

แบรนด์ ชัมเมอร์แคมป์



ขอขอบคุณ

คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น
คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ที่เป็นหนึ่งในการผลักดันและสร้างความสำเร็จทางการศึกษาให้แก่เยาวชนไทย

เอกสารประกอบการบรรยาย

วิชา ฟิสิกส์

ส่วนที่ 1	(ONET).....โดย อ.ธนวัฒน์ ธีระนะ.....	หน้า	2-32
ส่วนที่ 2	(PAT 2).....โดย ดร.ไพฑูรย์ คงเสรีภาพ (พีโต้).....	หน้า	33-95
ส่วนที่ 3	(PAT 2).....โดย อ.สุธี อัสววิมล (พีโหน่ง).....	หน้า	96-157
ส่วนที่ 4	ชุดแก๊งค์ข้อสอบ.....	หน้า	158-192

www.brandssummercamp.com

facebook.com/BRANDSWorldThailand

แจกฟรี ห้ามจำหน่าย

ประธานงานอาจารย์และจัดพิมพ์โดย ชมรมบัณฑิตก๊อปปี้



BRANDS® ซัมเมอร์แคมป์ ปีที่ 26



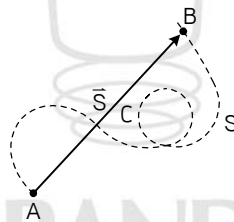
เอกสารประกอบการบรรยาย
วิชา **ONET**
ฟิสิกส์

โดย อ.ธนวัฒน์ ธนะ

โรงเรียนสวนกุหลาบวิทยาลัย

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 $\overline{AB}$)

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

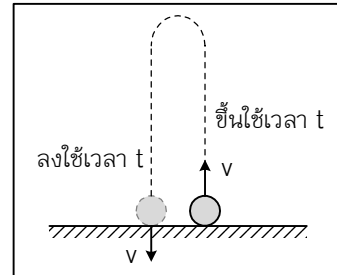
- ข้อใดต่อไปนี้เป็นกรเคลื่อนที่ที่มีขนาดการกระจัดน้อยที่สุด
 - เดินไปทางขวาด้วยอัตราเร็วคงตัว 3 เมตรต่อวินาที เป็นเวลา 4 วินาที
 - เดินไปทางซ้ายด้วยอัตราเร็วคงตัว 4 เมตรต่อวินาที เป็นเวลา 3 วินาที
 - เดินไปทางขวา 10 เมตร แล้วเดินย้อนกลับมาทางซ้าย 2 เมตร
 - เดินทางไปทางซ้าย 2 เมตร แล้วเดินย้อนกลับมาทางขวา 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

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

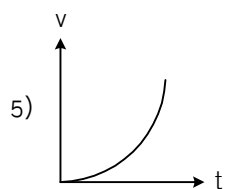
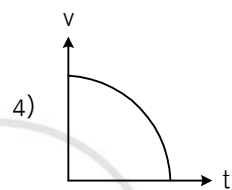
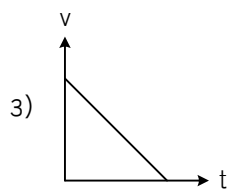
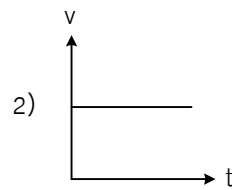
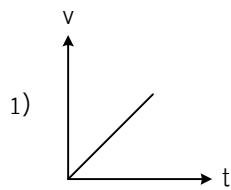
ข้อควรรู้

- 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. โยนลูกบอลขึ้นไปในแนวดิ่งด้วยความเร็วต้น 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



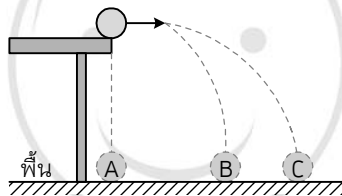
การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ (Projectile Motion)

เกิดจากแรงโน้มถ่วงโลกกระทำต่อวัตถุในแนวตั้ง ทำให้เกิดการเคลื่อนที่ 2 แนวพร้อมกัน คือ

1. แนวระดับ ความเร็วแนวระดับจะคงตัวเสมอ
2. แนวตั้ง ความเร็วในแนวตั้งจะเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา วินาทีละประมาณ 10 เมตรต่อวินาที

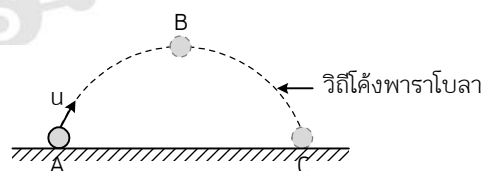
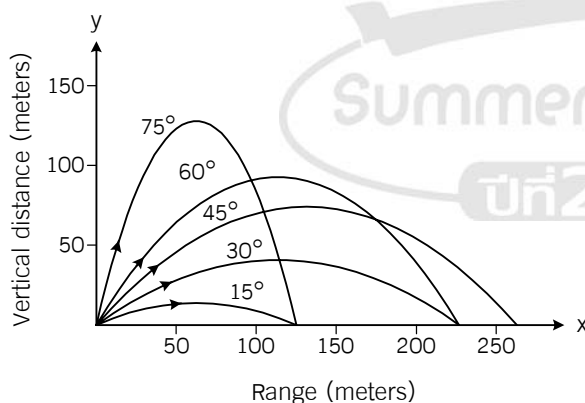
- ❑ บนที่สูงจากพื้นเท่าเดิม ถ้ายิงวัตถุออกไปในแนวราบด้วยความเร็วต้นมากกว่าเดิม ระยะตกไกลสุดในแนวราบจะมากขึ้น
- ❑ บนที่สูงเดียวกันเมื่อยิงวัตถุอันหนึ่งออกไปในแนวราบ ขณะเดียวกันวัตถุอีกก้อนหนึ่งถูกปล่อยให้ตกในแนวตั้งพร้อมกัน วัตถุทั้งสองก้อนจะตกถึงพื้นพร้อมกัน

ความเร็วในแนวราบ V_C มากกว่า V_B และ V_A เท่ากับศูนย์



เวลาในการตก $t_C = t_B = t_A$ เท่ากับศูนย์

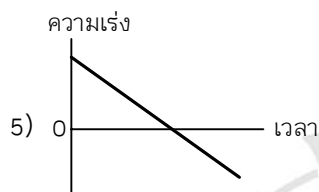
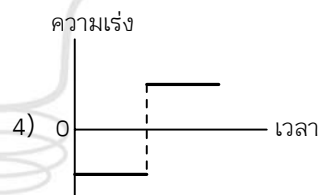
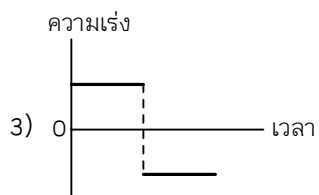
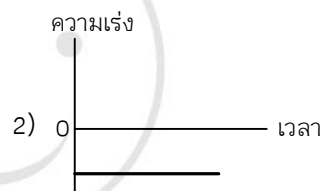
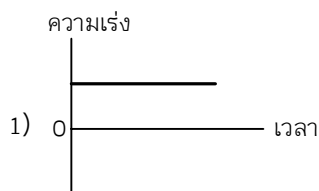
- ที่จุด B วัตถุจะมีความเร็วเฉพาะแนวราบเท่านั้น (ความเร็วในแนวตั้งเป็นศูนย์)
- เวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่จาก A ไป B จะเท่ากับเวลาที่เคลื่อนที่จาก B ไป C
- จะให้ตกไกลสุดตามแนวราบต้องยิงด้วยมุม 45° และถ้ามุมที่ยิงสองมุมรวมกันได้ 90° วัตถุจะตกที่จุดเดียวกัน



7. ก้อนหิน 2 ลูก เหมือนกันทุกประการ อยู่สูงจากพื้นเท่ากัน ลูกแรกถูกปล่อยให้เคลื่อนที่ในแนวดิ่ง ลูกที่สองถูกปาออกไปในแนวระดับด้วยความเร็วต้นค่าหนึ่ง (ไม่คิดแรงต้านอากาศ) การเคลื่อนที่ของก้อนหินทั้งสองจนกระทบพื้นมีอะไรไม่เท่ากัน (ตอบ 2 คำตอบ)
- 1) ความเร่ง
 - 2) เวลาในการเคลื่อนที่
 - 3) การกระจัดในแนวดิ่ง
 - 4) การกระจัดในแนวราบ
 - 5) ความเร็วในแนวดิ่งก่อนกระทบพื้น
 - 6) ความเร็วในแนวราบก่อนกระทบพื้น
8. เตะลูกบอลออกไป ทำให้ลูกบอลเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ ดังรูป และกำหนดให้ทิศขึ้นเป็นบวก

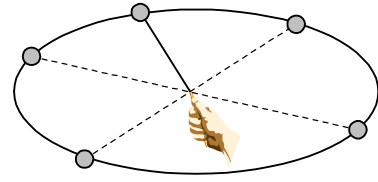


กราฟในข้อใดต่อไปนี้อธิบายความเร่งในแนวดิ่งของลูกบอลได้ถูกต้อง ถ้าไม่คิดแรงต้านอากาศ



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. รถได้ถ่วงเคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วสม่ำเสมอและวิ่งครบรอบได้ 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

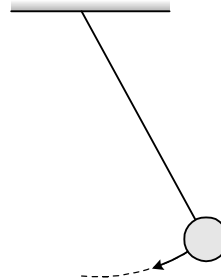
การแกว่งของลูกตุ้มนาฬิกา (The Simple Pendulum Motion)

อนุภาคเคลื่อนที่ในระนาบตั้งด้วยแรงโน้มถ่วงของโลก โดยเชือกจะเอียงทำมุมเล็กๆ กับแนวตั้ง มีคาบการแกว่ง คือ

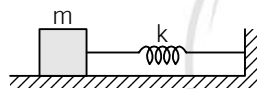
$$T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}}$$

L = ความยาวเชือก

g = ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก



การเคลื่อนที่ของมวลติดสปริงเบา

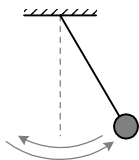


$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$$

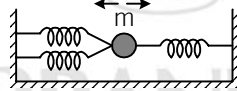
m = มวลติดปลายสปริง

k = ค่าคงที่ของสปริง (ค่านิยของสปริง) = แรงกระทำกับสปริงต่อระยะยืดหรือต่อระยะหด

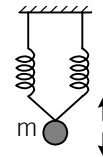
11.



รูป A การแกว่ง
ของลูกตุ้มนาฬิกา



รูป B การสั่นตามแนวระดับ
ของวัตถุติดสปริง

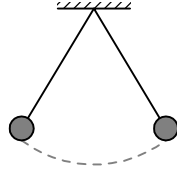


รูป C การสั่นขึ้น-ลง
ของวัตถุติดสปริง

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. ลูกตุ้มนาฬิกาทำแกว่งกลับไปกลับมาแบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย นาฬิกามีสภาพการเคลื่อนที่เป็นอย่างไร
- 1) ความเร็วสูงสุด ความเร่งสูงสุด
 - 2) ความเร็วต่ำสุด ความเร่งสูงสุด
 - 3) ความเร็วสูงสุด ความเร่งต่ำสุด
 - 4) ความเร็วต่ำสุด ความเร่งต่ำสุด
 - 5) ความเร็วสูงสุด ความเร่งเป็นศูนย์
- ที่ตำแหน่งต่ำสุดของการแกว่งลูกตุ้ม

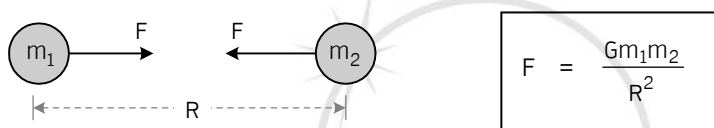


สนามของแรง

แรง (Force : F) คือ ปริมาณที่พยายามจะเปลี่ยนสภาพการเคลื่อนที่ของมวล เป็น **ปริมาณเวกเตอร์** 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

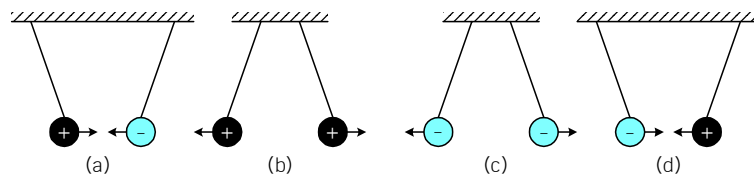
14. เด็กชายพีชเดินทางไปเหยียบดาวอังคาร จงพิจารณาข้อใดต่อไปนี้ถูกต้อง

- 1) แรงที่เด็กชายพีชกระทำต่อดาวอังคารเท่ากับแรงที่ดาวอังคารกระทำต่อเด็กชายพีช
- 2) แรงที่เด็กชายพีชกระทำต่อดาวอังคารไม่เท่ากับแรงที่ดาวอังคารกระทำต่อเด็กชายพีช เพราะเด็กชายพีชมีมวลน้อยกว่า
- 3) ขนาดของแรงที่เด็กชายพีชกระทำต่อดาวอังคารน้อยกว่าขนาดของแรงที่ดาวอังคารกระทำต่อเด็กชายพีช
- 4) ขนาดของแรงที่เด็กชายพีชกระทำต่อดาวอังคารเท่ากับขนาดของแรงที่ดาวอังคารกระทำต่อเด็กชายพีช
- 5) ไม่สามารถตอบได้ เพราะข้อมูลไม่เพียงพอ

15. 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

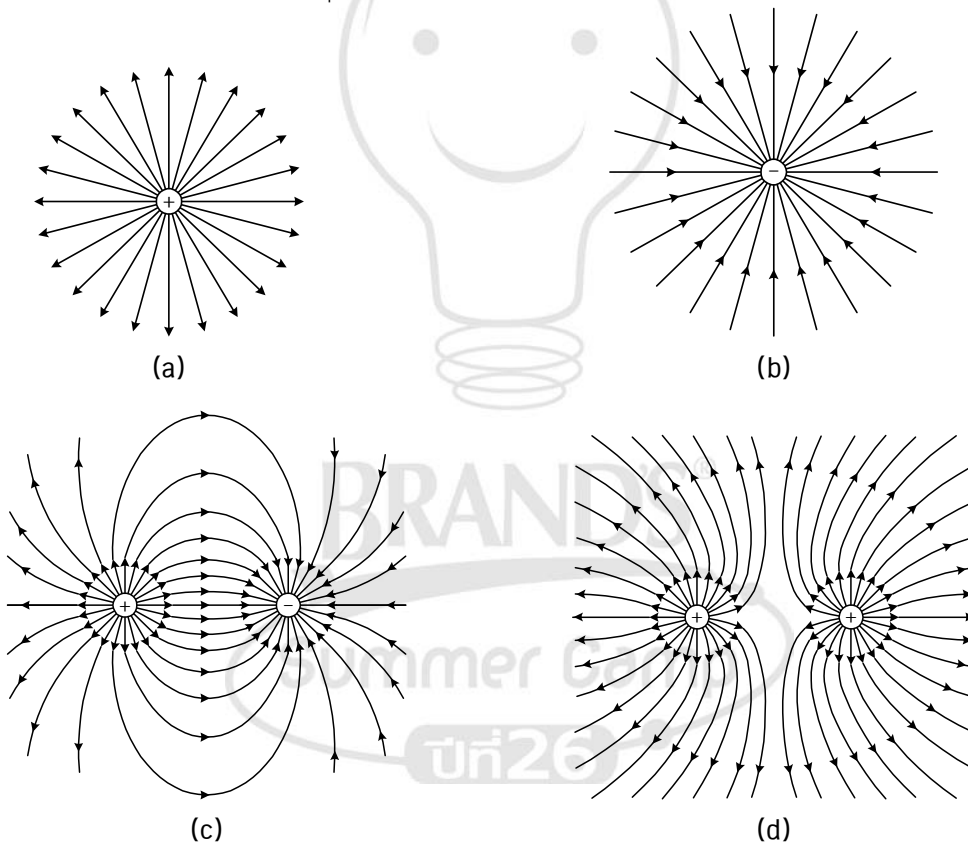
แรงไฟฟ้าที่กระทำต่อประจุ



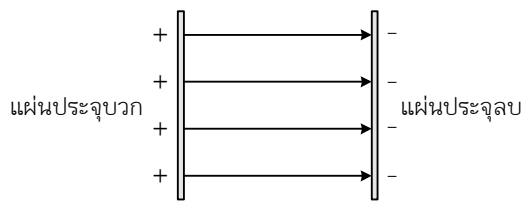
- รูป (a) วัตถุที่มีประจุชนิดตรงข้ามจะเกิดแรงดูดกัน
- รูป (b) และ (c) วัตถุที่มีประจุชนิดเดียวกันจะเกิดแรงผลักกัน
- รูป (d) วัตถุที่มีประจุไฟฟ้ากับวัตถุที่เป็นกลางจะเกิดแรงดูดกัน

สนามไฟฟ้า (The Electric Field)

สนามไฟฟ้าที่ตำแหน่งใดๆ คือ แรงไฟฟ้าต่อประจุบวกทดสอบที่ตำแหน่งนั้น โดยทิศของสนามไฟฟ้ามีทิศทางตามทิศของแรงไฟฟ้าที่กระทำต่อประจุบวกทดสอบ



รูปแสดงตัวอย่างสนามไฟฟ้าไม่สม่ำเสมอ

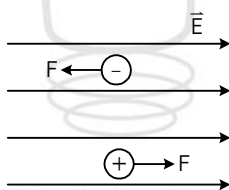


รูปแสดงตัวอย่างสนามไฟฟ้าสม่ำเสมอ

สมบัติของเส้นแรงไฟฟ้า

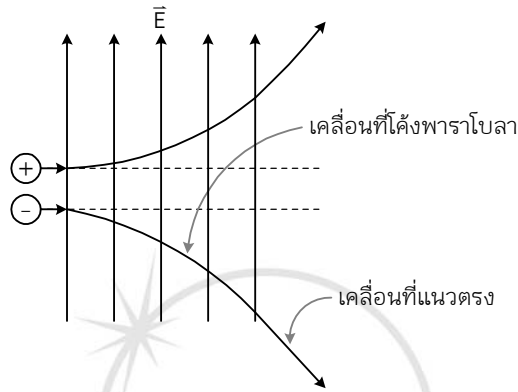
1. เส้นแรงจะมีทิศพุ่งออกจากประจุบวก และมีทิศพุ่งเข้าหาประจุลบเสมอ
2. เส้นแรงไฟฟ้าจะมีระเบียบจะไม่ตัดกัน นั่นแสดงว่า จุดๆ หนึ่งจะมีเส้นแรงผ่านได้เพียงเส้นเดียว
3. เส้นแรงไฟฟ้าจะตั้งฉากกับผิวของวัตถุที่มีประจุไฟฟ้าเสมอ
4. เส้นแรงไฟฟ้าจะสิ้นสุดที่ผิวตัวนำเท่านั้น นั่นคือ ภายในตัวนำสนามไฟฟ้ามีค่าเป็นศูนย์
5. สนามไฟฟ้า ณ ตำแหน่งใดๆ จะมีทิศอยู่ในแนวเส้นสัมผัสกับเส้นแรง ณ ตำแหน่งนั้น
6. ความหนาแน่นของเส้นแรงในบริเวณต่างๆ แสดงถึงถึงความเข้มสนามไฟฟ้าบริเวณนั้น คือ
 - บริเวณใดที่มีเส้นแรงไฟฟ้าหนาแน่นมาก แสดงว่าความเข้มสนามไฟฟ้ามีค่ามาก
 - บริเวณใดที่มีเส้นแรงไฟฟ้าหนาแน่นน้อย แสดงว่าความเข้มสนามไฟฟ้ามีค่าน้อย
 - บริเวณใดที่มีเส้นแรงไฟฟ้าหนาแน่นสม่ำเสมอ (เส้นแรงไฟฟ้าขนานกัน) แสดงว่าความเข้มสนามไฟฟ้าก็จะมีค่าสม่ำเสมอ

แรงไฟฟ้ากระทำต่อประจุไฟฟ้าที่อยู่ในสนามไฟฟ้า

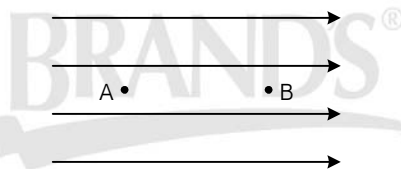


- แรงที่กระทำต่อประจุบวกจะมีทิศเดียวกับสนามไฟฟ้า
- แรงที่กระทำต่อประจุลบจะมีทิศตรงข้ามกับสนามไฟฟ้า
- แรงจะมีทิศขนานกับสนามไฟฟ้าเสมอ ไม่ว่าประจุจะเคลื่อนที่อย่างไรในสนามไฟฟ้า

เมื่ออนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าเคลื่อนที่ผ่านสนามไฟฟ้า (ไม่ขนานกับสนามไฟฟ้า) จะเกิดความเร็วในทิศเดียวกับการเคลื่อนที่ของอนุภาค แต่มีความเร็วในทิศขนานกับสนามไฟฟ้าและทิศตั้งฉากกับสนามไฟฟ้า ซึ่งลักษณะการเคลื่อนที่แบบนี้ คือ โพรเจกไทล์



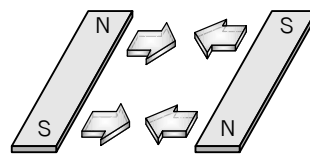
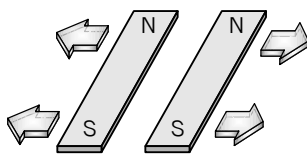
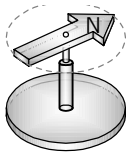
16. A, B และ C เป็นแผ่นวัตถุ 3 ชนิดที่ทำให้เกิดประจุไฟฟ้าโดยการถู ซึ่งได้ผลดังนี้ A และ B ผลักกัน ส่วน A และ C ดึงดูดกัน ข้อใดต่อไปนี้เป็นคำตอบ
- 1) A และ C มีประจุบวก แต่ B มีประจุลบ
 - 2) B และ C มีประจุลบ แต่ A มีประจุบวก
 - 3) A และ B มีประจุบวก แต่ C มีประจุลบ
 - 4) A และ C มีประจุลบ แต่ B มีประจุบวก
 - 5) B และ C มีประจุบวก แต่ A มีประจุลบ
17. จุด A และ B อยู่ภายในเส้นสนามไฟฟ้าที่มีทิศทางตามลูกศร ดังรูป ข้อใดต่อไปนี้เป็นคำตอบ



- 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

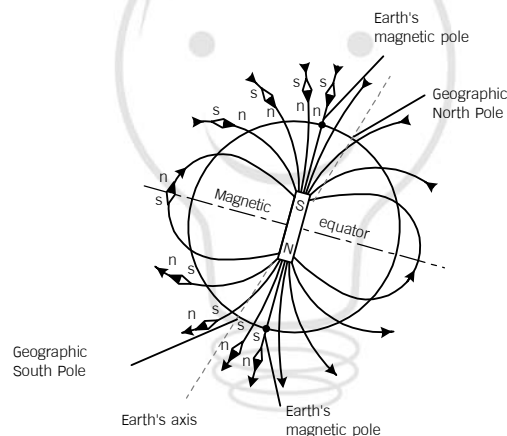
แรงแม่เหล็ก

นำแท่งแม่เหล็กที่สามารถเคลื่อนที่ได้อย่างอิสระ ปลายของแท่งแม่เหล็กที่ชี้ไปประมาณ ทิศเหนือ เรียก ขั้วเหนือแม่เหล็ก (N) และปลายตรงข้าม เรียกว่า ขั้วใต้แม่เหล็ก (S)



- ขั้วแม่เหล็กชนิดเดียวกันจะเกิดแรงผลักกัน
- ขั้วแม่เหล็กชนิดตรงข้ามจะเกิดแรงดูดกัน

สนามแม่เหล็กโลก ทิศเหนือของโลกจะเป็นขั้วแม่เหล็กใต้ ทิศใต้จะเป็นขั้วแม่เหล็กเหนือ ดังรูป

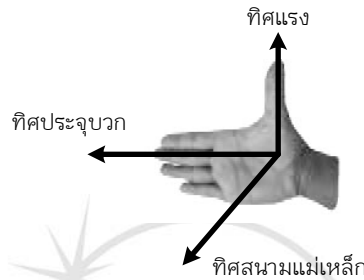


- ☐ เส้นแรงแม่เหล็ก หมายถึง เส้นที่แสดงทิศของแรงลัพธ์ที่แท่งแม่เหล็กกระทำต่อเข็มทิศ
- ☐ เส้นแรงแม่เหล็กรอบๆ แท่งแม่เหล็กจะมีลักษณะโค้ง 3 มิติ และพุ่งจากขั้วเหนือไปขั้วใต้ของแม่เหล็ก
- ☐ เส้นแรงแม่เหล็กโลกบนพื้นที่เล็กๆ จะมีลักษณะเป็นเส้นขนาน ทิศพุ่งไปทางทิศเหนือภูมิศาสตร์
- ☐ เส้นแรงแม่เหล็กไม่ตัดกัน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

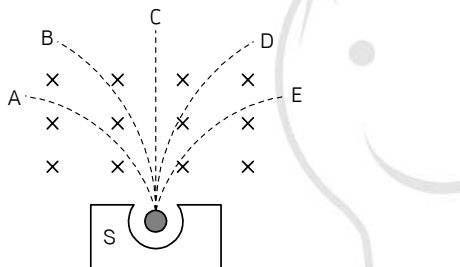
ปีที่ 26

แรงที่กระทำต่ออนุภาคที่มีประจุ ซึ่งเคลื่อนที่ในบริเวณที่มีสนามแม่เหล็ก

อนุภาคที่มีประจุจะถูกแรงแม่เหล็กกระทำต่ออนุภาคก็ต่อเมื่ออนุภาคนั้นต้องเคลื่อนที่ โดยไม่ขนานกับทิศสนามแม่เหล็ก ถ้าเคลื่อนที่ที่ตั้งฉากกับทิศสนามแม่เหล็กจะถูกแรงกระทำให้เคลื่อนที่เป็นวงกลม ทิศทางของแรงที่กระทำต่ออนุภาคที่มีประจุบวก ใช้ “Right Hand Rule” หลักมือขวา (ประจุลบใช้มือซ้าย)



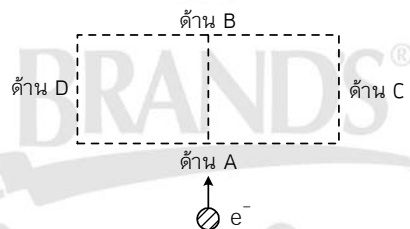
18.



