคิดในแง่ของคาบจะมีคาบเท่ากับเท่าใด
- 1) 0.3 วินาที
 - 2) 0.9 วินาที
 - 3) 3 วินาที
 - 4) 9 วินาที
 - 5) 27 วินาที
33. ข้อใดต่อไปนี้ถูกต้องเกี่ยวกับคลื่นตามขวาง
- 1) เป็นคลื่นที่เคลื่อนที่ได้ไถ่ล้า
 - 2) เป็นคลื่นที่อนุภาคของตัวกลางสั่นได้หลายแนว
 - 3) เป็นคลื่นที่ไม่ต้องอาศัยตัวกลางในการเคลื่อนที่
 - 4) เป็นคลื่นที่อนุภาคตัวกลางมีการสั่นแนวขวางกับการเคลื่อนที่ของคลื่น
 - 5) เป็นคลื่นที่ใช้รบกวนคลื่นชนิดอื่นๆ
34. สปริงกำลังสั้นแบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย ที่ตำแหน่งสปริงหดสั้นที่สุดมีสภาพการเคลื่อนที่อย่างไร



- 1) ความเร็วต่ำสุด ความเร่งต่ำสุด
 - 2) ความเร็วต่ำสุด ความเร่งสูงสุด
 - 3) ความเร็วสูงสุด ความเร่งสูงสุด
 - 4) ความเร็วสูงสุด ความเร่งต่ำสุด
 - 5) ความเร็วคงที่ตลอดการเคลื่อนที่
35. เมื่อนักบินอวกาศอยู่บนดวงจันทร์ ชั่งน้ำหนักของวัตถุชิ้นหนึ่งได้ 16 นิวตัน ถ้าปล่อยวัตถุตกแบบเสรีบนผิวดวงจันทร์ วัตถุจะมีความเร่งเป็น 1.6 m/s^2 จงหามวลของวัตถุชิ้นนี้
- 1) 1.0 กิโลกรัม
 - 2) 1.6 กิโลกรัม
 - 3) 10 กิโลกรัม
 - 4) 16 กิโลกรัม
 - 5) 160 กิโลกรัม

ชุดที่ 2

36. ตามรูปเป็นวงล้อรัศมี 40 เซนติเมตร มีแกนหมุนลื่นและมีโมเมนต์ความเฉื่อยรอบแกนเท่ากับ 0.2 กิโลกรัม-วินาที² วงล้อนี้ถูกพันไว้ด้วยเส้นเชือกขนาดเล็กและเบาจำนวนหลายรอบ ถ้าออกแรง F ขนาดคงที่เท่ากับ 2 นิวตัน ดึงปลายเชือก จงหาความยาวของเชือกที่ถูกดึงออกมาได้ในเวลา 2 วินาที ทั้งนี้กำหนดว่าวงล้อเริ่มหมุนจากหยุดนิ่ง

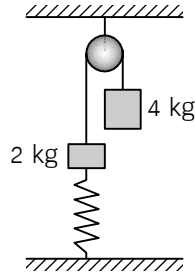


- 1) 1.6 m
2) 6.4 m
3) 3.2 m
4) 0.8 m
37. จากรูป ถ้ามวล 1 กิโลกรัม และ 2 กิโลกรัม อยู่บนพื้นราบผิวเกลี้ยงและไม่คิดมวลเครื่องซึ่งสปริงและเชือก ค่าที่อ่านได้จากเครื่องชั่งเป็นเท่าไร

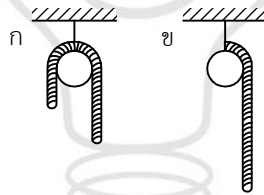


- 1) 0 N
2) 5 N
3) 6 N
4) 10 N

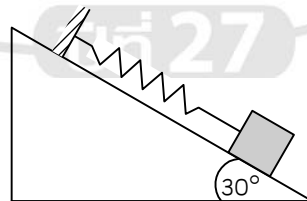
38. มวล 2 kg ถูกโยนด้วยเชือกเข้ากับมวล 4 kg และยึดกับสปริงที่มีค่าคงสปริง 40 N/m ดังรูป ระบบถูกปล่อยจากหยุดนิ่งโดยสปริงไม่มีระยะยืดมวล 4 kg จะเคลื่อนที่ลงในแนวตั้งได้เท่าใด



- 1) 1 m
 - 2) 2 m
 - 3) 3 m
 - 4) 4 m
39. เชือกเส้นหนึ่งมีมวลสม่ำเสมอ และอ่อนตัวได้โดยสมบูรณ์พาดบนรอกคล้อง แต่ละตอนยาว 4 และ 6 เมตร ดังรูป ก ถ้าปล่อยจากภาวะนิ่งเมื่อสุดเชือกตามรูป ข เชือกจะมีอัตราเร็วเท่าใด ตอบในหน่วยเมตรต่อวินาที

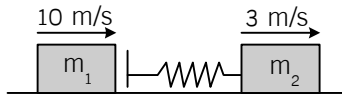


- 1) $\sqrt{3}$
 - 2) $2\sqrt{3}$
 - 3) $3\sqrt{3}$
 - 4) $4\sqrt{3}$
40. วัตถุมวล 0.04 กิโลกรัม ติดอยู่กับปลายข้างหนึ่งของสปริงซึ่งมีค่าคง 100 นิวตันต่อเมตร วางอยู่บนพื้นเอียง ซึ่งไม่มีความเสียดทานรูป เมื่อดึงวัตถุลงมาตามพื้นเอียงจนอยู่ห่างจากตำแหน่งสมดุลเป็นระยะ 20 เซนติเมตร แล้วปล่อยให้วัตถุเคลื่อนที่ เมื่อวัตถุอยู่ห่างจากตำแหน่งสมดุลเป็นระยะ 10 เซนติเมตร ความเร็วของวัตถุจะเท่ากับกี่เมตรต่อวินาที

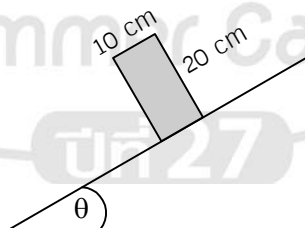


- 1) 5.00
- 2) 8.60
- 3) 10.00
- 4) 15.77

41. มวล m_1 2 kg ไกลบนพื้นที่ไม่มีความเสียดทานด้วยอัตราเร็ว 10 m/s มวล m_2 5 kg ไกลด้วยอัตราเร็ว 3 m/s อยู่ข้างหน้ามวล m_1 โดยมีทิศทางไปทางเดียวกัน มีสปริงซึ่งไม่มีมวลผูกติดกับด้านหลังของมวล m_2 ดังรูป ค่าคงที่สปริง 1,000 N/m เมื่อมวลทั้งสองชนกัน ระยะที่สปริงหดเข้าไปมากที่สุดเป็นกี่เมตร