สนามแม่เหล็กมีทิศพุ่งเข้า (x แทนสนามแม่เหล็กพุ่งเข้าจากหน้ากระดาษ) อนุภาคแอลฟา อนุภาคแกมมา และโปรตอน เคลื่อนที่ออกจากกอลงตะกั่ว 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

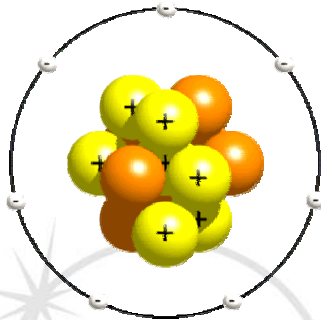
19. อิเล็กตรอนวิ่งเข้าบริเวณพื้นที่สี่เหลี่ยมที่มีสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กใน A ดังรูป จงพิจารณาว่าสนามแม่เหล็กและสนามไฟฟ้าควรมีทิศตามข้อใด จึงจะทำให้อิเล็กตรอนเคลื่อนที่เป็นเส้นตรง



- 1) สนามแม่เหล็กมีทิศเข้าหน้ากระดาษ ส่วนสนามไฟฟ้ามีทิศจากด้าน C ไปด้าน D
- 2) สนามแม่เหล็กมีทิศออกจากหน้ากระดาษ ส่วนสนามไฟฟ้ามีทิศจากด้าน C ไปด้าน D
- 3) สนามแม่เหล็กมีทิศออกจากหน้ากระดาษ ส่วนสนามไฟฟ้ามีทิศจากด้าน D ไปด้าน C
- 4) สนามแม่เหล็กมีทิศจากด้าน B ไปด้าน A ส่วนสนามไฟฟ้ามีทิศจากด้าน A ไปด้าน B
- 5) สนามแม่เหล็กมีทิศจากด้าน D ไปด้าน C ส่วนสนามไฟฟ้ามีทิศจากด้าน C ไปด้าน D

แรงนิวเคลียร์

- เป็นแรงดูดที่มีค่ามหาศาลมากเมื่อเทียบกับแรงระหว่างประจุและแรงดึงดูดระหว่างมวล
- นิวคลีออนในนิวเคลียสอัดตัวกันอย่างหนาแน่นมาก



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

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

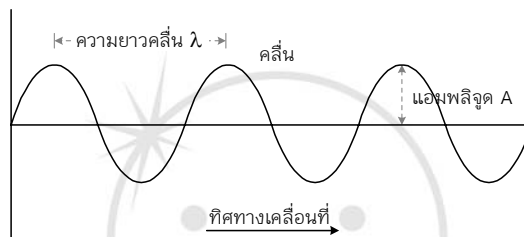
คลื่นตล (Pulse Wave) เป็นคลื่นที่เกิดจากแหล่งกำเนิดถูกรบกวนเพียงช่วงสั้นๆ เช่น สะบัดเชือกครั้งเดียว โยนก้อนหินตกน้ำ เป็นต้น

คลื่นต่อเนื่อง (Continuous Wave) เป็นคลื่นที่เกิดจากแหล่งกำเนิดถูกรบกวนเป็นจังหวะต่อเนื่อง เช่น เคาะผิวน้ำเป็นเวลานานๆ เป็นต้น

ส่วนประกอบของคลื่น

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

หรือถ้าเป็นคลื่นตามยาวจะเป็นระยะระหว่างช่วงอัดถึงช่วงอัดถัดกัน หรือขยายถึงขยายก็ได้ความยาวคลื่นแทนด้วยสัญลักษณ์ λ มีหน่วยเช่นเดียวกับหน่วยของระยะทาง



อัตราเร็วของคลื่น

อัตราเร็วของคลื่น คือ อัตราส่วนของระยะทางที่คลื่นเคลื่อนที่ได้ต่อเวลาที่ใช้ในเวลาเดียวกัน

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

สมบัติของคลื่น

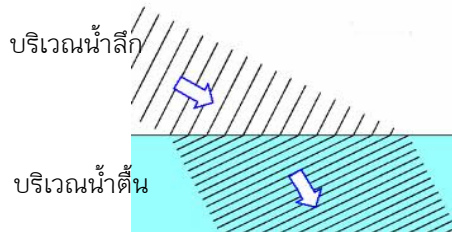
คลื่นจะต้องมีสมบัติ 4 ประการ ดังต่อไปนี้

- **การสะท้อน** เมื่อคลื่นเคลื่อนที่ตกกระทบผิวสะท้อนที่มีขนาดใหญ่กว่าความยาวคลื่นจะเกิดการสะท้อน
- **การหักเห** เมื่อคลื่นเคลื่อนที่เปลี่ยนตัวกลางแล้วอัตราเร็วของคลื่นเปลี่ยนแปลงไม่จำเป็นต้องเปลี่ยน

ทิศทาง

- **การเลี้ยวเบน** เป็นปรากฏการณ์ที่คลื่นสามารถเคลื่อนที่อ้อมสิ่งกีดขวางได้
- **การแทรกสอด** เมื่อคลื่นตั้งแต่สองขบวนเคลื่อนที่มาพบกันจะเกิดการรวมกันของคลื่นเกิดคลื่นลัพธ์

อัตราเร็วของคลื่นน้ำ



ความยาวคลื่นในบริเวณน้ำตื้นสั้นกว่าบริเวณน้ำลึก เนื่องจากความถี่ที่บริเวณทั้งสองเท่ากัน เพราะเกิดจากแหล่งกำเนิดเดียวกัน จะได้

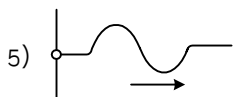
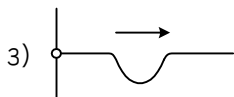
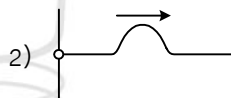
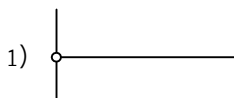
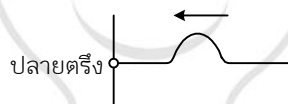
$$\lambda_{\text{ลึก}} > \lambda_{\text{ตื้น}}$$

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

$$v_{\text{ลึก}} > v_{\text{ตื้น}}$$

อัตราเร็วคลื่นในน้ำลึกจะมากกว่าอัตราเร็วคลื่นในน้ำตื้น ยกเว้นบริเวณน้ำลึกมากๆ อัตราเร็วคลื่นจะไม่เปลี่ยนแปลงตามความลึก

22. ปลาหยีเขียดด้านหนึ่งผูกกับเสาแบบตรึง สะบัดปลายเขียดอีกด้านหนึ่งทำให้เกิดคลื่นดล ดังรูป หลังจากคลื่นดลเคลื่อนกระแทบปลายตรึงแล้วคลื่นสะท้อนจะเป็นไปได้ตามรูปใด



23. ข้อใดต่อไปนี้เป็นข้อที่ต้องเกี่ยวกับคลื่นตามยาว

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

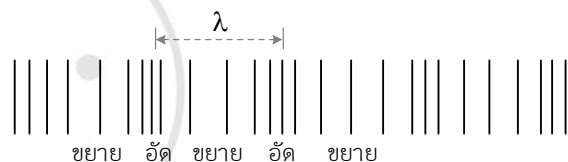
24. เมื่อคลื่นเดินทางจากน้ำลึกสู่น้ำตื้น ข้อใดต่อไปนี้เป็นจริง
- 1) อัตราเร็วคลื่นในน้ำลึกน้อยกว่าอัตราเร็วคลื่นในน้ำตื้น
 - 2) ความยาวคลื่นในน้ำลึกมากกว่าความยาวคลื่นในน้ำตื้น
 - 3) ความถี่คลื่นในน้ำลึกมากกว่าความถี่คลื่นในน้ำตื้น
 - 4) ความถี่คลื่นในน้ำลึกน้อยกว่าความถี่คลื่นในน้ำตื้น
 - 5) อัตราเร็วคลื่นในน้ำลึกเท่ากับความเร็วคลื่นในน้ำตื้น

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 เฮิรตซ์ โดยเสียงที่มีความถี่ต่ำกว่า 20 เฮิรตซ์ เรียกว่า อินฟราโซนิก (Infrasonic) และเสียงที่มีความถี่สูงกว่า 20000 เฮิรตซ์ เรียกว่า อุลตราโซนิก (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

การสะท้อนของเสียง เมื่อเสียงตกกระทบผิวสะท้อนที่ขนาดใหญ่กว่าความยาวคลื่นจะเกิดการสะท้อน และเป็นไปตามกฎการสะท้อน เสียงจะสะท้อนได้ดีกับวัตถุผิว ตัดกรอบรูป ตกแต่งด้วยต้นไม้หรือติดม่าน เป็นต้น

☐ เสียงก้อง (Echo) คือ เสียงสะท้อนที่ได้ยินเป็นครั้งที่สองหลังจากได้ยินเสียงครั้งแรกไปแล้ว ซึ่งจะเกิดขึ้นได้ต้องใช้เวลาห่างกันไม่น้อยกว่า 0.1 วินาที

การหักเหของคลื่นเสียง เกิดจากการที่เสียงเปลี่ยนตัวกลางในการเคลื่อนที่แล้วทำให้อัตราเร็วและความยาวคลื่นเสียงเปลี่ยนไปแต่ความถี่คงเดิม ปรากฏการณ์ที่เกิดในชีวิตประจำวันเนื่องจากการหักเหของเสียง เช่น การเห็นฟ้าแลบแล้วไม่ได้ยินเสียงฟ้าร้อง เพราะเสียงหักเหกลับขึ้นไปในอากาศ

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

การเลี้ยวเบนของเสียง เกิดจากการที่คลื่นเสียงสามารถอ้อมเลี้ยวผ่านสิ่งกีดขวางได้ เสียงที่มีความยาวคลื่นยาวจะเลี้ยวเบนผ่านขอบของสิ่งกีดขวางได้ดีกว่าเสียงที่มีความยาวคลื่นสั้น เช่น รถวิ่งไปด้านหน้าตึกเปิดประตูขึ้น คนที่อยู่ด้านข้างของตึกจะได้ยินเสียงได้ เพราะเสียงเลี้ยวเบนผ่านขอบของตึกไปได้

คุณภาพเสียง แหล่งกำเนิดเสียงต่างกัน อาจให้เสียงที่มีระดับเสียงเดียวกัน เช่น ไวโอลิน และขลุ่ย ถ้าเล่นโน้ตเดียวกันจะให้เสียงที่มีความถี่เดียวกัน แต่เราสามารถแยกออกได้ว่าเสียงใดเป็นเสียงไวโอลินและเสียงใดเป็นเสียงขลุ่ย แสดงว่านอกจากระดับเสียงแล้วจะต้องมีปัจจัยอื่นอีกที่ทำให้เสียงที่ได้ยินแตกต่างกันจนเราสามารถแยกประเภทของแหล่งกำเนิดเสียงนั้นได้

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

25. ข้อใดต่อไปนี้มีผลทำให้อัตราเร็วของคลื่นเสียงในอากาศเปลี่ยนแปลงได้

- | | |
|----------------------------|----------------------|
| 1) ลดความถี่ | 2) เพิ่มความยาวคลื่น |
| 3) เพิ่มแอมพลิจูด | 4) ลดอุณหภูมิ |
| 5) เปลี่ยนแหล่งกำเนิดคลื่น | |

26. ข้อใดต่อไปนี้เป็นวัตถุประสงค์ของการบุผนังของโรงภาพยนตร์ด้วยวัสดุกลืนเสียง

- | | |
|------------------------|-----------------------|
| 1) ลดความถี่ของเสียง | 2) ลดความดังของเสียง |
| 3) ลดการสะท้อนของเสียง | 4) ลดการหักเหของเสียง |
| 5) ลดความเร็วของเสียง | |

27. เครื่องโซนาร์ในเรือประมงได้รับสัญญาณสะท้อนจากท้องทะเล หลังจากส่งสัญญาณลงไปเป็นเวลา 0.4 วินาที ถ้าอัตราเร็วเสียงในน้ำเป็น 1500 เมตรต่อวินาที ทะเลมีความลึกเท่ากับข้อใด

- | | |
|--------------|-------------|
| 1) 150 เมตร | 2) 300 เมตร |
| 3) 600 เมตร | 4) 900 เมตร |
| 5) 1200 เมตร | |

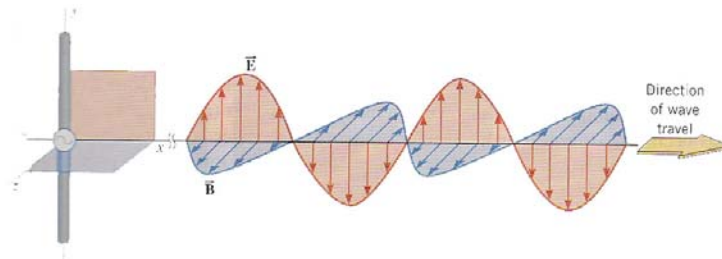
28. ในการเทียบเสียงกีตาร์กับหลอดเทียบเสียงมาตรฐาน เมื่อดีดสายกีตาร์พร้อมกับหลอดเทียบเสียงเกิดบีตส์ขึ้นที่ความถี่หนึ่ง แต่เมื่อขันให้สายตึงขึ้นเล็กน้อยความถี่ของบีตส์สูงขึ้น ความถี่ของเสียงกีตาร์เดิมเป็นอย่างไร

- | |
|---|
| 1) สูงกว่าเสียงมาตรฐาน |
| 2) ต่ำกว่าเสียงมาตรฐาน |
| 3) เท่ากับเสียงมาตรฐาน |
| 4) อาจจะมากกว่าหรือน้อยกว่าเสียงมาตรฐาน |
| 5) อาจจะน้อยกว่าหรือมากกว่าหรือเท่ากับเสียงมาตรฐานก็ได้ |

คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

สรุปสมบัติคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ได้ดังนี้

1. สนามไฟฟ้า E และสนามแม่เหล็ก B มีทิศตั้งฉากซึ่งกันและกันและตั้งฉากกับทิศการเคลื่อนที่ของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเสมอ ดังนั้นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจึงเป็นคลื่นตามขวาง



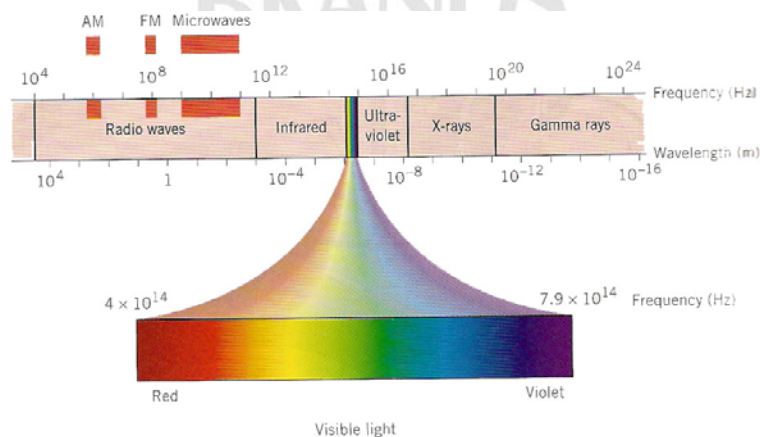
2. สนามไฟฟ้า E และสนามแม่เหล็ก B เป็นฟังก์ชันรูปไซน์ และสนามทั้งสองจะเปลี่ยนแปลงตามเวลาด้วยความถี่เดียวกันและเฟสตรงกันถ้าสนามไฟฟ้าเป็นศูนย์ สนามแม่เหล็กก็เป็นศูนย์ด้วยมีค่าสูงสุด และต่ำสุดพร้อมกัน

3. ประจุไฟฟ้าเมื่อเคลื่อนที่ด้วยความเร่ง จะปลดปล่อยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าออกมาประกอบการเคลื่อนที่ของประจุนั้น

สเปกตรัมของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้านี้แม้มีแหล่งกำเนิด และวิธีการตรวจวัดที่ไม่เหมือนกัน แต่คลื่นเหล่านี้จะมีสมบัติร่วมกัน คือ จะเคลื่อนที่ไปด้วยความเร็วในสุญญากาศที่เท่ากันหมด และเท่ากับความเร็วแสง พร้อมๆ กับการส่งพลังงานไปพร้อมกับคลื่น

สเปกตรัมของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า



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

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

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

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

คลื่นไมโครเวฟทำให้อาหารสุกได้ โดยโมเลกุลของน้ำที่อยู่ในอาหารสั่นสะเทือนประมาณ 2450 ล้าน-ครั้งต่อวินาที การสั่นนี้ทำให้อาหารดูดพลังงานและเกิดความร้อนในอาหาร โดยไม่มีการสูญเสียพลังงานในการทำให้เตาหรืออากาศในเตาร้อนขึ้น อาหารจึงร้อนและสุกอย่างรวดเร็ว ภาชนะที่ทำด้วยโลหะและไม่ควรใช้ เพราะโลหะสะท้อนไมโครเวฟออกไป ส่วนเนื้อไม้มีความชื้นเมื่อร้อนจะทำให้ไม้แตกควรใช้ภาชนะประเภทกระเบื้อง และแก้ว เพราะจะไม่ดูดความร้อนจากสนามแม่เหล็ก

3. รังสีอินฟราเรด มีความถี่ในช่วง 10^{11} – 10^{14} เฮิรตซ์ เกิดจากวัตถุที่มีอุณหภูมิสูงโดยมนุษย์สามารถรับรู้รังสีนี้ได้โดยประสาทสัมผัสทางผิวหนัง รังสีอินฟราเรดมีความสามารถทะลุผ่านเมฆหมอกที่หนาได้มากกว่าแสงธรรมดา จึงทำให้อินฟราเรดถูกนำมาใช้ในการศึกษาสภาพแวดล้อมและลักษณะพื้นผิวโลก โดยการถ่ายภาพพื้นโลกจากดาวเทียม ส่วนนักธรณีวิทยาก็อาศัยการถ่ายภาพจากดาวเทียมด้วยรังสีอินฟราเรดในการสำรวจหาแหล่งน้ำมัน แร่ธาตุ และชนิดต่างๆ ของหินได้

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

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

5. รังสีอัลตราไวโอเล็ต มีความถี่ในช่วง 10^{15} – 10^{18} เฮิร์ตซ์ ในธรรมชาติส่วนใหญ่มาจากดวงอาทิตย์ รังสีนี้เป็นตัวการทำให้บรรยากาศชั้นไอโอโนสเฟียร์แตกตัวเป็นไอออนได้ดี (เพราะรังสีอัลตราไวโอเล็ตมีพลังงานสูงพอที่ทำให้อิเล็กตรอนหลุดจากโมเลกุลอากาศ พบว่าไอโอโนสเฟียร์มีโมเลกุลหลายชนิด เช่น โอโซน ซึ่งสามารถกันรังสีอัลตราไวโอเล็ตได้ดี)

ประโยชน์ของรังสีอัลตราไวโอเล็ต คือ ใช้ตรวจสอบลายมือชื่อ, ใช้รักษาโรคผิวหนัง, ใช้ฆ่าเชื้อโรคบางชนิดได้, ใช้ในสัญญาณกันขโมย แต่รังสีอัลตราไวโอเล็ตถ้าได้รับในปริมาณที่สูงอาจทำให้เกิดอันตรายต่อเซลล์ผิวหนังเป็นมะเร็งผิวหนัง และเป็นอันตรายต่อนัยน์ตาของมนุษย์ได้

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

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

29. เหตุใดคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจึงจัดเป็นคลื่นตามขวาง

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

30. ข้อใดเป็นการเรียงลำดับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจากความยาวคลื่นน้อยไปมากได้ถูกต้อง

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

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

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

พลังงานนิวเคลียร์ กับมันตภาพรังสี

นักฟิสิกส์เรียกปรากฏการณ์ที่ธาตุสามารถแผ่รังสีได้เองอย่างต่อเนื่องนี้ว่า **กัมมันตภาพรังสี** และเรียกธาตุที่มีสมบัติสามารถแผ่รังสีออกมาได้เองนี้ว่า **ธาตุกัมมันตรังสี**

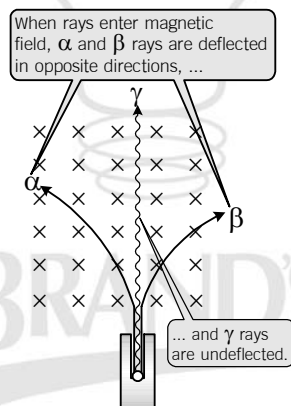
1. กัมมันตภาพรังสี

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

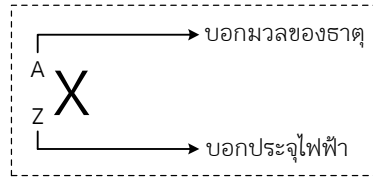
รังสีแกมมา (Gamma, สัญลักษณ์และตัวย่อ γ) เป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ส่งพลังงานในรูปของโฟตอน $E = hf$ มีพลังงานประมาณ 0.04-3.2 MeV อำนาจทะลุทะลวงสูงสุด ทำให้เกิดการแตกตัวเป็นไอออนได้น้อยสุด

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)

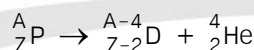
สัญลักษณ์นิวเคลียร์ของธาตุ X ที่มีเลขมวล A และมีเลขอะตอม Z สามารถเขียนเป็นสัญลักษณ์ได้ คือ ${}^A_Z\text{X}$ หรือเขียนสัญลักษณ์อย่างย่อเป็น X-A เช่น ${}^{238}_{92}\text{U}$ เขียนเป็น U-238

สัญลักษณ์ที่ใช้แทนอนุภาคที่ควรจำ

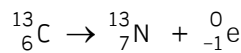
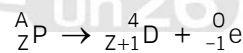
อนุภาคหรือรังสี	ตัวย่อ	สัญลักษณ์	อนุภาคหรือรังสี	ตัวย่อ	สัญลักษณ์
1. โปรตอน	p	${}^1_1\text{H}$	5. แอลฟา	α	${}^4_2\text{He}$
2. ดิวเทอรอน	d	${}^2_1\text{H}$	6. เบตา	β	${}^0_{-1}\text{e}$
3. ทริเทียม	T	${}^3_1\text{H}$	7. โพซิตรอน	β^+	${}^0_{+1}\text{e}$
4. นิวตรอน	n	${}^1_0\text{n}$	8. แกมมา	γ	γ

การแตกตัวให้รังสีชนิดต่างๆ

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

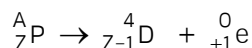


2. การแตกตัวให้เบตาลบ (Beta decay, β^- decay) เกิดจากการที่นิวตรอน 1 ตัวภายในนิวเคลียสเดิมเปลี่ยนสภาพกลายเป็นโปรตอน 1 ตัวในนิวเคลียสใหม่ ทำให้นิวเคลียสใหม่มีเลขมวลเท่าเดิมแต่เลขอะตอมเพิ่มขึ้นหนึ่ง พร้อมปลดปล่อยเบตาลบ ตามสมการ

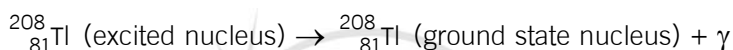


3. อนุภาคเบตาบวก (Positron สัญลักษณ์ ${}^0_{+1}\text{e}$ ตัวย่อ β^+) เป็นอนุภาคที่มีประจุ +e และมีมวล 9.1×10^{-31} กิโลกรัม เป็นอนุภาคที่เกิดจาก โดย ${}^0_{-1}\text{e} + {}^0_{+1}\text{e} \rightarrow 2\gamma$

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

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

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

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

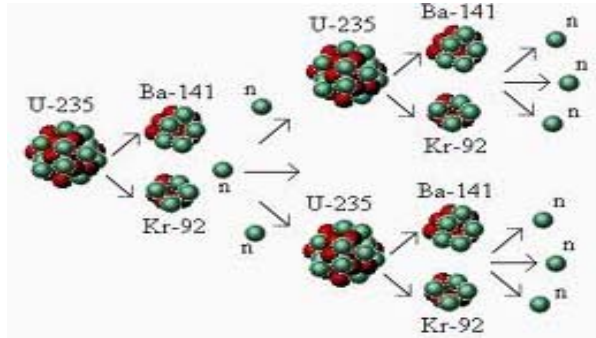
$$\text{สลายตัวครั้งที่ } n, n = n, t_n = nT \text{ จะเหลือจำนวนนิวเคลียส} = \frac{N_0}{2^n}$$

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

4. ไอโซโทป (Isotope) เป็นธาตุที่มีจำนวนโปรตอนเท่ากันแต่จำนวนนิวตรอนต่างกัน ไอโซโทปของธาตุชนิดเดียวกันจะมีคุณสมบัติทางเคมีเหมือนกัน เพราะมีจำนวนอิเล็กตรอนเท่ากัน แต่มีคุณสมบัติทางฟิสิกส์ต่างกัน เพราะแต่ละไอโซโทปมีมวลไม่เท่ากัน เมื่อให้วิ่งผ่านสนามแม่เหล็กเดียวกันจะมีคัมพางวิ่งไม่เท่ากันเนื่องจากนิวเคลียสที่เป็นไอโซโทปกัน 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)

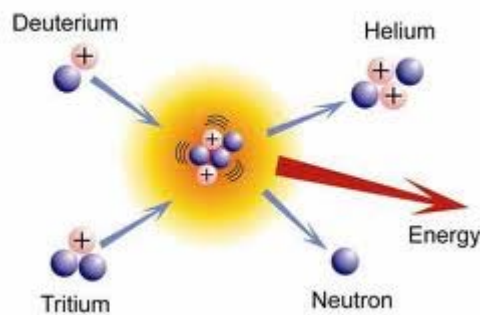
เกิดจากการที่นิวเคลียสขนาดใหญ่แตกออกเป็นนิวเคลียสขนาดเล็กอันเนื่องมาจากการใช้อุณหภูมิที่มีพลังงานสูงวิ่งเข้าชนนิวเคลียสแล้วได้พลังงานถูกปลดปล่อยออกมา



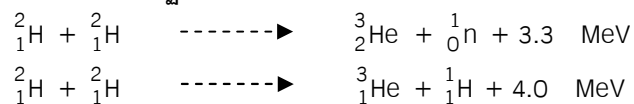
ปฏิกิริยานิวเคลียร์แบบฟิชชันสามารถควบคุมปฏิกิริยาแบบลูกโซ่ได้ โดยใช้เครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ (Nuclear Reactor)

6. ปฏิกิริยาแบบฟิวชัน (Fusion)

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

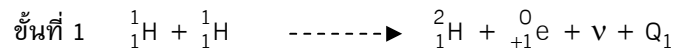


ตัวอย่างของปฏิกิริยานิวเคลียร์แบบฟิวชัน เช่น



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



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

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

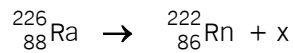
33. อัตราการสลายตัวของกลุ่มนิวเคลียสกัมมันตรังสี A ขึ้นกับอะไร

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

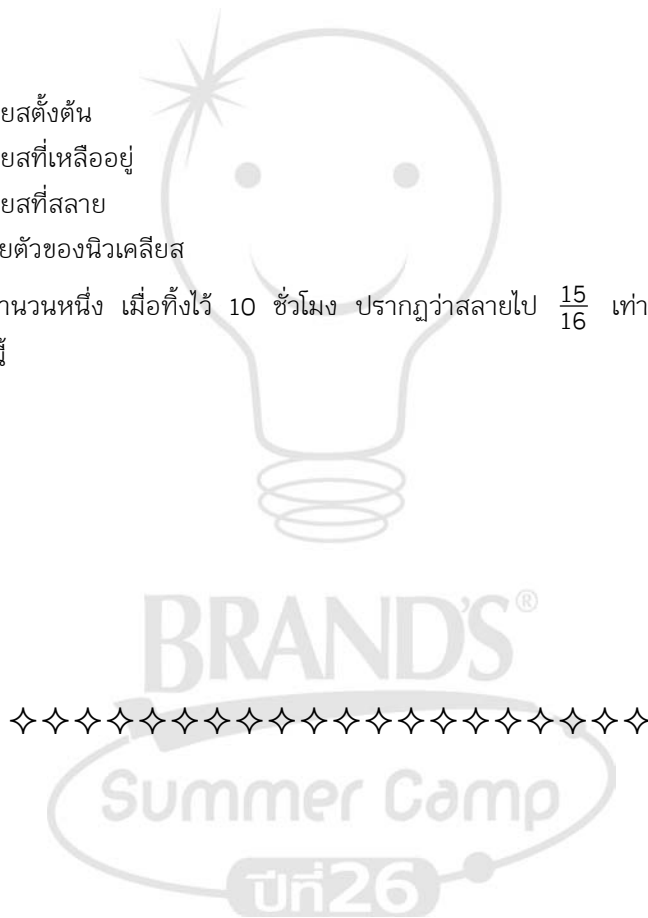
34. ข้อความใดต่อไปนี้เป็นข้อที่ถูกต้องเกี่ยวกับรังสีแอลฟา รังสีเบตาและรังสีแกมมา

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

35. นิวเคลียสของเรเดียม-226 มีการสลายตัวสมการข้างล่าง x คืออะไร



- 1) รังสีแกมมา
 - 2) อนุภาคเบตา
 - 3) อนุภาคนิวตรอน
 - 4) อนุภาคแอลฟา
 - 5) โปรตอน
36. กิจกรรมการศึกษาที่เปรียบเทียบการสลายกัมมันตรังสีกับการทอดลูกเต๋านั้น จำนวนลูกเต๋าก็ถูกคัดออกเทียบได้กับปริมาณใด
- 1) เวลาครึ่งชีวิต
 - 2) จำนวนนิวเคลียสตั้งต้น
 - 3) จำนวนนิวเคลียสที่เหลืออยู่
 - 4) จำนวนนิวเคลียสที่สลาย
 - 5) อัตราการสลายตัวของนิวเคลียส
37. 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



BRANDS ซัมเมอร์แคมป์ ปีที่ 26



เอกสารประกอบคำบรรยาย วิชา PAT 2 ฟิสิกส์

โดย ดร.ไพฑูรย์ คงเสรีภาพ

สถาบันกวดวิชาอนติมานด์

Smart Planning



ลำดับบทที่ออกสอบ (จากมากไปน้อย)

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

เรื่องที่ต้องดูเป็นพิเศษ (ต้องฝึกโจทย์ให้มาก)

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



ในการเอาชนะข้อสอบ

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

การเตรียมตัว / ฝึก

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



โครงการแบรนด์ซัมเมอร์แคมป์ ปีที่ 26

วิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ (33)

วิเคราะห์ข้อสอบ PAT 2 ฟิสิกส์ มี.ค. ปี 57

PAT 2 วิชาวิทยาศาสตร์ PART : PHYSICS	ข้อสอบปี 2557				
	ลำดับ	หัวข้อ	จำนวน ข้อสอบ	% ที่ออก	% สะสม
	1	งานและพลังงาน	2	8	8
	2	แก๊สและทฤษฎีจลน์	2	8	16
	3	ของแข็ง ของเหลว และของไหล	2	8	24
	4	ไฟฟ้าสถิต	2	8	32
	5	แม่เหล็กไฟฟ้า	2	8	40
	6	ฟิสิกส์อะตอม	2	8	48
50%	7	ฟิสิกส์นิวเคลียร์	2	8	56
	8	กฎของนิวตัน	1	4	60
	9	สมดุลกล	1	4	64
	10	การเคลื่อนที่วิถีโค้ง	1	4	68
	11	การเคลื่อนที่วงกลมและดวงดาว	1	4	72
	12	การเคลื่อนที่แบบซิมเปิลฮาร์โมนิก	1	4	76
80%	13	การเคลื่อนที่แบบหมุน	1	4	80
	14	คลื่น	1	4	84
	15	เสียง	1	4	88
	16	ไฟฟ้ากระแสตรง	1	4	92
	17	ไฟฟ้ากระแสสลับ	1	4	96
	18	คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและแสงเชิงฟิสิกส์	1	4	100
	19	บทนำและการนับ	0	0	100
	20	การเคลื่อนที่แนวตรง	0	0	100
	21	โมเมนตัม	0	0	100
	22	แสง	0	0	100
		รวม	25	100	

วิเคราะห์ข้อสอบ PAT 2 ฟิสิกส์ เม.ย. ปี 57

PAT 2 วิชาวิทยาศาสตร์ PART : PHYSICS	ข้อสอบปี 2557				
	ลำดับ	หัวข้อ	จำนวน ข้อสอบ	% ที่ออก	% สะสม
	1	ไฟฟ้าสถิต	3	8	12
	2	กฎของนิวตัน	2	8	20
	3	การเคลื่อนที่วิถีโค้ง	2	8	28
	4	การเคลื่อนที่วงกลมและดวงดาว	2	8	36
	5	เสียง	2	8	44
50%	6	แสง	2	8	52
	7	ของแข็ง ของเหลว และของไหล	2	8	60
	8	แม่เหล็กไฟฟ้า	2	8	68
	9	การเคลื่อนที่แนวตรง	1	4	72
	10	การเคลื่อนที่แบบขีมิเปิลฮาร์โมนิก	1	4	76
80%	11	คลื่น	1	4	80
	12	แก๊สและทฤษฎีจลน์	1	4	84
	13	ไฟฟ้ากระแสตรง	1	4	88
	14	คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและแสงเชิงฟิสิกส์	1	4	92
	15	ฟิสิกส์อะตอม	1	4	96
	16	ฟิสิกส์นิวเคลียร์	1	4	100
	17	บทนำและการนับ	0	0	100
	18	สมดุลกล	0	0	100
	19	งานและพลังงาน	0	0	100
	20	โมเมนตัม	0	0	100
	21	การเคลื่อนที่แบบหมุน	0	0	100
	22	ไฟฟ้ากระแสสลับ	0	0	100
		รวม	25	100	

ไฟฟ้าสถิต

A พื้นฐานไฟฟ้าสถิต (Basic Concepts)

A1 ประจุไฟฟ้า (Q)

ชนิด 2 ชนิดคือ ประจุบวก (+) และประจุลบ (-)

แรงระหว่างประจุไฟฟ้า

- 1 ประจุไฟฟ้าชนิดเดียวกัน → ผลักกัน
- 2 ประจุไฟฟ้าต่างชนิดกัน → ดึงกัน
- 3 แรงบนประจุทั้งสองเป็น **Action = Reaction**
- 4 วัตถุที่มีประจุจะดึงดูดวัตถุที่เป็นกลาง เช่น ลูกพิท

หน่วย - **คูลอมบ์ (C)**

อนุภาคประจุ

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

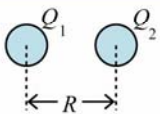
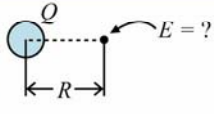
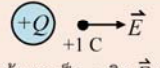
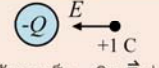
วัตถุที่ประจุผ่าน

- ประจุถ่ายเทง่าย → ตัวนำ
- ประจุถ่ายเทยาก → ฉนวน
- ประจุถ่ายเทยากง่ายตามสภาวะที่เปลี่ยน → สารกึ่งตัวนำ

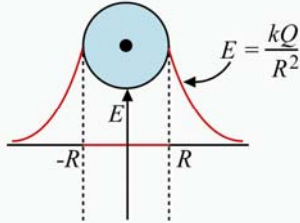
A2 การทำให้วัตถุที่เป็นกลางเกิดประจุ

	① การขจัด	② การสัมผัส	③ การเหนี่ยวนำ
ผลของประจุที่เกิดขึ้น	วัตถุ 2 ชนิดจะมีประจุชนิดตรงข้ามกัน	ประจุเป็นชนิดเดียวกับที่นำมาสัมผัส	ประจุเป็นชนิดตรงข้ามกับที่นำมาเหนี่ยวนำ
หลักการ	วัตถุที่มีเลขลำดับการขีดสั้นกว่าจะเกิดประจุบวกหลังขีดสี	• ผลรวมของประจุบนวัตถุทั้งสองก่อนแตะ = หลังแตะ • ประจุหยุดถ่ายเทเมื่อวัตถุทั้งสองศักย์ไฟฟ้าเท่ากัน	ประจุที่นำมาใช้เหนี่ยวนำมีจำนวนเท่าเดิม

B ปริมาณทางไฟฟ้าสถิต : Vector

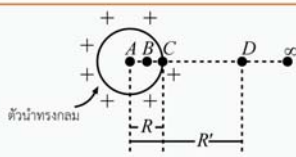
B1 แรงระหว่างประจุ ($\vec{F}$)	B2 สนามไฟฟ้า ($\vec{E}$)
นิยาม ; แรงคู่กิริยาระหว่าง 2 ประจุต่อกัน (Action = Reaction)	นิยาม ; แรงที่กระทำต่อประจุทดสอบ +1 C ที่วาง ณ ตำแหน่งนั้น
ขนาด $F = \frac{kQ_1Q_2}{R^2}$  F : หน่วยนิวตัน (N) R = ระยะระหว่างศูนย์กลางของ 2 ประจุ (m) Q_1, Q_2 = ประจุทั้ง 2 ที่เกิดแรงกระทำต่อกัน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

B2/1 กราฟ E ของตัวนำทรงกลม



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

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



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

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

B3 แรงบนประจุ (q) ในสนามไฟฟ้า (E)

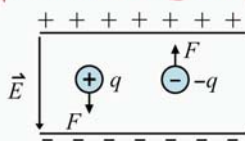
$$F = \frac{kqQ}{R^2} = q \left(\frac{kQ}{R^2} \right) = qE$$

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

q : ประจุที่อยู่ในสนามไฟฟ้าที่เกิดจากประจุต้นเหตุ
หน่วย คูลอมป์ (C)

- **หาทิศทาง**

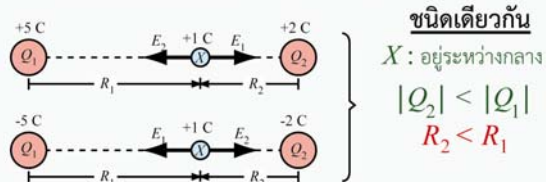
- * ถ้า q เป็นบวก (+) ทิศ $\vec{F}$ เดียวกับ ทิศ $\vec{E}$
- * ถ้า q เป็นลบ (-) ทิศ $\vec{F}$ ตรงข้ามและขนานกับ $\vec{E}$
(จึงสรุปว่า $\vec{E}$ จะมีทิศจาก Q ต้นเหตุฝั่ง + ไปหา -)



B2/2 จุดสะเทินในสนามไฟฟ้า (x)

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

- จุดสะเทินจากประจุต้นเหตุ 2 ประจุ ($E_1 = E_2$)

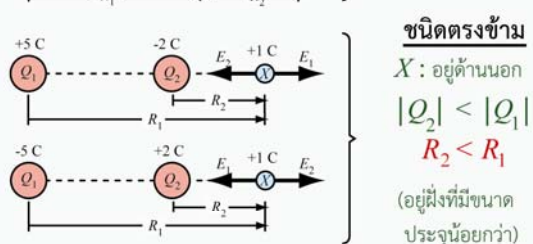


ชนิดเดียวกัน

X: อยู่ระหว่างกลาง

$$|Q_2| < |Q_1|$$

$$R_2 < R_1$$



ชนิดตรงข้าม

X: อยู่ด้านนอก

$$|Q_2| < |Q_1|$$

$$R_2 < R_1$$

(อยู่ฝั่งที่มีขนาด
ประจุน้อยกว่า)

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

- ประจุต้นเหตุมากกว่า 2 ประจุ

ให้นำ +1 C วาง check ทิศ $\vec{E}$

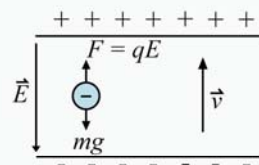
$$\text{และหา } \vec{E}_T = \Sigma \vec{E}_i = 0$$

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

B3/1 การเคลื่อนที่ของประจุใน $\vec{E}$

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

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



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

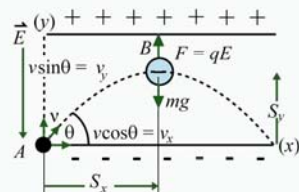
$$\vec{a}_y; \vec{F}_y = m\vec{a}_y \text{ (↑)}$$

$$qE - mg = ma_y$$

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

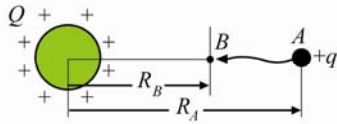
$$\vec{a}_x = 0; S_x = v_x t$$

แก้สมการ แกน x และ y



(ต.ย. จาก A ไป B)

C ปริมาณทางไฟฟ้าสถิต : Scalar



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

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

C1 ศักย์ไฟฟ้า

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

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

V = ศักย์ไฟฟ้า (volt)

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

คำนวณโดย
แทนค่า +, - ของ Q

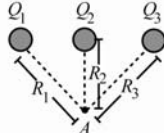
Q = ประจุต้นเหตุที่ส่งอำนาจไฟฟ้า (C)

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

$$\left. \begin{array}{l} \text{+Q} \quad \text{+q} \quad \text{A} \rightarrow \text{B} \\ \text{10} \quad \text{20} \end{array} \right\} V_A = \frac{k(Q)}{10}, V_B = \frac{k(Q)}{20}$$

$$V_A > V_B$$

$$\left. \begin{array}{l} \text{-Q} \quad \text{+q} \quad \text{C} \rightarrow \text{D} \\ \text{10} \quad \text{20} \end{array} \right\} V_C = \frac{k(-Q)}{10}, V_D = \frac{k(-Q)}{20}$$

$$V_C < V_D$$

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)

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

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

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

$\downarrow$

1

$\downarrow$

2

$\downarrow$

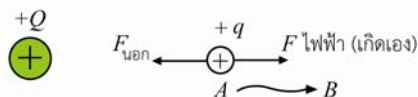
3

ไม่มี Q

มี Q จาก A

มี Q จาก A, B

C2/2 งานภายนอก / งานไฟฟ้า



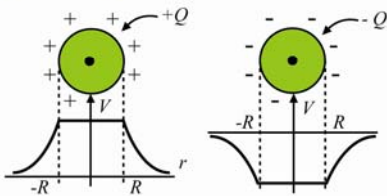
$$F_{\text{ไฟฟ้า}} = -F_{\text{นอก}}$$

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

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

C1/2 ศักย์ไฟฟ้าในตัวนำทรงกลม

ก. 1 ใบ



1) ผิวและภายในตัวนำทรงกลม

ศักย์ไฟฟ้าจะเท่ากันหมดเป็น

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

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

2) จุดนอกตัวนำทรงกลม

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

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

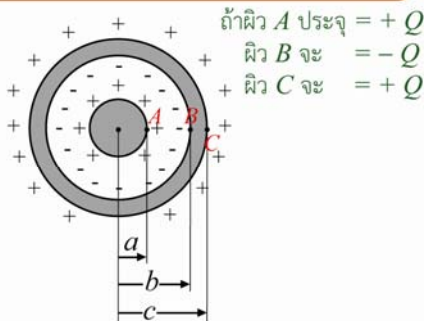
(กราฟ Hyperbola มุมฉาก)

ข. ทรงกลมซ้อนกัน

หลัก • ตำแหน่งประจุนับจากศูนย์กลางวงกลม

• ศักย์ในตัวนำทรงกลม = ศักย์ที่ผิว

• จุดที่ต่อสายดิน $\rightarrow$ ประจุ = 0



สูตรลัด (เกินหลักสูตร)

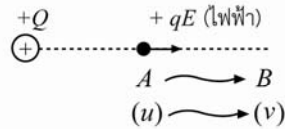
$$V_A = \frac{kQ}{a} - \frac{kQ}{b} + \frac{kQ}{c}$$

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

(ถ้าจุดใดต่อสายดินให้แทน $Q = 0$)

C2/3 การเคลื่อนที่ของประจุกับงานทางไฟฟ้า

Q ต้นเหตุ 1 ตัว



ประจุเคลื่อนที่ได้เอง จาก $A \rightarrow B$

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

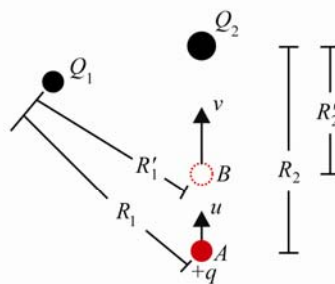
$$W_{\text{ไฟฟ้า}} = -W_{\text{นอก}}; -[q(V_B - V_A)] = E_{k_B} - E_{k_A}$$

note

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

Q ต้นเหตุมากกว่า 1 ตัว

ใช้หลักการอนุรักษ์พลังงาน

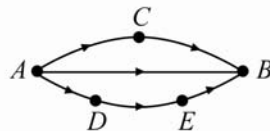


+q วิ่งจาก A ไป B

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

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

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 ถ้าจุดตั้งต้นกับจุดสุดท้ายเหมือนกันทุกเส้นทางจะได้อ่านเท่ากัน

D ความต่างศักย์ (ΔV) กับสนามไฟฟ้า E

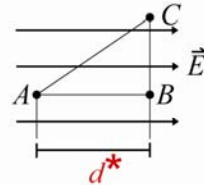
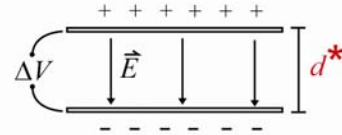
- สนามไฟฟ้า (E) บนความต่างศักย์ (ΔV) ที่ระยะห่าง (d) คือ

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

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

1 ระหว่างแผ่นคู่ขนาน
 d = ระยะห่างระหว่างแผ่นคู่ขนาน

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



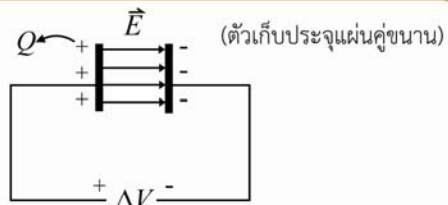
$$V_{AB} = V_{AC} \leftarrow V_{AB} = Ed; V_{AC} = Ed$$

E ความจุไฟฟ้า และตัวเก็บประจุ

E1 สมการความจุไฟฟ้า

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

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



E2 ความจุไฟฟ้า (C) กรณีต่างๆ

ตัวนำทรงกลม

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

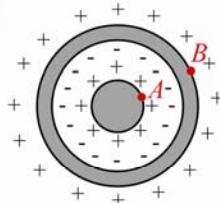
$$C = \frac{R}{k}$$

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

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

ตัวนำทรงกลมซ้อนกัน

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



V_{AB} = ความต่างศักย์ระหว่างผิวนอกของทรงกลม 2 ลูกที่วางซ้อนกัน

V_A, V_B (ไปดูการหาค่าศักย์ไฟฟ้าตัวนำทรงกลมซ้อนกัน (C1/2))

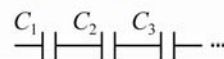
แผ่นตัวนำคู่ขนาน

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

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

การนำตัวเก็บประจุมาต่อกัน พื้นฐาน 2 แบบ

อนุกรม

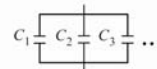


$$\frac{1}{C_{\text{รวม}}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \dots$$

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

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

ขนาน



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

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

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

E3 พลังงานสะสมในตัวเก็บประจุ

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

$$W = QV$$

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

U = พลังงานศักย์สะสม (J)

Q = ประจุบนตัวเก็บประจุ (คูลอมบ์ : C)

V = ความต่างศักย์ (volt)

C = ความจุ (F : ฟารัด)

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

Q, Q' = ประจุในตอนแรกและตอนหลัง (C)

V, V' = ความต่างศักย์ในตอนแรกและตอนหลัง (volt)

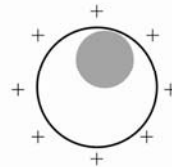
E4 การนำตัวนำที่มีประจุมาแตะกัน

แตะภายใน

ประจุหลังแตะจะหนีมาอยู่ผิวนอกของลูกใหญ่กว่า

แตะภายนอก

ใช้หลัก 3 ข้อ



1) ประจุ (Q) ; ประจุก่อนแตะ = ประจุหลังแตะ

(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

1. จงลำดับเหตุการณ์ที่ทำให้อิเล็กโตรสโคปที่มีประจุไฟฟ้าอยู่แล้ว เปลี่ยนเป็นประจุด้านตรงข้าม
 - ก. ต่อสายดินเข้ากับอิเล็กโตรสโคป
 - ข. เอาสายดินออกจากอิเล็กโตรสโคป
 - ค. นำวัตถุที่มีประจุไฟฟ้าเหมือนอิเล็กโตรสโคปเข้าใกล้อิเล็กโตรสโคป
 - ง. นำวัตถุที่มีประจุไฟฟ้าเหมือนอิเล็กโตรสโคปออกห่างจากอิเล็กโตรสโคป

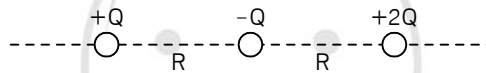
1) ค. → ก. → ง. → ข.

2) ค. → ก. → ข. → ง.

3) ก. → ค. → ง. → ข.

4) ก. → ข. → ค. → ง.

2. ระบบที่มีประจุ $+Q$, $+2Q$ และ $-Q$ เรียงตัวในแนวเส้นตรงโดยมีระยะระหว่างกันเท่ากับ R ดังรูป



ระบบนี้มีพลังงานศักย์ไฟฟ้าเท่าใด

1) $\frac{kQ^2}{2R}$

2) $\frac{kQ^2}{R}$

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

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

3. อิเล็กตรอนตัวหนึ่งกำลังถูกดูดจากสภาพหยุดนิ่ง เข้าไปหาตัวนำทรงกลมรัศมี R ซึ่งมีศักย์ไฟฟ้าที่ผิวเท่ากับ $+V_0$ ถ้าอิเล็กตรอนดังกล่าวเริ่มต้นจากระยะ $4R$ (วัดจากศูนย์กลางทรงกลม) เมื่อเข้าชนผิวตัวนำทรงกลม จะมีอัตราเร็วประมาณเท่าใด ให้ประจุต่อมวลของอิเล็กตรอนคือ r

1) $\frac{1}{2}\sqrt{rV_0}$

2) $\frac{1}{2}\sqrt{6rV_0}$

3) $\frac{3}{2}\sqrt{rV_0}$

4) $3\sqrt{rV_0}$

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

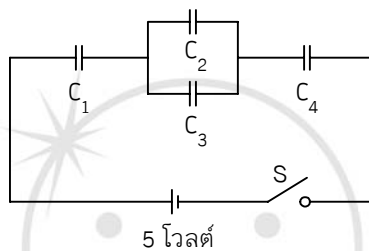
1) $\frac{3MgD}{5Q}$

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

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

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

5. ละอองน้ำมันมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 ไมโครเมตร มีประจุบวกถูกทำให้ลอยหนึ่งในอากาศ โดยมีสนามไฟฟ้าแนวตั้งระยะห่าง 2 เซนติเมตร ความต่างศักย์ของอิเล็กตรอนหนึ่งตัวมีค่าประมาณกี่โวลต์ โดยความหนาแน่นของละอองน้ำมันเท่ากับ 300 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร
 - 1) 12
 - 2) 120
 - 3) 1,200
 - 4) 12,000
6. วงจรไฟฟ้าหนึ่งประกอบด้วย ตัวเก็บประจุ C_1 , C_2 , C_3 และ C_4 ที่มีค่าความจุเท่ากับ 4, 1, 3 และ 2 ไมโครฟารัด ตามลำดับ 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

ไฟฟ้ากระแสตรง

Overview Map (D.C.)

Current (I)

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

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

Current Divider

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

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

ความต่างศักย์ (V) และแรงเคลื่อนไฟฟ้า (E)

(ทั่วไป)

$$E = IR + Ir$$

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

Voltage Divider

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

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

(ยาก)

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

(Loop) (KVL)

หา E (แบบยาก)

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

(Mesh Current Ana)
หา E แต่ละ Mesh

Circuit

$$V = IR$$

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

Kirchhoff

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

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

Resistance (R)

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

ยึดลวด $A_1 \ell_1 = A_2 \ell_2$

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

ต่อ R

อนุกรม ; $R_t = R_1 + R_2 + \dots$

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

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

$I = 0$

• ไม่ครบวงจร

$I = \infty$

• สัดวงจร

พิเศษ

• Bridge

• สมมาตร

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

r คิดเหมือน R

ต่อ cell

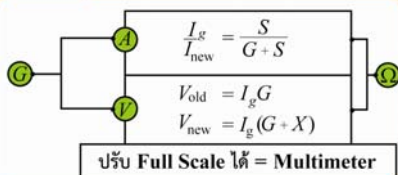
ต้องดูขั้ว +

อนุกรม : $E_t = E_1 + E_2 + \dots$

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

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

Meter



(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' แทนค่าที่เกิดจากการใช้งานจริง

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

(off spec)

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

$$I_t' = I_1' = I_2' = I'^* ; P_t' = R_1' + P_2' + \dots$$

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

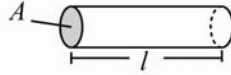
$$V_t' = V_1' = V_2' = V'^* ; P_t' = P_1' + P_2' + \dots$$

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

5D กระแส (I) และความต้านทาน (R) ในตัวนำ

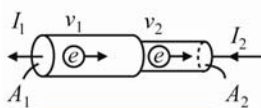
5D/1 กระแสในตัวนำ (I)

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



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

ลวดหลายหน้าตัดต่อกัน



" n ขึ้นกับชนิดของโลหะ"

$$I_1 = I_2$$

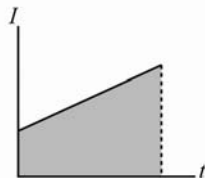
$$v_1 A_1 n e = v_2 A_2 n e$$

* ลวดชนิดเดียวกัน n เท่ากัน

Graph I กับ t

$$Q = It$$

Q = พื้นที่ใต้กราฟระหว่าง I - t



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

* ขึ้นกับชนิดวัสดุของลวดตัวนำ *

V' = ปริมาตรเส้นลวดตัวนำ (m^3 : ลูกบาศก์เมตร)

l = ความยาวเส้นลวดตัวนำ (m : เมตร)

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

* การคำนวณให้ใช้หน่วย SI UNIT *

5D/2 ความต้านทานในตัวนำ (R)

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

$$V' = Al$$

$$A = \pi R^2$$

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

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

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

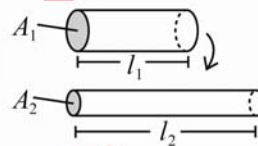
$$= \frac{\pi d^2}{4}$$

การเปลี่ยนสภาพลวดตัวนำ

• การยืดลวด (V' : ปริมาตรคงที่) *

$$V'_1 = V'_2$$

$$A_1 l_1 = A_2 l_2$$

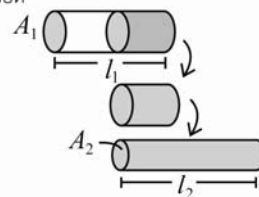


• การตัดลวด (V' : ปริมาตรเปลี่ยน) *

เช่น ตัดครึ่งหนึ่งแล้วค่อยยืด

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

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



R = ความต้านทานไฟฟ้า (Ω)

G = ความนำไฟฟ้า (S : siemen)

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

σ = สภาพนำไฟฟ้า (S/m)

l = ความยาวลวดตัวนำ (m)

A = พื้นที่หน้าตัดตัวนำ (m^2)

D = ความหนาแน่นสารตัวนำ (kg/m^3)

V' = ปริมาตรลวดตัวนำ (m^3)

m = มวลลวดตัวนำ (kg)

R = รัศมีหน้าตัดลวดตัวนำ (m)

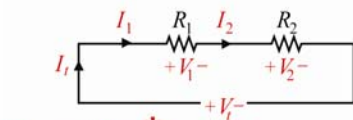
d = เส้นผ่านศูนย์กลางลวดตัวนำ (m)

* คุณสมบัติประจำตัวแต่ละชนิดวัสดุ

6C การต่อตัวต้านทาน และการหาความต้านทานในวงจร

6C/1 การต่อตัวต้านทานแบบพื้นฐาน

การต่อตัวต้านทานแบบอนุกรม (Series)



(R อนุกรม : I เท่า) *

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

โดย

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

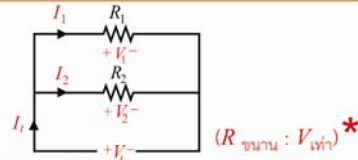
$$V_t = V_1 + V_2 + \dots$$

หมายเหตุ

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

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

การต่อแบบขนาน (Parallel)



(R ขนาน : V เท่า) *

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

โดย

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

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

(กรณีมี R 2 ตัว)

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

(กรณีต่อขนาน R' เท่ากัน ; n ชุด)

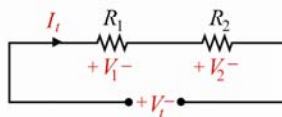
$$R_t = \frac{R'}{n}$$

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

6C/2 กฎการแบ่งแรงดัน และกระแสบนตัวต้านทาน

Voltage Divider (การแบ่งแรงดัน)

เกิดเมื่อต่ออนุกรม *



* (R ของตัวมัน)

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

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

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

Prove $I_t = I_1 = I_2$

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

Current Divider (การแบ่งกระแส)

เกิดเมื่อต่อขนาน *

* (R ของอีกตัว)

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

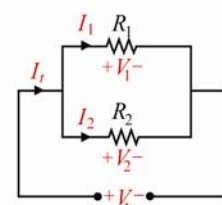
$$I_2 = \left(\frac{R_1}{R_1 + R_2} \right) I_t$$

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

Prove

$$V_t = V_1 = V_2$$

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



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

8B/3 การหาความต่างศักย์ 2 จุด ในวงจรซับซ้อน

กฎที่ใช้ KVL ($\Sigma V = 0$)

เป้าหมาย หาความต่างศักย์คร่อมระหว่าง 2 จุด

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

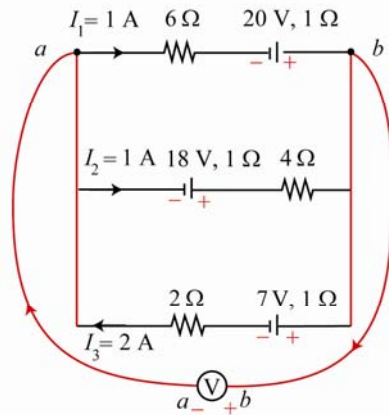
Note • เครื่องหมาย ตัวต้านทาน (R) $\rightarrow$ ใช้ $+IR$

Cell ไฟฟ้า $\rightarrow$ ใช้ $+E, -E$

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

(วนเข้า โวลต์มิเตอร์ ทาง x , ออกทาง y)

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



หาความต่างศักย์ระหว่าง a กับ b

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

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

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

$$V_{ba} = 13$$

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

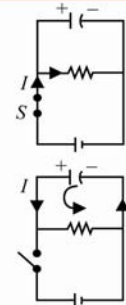
$$V_a - V_b = -13 \text{ V}$$

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

9 การคำนวณวงจรกรณีมีตัวเก็บประจุ (C) และขดลวดเหนี่ยวนำ (L)