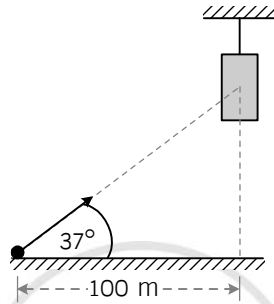


- 1) $\sqrt{0.04}$
 - 2) $\sqrt{0.07}$
 - 3) $\sqrt{0.14}$
 - 4) $\sqrt{0.7}$
 - 5) $\sqrt{1.4}$
42. จงพิจารณาข้อความต่อไปนี้แล้วเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุด
- ก. สำหรับผิวคู่หนึ่งๆ แรงเสียดทานสถิตมีค่ามากกว่าแรงเสียดทานจลน์เสมอ
 - ข. วัตถุที่มีขนาดอยู่ในสภาพสมดุลอย่างสมบูรณ์เมื่อแรงลัพธ์ที่กระทำเป็นศูนย์
 - ค. ถ้าแรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุมีค่าเป็นศูนย์วัตถุจะรักษาสภาพนิ่งหรือสภาพการเคลื่อนที่อย่างสม่ำเสมอในแนวเส้นตรงเพราะว่าวัตถุมีความเฉื่อย
 - ง. วัตถุก้อนหนึ่งแขวนอยู่หนึ่งกับตาชั่งสปริง แรงคู่ปฏิกิริยาของน้ำหนักของวัตถุก้อนนี้คือ แรงที่ตาชั่งกระทำต่อวัตถุ
- 1) ก, ข, ค
 - 2) ข, ค, ง
 - 3) ค
 - 4) ไม่มีข้อถูก
43. นำกล่องสี่เหลี่ยมหน้า 20 นิวตัน วางบนพื้นเอียงซึ่งสามารถปรับมุมเอียงกับแนวระดับได้ตามรูป ถ้าสัมประสิทธิ์ของแรงเสียดทานระหว่างกล่องกับพื้นเป็น 0.4 ถ้าปรับ θ เพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จะพบว่าเป็นดังข้อใด

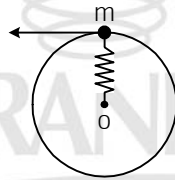


- 1) กล่องล้มนลงก่อนลื่นไถล
- 2) กล่องลื่นไถลก่อนล้มนลง
- 3) กล่องเริ่มล้มนลง พร้อมกับลื่นไถล
- 4) กล่องสมดุลตลอดเวลา
- 5) กล่องล้มนกับไถลสลับกันไปมา

44. เล็งปืนไปที่กระป๋องใบหนึ่ง โดยทำมุม 37° องศา กับแนวระดับ ซึ่งกระป๋องเริ่มตกพร้อมกับยิงลูกปืนออกไป พบว่าลูกปืนชนกระป๋องเมื่อกระป๋องตกลงมาได้ 20 เมตร จงหาว่ายิงลูกปืนออกไปด้วยความเร็วกี่เมตรต่อวินาที

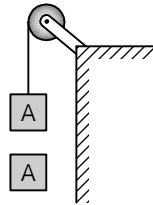


- 1) 40 m/s
 - 2) 62.5 m/s
 - 3) 75 m/s
 - 4) 83.5 m/s
45. ผูกมวล m ติดไว้ที่ปลายสปริงเบา ซึ่งมีความยาวปกติ 40 เซนติเมตร และมีค่าคงตัวสปริงเท่ากับ 100 นิวตันต่อเมตร ถ้าเราแกว่งมวล m เป็นวงกลมบนพื้นโต๊ะลื่นรอบจุด O โดยมีรัศมีการเคลื่อนที่ 50 เซนติเมตร ขณะนั้นพลังงานจลน์ของมวลเป็นกี่เท่าของพลังงานศักย์ของสปริง

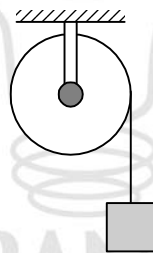


- 1) 2 เท่า
- 2) 3 เท่า
- 3) 4 เท่า
- 4) 5 เท่า

46. A มีมวล 5 กิโลกรัม ผูกติดกับเชือกเบา ปลายอีกข้างหนึ่งของเชือกคล้องกับรอกกลมมวล 1 กิโลกรัม รัศมี 0.2 เมตร มีโมเมนต์ความเฉื่อย 0.02 กิโลกรัม·เมตร² ดังรูป เมื่อปล่อยให้ A เคลื่อนที่ลงมา 2 เมตร จงหาความเร็วของ A



- 1) 6.32 m/s
 - 2) 14.14 m/s
 - 3) 36.36 m/s
 - 4) 6.03 m/s
47. ลูกล้อรัศมี 0.2 เมตร มีมวล 3 กิโลกรัม ห้อยที่ขอบล้อเมื่อปล่อย เมื่อปล่อยจากจุดหยุดนิ่ง มวลตกลงมา 4 เมตร ในเวลา 2 วินาที จงหาโมเมนต์ความเฉื่อยของล้อในหน่วยกิโลกรัม·เมตร²



- 1) 0.48
 - 2) 0.60
 - 3) 1.05
 - 4) 2.33
48. ข้อใดเป็นจริงสำหรับการเคลื่อนที่ของวัตถุเป็นวงกลมในแนวระดับ ด้วยอัตราเร็วคงที่
- ก. ความเร่งของทุกขณะมีขนาดเท่ากันและอยู่ในทิศเดียวกัน
 - ข. ทิศของความเร่งและทิศของแรงสู่ศูนย์กลางมีทิศเดียวกัน
 - ค. ทิศของความเร็วและทิศของความเร่งตั้งฉากกันตลอดเวลา
 - ง. ทิศของความเร็วและทิศของแรงสู่ศูนย์กลางมีทิศตรงข้ามกัน
- 1) ก., ข.
 - 2) ก., ค.
 - 3) ข., ค.
 - 4) ก., ข. และ ค.

49. ข้อใดไม่ใช่สมบัติของคลื่นน้ำ

- 1) เมื่อคลื่นเคลื่อนที่จากเขตลึกเข้าสู่เขตตื้น ความยาวคลื่นเพิ่มขึ้น ความเร็วลดลง
- 2) เมื่อคลื่นหน้าตรงเคลื่อนที่ผ่านช่องเปิดที่กว้างน้อยกว่าหรือเท่ากับความยาวคลื่นแล้ว คลื่นที่ผ่านช่องเปิดจะเป็นคลื่นวงกลม
- 3) ถ้าแหล่งกำเนิดคลื่นแบบวงกลมอยู่ที่จุดโฟกัสของผิวพาราโบลาแล้ว คลื่นสะท้อนจากผิวพาราโบลาจะเป็นคลื่นหน้าตรง
- 4) เมื่อทิศทางการเคลื่อนที่ของคลื่นตั้งได้ฉากกับผิวรอยต่อระหว่างตัวกลางที่มีคุณสมบัติต่างกันทิศทางการเคลื่อนที่จะคงเดิม แต่ความยาวคลื่นเปลี่ยนไป
- 5) คลื่นน้ำที่มีหน้าคลื่นเป็นเส้นตรง เมื่อรวมกับคลื่นน้ำที่สะท้อนกับแผ่นกั้นคลื่นขอบตรงที่ขนานกับแนวหน้าคลื่นแล้วสามารถเกิดคลื่นนิ่งขึ้นมาได้

50. นักเรียนโรงเรียนโค่นคนหนึ่ง ทดลองเรื่องการแทรกสอดของคลื่นน้ำ ถ้าต้องการให้แนวปฏิบัติที่ 20 กลายเป็นแนวปฏิบัติที่ 4 จงหาว่าเขาต้องเปลี่ยนความถี่ของ S_1 และ S_2 เป็นกี่เท่าของเดิม กำหนดให้แหล่งกำเนิด S_1 และ S_2 เป็นแหล่งกำเนิดอาพันธ์

- 1) $\frac{1}{2}$
- 2) 2
- 3) $\frac{1}{5}$
- 4) 5

51. อัตราส่วนของอัตราเร็วคลื่นในตัวกลาง X ต่ออัตราเร็วคลื่นในตัวกลาง Y เป็น 2 : 3 และอัตราส่วนของอัตราเร็วคลื่นในตัวกลาง Y ต่ออัตราเร็วคลื่นในตัวกลาง Z เป็น 4 : 3 ถ้าคลื่นทำมุมตกกระทบในตัวกลาง Z 30 องศา จะเกิดมุมหักเหในตัวกลาง X เท่าใด

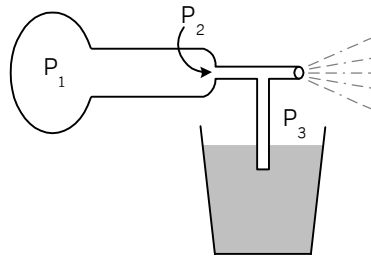
- 1) $\sin^{-1} \frac{2}{3}$
- 2) $\sin^{-1} \frac{3}{4}$
- 3) $\sin^{-1} \frac{8}{9}$
- 4) $\sin^{-1} \frac{4}{9}$

52. ณ ที่ห่างจากแหล่งกำเนิด 4 เมตร จะมีระดับความเข้มเสียง 60 เดซิเบล และที่ห่างจากแหล่งกำเนิด 16 เมตร จะมีระดับความเข้มเสียงกี่เดซิเบล ($\log 2 = 0.301$)

- 1) 48
- 2) 64
- 3) 72
- 4) 96

53. เสียงเคลื่อนที่จากบริเวณที่มีอุณหภูมิ 7°C โดยทำมุมตกกระทบเป็น 30 องศา และเกิดมุมหักเหในอากาศบริเวณที่ 2 เป็น 37 องศา แสดงว่าอากาศในบริเวณที่ 2 มีอุณหภูมิเท่าใดในหน่วยเซลเซียส
- 119°C
 - 123°C
 - 130°C
 - 134°C
54. ท่อปลายเปิดสองด้านยาว 2 เมตร สามารถสั่นพ้องกับโอเวอร์โทนที่ 4 ของแหล่งกำเนิดเสียงอันหนึ่งที่อุณหภูมิ 15°C จงหาความถี่มูลฐานของแหล่งกำเนิดนั้น
- 85 Hz
 - 170 Hz
 - 425 Hz
 - 1530 Hz
55. วัตถุมวล 5 กิโลกรัม แขนด้วยลวดโลหะมีความยาวเดิม 1.5 เมตร มีพื้นที่หน้าตัด 0.05 ตารางมิลลิเมตร ถ้าความเค้นที่ขีดจำกัดความยืดหยุ่นของลวดโลหะเท่ากับ 10^{10} N/m^2 จะสามารถดึงลวดนี้ขึ้นตรงๆ ในแนวตั้ง ด้วยความเร็วสูงสุดได้เท่าไร ลวดนี้จึงยืดไม่เกินขีดจำกัดความยืดหยุ่น
- 30 m/s^2
 - 90 m/s^2
 - 450 m/s^2
 - 500 m/s^2
56. กล่องรูปลูกบาศก์ขนาด $2 \times 2 \times 2$ เมตร มวล 200 กิโลกรัม ลอยนิ่งในน้ำ ต้องนำก้อนหินมวลเท่าใดมาใส่ในกล่องจึงทำให้กล่องจมน้ำ 0.5 เมตร
- 1.8×10^3 กิโลกรัม
 - 2×10^3 กิโลกรัม
 - 2.2×10^3 กิโลกรัม
 - 2.4×10^3 กิโลกรัม
57. ถังใบหนึ่งบรรจุของเหลวความหนาแน่น ρ มวลถังและของเหลวรวมกันเป็น M ถ้าจุ่มแท่งเหล็กซึ่งมีมวลทั้งก้อนเป็น m โดนจุ่มลงมาเพียงครึ่งแท่งและปริมาตรเหล็กส่วนที่จุ่ม คือ V และกำหนดให้ g คือค่าความเร่งโน้มถ่วงของโลก ตาซึ่งจะอ่านค่าน้ำหนักได้เท่าใด
- $Mg + mg$
 - $Mg + \rho Vg$
 - $Mg + 2\rho Vg$
 - $Mg - \rho Vg$

58. จากรูปของเครื่องพ่นสีข้างล่าง ในขณะที่ทำการพ่นสีอยู่นั้น ความสัมพันธ์ระหว่างความดันเป็นไปตามข้อใด

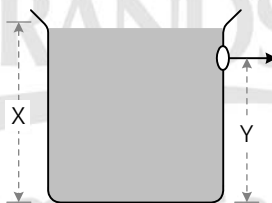


- 1) $P_1 > P_2 > P_3$
- 2) $P_1 > P_3 > P_2$
- 3) $P_3 > P_2 > P_1$
- 4) $P_3 > P_1 > P_2$

59. ตำรวจดับเพลิงคนหนึ่งใช้สายยางดับเพลิงที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 เซนติเมตร และปลายท่อน้ำมี 2.5 เซนติเมตร ถ้าน้ำในสายยางเคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็ว 5 เมตรต่อวินาที เขาจะฉีดน้ำไปได้ไกลที่สุดเท่าใด

- 1) 20 m
- 2) 40 m
- 3) 60 m
- 4) 80 m

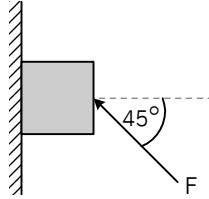
60. ถังบรรจุน้ำความหนาแน่น ρ สูง x เมตร เจาะรูเล็กๆ ที่ด้านข้างถังโดยสูงจากก้นถังเป็นระยะ y เมตร จงหาอัตราเร็วของลำของเหลวขณะผ่านรูนี้ (กำหนดให้ขนาดของรูนี้เล็กมากเมื่อเทียบกับพื้นที่ผิวของถัง และความเร่งโน้มถ่วงของโลกคือ g)



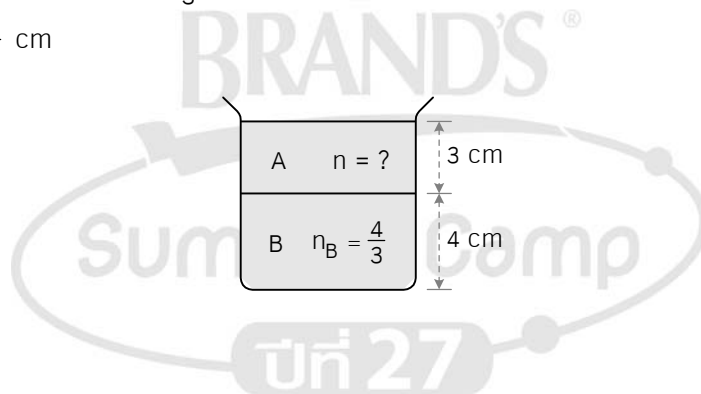
- 1) $\frac{1}{2} \rho x^2$
- 2) $\rho(x - y)^2$
- 3) $\sqrt{2g(x - y)}$
- 4) $\frac{1}{\sqrt{g(x - y)}}$