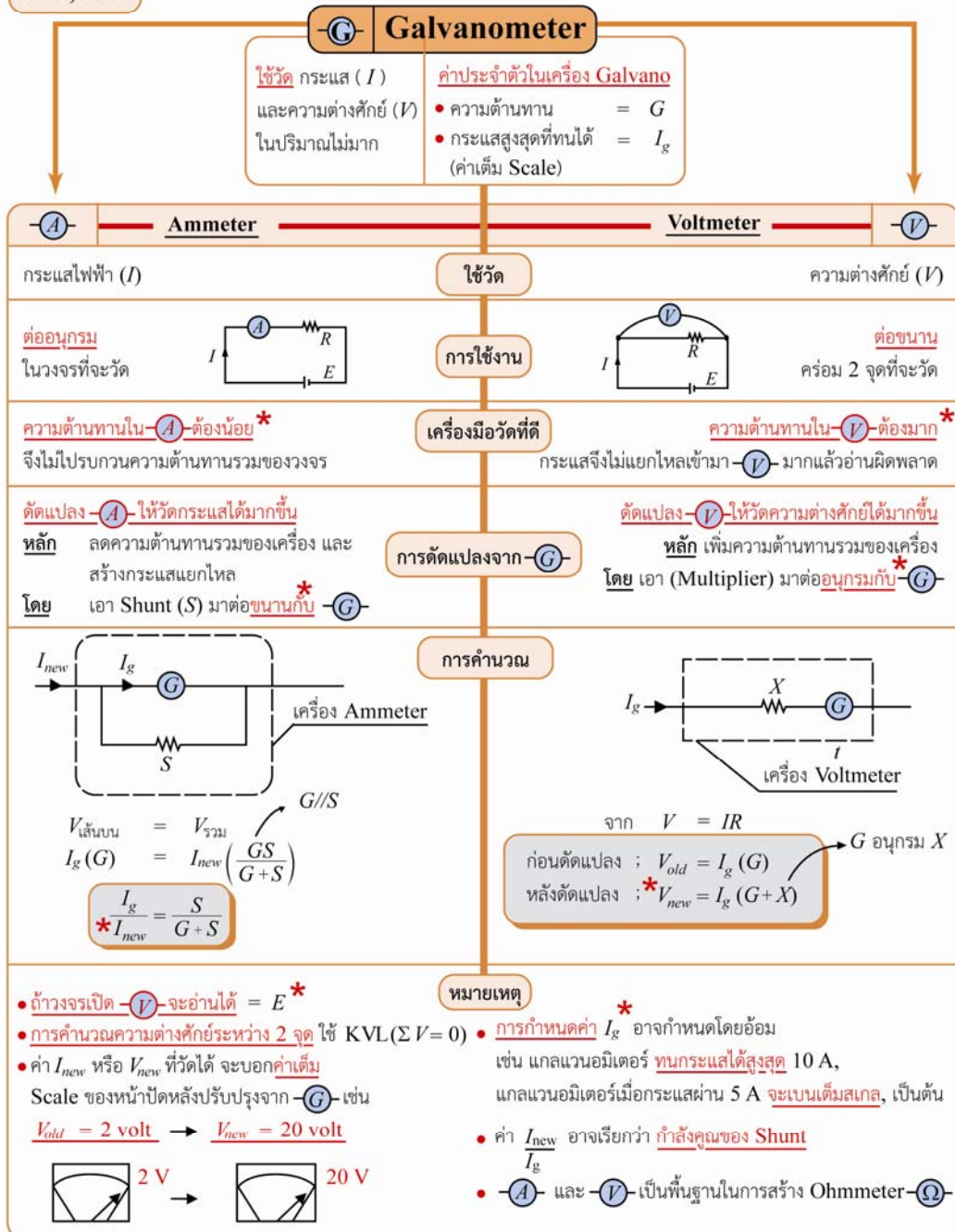
* จะคำนวณในภาวะ Steady State ($t \rightarrow \infty$) คือ ปลอ่ยวงจรให้เดินจนนิ่งก่อน

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



10 Meter วัดค่าในวงจร

10A, 10B



11 พลังงานไฟฟ้า และ กำลังไฟฟ้า

11A สมการงานและกำลังไฟฟ้า

- สมการรวมของงาน (W) และกำลังไฟฟ้า (P)

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

$W = qV$
 $V = IR$
 $I = \frac{q}{t}$
 $I = \frac{V}{R}$

* การคำนวณโดยใช้สมการชุดนี้ ใช้ S.I. Unit

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

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

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

11B ค่าบนเครื่อง (Specification) และค่าจริง

ค่าบนเครื่อง = Specification = Nameplate

บนเครื่องใช้ไฟฟ้า, ความต้านทาน (R')
จะเป็นค่าคงที่ประจำตัวเครื่อง *

การบอก spec'

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

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

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

11 C การคำนวณกำลังไฟฟ้าในวงจร

11C/1 การหาลำดับกำลัง (P) กรณีแหล่งจ่ายไฟตรง spec'

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

ต่อแบบอนุกรม

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

spec' P_1, V, P_2, V, P_3, V

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

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

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

ต่อแบบขนาน

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

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

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

- โดยแต่ละหลอดจะให้กำลัง → $P_t' = P$

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

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

V_t' = ความต่างศักย์ที่ตกคร่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าตัวที่ i จริง

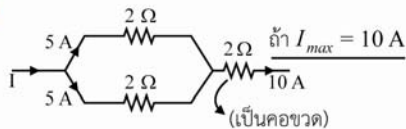
$V_{\text{source}} = V_{\text{spec'}}$ = V
 n = จำนวนเครื่องใช้ไฟฟ้า

11C/3 การหาค่ากำลังสูงสุดในวงจร (P_{max})

① P_{max} บนกลุ่มตัวต้านทาน

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

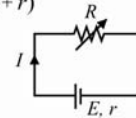
EX



② P_{max} บนตัวต้านทานในวงจร cell ไฟฟ้า

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

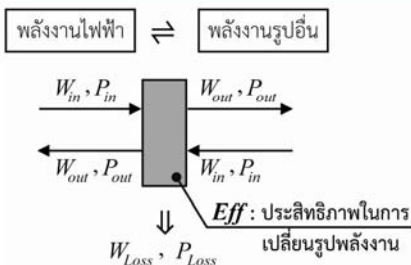
- **ขั้นตอน** จาก $P = I^2 R$ และ $I = \frac{E}{R+r}$
 ดังนั้น $P = \left(\frac{E}{R+r}\right)^2 R$ (1)
 หา R ที่ทำให้ P_{max} โดย $\frac{dP}{dR} = 0$ จาก (1)
 (หาค่าวิกฤต)
 $0 = \frac{dP}{dR} = \frac{(R+r)^2 E^2 - (E^2 R) 2(R+r)}{(R+r)^4}$
 $E^2 (R+r)^2 = 2E^2 R(R+r)$
 $R+r = 2R$
 $\therefore \boxed{R=r}$



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

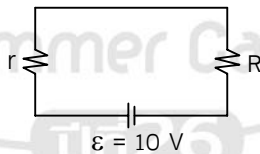
พลังงานอื่นๆ $W = Pt \rightarrow E$

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

7. วัสดุทรงกระบอก 2 ชิ้น ชิ้นหนึ่งมีความยาว l มีรัศมี $2r$ ชิ้นที่สองมีความยาว $3l$ มีรัศมี r ทำจากวัสดุชนิดเดียวกัน ถ้าทรงกระบอกอันมีความต้านทาน R ทรงกระบอกผอมจะมีความต้านทานเท่าใด
- 1) $12R$ 2) $4R$ 3) $\frac{3}{4}R$ 4) $\frac{2}{3}R$
8. แกลแวนอมิเตอร์แบบเข็มตัวหนึ่งวัดค่าความต้านทาน (R_G) ได้เท่ากับ $1,500$ โอห์ม หน้าปัดแสดงผลได้สูงสุด 2 มิลลิแอมแปร์ ถูกดัดแปลงเป็นแอมมิเตอร์ที่วัดกระแสไฟฟ้าได้สูงสุด 10 มิลลิแอมแปร์ โดยการนำตัวต้านทานขนาน (R_S) มาต่อขนาน เมื่อนำแอมมิเตอร์ดังกล่าวไปวัดกระแสไฟฟ้าจริงขนาด 10 มิลลิแอมแปร์ ปรากฏว่าเข็มของแกลแวนอมิเตอร์เบนไปแต่ไม่ถึงเต็มสเกล พิจารณาข้อสันนิษฐานต่อไปนี้
- ก. ค่า R_G ที่วัดได้มีค่าน้อยเกินไป
 ข. ค่า R_G ที่วัดได้มีค่ามากเกินไป
 ค. คำนวณค่า R_S ผิด โดยคำนวณแล้วให้ค่าน้อยเกินไป
 ง. คำนวณค่า R_S ผิด โดยคำนวณแล้วให้ค่ามากเกินไป
- ข้อสันนิษฐานใดที่อาจเป็นไปได้
- 1) ก. หรือ ค. 2) ก. หรือ ง. 3) ข. หรือ ค. 4) ข. หรือ ง.
9. ถ่านไฟฉายก้อนหนึ่งฉลากที่ด้านข้างระบุว่า 2.5 โวลต์ นำมาต่อกับหลอดไฟขนาด 5 วัตต์ วัดความต่างศักย์ระหว่างขั้วบวกและขั้วลบของถ่านไฟฉายได้ 2.0 โวลต์ โดยวัดกระแสไฟฟ้าที่ผ่านหลอดไฟ 1 แอมแปร์ เพราะอะไรความต่างศักย์ที่วัดได้กับที่ระบุในฉลากไม่เท่ากัน
- 1) หลอดไฟต้านการไหลของกระแสไฟฟ้า จึงทำให้ความต่างศักย์ลดลงจาก 2.5 โวลต์ เหลือ 2.0 โวลต์
 2) ความคลาดเคลื่อนในการผลิตถ่านไฟฉาย
 3) เป็นความต่างศักย์คร่อมตัวต้านทานภายในถ่านไฟฉาย
 4) เป็นความต่างศักย์ตกคร่อมหลอดไฟ
10. พิจารณาวจรดังรูป



เงื่อนไขต่อไปนี้จะทำให้กำลังที่ได้จากตัวต้านทาน R มีค่ามากที่สุด

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

แม่เหล็กไฟฟ้า

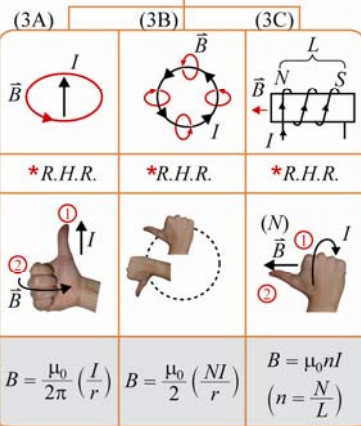
Overviewmap Electromagnetic

① พื้นฐานแม่เหล็ก

② สนาม + เส้นแรงแม่เหล็ก

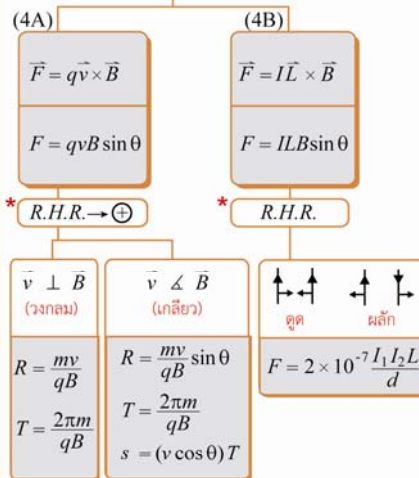
$$B = \frac{\Phi}{A_{\perp}}$$

③ $I \rightarrow B$

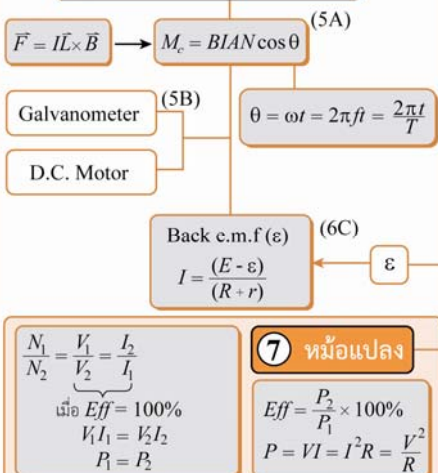


$$(\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ Wb/A.m})$$

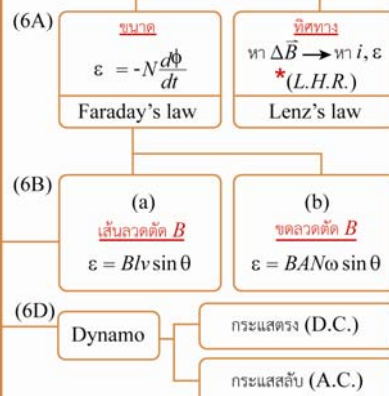
④ $B \rightarrow F$



⑤ ไฟฟ้า $\rightarrow$ กล (Motor)



⑥ กล $\rightarrow$ ไฟฟ้า (Dynamo)



2 สนามแม่เหล็ก และเส้นแรงแม่เหล็ก

2A สนามแม่เหล็ก และเส้นแรงแม่เหล็ก

สนามแม่เหล็ก (Magnetic Field)

เส้นแรงแม่เหล็ก (Magnetic Line of Force)

บริเวณที่มีอำนาจกระทำจากแท่งแม่เหล็ก ตรวจสอบได้จากเข็มทิศ มีทิศตามแนววงตัวเข็มทิศ และชี้ไปทิศเดียวกับขั้วเหนือของเข็มทิศ

คือ เส้นที่แสดงว่ามีสนามแม่เหล็กบริเวณนั้น, เส้นแรงแม่เหล็กจะพุ่งออกจากขั้วเหนือ (N) สู่อขั้วใต้ (S)

2B สนาม - เส้นแรงแม่เหล็กโลก และเข็มทิศ

ขั้วแม่เหล็กโลก

แม่เหล็กขั้วเหนือ (N) → ขั้วโลกใต้

แม่เหล็กขั้วใต้ (S) → ขั้วโลกเหนือ

เส้นแรงแม่เหล็กโลก

พุ่งจากแม่เหล็ก N → S

หรือชี้โลกใต้ → เหนือ

สนามแม่เหล็กโลก

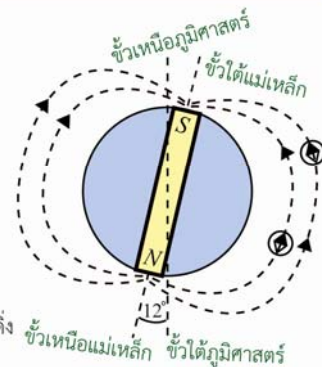
เส้นศูนย์สูตร → สนามแม่เหล็กอยู่แนวราบ

ขั้วโลก → สนามแม่เหล็กอยู่แนวตั้ง

บริเวณอื่น → มีสนามแม่เหล็กทั้งแนวราบและตั้ง

เข็มทิศ

จะชี้ตามทิศสนามแม่เหล็ก → โลก ; จะชี้ไปทิศเหนือเสมอ



2C จุดสะเทิน (Neutral Point)

คือ จุดที่มีความเข้มสนามแม่เหล็กหักล้างจนเป็นศูนย์

ตำแหน่งที่จะเกิด จะเกิดบริเวณที่เส้นแรงแม่เหล็กวิ่งสวนหักล้างกัน

ระหว่างขั้วแม่เหล็ก

ชนิดเดียวกัน ; เกิดระหว่างขั้วใกล้ขั้วที่แรงน้อยกว่า

ต่างชนิดกัน ; 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)

×

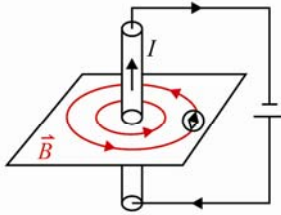
(พุ่งเข้า)

•

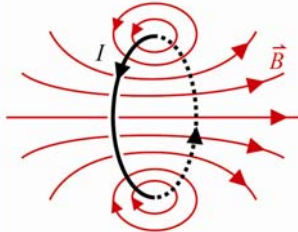
(พุ่งออก)

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

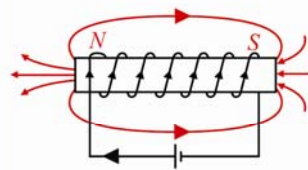
3A สนามแม่เหล็กจากกระแสผ่านลวดตัวนำ



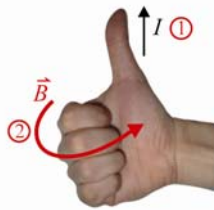
3B สนามแม่เหล็กจากกระแสผ่านตัวนำโค้งวงกลม



3C สนามแม่เหล็กจากกระแสผ่านขดลวดโซลินอยด์

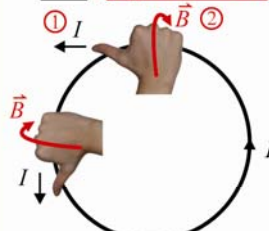


ทิศ $\vec{B}$; Right Hand Rule



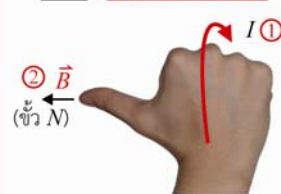
* โป้งขวาชี้ตาม $I \rightarrow$ กำได้ $\vec{B}$

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 = ระยะห่างวัดตั้งฉากกับ
เส้นลวด (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 = จำนวนรอบขดลวดต่อ
หน่วยความยาว
 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

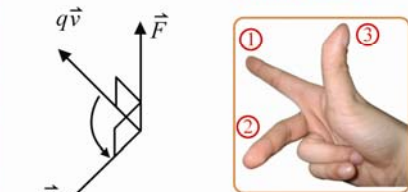
สมการแรง $\vec{F} = q\vec{v} \times \vec{B}$

หาขนาด $F = qvB \sin \theta$

(θ = มุมที่ความเร็วประจุทำกับทิศสนามแม่เหล็ก)

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

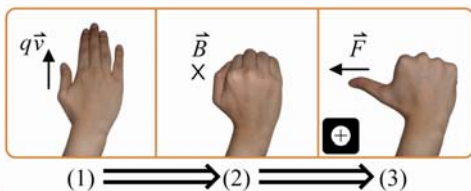
หาทิศทาง ใช้การ Cross Vector (Right Hand)



* (Right Hand For +q)

ขั้นตอนหาทิศ $\vec{F}$

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



• 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

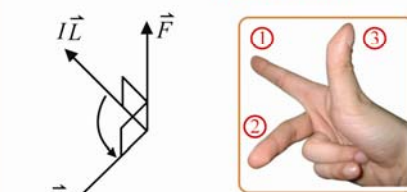
สมการแรง $\vec{F} = I\vec{L} \times \vec{B}$

หาขนาด $F = ILB \sin \theta$

(θ = มุมระหว่างทางเดินกระแสทำกับสนามแม่เหล็ก)

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

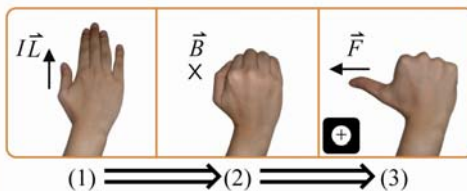
หาทิศทาง ใช้การ Cross Vector (Right Hand)



(กระแสเป็น $\oplus \rightarrow$ Right Hand)

ขั้นตอนหาทิศ $\vec{F}$

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

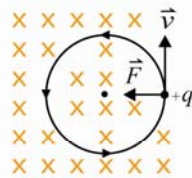


หมายเหตุ

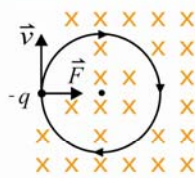
- 1) กระแสคือการเคลื่อนที่ของ ประจุบวก
- 2) $qv \rightarrow q\frac{(L)}{t} \rightarrow IL$ (ที่มาเดียวกัน)
- 3) ทิศ $I\vec{L}$ คือ ทิศที่กระแสเดินทางตามแนวลวดตัวนำ
- 4) F ขนาดมากที่สุดเมื่อ $\theta = 90^\circ$
 I = กระแสไฟฟ้า (A) ;
 L = ความยาวลวด ช่วงที่กระแสผ่าน (m)
 B = สนามแม่เหล็ก (Tesla)

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

แนวทางการเคลื่อนที่ประจุ $\rightarrow$ วิ่งวนเป็นวงกลม*



แรงกระทำต่อประจุบวก



แรงกระทำต่อประจุลบ



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

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

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

หารัศมี (R)

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

$$\text{มุม 1 รอบ} = 2\pi \text{ rad}$$

หาคาบ (T)

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

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

หาเวลา (t) ณ

มุมใดๆ

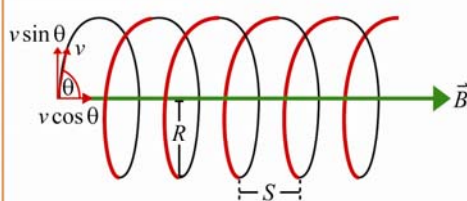
$$t = \frac{\theta m}{qB}$$

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

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

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

แนวทางการเคลื่อนที่ประจุ $\rightarrow$ 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) $F = qvB \sin \theta$; $(F = F_c)$

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

หารัศมี (R)

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

หาคาบ (T)

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

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

หาระยะต่อ 1 เกลียว*

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

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

4A/3 การเร่งประจุให้มีความเร็ว (v)

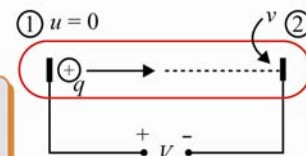
เร่งโดยความต่างศักย์ (V)

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

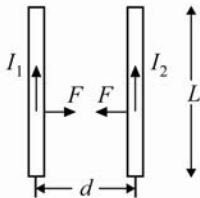
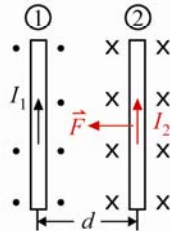
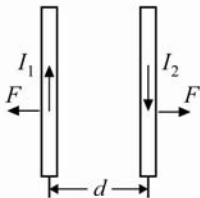
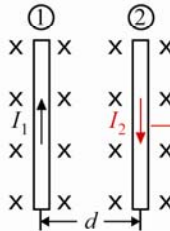
$$W_1 \rightarrow 2 = \Delta E_k$$

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

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



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

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

Note

6 หลักการเปลี่ยนพลังงานกลเป็นพลังงานไฟฟ้า (กระแส-แรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำ)

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

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

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

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

$\mathcal{E}$ = แรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำ (Volt)

i = กระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำ (A, Amp)

N = จำนวนรอบขดลวด

$\frac{d\Phi}{dt}$ = อัตราการเปลี่ยนแปลง Flux แม่เหล็ก ($\frac{\text{Wb}}{\text{sec}}$)

• เครื่องหมายลบ (-) แสดงทิศทางแรงเคลื่อนไฟฟ้า
ในลักษณะย้อนกลับ → ดู Lenz's Law

$\mathcal{E} = iR$

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

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

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

ขั้นตอนการหากระแสเหนี่ยวนำ (i)

(1) หาทิศ B เดิม

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

(2) พิจารณาว่า B เพิ่ม หรือลด

ถ้ามีการขยับแท่งแม่เหล็กกับขดลวด

- ถ้าขั้วแม่เหล็กเข้าสู่อขดลวด → B เพิ่ม
- ถ้าขั้วแม่เหล็กออกจากขดลวด → B ลด

(3) หาทิศทางของ ΔB

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

(4) หาทิศทางของ i และ $\mathcal{E}$

① $\vec{B}$ ② i ① ไปง้างซ้าย ขัดตามทิศ ΔB
② ถ้าได้ทิศของ i ในขดลวด



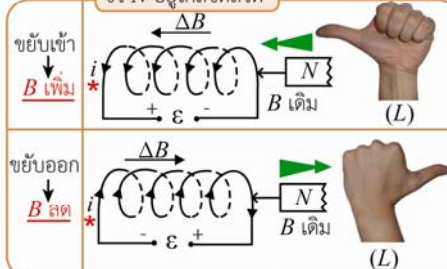
*(L.H.R)

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

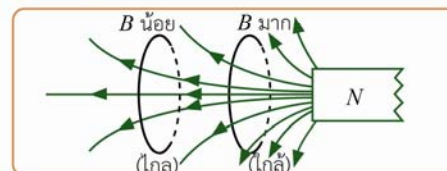
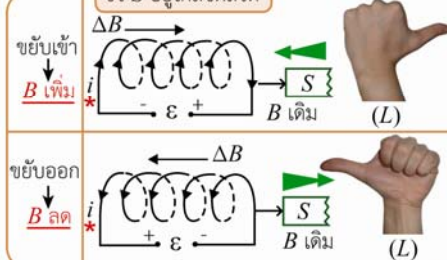
(ขดลวดเสมือนเป็นแหล่งจ่ายกระแส i)

ex การหาทิศ i

ขั้ว N อยู่ใกล้ขดลวด

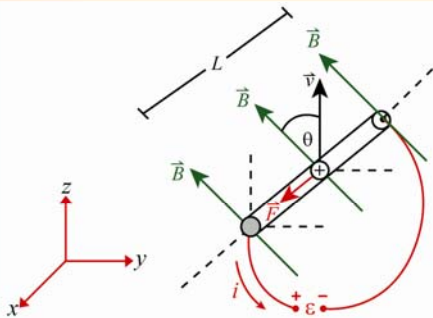


ขั้ว S อยู่ใกล้ขดลวด



6B แรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำจากตัวนำตัดสนามแม่เหล็ก

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



$$W = FS$$

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

$$V = BLv\sin\theta$$

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

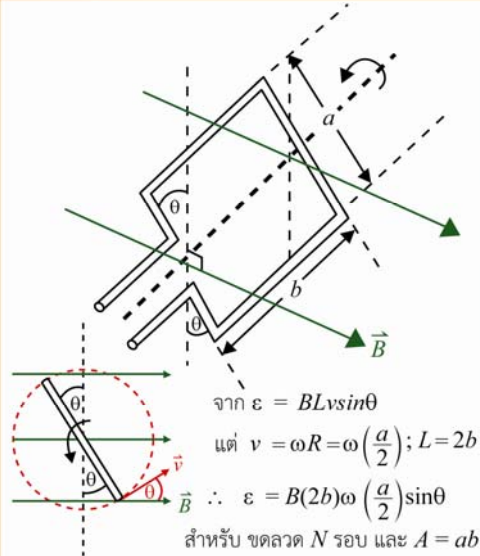
$$\mathcal{E} = i(\Sigma R)$$

- * 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 $A = ab$

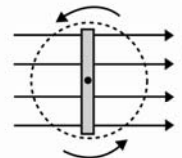
$$\mathcal{E} = BAN\omega\sin\theta$$

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

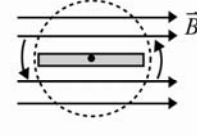
- * θ = มุมระหว่างหน้าตัดขดลวดกับระนาบตั้งฉาก $\vec{B}$
 A = พื้นที่หน้าตัดขดลวด (m^2)
 N = จำนวนรอบของขดลวด
 ω = อัตราเร็วเชิงมุมการหมุนขดลวด (rad/s)
 $\mathcal{E}$ = แรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำระหว่างปลายทั้งสองของขดลวด (Volt)

หมายเหตุ

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



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



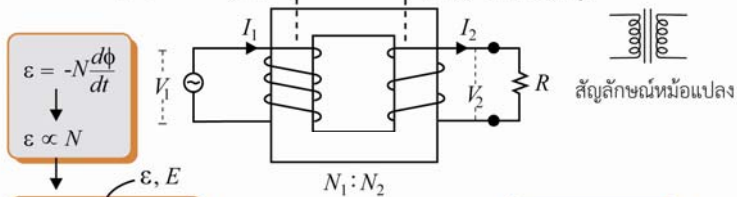
$$\vec{B} \text{ เพิ่ม} \rightarrow \text{ทิศ } \Delta \vec{B} \uparrow \vec{B}$$

7 หม้อแปลงไฟฟ้า (Transformer)

หน้าที่

• แปลงแรงดัน (V) • แปลงกระแส (I)

(In) ขดลวดปฐมภูมิ (Out) ขดลวดทุติยภูมิ



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

เมื่อ $Eff = 100\%$

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

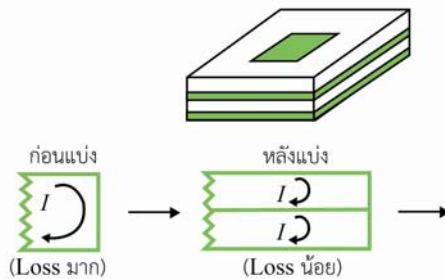
$$P = VI = I^2 R = \frac{V^2}{R} = \frac{W}{t}$$

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

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

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

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



Remark

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

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

แนวข้อสอบ

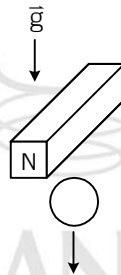
11.