61. เมื่อวางวัตถุหน้ากระจกโค้งที่ระยะ 10 และ 30 เซนติเมตร ปรากฏว่าเกิดภาพที่มีกำลังขยายเท่ากัน ถามว่ากระจกโค้งนั้นเป็นกระจกเว้าหรือนูน รัศมีความโค้งกี่เซนติเมตร
- 1) กระจกเว้า, 20 เซนติเมตร
 - 2) กระจกเว้า, 40 เซนติเมตร
 - 3) กระจกนูน, 20 เซนติเมตร
 - 4) กระจกนูน, 40 เซนติเมตร
62. แม่นมโม่เตอร์บรรจุของเหลวความหนาแน่น 600 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ไว้ในหลอดแก้วรูปตัวยูของเหลวในขาทั้งสองข้างสูงเท่ากัน และตรงกับขีดศูนย์ของสเกล ซึ่งแบ่งไว้เป็นขีดๆ แต่ละขีดอยู่ห่างกัน 0.5 เซนติเมตร ถ้าเพิ่มความดันให้แก่ของเหลวในขาด้านซ้าย จนระดับลดลงต่ำกว่าขีด 0 อยู่ 2 ขีด จงหาว่าความดัน 2 ข้างแตกต่างกันเท่าใดในหน่วยนิวตันต่อตารางเมตร
- 1) 30
 - 2) 60
 - 3) 100
 - 4) 120
63. จงพิจารณาข้อความต่อไปนี้
- ก. ความดันในของเหลวขึ้นอยู่กับความลึกของของเหลว
 - ข. ความดันของของเหลวที่ผิวภาชนะมีทิศทางตั้งฉากกับผิวภาชนะ
 - ค. ความดันของของเหลวขึ้นอยู่กับชนิดของของเหลว
 - ง. ความดันของของเหลวไม่ขึ้นอยู่กับรูปร่างของภาชนะ แต่ขึ้นอยู่กับปริมาตร
 - จ. ความดันของของเหลวที่จุดๆ หนึ่งขึ้นกับความดันบรรยากาศ
- ข้อความใดที่ถูกต้อง
- 1) ก., ข., ค.
 - 2) ก., ค.
 - 3) จ.
 - 4) คำตอบเป็นอย่างอื่น
64. ข้อใดผิด
- ก. โยนลูกบอลขึ้นไปในแนวตั้งขณะที่อยู่ตำแหน่งสูงสุดลูกบอลอยู่ในสภาพสมดุล
 - ข. ล้อหมุนรอบแกนหนึ่งด้วยอัตราเร็วเชิงมุมคงที่ แสดงว่าล้ออยู่ในสภาพสมดุลของการหมุน
 - ค. วัตถุอาจไม่อยู่ในสภาพสมดุล แม้ว่าแรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุเป็นศูนย์
 - ง. วัตถุอาจเคลื่อนที่แม้ว่าอยู่ในสภาพสมดุล
- 1) ก.
 - 2) ข.
 - 3) ค.
 - 4) ง.

65. จากรูป จงหาขนาดของแรง F ที่ทำให้มวล $20\sqrt{2}$ กิโลกรัม ไกลขึ้นบนกำแพงได้พอดี ถ้า μ_s ระหว่างมวลกับกำแพงเท่ากับ 0.5

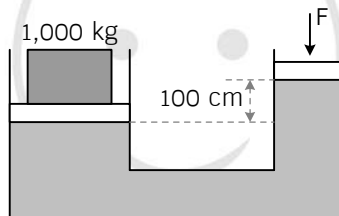


- 1) $\frac{800}{3}$ N
 - 2) 400 N
 - 3) 600 N
 - 4) 800 N
66. วางวัตถุอันหนึ่งไว้ด้านหน้ากระจกเงา ณ ตำแหน่งจุดศูนย์กลางความโค้งของกระจกเงา (c) ถ้าหากเลื่อนวัตถุนี้ไปในทิศทางเข้าใกล้จุดโฟกัสของกระจกเงา ภาพที่เห็นจะมีลักษณะเป็นดังข้อใด
- 1) ภาพเสมือนและมีขนาดใหญ่ขึ้นกว่า เมื่อวางวัตถุที่ c
 - 2) ภาพเสมือนและมีขนาดเล็กลงกว่า เมื่อวางวัตถุที่ c
 - 3) ภาพจริงและมีขนาดใหญ่ขึ้นกว่า เมื่อวางวัตถุที่ c
 - 4) ภาพจริงและมีขนาดเล็กลงกว่า เมื่อวางวัตถุที่ c
67. ของเหลว A และ B ไปผสมกัน โดยของเหลว B อยู่ชั้นล่างและลึก 4 cm ของเหลว A ลึก 3 cm ถ้าของเหลว B มีดัชนีหักเห $\frac{4}{3}$ จงหาดัชนีหักเหของ A เมื่อสังเกตในแนวตั้งจะมองเห็นของเหลวทั้งสองลึก $\frac{36}{7}$ cm



- 1) $\frac{9}{4}$
- 2) $\frac{8}{3}$
- 3) $\frac{5}{3}$
- 4) $\frac{7}{5}$

68. สุนัขตัวหนึ่งมีมวล 6 kg ยืนอยู่บนแพซึ่งมีมวล 10 kg โดยตอนแรกสุนัขอยู่ห่างจากขอบสระ 20 เมตร ถ้าสุนัขเดินเข้าหาขอบสระ 20 เมตร ถ้าสุนัขเดินเข้าหาขอบสระ (บนแพ) เป็นระยะทาง 8 เมตร สุนัขจะอยู่ห่างจากขอบสระเท่าใด ไม่คิดแรงต้านของน้ำ
- 1) 3 m
 - 2) 5 m
 - 3) 8 m
 - 4) 15 m
69. เครื่องอัดไฮดรอลิกเครื่องหนึ่ง ลูกสูบใหญ่มีพื้นที่หน้าตัด $1,000 \text{ cm}^2$ มีมวล $1,000 \text{ kg}$ อยู่บนลูกสูบ ลูกสูบเล็กมีพื้นที่หน้าตัด 25 cm^2 ในเครื่องอัดไฮดรอลิกมีน้ำมันซึ่งมีความหนาแน่น 800 kg/cm^3 ถ้าเครื่องอัดไฮดรอลิกอยู่ในสมดุล โดยระดับน้ำมันในลูกสูบเล็กสูงกว่าระดับน้ำมันในลูกสูบใหญ่ 100 cm แรง F ที่กดบนลูกสูบเล็กจะต้องมีค่าเท่าใด



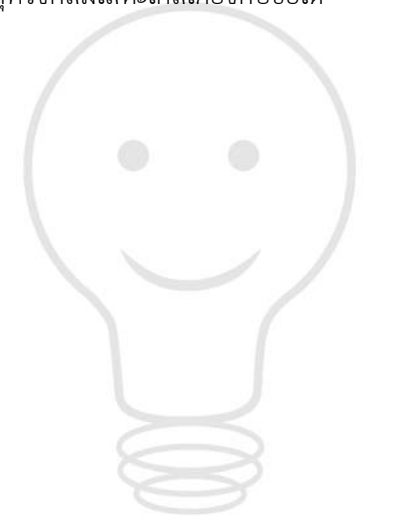
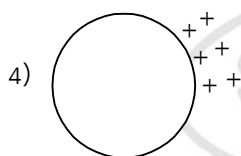
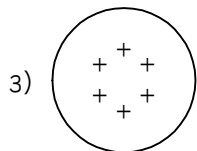
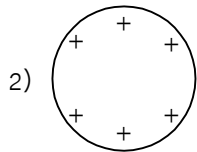
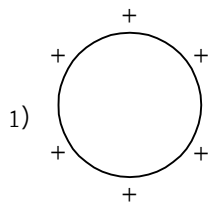
- 1) 170 N
 - 2) 230 N
 - 3) 250 N
 - 4) 290 N
70. ข้อใดถูกต้องที่สุด
- 1) มวลและน้ำหนักมีค่าคงที่เสมอ ไม่ว่าจะอยู่ที่ใดในจักรวาล
 - 2) เมื่อวัตถุเคลื่อนที่บนผิวโลกในแนวตรงด้วยความเร็วคงที่ จะมีแรงลัพธ์กระทำต่อวัตถุนั้นเสมอ
 - 3) น้ำหนักของวัตถุเปลี่ยนแปลงไปตามตำแหน่งที่อยู่ แต่มวลมีค่าคงที่เสมอ
 - 4) จรวดไม่สามารถเคลื่อนที่ขึ้นจากผิวของดวงจันทร์ได้ เพราะไม่มีอากาศผลักดัน

ชุดที่ 3

71. เมื่อใส่ประจุในตัวนำตันรูปทรงใดๆ ก็ตามจะเกิดอะไรขึ้น

- 1) ประจุจะกระจายอย่างสม่ำเสมอไปทั่วตัวนำ
- 2) ประจุจะวิ่งไปอยู่ที่ผิวตัวนำและกระจายอย่างสม่ำเสมอ
- 3) ประจุจะวิ่งไปอยู่ที่ผิวตัวนำและสนามไฟฟ้าภายในตัวนำมีค่าคงที่
- 4) ประจุจะวิ่งไปอยู่ที่ผิวตัวนำและสนามไฟฟ้าภายนอกจะตั้งฉากกับผิวของตัวนำ

72. การกระจายตัวของประจุบนวัตถุทรงกลมโลหะใกล้เคียงกับข้อใด

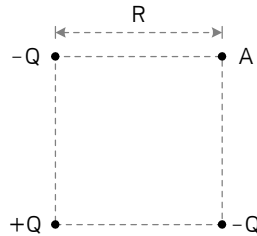


BRAND'S®

Summer Camp

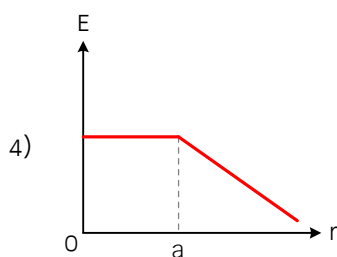
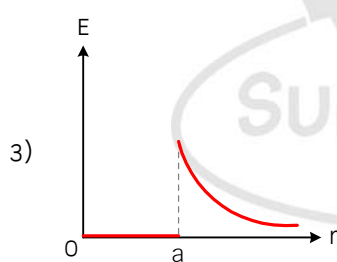
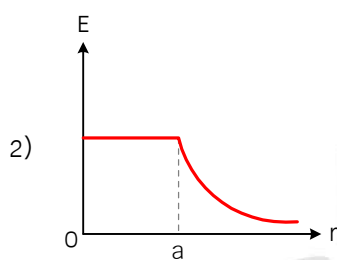
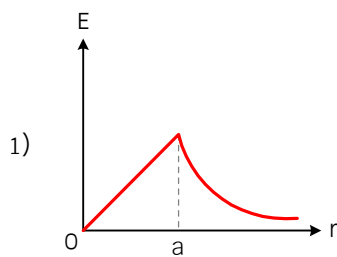
ปีที่ 27

73. ประจุ $+Q$ และ $-Q$ วางอยู่ที่มุมของสี่เหลี่ยมจัตุรัสดังรูป จงหาประจุที่จุด A ซึ่งทำให้แรงลัพธ์ทางไฟฟ้าที่กระทำต่อประจุ $+Q$ มีค่าเป็นศูนย์

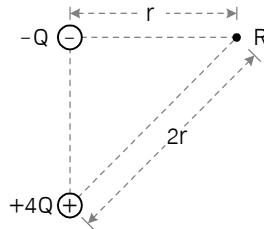


- 1) $-Q$ 2) $-4\sqrt{2}Q$ 3) $+\sqrt{2}Q$ 4) $+2\sqrt{2}Q$

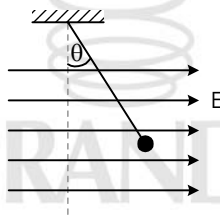
74. สนามไฟฟ้า (E) ที่ตำแหน่งห่างเป็นระยะทาง r จากจุดศูนย์กลางทรงกลมตันนำที่มีประจุ $+Q$ และมีรัศมี a ควรคล้ายกราฟข้อใด



75. ประจุ $-Q$ และประจุ $+4Q$ วางห่างจากจุด R ดังรูป การเคลื่อนย้ายประจุ $+Q$ จากระยะอนันต์มายังจุด R ต้องใช้งานเท่าใด

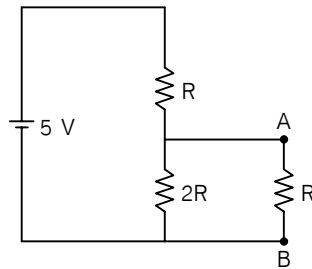


- 1) $\frac{kQ}{r}$
 - 2) $\frac{kQ^2}{r}$
 - 3) $\frac{kQ}{r^2}$
 - 4) $\frac{3kQ^2}{r}$
76. ทรงกลมขนาดเล็กที่มีประจุไฟฟ้า แขนงอยู่ในแนวตั้งด้วยเชือกเบา เมื่อแขวนในสนามไฟฟ้าขนาด $E_1 = 3 \times 10^5$ นิวตันต่อคูลอมบ์ ปรากฏว่าทรงกลมเคลื่อนไปหยุดนิ่งทำมุม $\theta = 30^\circ$ กับแนวตั้ง และเมื่อเปลี่ยนเป็นขนาด E_2 พบว่าทรงกลมเคลื่อนไปหยุดนิ่งทำมุม $\theta = 45^\circ$ กับแนวตั้ง ถ้า E_2 มีขนาดกี่นิวตันต่อคูลอมบ์



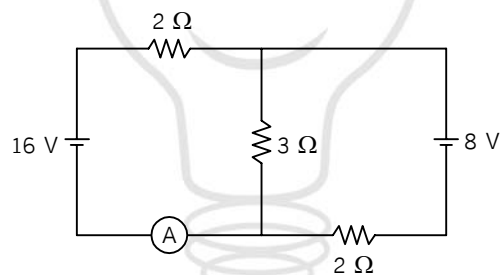
- 1) 2.5×10^5
 - 2) 2.8×10^5
 - 3) 4.2×10^5
 - 4) 5.2×10^5
77. นำตัวเก็บประจุขนาด 1 ไมโครฟารัด และ 2 ไมโครฟารัด มาต่อกัน แล้วต่อกับความต่างศักย์ 120 โวลต์ พลังงานสะสมทั้งหมดในตัวเก็บประจุเมื่อต่อกันแบบขนาน จะเป็นกี่เท่าของเมื่อต่อแบบอนุกรม
- 1) 0.05
 - 2) 0.22
 - 3) 4.50
 - 4) 20.25