ถ้าสับสวิตช์ แหวนอะลูมิเนียมของทั้ง 2 รูป จะเป็นอย่างไร

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

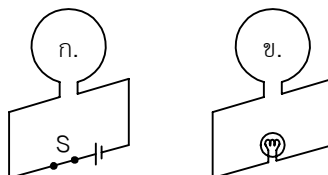
12.



ปล่อยวงลวดให้ตกลงมาในแนวตั้งภายใต้แรงโน้มถ่วงโลก จากกึ่งกลางแท่งแม่เหล็กถาวรดังรูป ข้อสรุปเกี่ยวกับแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำ ข้อใดถูกต้อง

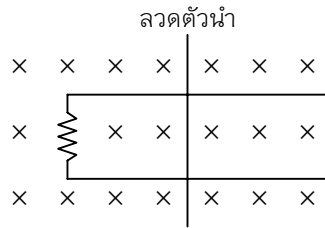
- 1) ขนาดกำลังเพิ่ม ทิศทวนเข็มนาฬิกา
- 2) ขนาดกำลังเพิ่ม ทิศตามเข็มนาฬิกา
- 3) ขนาดกำลังลด ทิศทวนเข็มนาฬิกา
- 4) ขนาดกำลังลด ทิศตามเข็มนาฬิกา

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 โดยวางลวดตัวนำห่างกัน 15 เซนติเมตร ดังรูป จะต้องออกแรงกระทำกับเส้นลวดที่นิวตันเพื่อให้เส้นลวดเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ 2 เมตรต่อวินาที กำหนดให้สนามแม่เหล็กมีความเข้ม 3 เทสลา

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

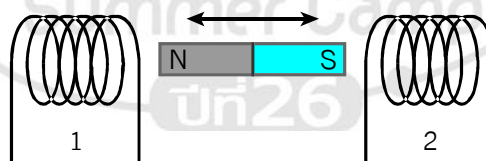
15. ลวดตัวนำตรงยาว L มีกระแสไฟฟ้า I ไหลในทิศ $-y$ ตามแนวยาวของเส้นลวด ถ้าเส้นลวดนี้อยู่ในสนามแม่เหล็กสม่ำเสมอที่มีองค์ประกอบตามแนวแกน x , y และ z เป็น 6, 7 และ 8 เทสลา ตามลำดับ ขนาดของแรงแม่เหล็กที่กระทำต่อลวดตัวนำคือข้อใด

- 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



ถ้าเราเปลี่ยนแม่เหล็กให้มีอำนาจแม่เหล็กสูงขึ้น และลั่นให้เร็วขึ้น ไฟฟ้าที่ผลิตได้ควรจะมีลักษณะอย่างไร

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

ไฟฟ้ากระแสสลับ

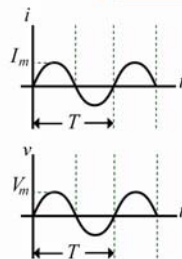
ไฟฟ้ากระแสสลับ (A.C.) : Alternating Current

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) จำยออก



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

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

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

f = ความถี่แหล่งจ่าย (Hz)

ω = อัตราเร็วเชิงมุมแหล่งจ่าย (rad/s)

(เป็นค่าประจำของ Generator)

i = กระแสขณะใดๆ (A)

v = แรงดันขณะใดๆ (Volt) (ค.ต.ศ.)

θ_i = มุมเริ่มต้น

I_m = กระแสสูงสุด (A)

V_m = แรงดันสูงสุด (Volt)

Passive Element

(State of Circuit)

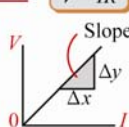
1 อุปกรณ์ใน D.C. Circuit (วงจรกระแสตรง)

R ตัวต้านทาน (Ω)

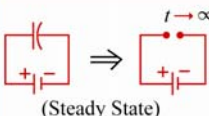


สมการ

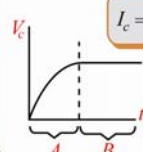
$$V = IR$$



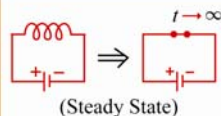
C ตัวเก็บประจุ (F)



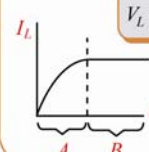
$$I_c = C \frac{dV_c}{dt}$$



L ขดลวดเหนี่ยวนำ (H)



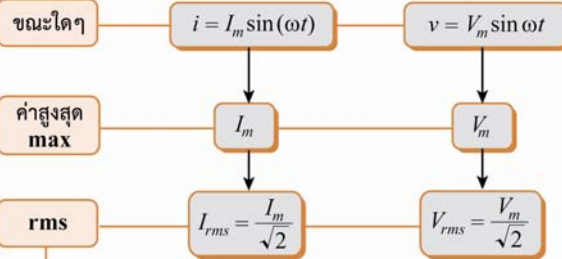
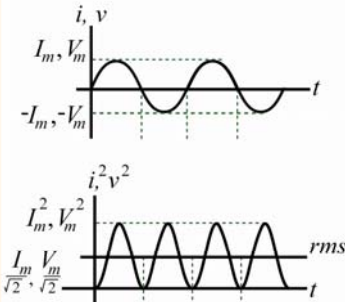
$$V_L = L \frac{dI_L}{dt}$$



A = Transient State = ช่วงเปลี่ยนแปลงก่อนสู่สภาวะคงตัว

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

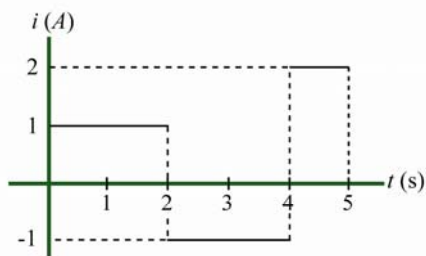
ค่ายังผล, ค่าสูงสุด



ค่ารากที่สองกำลังสองเฉลี่ย

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

• ระวัง : การหาค่า rms



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

EX

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

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

i = กระแสขณะใดขณะหนึ่ง
 I_m = กระแสสูงสุด
 I_{rms} = ค่ายังผลของกระแส

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

rms = root mean square
 = ค่ายังผล
 = ค่ารากที่สองของกำลังสองเฉลี่ย
 = ค่าที่อ่านได้จากมิเตอร์

Note

2 อุปกรณ์ใน A.C. Circuit (วงจรกระแสสลับ)

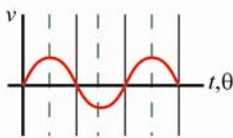
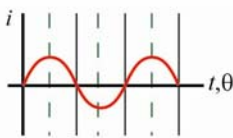
R ตัวต้านทาน (Ω)



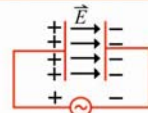
ตัวต้านทาน = R (Ω)

สมการ R

เฟส
(I , V) I เท่า V



C ตัวเก็บประจุ (F)

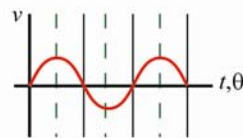
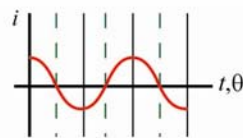


= X_c (Ω)

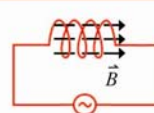
$$X_c = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi f C}$$

I นำ V 90°

CIV
(I นำ V)



L ขดลวดเหนี่ยวนำ (H)

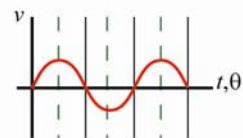
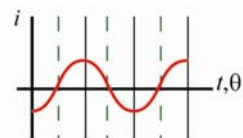


= X_L (Ω)

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

I ตาม V 90°

VIL
(I ตาม V)



CIVIL

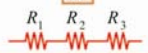
NOTE

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

การต่อ R, C, L

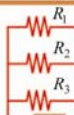
ต่อแบบแยกของใครของมัน

R



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

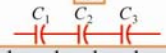
$$\frac{1}{R_t} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots$$



R

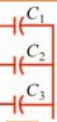
อนุกรม

C



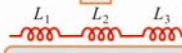
$$\frac{1}{C_t} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \dots$$

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



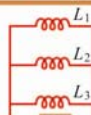
C

L



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

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

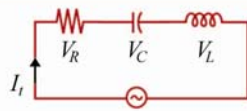


L

ขนาน

ต่อแบบ R, C, L รวมกัน

อนุกรม $R - C - L$

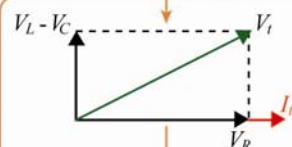
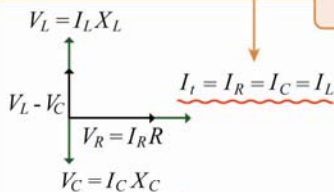


$$V_t = V_m(\sin \omega t + \theta_i)$$

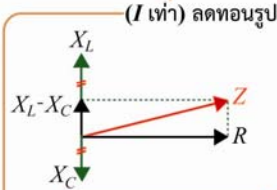
อนุกรม I เท่า

$$I_t = I_R = I_C = I_L$$

Phaser ตั้งต้นที่ I



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

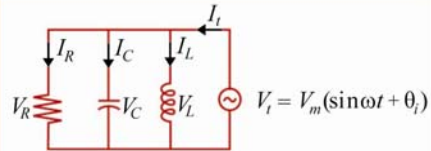


$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$$

$Z = \text{Impedance}$

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

ขนาน $R // C // L$

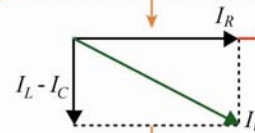
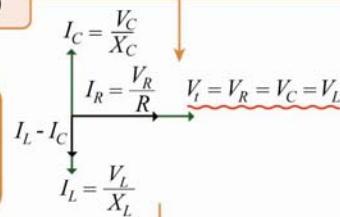


$$V_t = V_m(\sin \omega t + \theta_i)$$

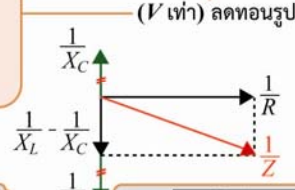
ขนาน V เท่า

$$V_t = V_R = V_C = V_L$$

Phaser ตั้งต้นที่ V



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



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

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

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

Ohm's law

(ค.ต.ศ) = (กระแส) (ค.ต.ท)

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

ผลรวมของ R, X_C, X_L คือ Z

$$V_t = I_t Z$$

กำลังไฟฟ้ากระแสสลับ

I กำลังไฟฟ้าในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ

• Reactive Power Q ; เกิดบน L และ C

• Real Power P ; เกิดบน R

$$P = vi$$

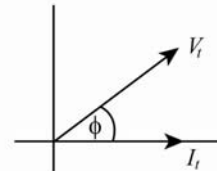
$$P_m = V_m I_m \cos \phi$$

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

! Trick

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

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



P = กำลังไฟฟ้าขณะใดๆ

P_m = กำลังไฟฟ้าสูงสุด

P_{av} = กำลังไฟฟ้าเฉลี่ย (rms)

P_t = กำลังไฟฟ้ารวม

(หน่วย = วัตต์)

ϕ = มุมระหว่างเฟสของกระแสและความต่างศักย์

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

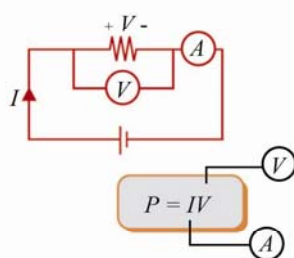
• $0 \leq \cos \phi \leq 1$ เมื่อในวงจรมี R , L และ C

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

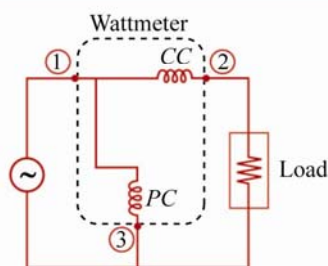
• $\cos \phi = 1$ เมื่อในวงจรมีแต่ R (เฟส V กับ I ตรงกัน)

II Wattmeter (rms)

D.C.



A.C.

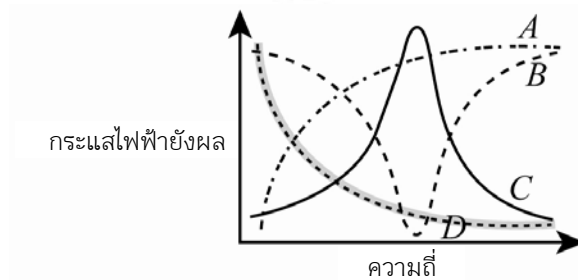


* CC = Current Coil ; อนุกรม

PC = Potential Coil ; คร่อมขนานกับวงจร

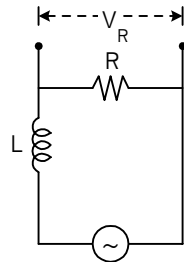
แนวข้อสอบ

18. วงจรไฟฟ้าที่มีตัวเหนี่ยวนำ ตัวเก็บประจุ และตัวต้านทานต่ออนุกรมกันโดยมีแหล่งกำเนิดไฟฟ้าเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ กระแสที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำมีเฟสตามศักย์ตกคร่อม 90° กระแสที่ไหลผ่านตัวเก็บประจุมีเฟสนำศักย์ตกคร่อม 90° และมีกระแสที่ไหลผ่านตัวต้านทานมีเฟสตรงกับศักย์ตกคร่อม กระแสที่ไหลผ่านตัวเก็บประจุมีเฟสนำกระแสที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำเท่าใด
- 1) 0°
 - 2) 90°
 - 3) 120°
 - 4) 180°
19. หากเปรียบเทียบวงจรไฟฟ้าที่ประกอบด้วยตัวเก็บประจุ (ที่มีประจุเต็ม) และตัวเหนี่ยวนำเท่านั้นกับระบบมวลติดปลายสปริงที่เคลื่อนที่บนพื้นราบลื่น จงพิจารณาข้อความต่อไปนี้
- ก. ตัวเก็บประจุที่มีความจุมากเปรียบได้กับสปริงที่มีค่าคงตัวสปริงน้อย
 - ข. พลังงานที่สะสมในตัวเหนี่ยวนำเปรียบได้กับพลังงานศักย์ยืดหยุ่นของสปริง
 - ค. กระแสไฟฟ้าที่ไหลในวงจรเปรียบได้กับอัตราเร็วของก้อนมวล
- มีข้อความที่ถูกกี่ข้อ
- 1) 1 ข้อ
 - 2) 2 ข้อ
 - 3) 3 ข้อ
 - 4) ไม่มีข้อถูก
20. ตัวต้านทาน ขดลวดเหนี่ยวนำ และแหล่งจ่ายไฟกระแสสลับ ต่ออนุกรมกันเป็นวงจรไฟฟ้า แหล่งจ่ายไฟสามารถจ่ายไฟที่มีแรงเคลื่อนไฟฟ้ายังผลคงที่แต่สามารถปรับเปลี่ยนความถี่ได้ ถ้าเราค่อยๆ เพิ่มความถี่จากต่ำมากๆ ไปจนสูงมากๆ ขนาดของกระแสไฟฟ้ายังผล จะเปลี่ยนใกล้เคียงกับกราฟข้อใดมากที่สุด

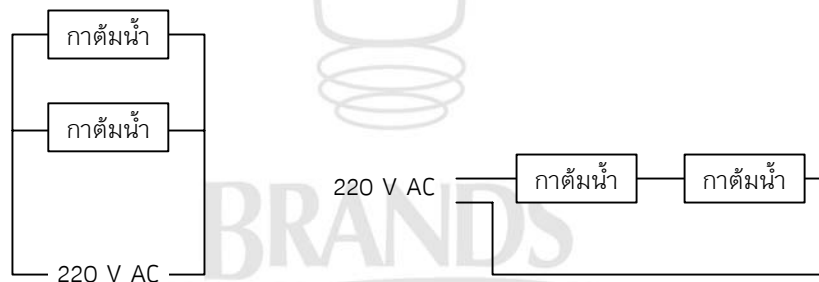


- 1) A
- 2) B
- 3) C
- 4) D

21. ถ้าต้องการทำให้ความต่างศักย์คร่อมตัวต้านทาน (V_R) มีค่าลดลงจะต้องทำอย่างไร



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



แบบที่ 1 การต้มน้ำแบบต่อขนาน

แบบที่ 2 การต้มน้ำแบบต่ออนุกรม

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

คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและแสงเชิงฟิสิกส์

Wave

(สมบัติพื้นฐานของคลื่น)

3 การแทรกสอด

นิยาม เกิดจากคลื่นมากกว่า 2 คลื่น เคลื่อนที่มาพบกันและก่อให้เกิดการรวมกันแบบเสริมหรือหักล้างกัน

การคำนวณ ใช้เงื่อนไขสูตร เมื่อเป็นแหล่งกำเนิดอาพันธ์

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

(a) 2 แหล่งกำเนิด

A = จุดที่เกิดการแทรกสอดแบบเสริม

N = จุดที่เกิดการแทรกสอดแบบหักล้าง

θ = มุมเบนจากแนวกลาง

x = ระยะจากแนวกลาง

L = ระยะจากฉากกับแหล่งกำเนิด

d = ระยะระหว่าง S_1 กับ S_2

เมื่อ S_1, S_2 มีเฟสตรงกัน

$\boxed{A}$ Antinode (ปฏิบัพ)

$\boxed{N}$ Node (บัพ)

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

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

! แนวกลางเป็น A_0
 A เป็นตัวจำนวนเต็ม λ
 ถ้ามุม θ เล็กจะได้ $\sin \theta \approx \tan \theta = \frac{x}{L}$

เมื่อ S_1, S_2 มีเฟสตรงกันข้าม

! แนวกลางเปลี่ยนจาก A_0 เป็น N_0
 ให้กลับสูตร A กับ N

(b) คลื่นนิ่ง (Standing Wave)

นิยาม เกิดจากคลื่น 2 ขบวน มี Amplitude, λ , v เท่ากันวิ่งสวนกันในแนวเส้นตรง

หลักการ

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

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

* ถ้าเฟสตรงกัน → ตำแหน่งกึ่งกลางเป็น A

* ถ้าเฟสตรงข้าม → ตำแหน่งกึ่งกลางเป็น N

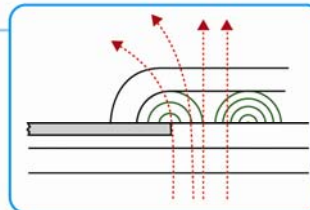
(สมบัติพื้นฐานของคลื่น)

4 การเลี้ยวเบน

① หลักการของฮอยเกนส์

“แต่ละจุดบนหน้าคลื่นถือว่าเป็นแหล่งกำเนิดของคลื่นใหม่ซึ่งให้กำเนิดคลื่นทุกทิศทาง”

② การเลี้ยวเบนผ่านช่องกีดขวาง



การเลี้ยวเบนผ่านช่องคู่ (สลิตคู่)

คำนวณเหมือน 2 แหล่งกำเนิด

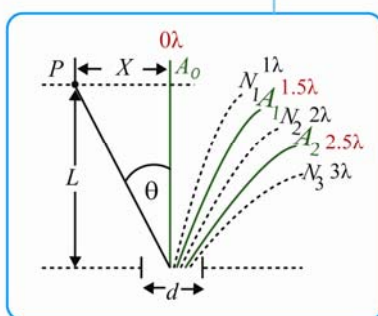
การเลี้ยวเบนผ่านช่องเดี่ยว (สลิตเดี่ยว)

(1) ถ้า $d \leq \lambda$

จะไม่เห็นลวดลายการแทรกสอด
(อาจเรียกว่า เลี้ยวเบนดี) *

(2) ถ้า $d > \lambda$

จะเห็นลวดลายการแทรกสอด
(อาจเรียกว่า เลี้ยวเบนไม่ดี (ไม่สมบูรณ์))



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

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

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

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

d = ความกว้างของช่องเดี่ยว

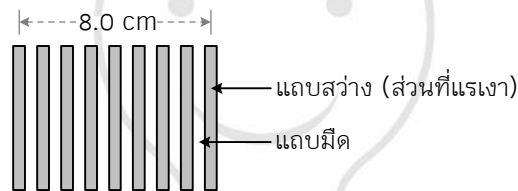
L = ระยะระหว่างช่องเดี่ยว จนถึงฉาก

X = ระยะที่ A หรือ N ห่างจากแนวกลาง

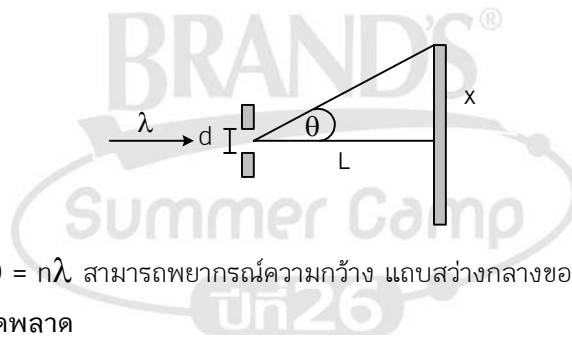
θ = มุมที่แนว A หรือ N เบนจากแนวกลาง

แนวข้อสอบ

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



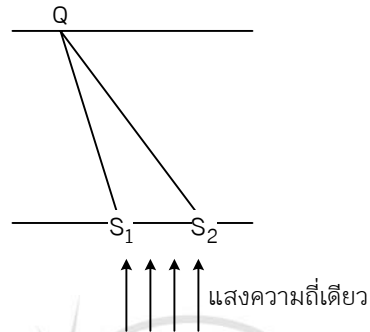
- 1) 0.12
 - 2) 0.22
 - 3) 0.34
 - 4) 0.68
- 26.



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

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

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



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



ฟิสิกส์อะตอม

SUPER MAP

ฟิสิกส์อะตอม

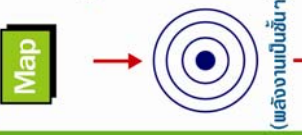
Map กรงกลาตัน • Dalton • Thomson • Millikan • Rutherford	(แบบจำลอง) • Dalton • Thomson • Millikan • Rutherford	(ผู้ค้นพบ) • Mendeleev • Sir W. Crooke • Thomson • Millikan • Rutherford	(การค้นพบ) • สร้างตารางธาตุ • พบ e^- • หา q/m ของ e^- • หา q, m ของ e^- • ยัง α ผ่านแผ่นทองคำ	(การทดลอง) • หลอดรังสีแคโทด • ดัดแปลงหลอดรังสีแคโทด • การทดลอง หยดน้ำมัน • ส่วนใหญ่ → ไม่เบน ส่วนน้อย → เบน น้อยมาก → สะท้อนกลับ	(สมการคำนวณ) $\frac{q}{m} = \frac{V^2}{2V_a} = \frac{2V_a}{B^2 R^2} = \frac{V}{BR} ; \frac{q}{m} = 1.76 \times 10^{+11} \frac{C}{kg}$ $qE = mg \quad m = \rho V = \rho \left(\frac{4}{3} \pi R^3 \right) ; m_e = 9.1 \times 10^{-31} kg$ $E = \frac{V}{d} \quad q_e = 1.6 \times 10^{-19} C$ $\left(\frac{1}{2} m v^2 \right) = q \left(\frac{KQ}{R} \right) \quad (ของ \alpha) \quad (\alpha) \rightarrow R_{min} = R_{nucleus}$	(การทดลอง) • หลอดรังสีแคโทด • ดัดแปลงหลอดรังสีแคโทด • การทดลอง หยดน้ำมัน • ส่วนใหญ่ → ไม่เบน ส่วนน้อย → เบน น้อยมาก → สะท้อนกลับ	(สมการคำนวณ) $E = nhf$ $h = 6.6 \times 10^{-34} J.s$
--	---	---	---	--	---	--	---

ฟิสิกส์อะตอม

(แบบจำลอง)	(ผู้ค้นพบ)	(การค้นพบ)	(สมการคำนวณ)
Map (แบบจำลอง) • นิวเคลียส (e ⁻ มีพลังงานเป็นชั้นๆ)	• นิวเคลียส (ผู้ค้นพบ)	• โครงสร้างอะตอมของไฮโดรเจน (การค้นพบ) • สมบัติโครงสร้างอะตอมของไฮโดรเจน (การทดลอง)	$E = nhf, E_{ev} = \frac{1240}{\lambda_{nm}}; h = 6.6 \times 10^{-34} \text{ J.s}$ $n = \text{เลขควอนตัม}$ $1. mvr = nh; \hbar = \frac{h}{2\pi}$ $2. \Delta E = E_{n_{\text{new}}} - E_{n_{\text{old}}} = hf = \frac{hc}{\lambda}; \Delta E_{ev} = \frac{1240}{\lambda_{nm}}$ $3. \text{สมบัติของ } e^- \text{ ในอะตอม H}$
$R_n = R_1 n^2, R_1 = 5.3 \times 10^{-11} \text{ m}; v_n = \frac{v_1}{n}, v_1 = 2.18 \times 10^6 \text{ m/s}, f_n = \frac{f_1}{n^3}$ $E_n = \frac{E_1}{n^2}, E_1 = -21.76 \times 10^{-13} \text{ J} = -13.6 \text{ eV}$ $(E_2 = -3.4, E_3 = -1.51, E_4 = -0.85, E_5 = -0.54, E_{\infty} = 0 \text{ (eV)})$	$n_a = n_{\text{high}}$ $= 1 \rightarrow \text{ไลมาน (UV) (มองเห็น)}$ $= 2 \rightarrow \text{บาลเมอร์ (มองเห็น)}$ $= 3 \rightarrow \text{พาเชน}$ $= 4 \rightarrow \text{แบรเกต}$ $= 5 \rightarrow \text{ฟูบด}$ IR : Infrared	$4. \text{การแผ่รังสีจากการปล่อย } e^- \text{ และ photon}$ $5. \text{อนุกรมการเกิด spectrum ของ Hydrogen}$ $\frac{1}{\lambda} = \frac{f}{c} = R_H \left(\frac{1}{n_{\text{high}}^2} - \frac{1}{n_{\text{low}}^2} \right); R_H = 1.097 \times 10^7 \text{ m}^{-1}$	$\Delta E = E_{n_{\text{new}}} - E_{n_{\text{old}}} = hf = \frac{hc}{\lambda}; \Delta E_{ev} = \frac{1240}{\lambda_{nm}}$ $\Delta E_{1-2} = 4.9, \Delta E_{1-3} = 6.7, \Delta E_{\infty} = I.E. = 10.4 \text{ eV}$
• อะตอมอื่นนอกเหนือจาก Hydrogen มีพลังงานเป็นชั้นๆ	• Frank and Hertz • ขยายผลแบบจำลองอะตอมของบอร์	• การทดลองกระตุ้น e ⁻ ของ Uson (Hg) • การค้นพบ รังสี x และการศึกษา spectrum ของมัน	$x\text{-ray Spectrum ต่อเนื่อง}$ $eV = E_{k\text{max}} = hf_{\text{max}} = \frac{hc}{\lambda_{\text{min}}}$ $\lambda_{\text{min}} = \frac{1240}{V}$ $x\text{-ray Spectrum แบบเส้น} * (\text{หลักฐานพิสูจน์})$ $\Delta E = E_n - E_a = hf = \frac{hc}{\lambda}; \lambda_{nm} = \frac{1240}{\Delta E_{ev}}$

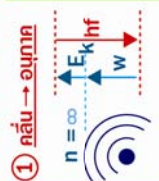
ฟิสิกส์อะตอม





กัมมาของคลื่นและอนุภาค

① คลื่น → อนุภาค



• **ปรากฏการณ์ Photoelectric**
(Hertzทดลอง, สเปกตรัมไฮโดรเจน)
แสงประทุด้วยเป็นอนุภาค (Photon)
กลุ่มก่อนพลังงาน ($E = hf$)

$E = nhf$
 $n = \text{จำนวน photon}$

$= hf + hf + \dots$
(n ตัว)

• **ปรากฏการณ์ Compton (x-ray)**
(Compton วัตถุประจุรังสี X หลังกระทบอะตอมกริไฟต์)