78. ศักย์ไฟฟ้าที่จุด A และศักย์ไฟฟ้าที่จุด B ในวงจร ดังรูป มีค่าต่างกันกี่โวลต์



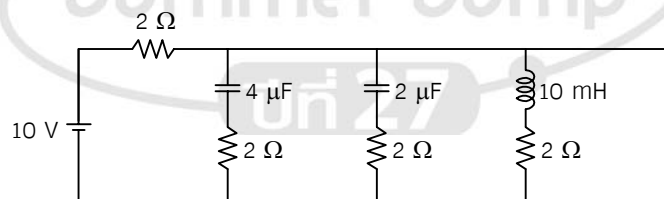
- 1) 1.3
- 2) 1.5
- 3) 2.0
- 4) 3.0

79. จากวงจรไฟฟ้ากระแสตรง ดังรูป แอมมิเตอร์อ่านค่าได้กี่แอมแปร์



- 1) 1.6
- 2) 3.0
- 3) 3.2
- 4) 3.5

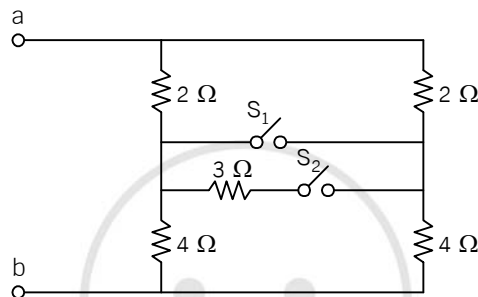
80. จากรูป แหล่งจ่ายไฟในวงจรต้องจ่ายด้วยกำลังกี่วัตต์



- 1) 150
- 2) 100
- 3) 50
- 4) 25
- 5) ผิดทุกข้อ

81. จากวงจรที่กำหนดให้ จงพิจารณาข้อความต่อไปนี้

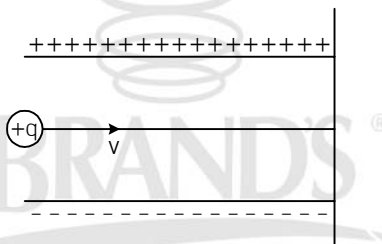
- ก. ถ้าสวิตช์ S_1 เปิด และ S_2 ปิด ความต้านทานระหว่างจุด a - b เท่ากับ $3\ \Omega$
- ข. ถ้าสวิตช์ S_1 เปิด และ S_2 ปิด ความต้านทานระหว่างจุด a - b เท่ากับ $3\ \Omega$
- ค. ถ้าสวิตช์ S_1 ปิด และ S_2 เปิด ความต้านทานระหว่างจุด a - b เท่ากับ $3\ \Omega$
- ง. ถ้าสวิตช์ S_1 ปิด และ S_2 ปิด ความต้านทานระหว่างจุด a - b เท่ากับ $3\ \Omega$



ข้อใดถูกต้อง

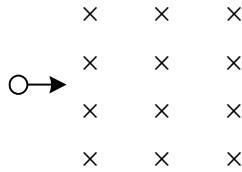
- 1) ถูก 1 ข้อ
 - 2) ถูก 2 ข้อ
 - 3) ถูก 3 ข้อ
 - 4) ถูกทุกข้อ
82. ถ้าต้องการนำแกนอิมิตเตอร์ที่มีความต้านทาน $1,000\ \Omega$ และกระแสไฟฟ้าสูงสุด $50\ \text{mA}$ มาสร้างเป็นแอมมิเตอร์เพื่อวัดกระแสไฟฟ้าได้สูงสุด $1\ \text{A}$ จะต้องใช้ความต้านทานกิโลห์มมาต่อกับแกนอิมิตเตอร์และต่ออย่างไร
- 1) $0.05\ \Omega$ ต่ออนุกรม
 - 2) $0.05\ \Omega$ ต่อขนาน
 - 3) $20\ \text{k}\Omega$ ต่ออนุกรม
 - 4) $20\ \text{k}\Omega$ ต่อขนาน
83. เมื่อเปิดสวิตช์โคมไฟที่ใช้หลอดไฟฟ้าแบบไส้ขนาด $22\ \text{W}$ $220\ \text{V}$ จะมีอิเล็กตรอนไหลผ่านไส้หลอดประมาณกี่ตัวในแต่ละวินาที
- 1) 6.2×10^{15}
 - 2) 6.2×10^{17}
 - 3) 1.1×10^{29}
 - 4) 1.1×10^{31}

84. บ้านหลังหนึ่งใช้ไฟฟ้าความต่างศักย์ 220 V มีเครื่องใช้ไฟฟ้าดังนี้ หม้อหุงข้าวขนาด 650 W เตารีดขนาด 750 W หลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด 40 W จำนวน 5 ดวง และโทรทัศน์ขนาด 150 W บ้านหลังนี้ควรใช้ฟิวส์รวมเท่าไร
- 1) 4 A
 - 2) 5.5 A
 - 3) 6.5 A
 - 4) 8 A
85. นาย ก มีตู้อบไมโครเวฟเก่าขนาด 900 วัตต์ ที่ใช้งานไม่ได้แล้วอยู่เครื่องหนึ่ง นาย ก จึงต้องการซื้อเครื่องใหม่ที่มีขนาด 1,500 วัตต์ ถ้านาย ก ใช้ตู้อบไมโครเวฟเฉลี่ยเดือนละ 10 ชั่วโมง นาย ก ต้องจ่ายเงินค่าไฟฟ้าเพิ่มขึ้นจากเดิมเดือนละกี่บาท ถ้าค่าไฟฟ้าหน่วยละ 5 บาท และบ้านนาย ก ใช้ไฟฟ้าซึ่งมีความต่างศักย์ 220 โวลต์ (กำหนดให้ 1 เดือนมี 30 วัน)
- 1) 30
 - 2) 45
 - 3) 60
 - 4) 75
86. ประจุบวก q ถูกแรงกระทำให้เคลื่อนที่ด้วยความเร็ว v ตามแกนนอน ผ่านแผ่นตัวนำคู่ขนานที่มีประจุบวกด้านบน และประจุลบด้านล่าง ดังรูป ประจุ q จะเคลื่อนที่ในแนวเดิม ไม่เบี่ยงเบน เมื่อใด

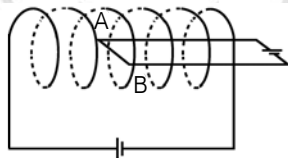


- 1) เมื่อมีสนามแม่เหล็กทิศตามการเคลื่อนที่ของประจุ
- 2) เมื่อมีสนามแม่เหล็กทิศขึ้นไปยังบนเข้าหาแผ่นตัวนำคู่ขนานที่มีประจุบวก
- 3) เมื่อมีสนามแม่เหล็กพุ่งเข้าไปในแนวตั้งฉาก
- 4) เมื่อมีสนามแม่เหล็กพุ่งออกไปในแนวตั้งฉาก