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

• เดวิสสัน และเกอร์มอร์ + JP Thomson → การแทรกสอดของ e^-

② อนุภาค → คลื่น

กลศาสตร์ควอนตัม
(ไฮเซนเบิร์ก, ชโรดิงเจอร์)

• หลักความไม่แน่นอนของไฮเซนเบิร์ก

• แบบจำลองอะตอมแบบกลุ่มเมฆ

Map

กลุ่มนอก

• $eV_s = E_{k_{max}} = hf - w \rightarrow w = hf_o = \frac{hc}{\lambda_o}$

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

หรือ $V_s = E_{keV} = \frac{1240}{\lambda_{nm}} - w_{ev} \rightarrow w_{ev} = \frac{1240}{\lambda_o_{nm}}$

• $\lambda' - \lambda = \lambda_o (1 - \cos \alpha)$

รังสี X : ประทุด้วยเป็นอนุภาค

• $\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{mv} = \frac{h}{\sqrt{2mE_k}} = \frac{h}{\sqrt{2mqV}}$

(สำหรับ e^-) $\lambda_{nm} = \frac{1.23}{\sqrt{E_{ev}}} = \frac{1.23}{\sqrt{V}}$

• คลื่นนิ่ง e^-

$2\pi R = n\lambda$

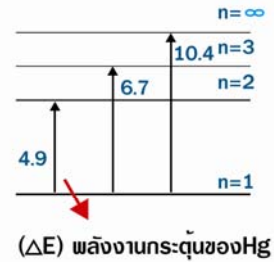
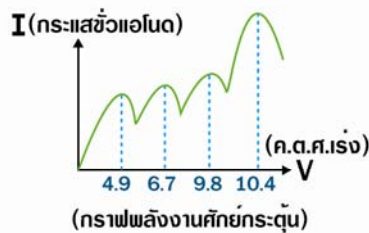
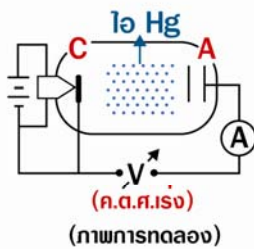
• $\Delta x \cdot \Delta p \geq \hbar \rightarrow (\Delta x)(m\Delta v) \geq \hbar$

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

การขยายผล : แนวความคิดอะตอมมีระดับพลังงานเป็นขั้นๆ ของ Bohr

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

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

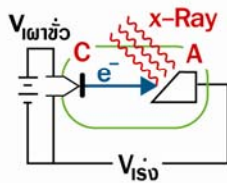


(การทดลอง) → ช่วงที่ให้พลังงานกระตุ้นไม่เท่า $\Delta E(\text{Hg}), e^-$ ที่วิ่งชนจะไม่ถ่ายเทพลังงานให้อะตอม Hg (ชนแบบยืดหยุ่น)

→ การคำนวณเหมือน Bohr

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

- รังสี X → ใช้ทฤษฎี Bohr อธิบายการเกิด x-ray ได้



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

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

→ E ต่อเนื่อง → แถบ Spectrum ต่อเนื่อง

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

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

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

เป้าโลหะต่างชนิด → เส้น spectrum ไม่เหมือนกัน

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

ΔE = พลังงานของ x-ray ของแต่ละแถบ spectrum

E_n เป็นของโลหะชนิดที่เป็นเป้าโลหะ

x-ray : การเกิดของมันจึงยืนยันว่าอะตอมมีระดับพลังงานเป็นขั้นๆ (เกิดกับเป้าโลหะที่นอกเหนือจากไฮโดรเจนของบอร์)

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

● การคำนวณ Photoelectric

ปรับหน่วย (eV)

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

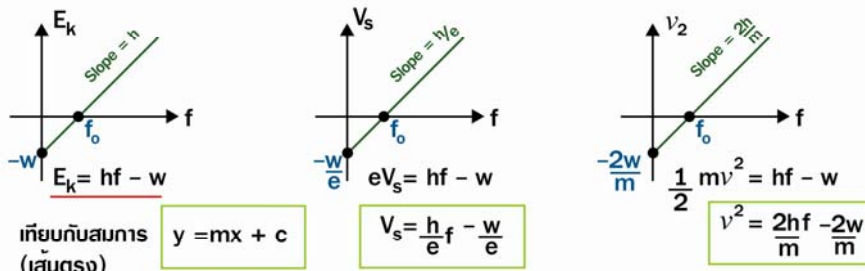
$$V_s = E_{k(eV)} = \frac{1240}{\lambda_{nm}} - w_{eV}$$

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

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

f_0, λ_0 = ความถี่, ความยาวคลื่นขีดเริ่ม, # W = Work Function (ฟังก์ชันงาน) = พลังงานยึดเหนี่ยว (I.E.)

● กราฟ Photoelectric



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

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

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

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

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

$\rightarrow$ สนับสนุนแนวคิดไอน์สไตน์ว่าคลื่นแสดงสมบัติเป็นอนุภาคได้

อนุภาคประพฤติตัวเป็นคลื่นได้ ; สมมติฐานเดอบรออยล์

เดอบรออยล์ เสนอสมการความสัมพันธ์ระหว่างความยาวคลื่นและโมเมนตัมโฟตอน

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

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

สมการความยาวคลื่นเดอบรออยล์

(สำหรับ e^- เท่านั้น)

E_k = พลังงานจลน์ของอนุภาค ; m = มวลอนุภาค ; V = ความต่างศักย์เร่งอนุภาค

λ = ความยาวคลื่นของอนุภาค ; P = โมเมนตัมของอนุภาค

แนวข้อสอบ

28. สมการใดไม่เกี่ยวข้องกับการคำนวณรัศมีการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนในแบบจำลองอะตอมของบอร์

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

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

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

4) $mvr = n\hbar$

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

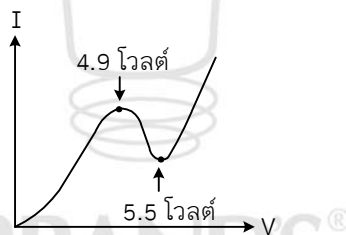
1) 10^3 eV

2) 10^5 eV

3) 10^9 eV

4) 10^{11} eV

30. การทดลองของฟรังค์และเฮริตซ์ประกอบด้วยหลอดบรรจุไอปรอทความดันต่ำ ซึ่งมีแคโทดเป็นตัวปล่อยอิเล็กตรอน และมีขั้วไฟฟ้าบวกสำหรับเร่งอิเล็กตรอน อิเล็กตรอนที่หลุดจากแคโทดจะเคลื่อนที่ผ่านไอปรอทและอาจเกิดการถ่ายเทพลังงานให้กับไอปรอทจนกระทั่งเดินทางมาถึงขั้วไฟฟ้า เกิดเป็นกระแสไฟฟ้าไหลระหว่างแคโทดและขั้วไฟฟ้า กระแสไฟฟ้าสัมพันธ์กับความต่างศักย์ระหว่างแคโทดและขั้วไฟฟ้า ดังรูป



เหตุการณ์ใดเกิดขึ้นในช่วงความต่างศักย์ 4.9 โวลต์ ถึง 5.5 โวลต์

1) จำนวนอิเล็กตรอนจากแคโทดมีปริมาณลดลง

2) อิเล็กตรอนจากแคโทดสูญเสียพลังงานจนเกือบทั้งหมดที่มีให้แก่ไอปรอท

3) พลังงานจลน์ของอิเล็กตรอนจากแคโทดถูกเปลี่ยนเป็นพลังงานศักย์ไฟฟ้า เนื่องจากการเข้าชนกับไอปรอท

4) อิเล็กตรอนจากแคโทดมีพลังงานเพียงพอที่จะถูกไอปรอทจับไว้ ทำให้จำนวนอิเล็กตรอนที่ไปถึงขั้วไฟฟ้าบวกลดจำนวนลง

31. ในเครื่องกำเนิดแรงสั่นสะเทือน ถ้าเราเพิ่มความต่างศักย์ระหว่างขั้วไฟฟ้ากับเป้าโลหะ (V_0) ความยาวคลื่นต่ำสุดและความยาวคลื่นรังสีเอกซ์เฉพาะตัวที่เกิดขึ้นจะเป็นอย่างไร

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

32. อิเล็กตรอนในอะตอมไฮโดรเจนเปลี่ยนระดับพลังงานจากชั้น $n = 3$ ไปสู่สถานะพื้นจะปล่อยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีพลังงานประมาณกี่อิเล็กตรอนโวลต์

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

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

ข้อที่ถูกต้องมีกี่ข้อ

- 1) 1 ข้อ
- 2) 2 ข้อ
- 3) 3 ข้อ
- 4) 4 ข้อ

34. เมื่อฉายคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความยาวคลื่น 310 นาโนเมตร สู่โลหะที่มีฟังก์ชันงานตามข้อใด จะทำให้เกิดโฟโตอิเล็กตรอนที่มีพลังงานจลนต่ำที่สุด

- 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 ลายน้ำโลหะบนธนบัตรจริงควรมีความหนาของเส้นลายนํ้าอย่างน้อยเท่าใด จึงจะมองเห็นได้โดยแสงดังกล่าว

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

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

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

Nuclear Physics

สัญลักษณ์
และสมการ
นิวเคลียร์

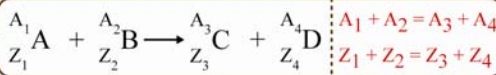
(เลขมวล)

$$p + n = A$$

$$p = Z$$

(เลขอะตอม)

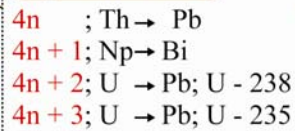
การดุลสมการนิวเคลียร์



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

ธาตุกัมมันตรังสี

อนุกรมการสลายตัว



กัมมันตภาพรังสี

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

การแผ่รังสี (กัมมันตรังสี)

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

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

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

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

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

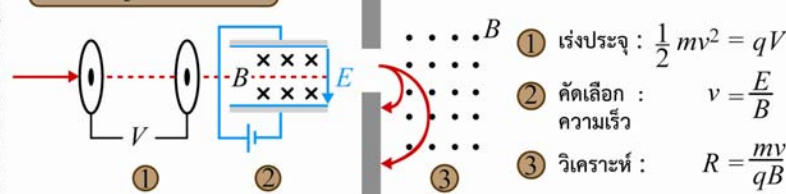
อุปมาอุปไมยลูกเต๋า
λ = หน้าที่เสีย/หน้าที่ทั้งหมด

สมดุล - สลายตัว

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

วิเคราะห์
Isotope

Mass Spectrometer



เสถียรภาพ
ของนิวเคลียส

ขนาดนิวเคลียส

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

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

สมการไอน์สไตน์

$$E = mc^2$$

หรือ

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

$$m \text{ (u)}$$

พลังงานยึดเหนี่ยว

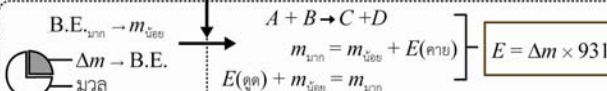
$$\text{B.E.} = (\Delta m) \times 931 \text{ MeV}$$

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

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

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

พลังงานปฏิกิริยา
นิวเคลียร์



แนวข้อสอบ

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

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

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

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

39. การคำนวณหาค่ากัมมันตรังสีของนิวเคลียสดังต้น ไม่เกี่ยวข้องกับสิ่งใด

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

40. ข้อใดถูกต้องเกี่ยวกับการสลายตัวของ U-238

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

41. ลูกเต๋าชุด A มี 6 หน้า แต้มสีไว้เพียง 1 หน้า มีทั้งหมด 4800 ลูก ลูกเต๋าชุด B มี 10 หน้า แต้มสีไว้ 4 หน้า ในการทอดแต่ละครั้งจะหยิบลูกเต๋าคือขึ้นหน้าที่แต้มสีออก สำหรับการทอดลูกเต๋าค้างแรก ถ้าต้องการให้จำนวน ลูกเต๋าคือถูกหยิบออกทั้งสองชุดเท่ากัน จะต้องใช้ลูกเต๋าชุด B กี่ลูก
- 1) 1200
 - 2) 1500
 - 3) 2000
 - 4) 2400
42. หากเปรียบเทียบการทอดลูกเต๋ากับการสลายตัวของนิวเคลียสกัมมันตรังสี เมื่อเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าคงตัวการสลาย (แกนตั้ง) กับจำนวนหน้าที่แต้มสีของลูกเต๋าคือ (แกนนอน) เป็นดังข้อใด
- 1) เป็นกราฟไฮเพอร์โบลามุมฉาก
 - 2) เป็นกราฟเส้นตรงที่มีความชันเป็นลบ
 - 3) เป็นกราฟเส้นตรงที่มีความชันเป็นบวก
 - 4) เป็นกราฟเอกซ์โพเนนเชียลที่มีความชันเป็นบวก
43. สารกัมมันตรังสีชนิดหนึ่งมีค่าครึ่งชีวิต 50 วินาที เมื่อเวลาผ่านไป 125 วินาที สารชนิดนี้เหลืออยู่ 200 กรัม ในตอนแรกเริ่มมีสารชนิดนี้กี่กรัม
- 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. พลังงานที่ปลดปล่อยออกมาจากการสลายให้รังสีเบตาของ $^{14}_6\text{C}$ 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 $1 \text{ u} = 930 \text{ MeV}/c^2$

พิจารณาข้อมูลต่อไปนี้ แล้วตอบคำถามข้อ 46-48

แบรีออนเป็นอนุภาคที่ประกอบด้วยควาร์ก 3 ตัว ยึดติดกันด้วยแรงนิวเคลียร์แบบเข้ม ควาร์กเป็นอนุภาคมูลฐานที่มีมวล และประจุไฟฟ้าตามข้อมูล ดังนี้

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

46. อนุภาคเดลต้า ++ (Δ^{++}) ประกอบด้วยควาร์กชนิด u ทั้ง 3 ตัว จงหาว่า เดลต้า ++ มีประจุรวมเท่าใด
- +e
 - $+\frac{2}{3}e$
 - +2e
 - 2e
47. อนุภาคประกอบด้วยควาร์กชนิดใด จะเคลื่อนที่เป็นทางตรงในสนามแม่เหล็ก
- uud
 - udd
 - uuu
 - ddd
48. ถ้ามีควาร์กอยู่ 3 ชนิด คือ u, d และ s จะสามารถสร้างแบรีออนได้ทั้งหมดกี่แบบ
- 27
 - 15
 - 9
 - 3

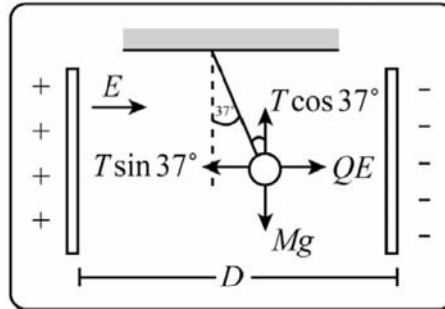
เฉลย

- | | | | | |
|--------|--------|--------|--------|--------------|
| 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. 4) | 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) | | |



เฉลยแนวข้อสอบ (เฉพาะข้อยาก)

4.



วิธีทำ

1. พิจารณาสมดุลในแนวตั้ง หา T

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

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

2. พิจารณาสมดุลในแนวระดับ หา E

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

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

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

3. หาค่าความต่างศักย์ระหว่างแผ่นคู่ขนาน

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

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

6. วิธีทำ

1. หาค่าตัวเก็บประจุรวม

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

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

2. หาประจุรวม

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

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

3. หาความต่างศักย์ไฟฟ้าคร่อม C_1

$$C_1 = \frac{Q_t}{V_1}$$

$$4 = \frac{5}{V_1}$$

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

4. หาความต่างศักย์ไฟฟ้าคร่อม C_2, C_3

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

$$(1+3) = \frac{5}{V_{2,3}}$$

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

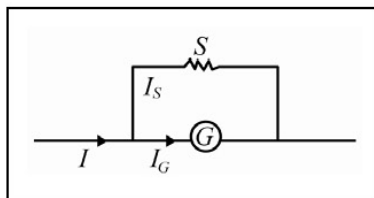
5. หาความต่างศักย์ไฟฟ้าคร่อม C_4

$$C_4 = \frac{Q_t}{V_4}$$

$$(2) = \frac{5}{V_4}$$

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

8. วิธีทำ



เมื่อนำไปวัดกระแส $I = 10 \text{ mA}$

แล้วเข็มเบนไม่เต็มแสดงว่า

I_G ไหลเข้ามิเตอร์ น้อยกว่า 2 mA

จากสมการ

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

ถ้า I_G น้อยไป แสดงว่า 1) R_S น้อยไป

2) R_G มากไป

ดังนั้น ข้อสันนิษฐานที่เป็นไปได้ คือ

ตอนแรกคำนวณ R_S น้อยไป (ค)

ตอนแรกวัดค่า R_G ได้มากไป (ข)

ตอบข้อ 3

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

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

(หาค่าวิกฤต)

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

$$R+r = 2R$$

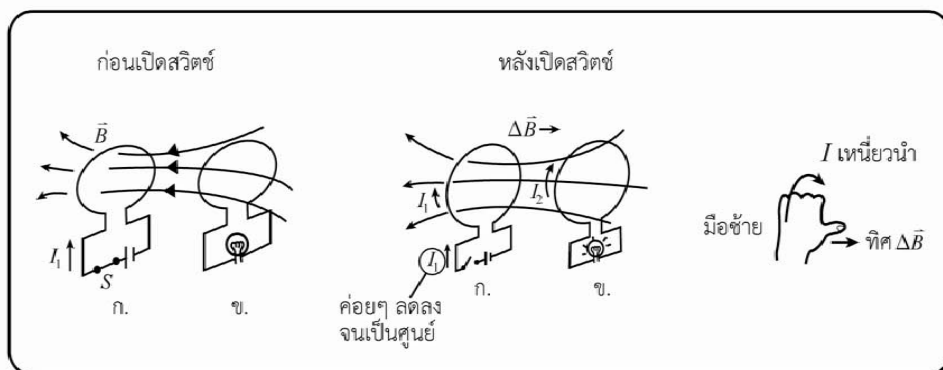
$$\therefore R = r$$

นั่นคือกำลังไฟฟ้าที่เกิดบนวงจรจะมีค่ามากที่สุดเมื่อ $R = r$ เรียกว่าเกิด

“Maximum Power Transfer”

ตอบข้อ 1

13.



แนวคิด ก่อนเปิดสวิตช์ วงจร ก. มีกระแสไหลคงที่ เกิดสนามแม่เหล็กที่ผ่านลวด ข.

หลังเปิดสวิตช์ กระแสในวงจร ก. มีการเปลี่ยนแปลงคือลดลง ส่งผลให้สนามแม่เหล็ก

ลดลงไปด้วย สนามแม่เหล็กที่เปลี่ยนแปลง ทำให้เกิดกระแสเหนี่ยวนำในวงจร ข.

และทำให้ไฟติดชั่วขณะหนึ่ง หากทิศกระแสเหนี่ยวนำจากกฎมือซ้าย

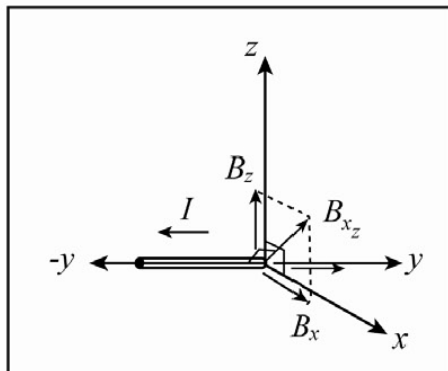
ได้ว่ากระแสในวงจร ข. ไหลวนตามเข็มนาฬิกา ซึ่งมีทิศเดียวกับวงจร ก.

ดังนั้น ลวด ข. จะถูกดูดเข้าหาลวด ก.

ตอบข้อ 4

15.

วิธีทำ คำนวณหาแรงแม่เหล็กได้จากสูตร



$$F = ILB \sin \theta$$

; B_y วางตัวขนานกับลวด $\theta = 180^\circ$
 $(\sin 180^\circ = 0)$ จึงไม่ทำให้เกิดแรง

ให้ทำการรวมเวกเตอร์ B_x และ B_z

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

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

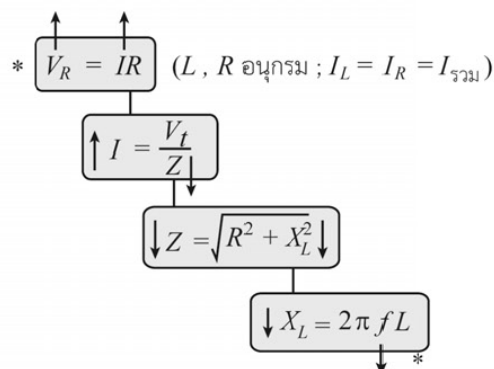
$$\therefore B_{xz} = 10 \text{ T}$$

$$\therefore F = 10IL$$

ตอบข้อ 4

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

21. แนวคิด โหลดผสมการจากบนลงล่าง

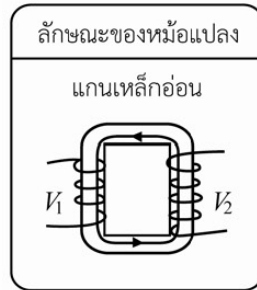


$\therefore$ ถ้าต้องการให้ V_R ลดลง ต้องเพิ่มความถี่

ตอบข้อ 2

ปีที่ 26

22. แนวคิด



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

ตอบข้อ 4

26. แนวคิด

จากสูตร

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

ถ้า $d < \lambda$ จะทำให้

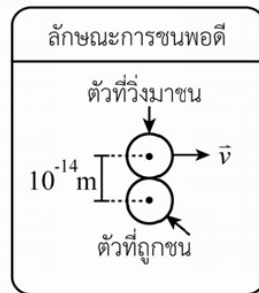
$$\sin \theta = n \frac{\lambda}{d} > 1$$

θ ไม่สามารถหาค่าได้

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

ตอบข้อ 1

29. วิธีทำ



โปรตอนตัวหนึ่งจะวิ่งชนโปรตอนอีกตัวได้ เมื่อมีพลังงานจลน์สูงกว่าพลังงานศักย์ไฟฟ้าสูงสุด ทำให้สามารถเอาชนะแรงผลักทางไฟฟ้าได้ จากกฎการอนุรักษ์พลังงานจะได้ว่า

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

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

ตอบข้อ 2

33. แนวคิด จากการทดลองเรื่องโฟโตอิเล็กทริก สามารถสรุปผลได้ดังนี้

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

ความเข้มแสง แต่ไม่ขึ้นกับความถี่ ข้อ ค. ผิด ข้อ ง. ถูก

ถูก 2 ข้อ

ตอบข้อ 2

36. วิธีทำ

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

2. อิเล็กตรอนที่ระดับพลังงาน n จะเป็นคลื่นนิ่ง ดังนั้น ความยาวของวงโคจรจะต้องเป็นจำนวน n เท่าของความยาวคลื่นเดอบรอยล์ นั่นคือ

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

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

$$\therefore \lambda_n \propto n$$

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

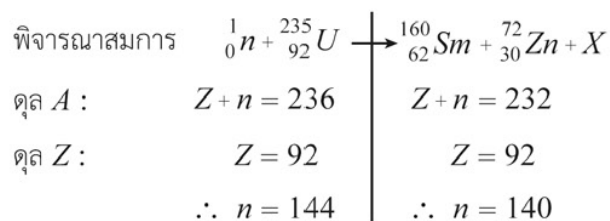
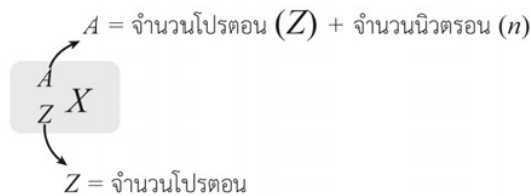
3. เปรียบเทียบกรณี $n = 4$ และ $n = 3$

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

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

ตอบข้อ 3

37. วิธีทำ สัญลักษณ์นิวเคลียร์



จะเห็นว่าฝั่งขวามี n ขาดไป 4 ตัว $\therefore X$ ควรจะต้องเป็น n 4 อนุภาค ตอบข้อ 3

42. แนวคิด

ในการสลายตัวของนิวเคลียส λ = ค่าคงที่การสลายตัว แต่ในการอุปมา-อุปมัย

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

จาก $y = mx$ (กราฟเส้นตรง)

ถ้า แกน y คือ λ

แกน x คือ จำนวนหน้าที่แต้มสี่

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

เป็นกราฟเส้นตรงที่ความชันเป็นบวก

ตอบข้อ 3

44. แนวคิด

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

วิธีทำ

ใช้สูตรอัตราส่วนจำนวนที่เหลือ (N) ต่อจำนวนทั้งหมด (N_0)

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

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

$$\text{จะได้ว่า } 3 = \frac{30}{T}$$

$$T = 10 \text{ ปี}$$

ครึ่งชีวิตคือ 10 ปี

ตอบข้อ 4

Summer Camp



UN26

NOTE



BRANDS® ซัมเมอร์แคมป์ ปีที่ 26



เอกสารประกอบการบรรยาย วิชา **PAT 2** **ฟิสิกส์**

โดย อ.สุธี อัศววิมล (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 ! ค่าคงที่ใช้ตามที่ข้อสอบกำหนด

การเตรียมตัว / ฝึก

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

วิเคราะห์ข้อสอบ PAT 2 ฟิสิกส์ มี.ค. ปี 57

PAT 2 วิชา วิทยาศาสตร์ PART : PHYSICS	ข้อสอบปี 2557				
	ลำดับ	หัวข้อ	จำนวน ข้อสอบ	% ที่ออก	% สะสม
	1	งานและพลังงาน	2	8	8
	2	แก๊สและทฤษฎีจลน์	2	8	16
	3	ของแข็ง ของเหลว และของไหล	2	8	24
	4	ไฟฟ้าสถิต	2	8	32
	5	แม่เหล็กไฟฟ้า	2	8	40
	6	ฟิสิกส์อะตอม	2	8	48
50%	7	ฟิสิกส์นิวเคลียร์	2	8	56
	8	กฎของนิวตัน	1	4	60
	9	สมดุลกล	1	4	64
	10	การเคลื่อนที่วิถีโค้ง	1	4	68
	11	การเคลื่อนที่วงกลมและดวงดาว	1	4	72
	12	การเคลื่อนที่แบบซิมเปิลฮาร์โมนิก	1	4	76
80%	13	การเคลื่อนที่แบบหมุน	1	4	80
	14	คลื่น	1	4	84
	15	เสียง	1	4	88
	16	ไฟฟ้ากระแสตรง	1	4	92
	17	ไฟฟ้ากระแสสลับ	1	4	96
	18	คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและแสงเชิงฟิสิกส์	1	4	100
	19	บทนำและการนับ	0	0	100
	20	การเคลื่อนที่แนวตรง	0	0	100
	21	โมเมนตัม	0	0	100
	22	แสง	0	0	100
		รวม	25	100	

วิเคราะห์ข้อสอบ PAT 2 ฟิสิกส์ เม.ย. ปี 57

PAT 2 วิชา วิทยาศาสตร์ PART : PHYSICS	ข้อสอบปี 2557				
	ลำดับ	หัวข้อ	จำนวน ข้อสอบ	% ที่ออก	% สะสม
	1	ไฟฟ้าสถิต	3	8	12
	2	กฎของนิวตัน	2	8	20
	3	การเคลื่อนที่วิถีโค้ง	2	8	28
	4	การเคลื่อนที่วงกลมและดวงดาว	2	8	36
	5	เสียง	2	8	44
50%	6	แสง	2	8	52
	7	ของแข็ง ของเหลว และของไหล	2	8	60
	8	แม่เหล็กไฟฟ้า	2	8	68
	9	การเคลื่อนที่แนวตรง	1	4	72
	10	การเคลื่อนที่แบบซิมเปิลฮาร์โมนิก	1	4	76
80%	11	คลื่น	1	4	80
	12	แก๊สและทฤษฎีจลน์	1	4	84
	13	ไฟฟ้ากระแสตรง	1	4	88
	14	คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและแสงเชิงฟิสิกส์	1	4	92
	15	ฟิสิกส์อะตอม	1	4	96
	16	ฟิสิกส์นิวเคลียร์	1	4	100
	17	บทนำและการนับ	0	0	100
	18	สมดุลกล	0	0	100
	19	งานและพลังงาน	0	0	100
	20	โมเมนตัม	0	0	100
	21	การเคลื่อนที่แบบหมุน	0	0	100
	22	ไฟฟ้ากระแสสลับ	0	0	100
		รวม	25	100	