87. ยิงอนุภาคประจุบวก 1.6×10^{-19} คูโลมบ์ มวล 1.0×10^{-19} กิโลกรัม ด้วยความเร็ว 1.0×10^6 เมตร/วินาที เข้าสู่สนามแม่เหล็กสม่ำเสมอขนาด 0.1 เทสลา ดังรูป ขณะที่อนุภาคนี้อำกำลังเคลื่อนที่ในทิศตรงข้ามกับแนวการเคลื่อนที่เริ่มต้น ขนาดโมเมนตัมที่เปลี่ยนไปเท่ากับกี่กิโลกรัม · เมตร/วินาที

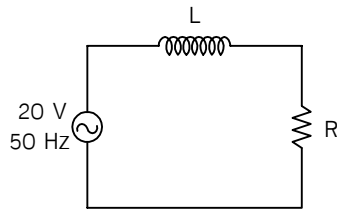


- 1) 0
 - 2) 2.0×10^{-13}
 - 3) 2.8×10^{-13}
 - 4) 4.0×10^{-13}
88. แรงแม่เหล็กที่กระทำต่อลวดตัวนำ AB ยาว 0.1 cm มีค่าที่นิวตัน ถ้าลวดตัวนำอยู่ในโซลินอยด์ที่มี $B = 0.1$ T และมีกระแสไหลผ่านขดลวด 2 A



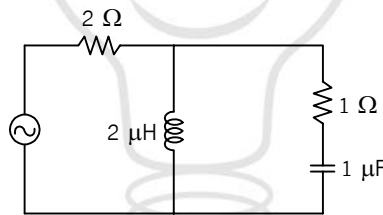
- 1) 0
 - 2) 0.02 N, ในทิศขึ้น
 - 3) 0.02 N, ในทิศลง
 - 4) 0.02 N, ในทิศไปทางขวา
89. ในวงจรไฟฟ้าที่ประกอบด้วยตัวเก็บประจุที่มีความจุ 40 ไมโครฟารัด และตัวต้านทานที่มีความต้านทาน 20 โอห์ม ต่ออนุกรมกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสัญญาณรูปไซน์ที่มีความถี่ของเครื่องกำเนิดสัญญาณเป็น 50 เฮิร์ตซ์ และให้แรงเคลื่อนไฟฟ้ายังผล (V_{rms}) = 4 โวลต์ ถ้านำแอมมิเตอร์ไปวัดกระแสในวงจรดังกล่าว จะอ่านค่าได้กี่มิลลิแอมแปร์
- 1) 20
 - 2) 30
 - 3) 40
 - 4) 50

90. ตัวต้านทาน 4 โอห์ม และตัวเหนี่ยวนำ ต่อกับแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับ 20 โวลต์ วัดความต่างศักย์ไฟฟ้ากระแสสลับคร่อมตัวต้านทานได้ 16 โวลต์ ความต้านทานจินตภาพของตัวเหนี่ยวนำจะมีค่ากี่โอห์ม



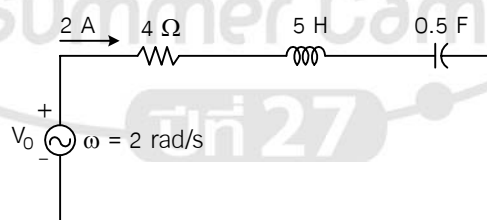
- 1) 1
- 2) 3
- 3) 4
- 4) 5

91. จากวงจรต่อไปนี้ จงหาค่าของกำลังไฟฟ้าเฉลี่ยที่ความต้านทานค่า 2 โอห์ม โดยแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมความต้านทานค่า 1 โอห์ม มีค่าเท่ากับ $10 \cos(10^6 t)$ โวลต์



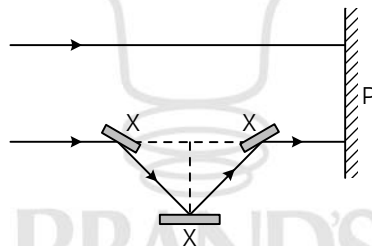
- 1) 50 W
- 2) 100 W
- 3) 400 W
- 4) 800 W

92. จากรูป จงหาค่า V_0



- 1) 10 V
- 2) 15 V
- 3) 25 V
- 4) 30 V

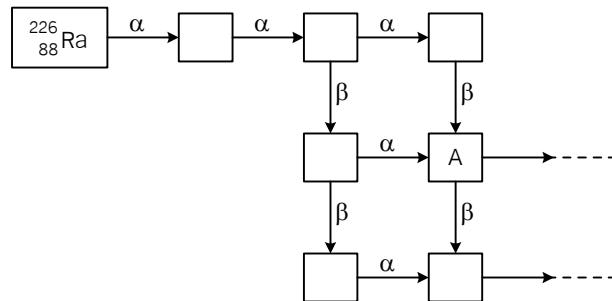
93. เมื่อแสงความยาวคลื่น λ_1 และ λ_2 ตกกระทบบนเกรตติงขนาด λ_2 ช่องต่อเซนติเมตร พบว่าแสงเลี้ยวเบนอันดับที่หนึ่งของแสงความยาวคลื่น λ_1 ตกทับแสงเลี้ยวเบนอันดับที่สองของแสงความยาวคลื่น λ_2 พอดี ความยาวคลื่น λ_1 จะมีค่าเป็นกี่เท่าของความยาวคลื่น λ_2
- 1) 0.5
 - 2) 1
 - 3) 2
 - 4) 3
94. ข้อใดถูกต้องเกี่ยวกับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า
- 1) ไม่มีโมเมนตัม
 - 2) ส่งผ่านพลังงานได้
 - 3) ความเร็วในอากาศอาจมีการเปลี่ยนแปลงขึ้นอยู่กับความถี่
 - 4) มีข้อถูกมากกว่า 1 ข้อ
95. คลื่นไมโครเวฟความยาวคลื่น 4.968 เซนติเมตร มีความเข้ม I_0 ถูกแยกเป็น 2 ลำ โดยมีเฟสต่างกัน 180° แล้วมารวมกันใหม่ที่จุด P ซึ่งมีหัววัดโดยใช้แผ่นสะท้อนคลื่นไมโครเวฟ ถ้าต้องการให้ความเข้มที่หัววัดมีค่าสูงสุด X ควรมีค่าน้อยที่สุดกี่เซนติเมตร



- 1) 0.88
 - 2) 3.00
 - 3) 3.54
 - 4) 6.00
96. เงื่อนไขสำคัญในการสร้างโพลาริเซชันโดยการสะท้อนคือข้อใด
- 1) รังสีตกกระทบบนมุม 90 องศา กับรังสีสะท้อน
 - 2) รังสีตกกระทบบนมุม 90 องศา กับรังสีหักเห
 - 3) รังสีสะท้อนทำมุม 90 องศา กับรังสีหักเห
 - 4) รังสีหักเหทำมุม 90 องศา กับเส้นตั้งฉาก (เส้นปกติ)