การเคลื่อนที่แนวตรง



การเคลื่อนที่ (Motion)

- 1 มิติ → การเคลื่อนที่แนวตรง
2 มิติ → โพรเจกไทล์, วงกลม, ซิมเปิลฮาร์โมนิก และการหมุน

1 ปริมาณอธิบายการเคลื่อนที่ทั่วไป

$\vec{u}$ = ความเร็วต้น $\vec{v}$ = ความเร็วปลาย $\vec{s}$ = การกระจัด
 t = ช่วงเวลา $\vec{a}$ = ความเร่ง

2 การแบ่งประเภทปริมาณการเคลื่อนที่

สเกลาร์ (Scalar)

(สนใจเฉพาะขนาด)

S = ระยะทาง

นิยาม ระยะตามเส้นทางการเคลื่อนที่
(หน่วย : เมตร, m)

v = อัตราเร็ว

นิยาม ระยะทางที่เคลื่อนที่ได้ต่อหนึ่งหน่วยเวลา

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

(หน่วย : เมตร/วินาที, m/s)

a = อัตราเร่ง = ขนาดของความเร่ง
(หน่วย : เมตร/วินาที², m/s²)

เวกเตอร์ (Vector)

(สนใจทั้งขนาดและทิศทาง)

$\vec{S}$ = การกระจัด

นิยาม ระยะที่วัดจากจุดเริ่มต้นไปยังจุดสุดท้าย
(หน่วย : เมตร, m)

$\vec{v}$ = ความเร็ว

นิยาม การกระจัดต่อหนึ่งหน่วยเวลา

$$\vec{v} = \frac{\vec{S}}{t}$$

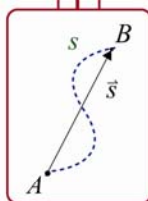
(หน่วย : เมตร/วินาที, m/s)

$\vec{a}$ = ความเร่ง

นิยาม อัตราการเปลี่ยนแปลงความเร็ว

$$\vec{a} = \frac{\Delta \vec{v}}{t} = \frac{\vec{v} - \vec{u}}{t}$$

(หน่วย : เมตร/วินาที², m/s²)



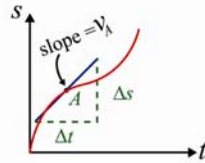
- Note**
- เมื่อความเร็ว ($\vec{v}$) คงที่ → ความเร่ง ($\vec{a}$) จะเป็น 0, $\vec{v}$ คงที่ → เคลื่อนที่เป็นเส้นตรงเท่านั้น
 - เมื่อความเร็วลดลง → อาจเรียก $\vec{a}$ ว่าเป็น ความหน่วง

3 ค่า ณ ขณะใดขณะหนึ่งและค่าเฉลี่ย

ค่า ณ ขณะใดขณะหนึ่ง

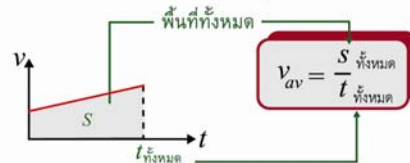
- ขนาดความเร็ว ณ ขณะใดๆ

$v_A = \text{Slope ของเส้น}$
สัมผัสบนกราฟ $s - t$
ณ จุดนั้น



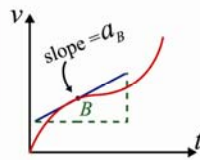
ค่าเฉลี่ย

- ขนาดความเร็วเฉลี่ย (v_{av})

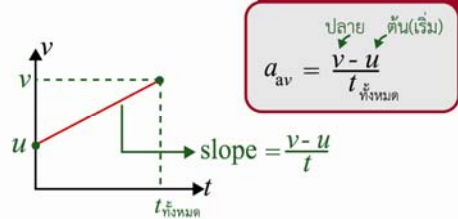


- ขนาดความเร่ง ณ ขณะใดๆ

$a_B = \text{Slope ของเส้น}$
สัมผัสบนกราฟ $v - t$
ณ จุดนั้น

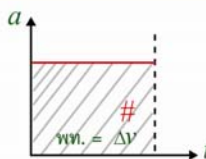
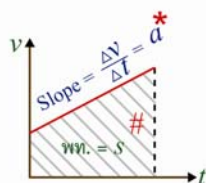
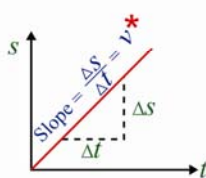


- ขนาดความเร่งเฉลี่ย (a_{av})



4 กราฟพื้นฐานการเคลื่อนที่แนวตรง

กราฟพื้นฐาน



หลักการหาค่าพื้นฐาน

* Slope (ความชัน)

กราฟ $s - t$

$= v$

กราฟ $v - t$

$= a$

พื้นที่ใต้กราฟ

$= s$

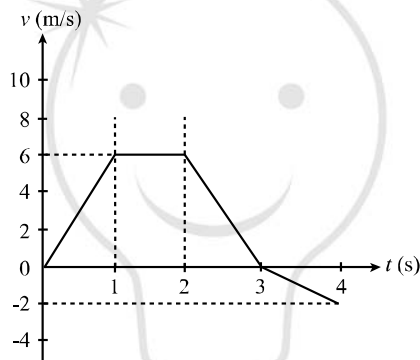
กราฟ $v - t$

$= \Delta v$

กราฟ $a - t$

แนวข้อสอบ

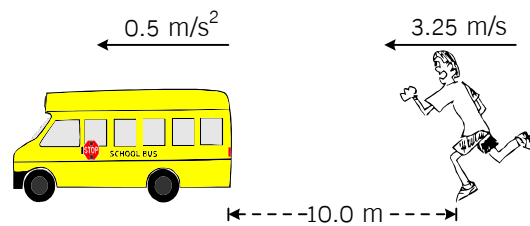
- วัตถุกำลังเคลื่อนที่ในแนวแกน X มีเครื่องหมายของการกระจัด ความเร็ว และความเร่งเป็น ลบ บวก และบวก ตามลำดับ ข้อใดถูก
 - 1) วัตถุอยู่ในตำแหน่ง $X < 0$ มีทิศการเคลื่อนที่ $-X$ และกำลังช้าลง
 - 2) วัตถุอยู่ในตำแหน่ง $X < 0$ มีทิศการเคลื่อนที่ $-X$ และกำลังเร็วขึ้น
 - 3) วัตถุอยู่ในตำแหน่ง $X < 0$ มีทิศการเคลื่อนที่ $+X$ และกำลังช้าลง
 - 4) วัตถุอยู่ในตำแหน่ง $X < 0$ มีทิศการเคลื่อนที่ $+X$ และกำลังเร็วขึ้น
2. กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับเวลาของวัตถุที่เคลื่อนที่ในแนวตรง



ข้อความต่อไปนี้กล่าวถูกกี่ข้อ

- ก. ในช่วงเวลา 0-4 วินาที วัตถุมีการกระจัดเท่ากับ 11 เมตร
 - ข. ในช่วงเวลา 0-1 วินาที และช่วงเวลา 2-3 วินาที วัตถุมีความเร่งเท่ากัน
 - ค. ในช่วงเวลา 3-4 วินาที วัตถุมีความหน่วง
- 1) ถูก 1 ข้อ
 - 2) ถูก 2 ข้อ
 - 3) ถูกทุกข้อ
 - 4) ไม่มีข้อใดกล่าวถูก

3.



รถบัสกำลังเคลื่อนออกจากป้ายด้วยความเร่ง 0.5 m/s^2 ชายผู้หนึ่งวิ่งไล่กวดรบัสจากระยะห่าง 10 m ด้วยความเร็วคงที่ 3.25 m/s จะต้องไล่กวदनานกี่วินาที จึงทันรถบัส

- 1) 2.0
- 2) 3.0
- 3) 5.0
- 4) 6.0

4. แดงกับดำยืนอยู่บนตึกสูง ถ้าแดงปาก้อนหิน A ขึ้นในแนวตั้งด้วยความเร็วต้น 5 เมตรต่อวินาที พร้อมกับดำที่ดำปาก้อนหิน B ลงในแนวตั้งด้วยความเร็วเท่ากัน ข้อใดต่อไปนี้เป็นข้อสรุปได้ถูกต้อง (ไม่ต้องคิดผลของแรงต้านอากาศ)

- 1) ก้อนหิน A มีขนาดของความเร็วเฉลี่ยน้อยกว่าก้อนหิน B
- 2) ก้อนหินทั้งสองตกกระทบพื้นด้วยความเร็วเท่ากัน
- 3) ก้อนหินทั้งสองมีความเร็วเฉลี่ยเท่ากัน
- 4) มีคำตอบถูกมากกว่า 1 ข้อ

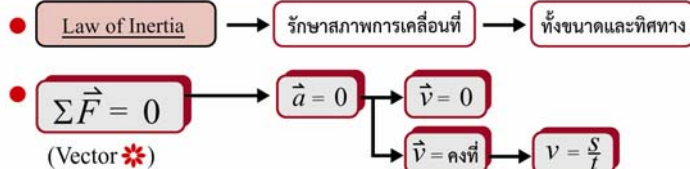


กฎของนิวตัน

1 Newton's Laws of Motion

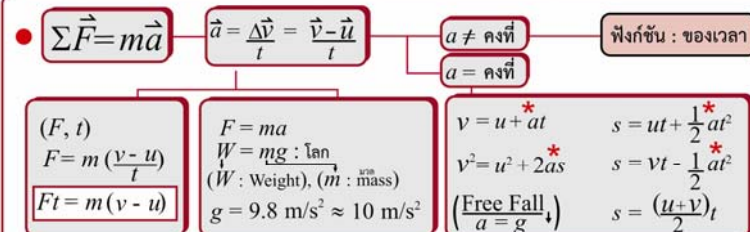
1 “If no force acts on a body, the body's velocity cannot change ; that is, the body cannot accelerate”

“วัตถุจะคงสภาพอยู่นิ่ง หรือสภาพเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ในแนวเส้นตรง นอกจากจะมีแรงลัพธ์ ซึ่งมีค่าไม่เป็นศูนย์มากระทำต่อวัตถุนั้น”



2 “The net force on a body is equal to the product of the body's mass and its acceleration”

“เมื่อมีแรงลัพธ์ซึ่งมีขนาดไม่เป็นศูนย์มากระทำกับวัตถุ จะทำให้วัตถุเคลื่อนที่ไปด้วยความเร่งในทิศทางเดียวกับแรงลัพธ์ ที่มากระทำ โดยขนาดของความเร่งจะแปรผันตรงกับขนาดของแรงลัพธ์ แต่แปรผกผันกับมวลของวัตถุ”



3 “When two bodies interact, the forces on the bodies from each other are always equal in magnitude and opposite in direction”

“ทุกแรงกิริยา จะต้องมียุติแรงปฏิกิริยาที่มีขนาดเท่ากัน และมีทิศตรงข้ามเสมอ”

Action = Reaction (ทิศตรงข้าม)

SI

- แรง ($\vec{F}$) : นิวตัน (N)
- ความเร่ง ($\vec{a}$) : $\left(\frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right)$
- ความเร็วต้น, ปลาย ($\vec{u}, \vec{v}$) : $\left(\frac{\text{m}}{\text{s}} \right)$
- มวล (m) : กิโลกรัม (kg)
- g = ความเร่งเนื่องจากสนามโน้มถ่วงของโลก = $9.8 \left(\frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right) \approx 10 \left(\frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right)$

2.2 แรงเสียดทาน (Friction Force)



หลักการและสมการแรงเสียดทาน

$$f \propto N$$

$$f = \mu N$$

(ขนาด)

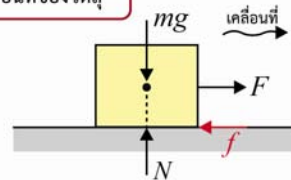
ทิศทางของ f จะมีทิศตรงข้ามการเคลื่อนที่ของวัตถุ

(ทิศทาง)

f = แรงเสียดทาน (N)

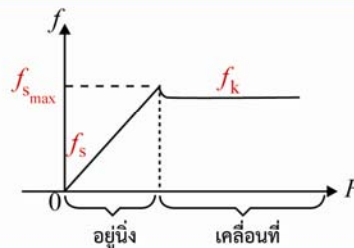
N = แรงปฏิกิริยาที่พื้นกระทำกับวัตถุ (N)

μ = สัมประสิทธิ์ความเสียดทาน



ชนิดของแรงเสียดทาน

Graph แรงจุด (F) กับ
แรงเสียดทาน (f) ที่เกิด



แรงเสียดทาน

แรงเสียดทานสถิต (f_s)

f_s อยู่ในช่วง 0 ถึง $\mu_s N$ (max)

(เกิดเมื่อวัตถุอยู่นิ่ง)

μ_s = สัมประสิทธิ์ความเสียดทานสถิต

แรงเสียดทานจลน์ (f_k)

$$f_k = \mu_k N$$

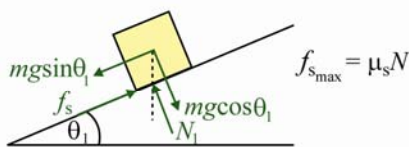
(เกิดเมื่อวัตถุเคลื่อนที่)

μ_k = สัมประสิทธิ์ความเสียดทานจลน์

ผิวสัมผัสคู่หนึ่งๆ
 $\mu_s > \mu_k$

การหา μ_s จากการทดลอง

ยกพื้นเอียงแล้ววัตถุเริ่มไถลลง



$$mg \sin \theta_1 = \mu_s N_1$$

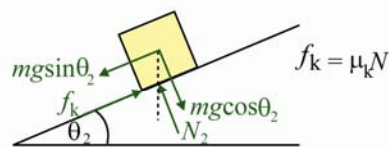
$$mg \cos \theta_1 = N_1$$

$$\mu_s = \tan \theta_1$$

* θ_1 = มุมของความเสียดทานสถิต

การหา μ_k จากการทดลอง

วัตถุไถลลงพื้นเอียงด้วยความเร็วคงที่



$$mg \sin \theta_2 = \mu_k N_2$$

$$mg \cos \theta_2 = N_2$$

$$\mu_k = \tan \theta_2$$

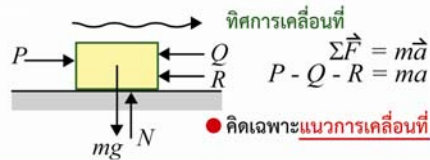
* θ_2 = มุมของความเสียดทานจลน์

ผิวสัมผัสคู่หนึ่งๆ
 $\tan \theta_1 > \tan \theta_2$
 $\theta_1 > \theta_2$

3 TYPE : ตัวอย่างการใช้กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน

3.1 แรงกระทำในแนวระดับ

- ทิศการเคลื่อนที่ที่กำหนดให้เป็นแกน บวก



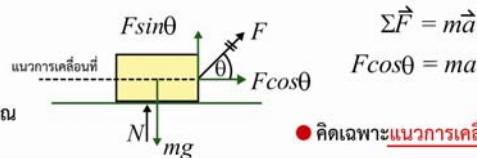
$$\Sigma \vec{F} = m\vec{a}$$

$$P - Q - R = ma$$

- คิดเฉพาะ แนวการเคลื่อนที่

3.2 วัตถุเคลื่อนที่ในแนวระดับมีแรงกระทำเอียงจากแนวระดับ

- แยกแรงเข้า แกนคู่ฉาก ก่อนจะคำนวณ



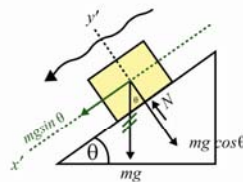
$$\Sigma \vec{F} = m\vec{a}$$

$$F \cos \theta = ma$$

- คิดเฉพาะ แนวการเคลื่อนที่

3.3 วัตถุบนพื้นเอียง

- แยกแรงตามแนวการเคลื่อนที่และแนวตั้งฉากเส้นทางการเคลื่อนที่
- แนวการเคลื่อนที่ $\rightarrow$ แกน x'
- แนว $\perp$ การเคลื่อนที่ $\rightarrow$ แกน y'



(แกน x') มีความเร่ง

$$\Sigma \vec{F} = m\vec{a}$$

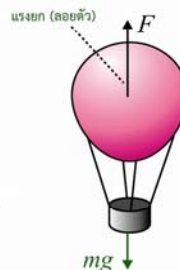
$$mg \sin \theta = ma$$

(แกน y') สมดุล

$$N = mg \cos \theta$$

3.4 BALLOON : แรงยก จรวด : แรงขับเชื้อเพลิง

- คำนึงและคำนวณตามทิศการเคลื่อนที่ (เป็น+)
- BALLOON $\rightarrow$ มีแรงยกขึ้นเสมอ
- จรวด $\rightarrow$ แรงขับ = Reaction ของแรงไอพ่น
- ถ้าเป็น BALLOON ลูกเดิม, หลายการทดลอง ทุกการทดลอง จะมีแรงยก ($F_{\text{ยก}}$) เท่าเดิมเสมอ



- ถ้ากำลังลอยขึ้น

$$\text{จาก } \Sigma \vec{F} = m\vec{a} \text{ (ทิศ } \uparrow +)$$

$$F - mg = ma$$

- ถ้ากำลังลงสู่พื้น

$$\text{(ทิศ } \downarrow \text{ ลง จะเป็น } +)$$

$$mg - F = ma$$



- แรงยก BALLOON = นน.อากาศที่ถูกแทนที่ในปริมาตรลูก BALLOON
- จรวด ช่วงมี เชื้อเพลิง $\rightarrow$ จะมีแรงขับ ; ถ้า เชื้อเพลิงหมด $\rightarrow$ จะเคลื่อนที่อิสระ (แนวตั้ง)
- บางกรณีจะมี แรงต้านอากาศ ; จะมีทิศทางตรงข้ามกับทิศการเคลื่อนที่เสมอ (เป็นแรงเสียดทานชนิดหนึ่ง)
- จรวด (แรงขับจากเชื้อเพลิงเหลว) เคลื่อนที่ได้จาก หลักของกฎข้อที่ 3 ของนิวตัน (Action = Reaction)
- การเคลื่อนที่ในแนวระดับและพื้นเอียง ให้ระวังกรณีมีแรงเสียดทานด้วย
- ทิศทางการเคลื่อนที่ เป็นหัวใจในการใช้ตั้งสมการ $\Sigma \vec{F} = m\vec{a}$, ปกติแล้วจะให้ทิศตามแนวการเคลื่อนที่เป็นทิศบวก (+)

3.5

ลิฟต์

Note N = ค่าตาชั่งที่อ่านได้

	เร่ง (a เป็น +)	หน่วง (a เป็น -)	5
ขึ้น ($\uparrow$)	1	2	คิดทั้งตัว Lift ใช้ค่ารวม
ลง ($\downarrow$)	3	4	คิดทั้งตัว Lift

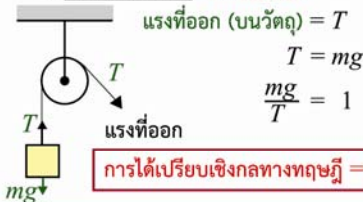
3.6

รอกดึงวัตถุ

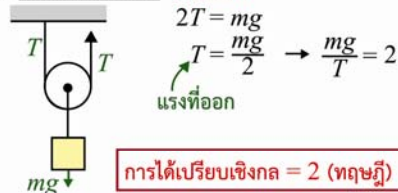
รอกเบาและเส้น 1) เชือกที่คล้องผ่านจะมีแรงดึงเชือกในแต่ละฝั่งของรอกเท่ากันเสมอ
2) น้ำหนักวัตถุที่รับ = จำนวนเชือกทุกเส้นที่รับน้ำหนัก (Load)

รอกพื้นฐาน

a. รอกเดี่ยวตายตัว (ไม่ผ่อนแรง)



b. รอกเดี่ยวเคลื่อนที่ (ผ่อนแรง)

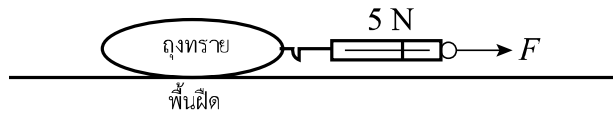


การคำนวณระบบมวล

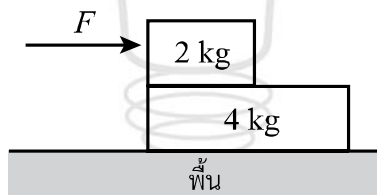
- ต้องหาทิศทางการเคลื่อนที่ของระบบ และมวลแต่ละก้อนก่อน (ทิศทาง)*
- ระบบเคลื่อนที่ไปทางใด ให้ทิศทางนั้นมีเครื่องหมายเป็นบวก (เครื่องหมาย)*
- เขียนแนวแรงภายนอกที่กระทำกับวัตถุและแตกแรงให้อยู่ในแนวการเคลื่อนที่และแนวตั้งฉากทิศการเคลื่อนที่, แรงในแนวการเคลื่อนที่จะใช้คิดทั้งระบบ (แรง)*
- แรงภายในระบบ คือ แรงภายในเนื้อวัตถุ หรือแรงที่อยู่ระหว่างวัตถุแต่ละก้อนในระบบ (แรงดึงของเชือก ระหว่างก้อน ฯลฯ) จะไม่นำมาคิดแบบระบบ
- การคิดทั้งระบบ ถ้าใช้ $\Sigma \vec{F} = m \vec{a}$; m จะต้องแทนด้วยมวลรวมของทุกก้อน (มวล)*
- วัตถุในระบบเดียวกัน จะมีความเร่งทุกก้อนเท่ากัน (และต้องขยับได้ระยะทางเท่ากันในเวลาเดียวกัน)/ระวัง!! บางกรณีจะคิดทั้งระบบไม่ได้ (ข้อยกเว้น)*

แนวข้อสอบ

5. ฤงทรายซึ่งวางอยู่บนพื้นฝืดถูกดึงด้วยเครื่องซึ่งสปริง เครื่องซึ่งดังกล่าวถูกดึงด้วยแรง F ในขณะที่ฤงทรายมีความเร็วคงที่ตาสซึ่งสปริงอ่านค่าได้ 5 N ข้อใดกล่าวถูกต้อง

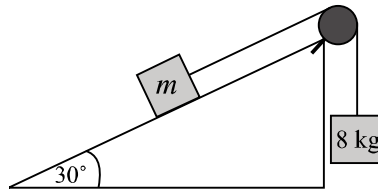


- 1) ฤงทรายถูกดึงด้วยแรงลัพธ์ 5 N
 - 2) แรงเสียดทานจลน์เท่ากับ 5 N
 - 3) แรงเสียดทานจลน์มีค่าน้อยกว่า 5 N
 - 4) ผลต่างระหว่างแรง F และแรงเสียดทานจลน์เท่ากับ 5 N
6. แรงเสียดทานสถิตสูงสุด ระหว่างมวล 2 ก้อน มีค่าเท่ากับ 8 N และแรงเสียดทานสถิตสูงสุดระหว่างมวลก้อนล่างกับพื้นมีค่า 6 N ถ้าเพิ่มแรง F ขึ้นเรื่อยๆ จากศูนย์ จนกระทั่ง มวล 2 kg เริ่มขยับเทียบกับพื้น สภาพการเคลื่อนที่ของมวล 4 kg เป็นอย่างไรเทียบกับพื้น



- 1) หยุดนิ่งตลอดเวลา
- 2) เริ่มขยับ โดยติดไปกับมวล 2 kg (มวลทั้งสอง มีความเร่งเท่ากัน)
- 3) เริ่มขยับ แต่ไม่ติดไปกับมวล 2 kg (มวลทั้งสอง มีความเร่งไม่เท่ากัน)
- 4) สถานการณ์นี้เป็นไปไม่ได้

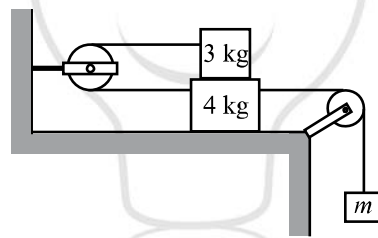
7.



มวล m วางบนพื้นเอียงที่ทำมุม 30° กับพื้นราบ ถูกโยงกับมวล 8 กิโลกรัม ด้วยเชือกไร้น้ำหนัก ซึ่งพาดอยู่บนรอก ดังรูป ถ้ามวล m กำลังเคลื่อนที่ขึ้นด้วยความเร่ง $1 \text{ เมตรต่อวินาที}^2$ และสัมประสิทธิ์ความเสียดทานจลน์ระหว่างมวล m กับพื้นเอียง คือ 0.5 มวล m จะใกล้เคียงกับค่าใด

- 1) 4 kg
- 2) 5 kg
- 3) 6 kg
- 4) 7 kg

8.