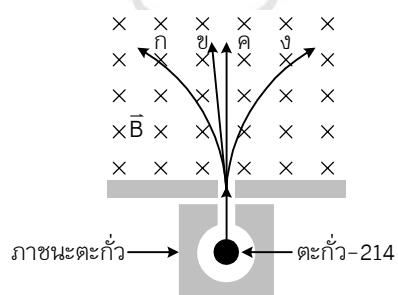
97. เหตุใดจึงไม่เกิดโพลาริเซชันในคลื่นเสียง
- 1) เสียงเป็นคลื่นตามยาว
 - 2) เสียงมีหน้าคลื่นเป็นทรงกลม
 - 3) เสียงเป็นคลื่นกลที่อาศัยตัวกลางในการเคลื่อนที่
 - 4) เสียงมีอัตราเร็วไม่คงที่ โดยมีค่าเปลี่ยนแปลงตามอุณหภูมิของตัวกลาง
98. ฮีเลียม-นีออนเลเซอร์ให้แสงที่มีความยาวคลื่น 630 นาโนเมตร เมื่อฉายผ่านสลิตเดี่ยวจะเกิดการเลี้ยวเบนบนฉากที่อยู่ห่างจากสลิตเดี่ยวเป็นระยะ 1.0 เมตร โดยที่ความกว้างของแถบสว่างกลางที่เกิดขึ้นบนฉากนี้เป็น 6.30 มิลลิเมตร จงหาความกว้างของสลิตเดี่ยว
- 1) $10\ \mu\text{m}$
 - 2) $20\ \mu\text{m}$
 - 3) $100\ \mu\text{m}$
 - 4) $200\ \mu\text{m}$
99. แสงที่มีความยาวคลื่น 600 นาโนเมตร ตกกระทบบนผิวโลหะชนิดหนึ่ง ปรากฏว่าโฟโตอิเล็กตรอนที่หลุดออกมาจากผิว มีความเร็วเป็นศูนย์พอดี ถ้าเปลี่ยนเป็นแสงที่มีความยาวคลื่น 300 นาโนเมตร ตกกระทบบนผิวโลหะนี้โฟโตอิเล็กตรอนที่หลุดออกมาจากผิวจะมีพลังงานจลน์สูงสุดเท่าใด
- 1) 1.1×10^{-19} จูล
 - 2) 3.3×10^{-19} จูล
 - 3) 6.6×10^{-19} จูล
 - 4) ไม่มีโฟโตอิเล็กตรอนเกิดขึ้น
100. ตามสมมติฐานของเดอบรอยล์ อนุภาคน่าจะแสดงสมบัติของคลื่นได้ ดังนั้นรังสีบีตา (ซึ่งมีประจุและมวลเท่ากับอิเล็กตรอน) ที่มีพลังงาน 858.50 keV น่าจะมีความยาวคลื่นเท่ากับข้อใด
- 1) 1.32×10^{-12} เมตร
 - 2) 1.441×10^{-12} เมตร
 - 3) 2.306×10^{-28} เมตร
 - 4) 2.306×10^{32} เมตร
101. จงพิจารณาปฏิกิริยานิวเคลียร์ต่อไปนี้
- $${}_{92}^{235}\text{U} + {}_0^1\text{n} \rightarrow {}_{56}^{141}\text{Ba} + {}_{36}^{92}\text{Kr} + \text{X}$$
- ผลิตภัณฑ์ X คืออะไร
- 1) โพซิตรอน 3 ตัว
 - 2) โปรตอน 3 ตัว
 - 3) นิวตรอน 3 ตัว
 - 4) ทิทอน (${}^3_1\text{H}$) 1 ตัว

102. จากการสลายตัวของ $^{226}_{88}\text{Ra}$ ตามแผนภาพข้างล่าง A ควรจะเป็นอะตอมของข้อใด



- 1) $^{214}_{84}\text{Po}$
- 2) $^{218}_{85}\text{At}$
- 3) $^{218}_{81}\text{Tl}$
- 4) $^{218}_{83}\text{Bi}$

103. ตะกั่ว-214 สลายตัว พร้อมกับปล่อยอนุภาค X ดังสมการ $^{214}_{82}\text{Pb} \rightarrow ^{214}_{83}\text{Bi} + X + \gamma$ เมื่ออนุภาค X พุ่งเข้าไปในสนามแม่เหล็ก B ดังรูป ถามว่าอนุภาค X จะเคลื่อนที่ลักษณะใด



- 1) ก
- 2) ข
- 3) ค
- 4) ง

104. ซากไม้โบราณมีคาร์บอน-14 เหลืออยู่ 70.7% จากปริมาณเริ่มต้น ซากไม้โบราณนี้มีอายุกี่ปี (กำหนดให้คาร์บอน-14 มีครึ่งชีวิต 6,000 ปี และ $2^{-0.5} = 0.707$)

- 1) 2,000
- 2) 2,500
- 3) 3,000
- 4) 3,500

105. การแตกตัวของนิวเคลียสหนึ่งมีปฏิกิริยาเกิดขึ้นดังสมการ ${}^{210}_{\text{a}}\text{X} \rightarrow {}^{99}_{\text{b}}\text{Y} + {}^{\text{d}}_{\text{c}}\text{Z}$ ถ้าพลังงานยึดเหนี่ยวต่อนิวคลีออนของ ${}^{210}_{\text{a}}\text{X}$, ${}^{99}_{\text{b}}\text{Y}$ และ ${}^{\text{d}}_{\text{c}}\text{Z}$ เท่ากับ 7.2, 8.0 และ 8.0 เมกะอิเล็กตรอนโวลต์ (MeV) ตามลำดับ พลังงานที่ทำให้เกิดการแตกตัวในหนึ่งปฏิกิริยานี้จะมีค่ากี่เมกะอิเล็กตรอนโวลต์

- 1) 152
- 2) 161
- 3) 168
- 4) 176



เฉลย

ชุดที่ 1

1. 2)	2. 2)	3. 4)	4. 4)	5. 4)
6. 3)	7. 3)	8. 4)	9. 4)	10. 2)
11. 4)	12. 1)	13. 3)	14. 4)	15. 2)
16. 2)	17. 3)	18. 1)	19. 2)	20. 3)
21. 4)	22. 4)	23. 3)	24. 3)	25. 1)
26. 1)	27. 1)	28. 2)	29. 1)	30. 5)
31. 5)	32. 1)	33. 4)	34. 2)	35. 3)

ชุดที่ 2

36. 3)	37. 2)	38. 1)	39. 4)	40. 2)	41. 2)	42. 3)	43. 2)	44. 2)	45. 4)
46. 3)	47. 1)	48. 3)	49. 1)	50. 3)	51. 4)	52. 1)	53. 3)	54. 1)	55. 2)
56. 1)	57. 2)	58. 2)	59. 2)	60. 3)	61. 1)	62. 4)	63. 2)	64. 1)	65. 4)
66. 3)	67. 4)	68. 4)	69. 2)	70. 3)					

ชุดที่ 3

71. 4)	72. 1)	73. 4)	74. 3)	75. 2)	76. 4)	77. 3)	78. 3)	79. 4)	80. 3)
81. 4)	82. 2)	83. 2)	84. 4)	85. 1)	86. 3)	87. 2)	88. 1)	89. 4)	90. 2)
91. 1)	92. 4)	93. 3)	94. 2)	95. 2)	96. 3)	97. 1)	98. 4)	99. 2)	100. 1)
101. 3)	102. 4)	103. 4)	104. 3)	105. 3)					



ปีที่ 27