จากรูป โต๊ะไม่มีความเสียดทานและผิวสัมผัสระหว่างมวลทั้งสอง มีสัมประสิทธิ์ความเสียดทานสถิตและจลน์เป็น 0.3 และ 0.2 ตามลำดับ มวล m ต้องมีค่ากี่กิโลกรัมที่จะทำให้ระบบเริ่มเคลื่อนที่

- 1) 1.2
- 2) 1.4
- 3) 1.6
- 4) 1.8



สมดุล

1 กฎการเคลื่อนที่ของนิวตันต่อภาวะสมดุล

1.1 กฎข้อที่ 1 ต่อภาวะสมดุล (กฎของความเฉื่อย)

กฎข้อที่ 1 “วัตถุจะรักษาสภาพการเคลื่อนที่ นอกจากจะมีแรงลัพธ์ที่ไม่เป็นศูนย์มากระทำ”



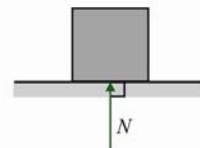
1.2 กฎข้อที่ 3 ต่อภาวะสมดุล

กฎข้อที่ 3 “Action = Reaction”

เป็นหลักพื้นฐานของการเขียนแนวแรงบนวัตถุที่กระทำต่อกัน

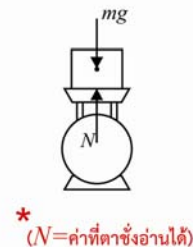
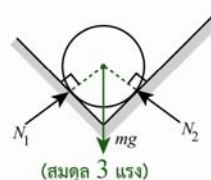
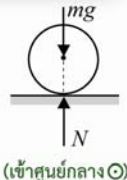
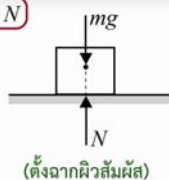
1.2.1 Normal Force (N) คือ แรงปฏิกิริยาบนวัตถุที่เกิดบนผิวสัมผัส

- ลักษณะของแรง N
- (1) กระทำบนวัตถุ
 - (2) ถ้าผิวสัมผัสเป็นระนาบกดทับกัน แรง N จะตั้งฉาก *

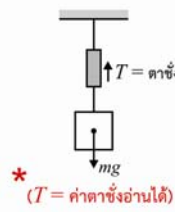
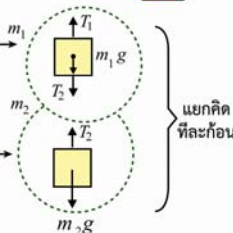
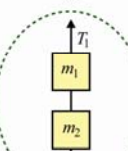
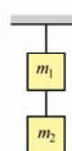
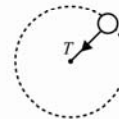
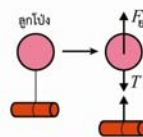
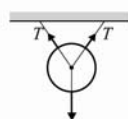
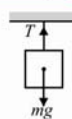


1.2.2 Free Body Diagram (FBD) แผนภาพแสดงแนวแรงบนวัตถุ

แรง N



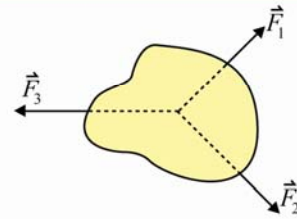
แรงดึงเชือก (T) มีทิศทางตามแนวเส้นเชือกเสมอ



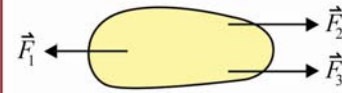
3.2 สมดุลของแรง 3 แรง

เงื่อนไขการเกิด มีได้ 2 กรณี

- 1 ถ้าแรงทั้ง 3 ไม่ขนานกัน
- (1) แรงลัพธ์ทั้ง 3 เท่ากับศูนย์ ($\Sigma \vec{F} = 0$)
 - (2) แรงทั้ง 3 ต้องอยู่ระนาบเดียวกัน
 - (3) แรงทั้ง 3 ต้องพบกันที่จุดเดียวกัน

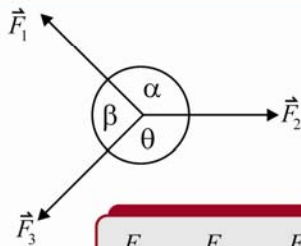


- 2 ถ้าแรงทั้ง 3 เป็นแรงขนาน
- (1) แรงลัพธ์ทั้ง 3 เท่ากับศูนย์ ($\Sigma \vec{F} = 0$)
 - (2) แรงทั้ง 3 ต้องอยู่ระนาบเดียวกัน
 - (3) แนวแรงทั้ง 3 ไม่จำเป็นต้องพบที่จุดเดียวกัน แต่ต้องขนานกัน



ทฤษฎีช่วยในการคำนวณสมดุล 3 แรง

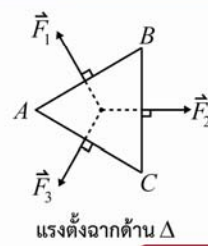
3.2.1 ทฤษฎีของลามิ (Lami's Theorem)



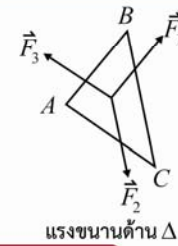
$$\frac{F_1}{\sin \theta} = \frac{F_2}{\sin \beta} = \frac{F_3}{\sin \alpha}$$

แรงต่อ sin มุมตรงข้ามแรง

3.2.2 ทฤษฎีสามเหลี่ยมแทนแรง



แรงตั้งฉากด้าน Δ

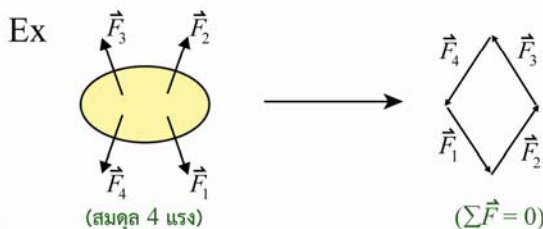


แรงขนานด้าน Δ

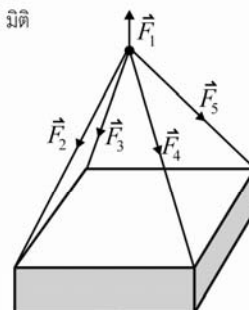
$$\frac{F_1}{AB} = \frac{F_2}{BC} = \frac{F_3}{AC}$$

3.3 สมดุลมากกว่า 3 แรง

- เงื่อนไขการเกิด
- (1) แรงลัพธ์ของแรงทั้งหมด เท่ากับศูนย์ ($\Sigma \vec{F} = 0$)
 - (2) แนวแรงเหล่านั้นไม่จำเป็นต้องอยู่ระนาบเดียวกัน
 - (3) แนวแรงอาจไม่พบกันที่จุดเดียวกัน
 - (4) อาจมีระนาบแนวแรง 2 หรือ 3 มิติก็ได้



3 มิติ



(สมดุล 5 แรง ; $\vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 + \vec{F}_4 + \vec{F}_5 = 0$)

4 สมดุลต่อการหมุน

4.1 โมเมนต์ (Moment) — Moment อาจเรียกว่า ทอร์ก (Torque) ก็ได้

$$M = F \cdot d_{\perp}$$

(ขนาด)

โมเมนต์ = แรง $\times$ ระยะทางจากจุดหมุนไปตั้งฉากแนวแรง

(ทิศแนวโน้มการหมุน)

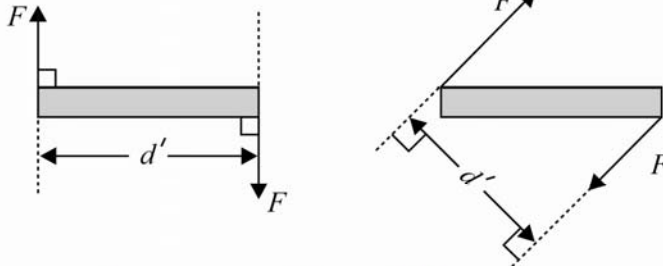
$M_{\text{ตาม}}$: โมเมนต์ตามเข็มนาฬิกา

$M_{\text{ทวน}}$: โมเมนต์ทวนเข็มนาฬิกา

M = โมเมนต์เป็นปริมาณ Vector หน่วย นิวตัน.เมตร (N.m)
= ปริมาณของการหมุนที่เกิดจากแรง

4.1.1 โมเมนต์คู่ควบ (M_c)

$$M_c = F \cdot d'$$



M_c = โมเมนต์คู่ควบ (N.m)

F = แรงคู่ควบแรงใดแรงหนึ่ง (N) $\rightarrow$ แรงคู่ควบเป็นแรงขนานขนาดเท่ากันทิศทางตรงกันข้าม

d' = ระยะห่างระหว่างแรงขนานทั้งสอง

★ เมื่อวัตถุเกิดโมเมนต์คู่ควบจะสมดุลต่อการเลื่อนตำแหน่ง แต่ไม่สมดุลต่อการหมุน ★

4.2 การคำนวณภาวะสมดุลต่อการหมุน

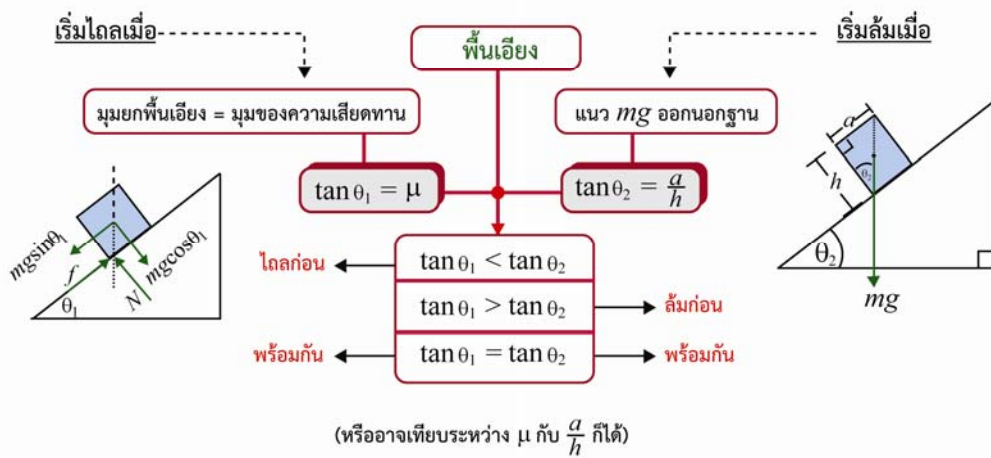
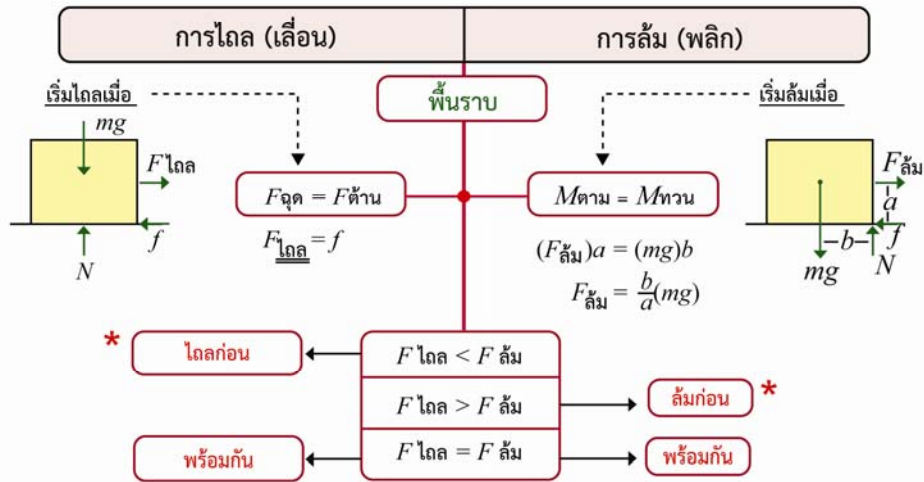
$$\sum_{i=1}^N \vec{M}_i = 0$$

$$M_{\text{ตาม}} = M_{\text{ทวน}}$$

ถ้าสมดุล ; สามารถเลือกจุดใดเป็นจุดหมุนในการคำนวณก็ได้

เมื่อสมดุล : วัตถุอาจอยู่นิ่ง (ไม่หมุน) หรือหมุนด้วยอัตราเร็วเชิงมุมคงที่ก็ได้ ★

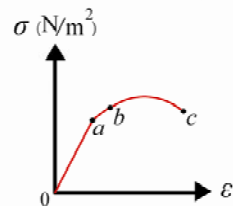
5.2.7 การล้มนและการไถของวัตถุ



5.2.8 สมดุลบนโครงสร้างและสมบัติในเนื้อวัสดุ

วัสดุที่มีสมบัติ คือ

- | | | | |
|-----------------------------|---|--|-----------------|
| (1) รับแรงต่อพื้นที่หน้าตัด | → | $\sigma = \frac{F}{A_{\perp}}$ | สมการความเค้น |
| (2) เปลี่ยนสภาพ | → | $\epsilon = \frac{\Delta L}{L_0}$ | สมการความเครียด |
| (3) สมบัติความยืดหยุ่น | → | $Y = \frac{\sigma}{\epsilon} = \frac{F}{A_{\perp}} \frac{L_0}{\Delta L}$ | โมดูลัสของยัง |

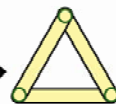


- a = ขีดจำกัดการแปรผันตรง
- b = ขีดจำกัดสภาพยืดหยุ่น (ยืด → กลับที่เดิม) หรือจุดคราก
- c = จุดแตกหัก

โครงสร้าง (Structure)

Three Thrust

→ โครงสร้าง Δ

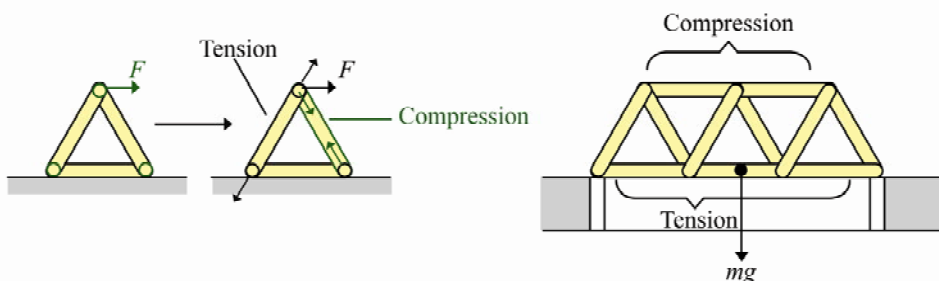


จะคงสภาพ (Rigid)

โครงสร้างซับซ้อน

→ เกิดแรงในวัสดุ 2 แบบ

- แรงดึง (Tension)
- แรงอัด (Compression)

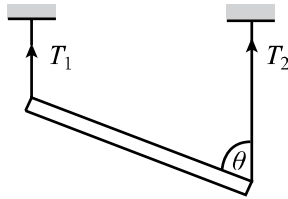


σ = Stress = ความเค้นตรง ($\frac{N}{m^2}$) ; L_0 = ความยาวตั้งต้น (m) ; Y = Young's modulus ($\frac{N}{m^2}$)

ϵ = Strain = ความเครียด ; ΔL = ความยาวที่เปลี่ยนไป (m) ; $A_{\perp}$ = พื้นที่ตั้งฉากที่รับแรง (m^2)

แนวข้อสอบ

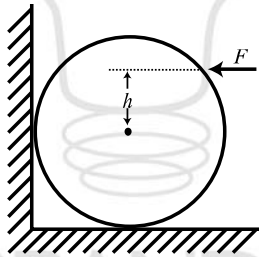
9.



แขวนไม้เมตร มวลสม่ำเสมอ ทำมุม θ กับแนวตั้งด้วยเชือกเบาสองเส้นดังรูป อัตราส่วน แรงดึงเชือก T_1 ต่อ T_2 คือ

- 1) 1
- 2) $\cos \theta$
- 3) $\frac{1}{1 + \sin \theta}$
- 4) $\sin \theta$

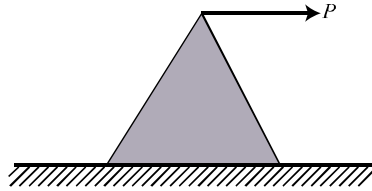
10.



ทรงกระบอกตันมวล 30 กิโลกรัม เส้นผ่านศูนย์กลางยาว 2 เมตร วางอยู่บนพื้น และมีแรง F ขนาด 300 นิวตัน พยายามหมุนรอบทรงกระบอกดังรูป ถ้าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานสถิตระหว่างกำแพงและทรงกระบอกเป็น 0.1 ส่วนพื้นไม่มีความฝืด จงหาค่า h ที่น้อยที่สุดในหน่วยเซนติเมตรที่ทรงกระบอกพร้อมที่จะหมุนได้

- 1) 2
- 2) 5
- 3) 10
- 4) 20

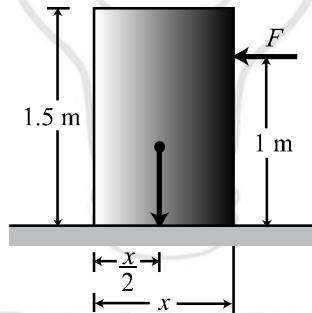
11.



แท่งปริซึมหน้าหนัก 10 นิวตัน มีหน้าตัดเป็นสามเหลี่ยมด้านเท่า ยาวด้านละ L วางบนพื้นที่มี สัมประสิทธิ์ ความเสียดทานสถิตเท่ากับ 0.5 ถ้าวอกแรง P ในแนวนอนกับพื้นกระทำกับปริซึมตรงตำแหน่ง ดังที่ แสดงในรูป โดยค่อยๆ เพิ่มแรงขึ้น จงคำนวณว่าสามารถทำให้ปริซึมพลิกได้หรือไม่ ถ้าได้จะต้องใช้แรง P เท่าใด

- 1) พลิกเมื่อแรง P เท่ากับ $\frac{\sqrt{3}}{10}$ นิวตัน
- 2) พลิกเมื่อแรง P เท่ากับ $\frac{10}{\sqrt{3}}$ นิวตัน
- 3) ไม่พลิก เพราะวัตถุจะเริ่มไถลเมื่อแรง P เท่ากับ 3 นิวตัน
- 4) ไม่พลิก เพราะวัตถุจะเริ่มไถลเมื่อแรง P เท่ากับ 5 นิวตัน

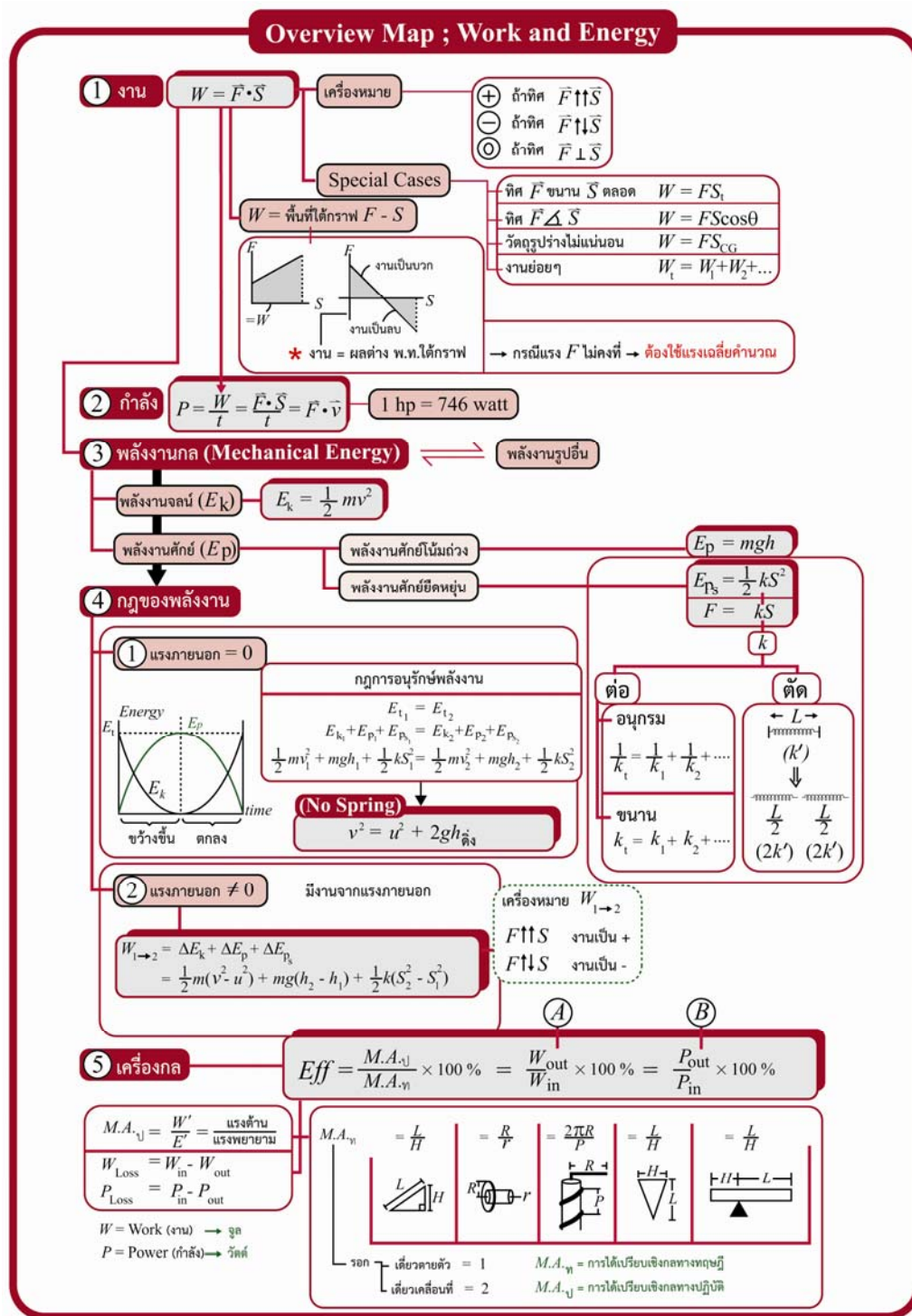
12.



ออกแรง $F = 200$ นิวตัน วัตถุตั้งอยู่บนพื้นผิว ที่ความสูง 100 เซนติเมตรจากพื้น โดยตั้งอยู่บนไม้ล้ม จงหาความกว้างน้อยที่สุดของฐานตั้ง (x) ในหน่วยเซนติเมตร กำหนดให้ความสูงของ วัตถุตั้ง คือ 150 เซนติเมตร และจุดศูนย์กลางมวลอยู่สูงจากพื้น 40 เซนติเมตร ดังรูป

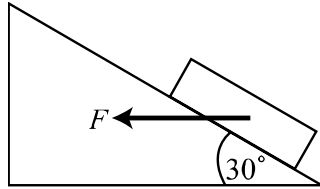
- 1) 0.8
- 2) 8
- 3) 80
- 4) 88

งานและพลังงาน



แนวข้อสอบ

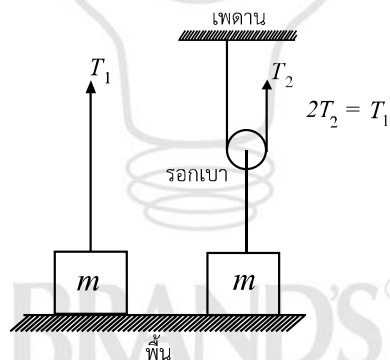
13.



ออกแรง F ขนาด 60 นิวตัน กระทำต่อวัตถุมวล 2 กิโลกรัม ดังรูป ทำให้วัตถุเคลื่อนที่ขึ้นตามพื้นเอียง เป็นระยะทาง 0.8 เมตร งานของแรง F ที่กระทำต่อวัตถุนี้เป็นกี่จูล

- 1) 36.1
- 2) 41.6
- 3) 52.3
- 4) 62.5

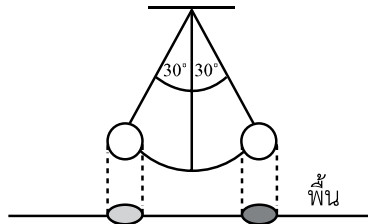
14.



จากรูป ดึงมวล m สองก้อน ด้วยแรง T_1 และ T_2 มวลทั้งสองก้อนเริ่มเคลื่อนที่ขึ้นจากพื้นพร้อมกันและเคลื่อนที่ขึ้นด้วยอัตราเร็วคงตัวเดียวกัน ข้อใดถูก

- ก. แรง T_1 มีค่ามากกว่าแรง T_2
 - ข. กำลังของแรง T_1 และ T_2 เท่ากัน
 - ค. งานของแรง T_1 มากกว่างานของแรง T_2
 - ง. ถ้าวัตถุที่อยู่บนพื้นดินมีพลังงานศักย์โน้มถ่วงเป็นศูนย์ มวลแต่ละก้อนต่างก็มีการอนุรักษ์พลังงานกล
- 1) ก.
 - 2) ก. และ ข.
 - 3) ก. และ ค.
 - 4) ก. และ ง.

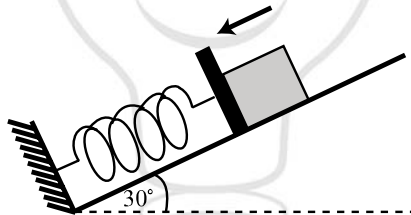
15.



แกว่งลูกตุ้มอย่างง่ายที่มีเชือกเบายาว 5 เมตร ในแนวตั้ง โดยมีมุมสูงสุด 30° กับแนวตั้ง ดังรูป
 เงามของลูกตุ้มที่ปรากฏบนพื้น ณ ขณะดวงอาทิตย์อยู่ตรงศีรษะพอดี มีความเร่งสูงสุดกี่เมตรต่อวินาที²
 (ให้ $g = 9.8 \text{ m/s}^2$)

- 1) 2.2 m/s^2
- 2) 4.2 m/s^2
- 3) 4.9 m/s^2
- 4) 9.8 m/s^2

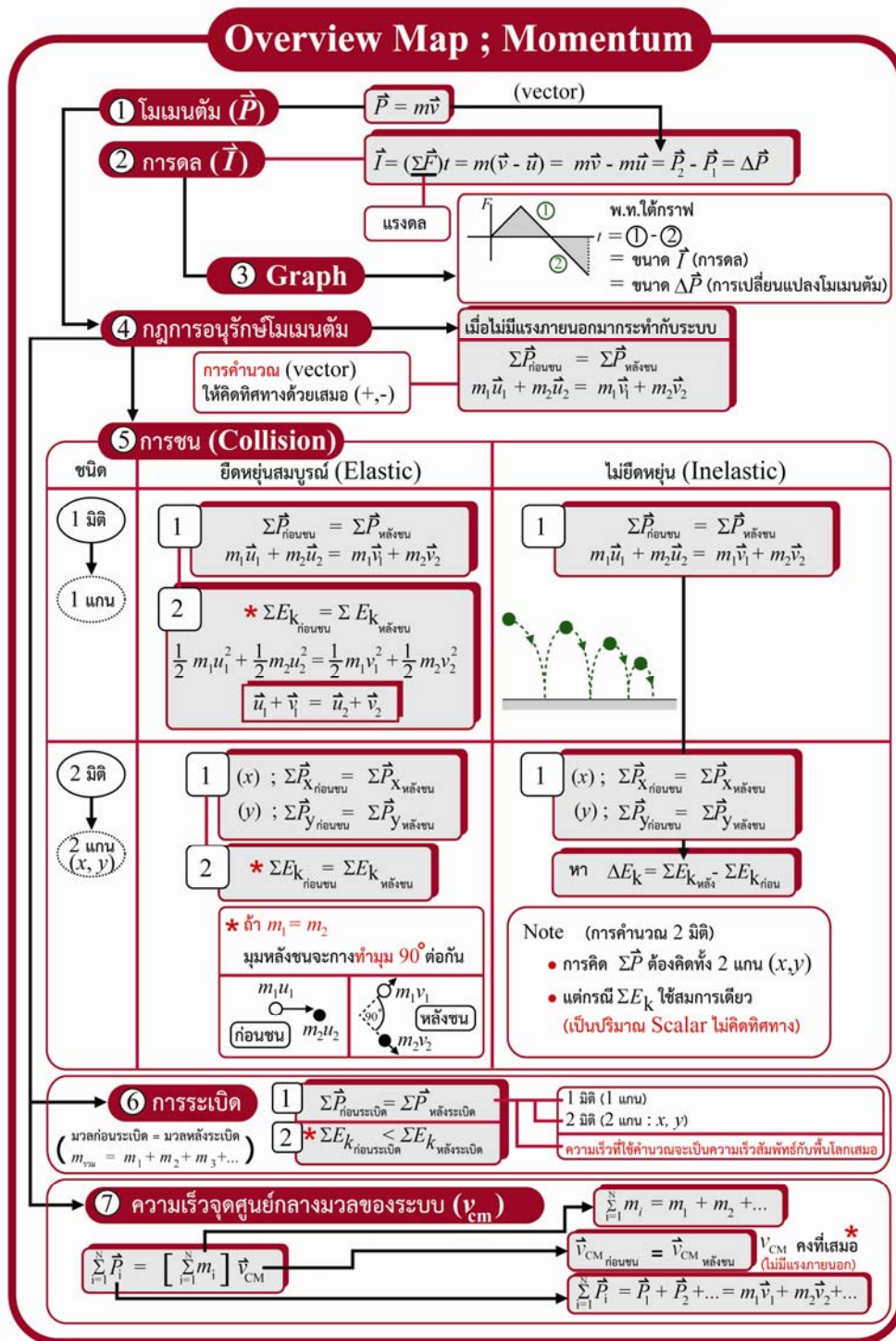
16.



วัตถุก้อนหนึ่งมีมวล 1,000 กรัม วางชิดกับสปริงที่มีสปริงยึดไว้ และอยู่ปลายล่างของพื้นเอียงที่ทำมุม
 30° กับแนวระดับ ดังรูป ค่าคงตัวสปริงมีค่า 1,000 นิวตันต่อเมตร อดวัตถุนี้ให้ความยาวของสปริงหดเข้าไป
 3.0 เซนติเมตร จากความยาวปกติ แล้วปล่อยเพื่อให้วัตถุนี้เคลื่อนไปตามพื้นเอียง ถ้าสัมประสิทธิ์ความ
 เสียดทานระหว่างพื้นเอียงกับ วัตถุมีค่า 0.12 วัตถุจะเคลื่อนที่ตามพื้นเอียงได้ไกลเท่าไร เมื่อวัตถุจากจุดเริ่ม
 ปล่อย

- 1) 1.5 cm
- 2) 3.5 cm
- 3) 5.5 cm
- 4) 7.5 cm

โมเมนตัม



7 การเคลื่อนที่ของจุดศูนย์กลางมวลระบบ

การคำนวณโดยใช้ความเร็วของจุดศูนย์กลางมวลของระบบ (v_{CM})

โมเมนตัมระบบ

$$\sum_{i=1}^N \vec{P}_i = \left[\sum_{i=1}^N m_i \right] \vec{v}_{CM}$$

$$\sum_{i=1}^N m_i = m_1 + m_2 + m_3 + \dots$$

v_{CM} = ความเร็วของจุดศูนย์กลางมวลของระบบ

$$\vec{v}_{CM \text{ ก่อนเปลี่ยนแปลง}} = \vec{v}_{CM \text{ หลังเปลี่ยนแปลง}}$$

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^N \vec{P}_i &= \vec{P}_1 + \vec{P}_2 + \vec{P}_3 + \dots \\ &= m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2 + m_3 \vec{v}_3 + \dots \end{aligned}$$

$P_1, P_2, \dots$ = โมเมนตัมของวัตถุแต่ละก้อน
ในระบบ (kg.m/s)

$$\sum_{i=1}^N P_i = \text{โมเมนตัมรวมของระบบ} \quad (\text{kg.m/s})$$

$$\sum_{i=1}^N m_i = \text{มวลรวมของระบบ} \quad (\text{kg})$$

$m_1, m_2, \dots$ = มวลของวัตถุแต่ละก้อนในระบบ ; $\vec{v}_1, \vec{v}_2, \dots$ = ความเร็วของวัตถุแต่ละก้อนในระบบ (m/s)

Special Cases

① วัตถุในระบบเคลื่อนที่อยู่นิ่งแนวเส้นตรงเดียวกัน

$$\text{จาก } \sum P_i = \sum m_i v_{CM}$$

$$v_{CM} = \frac{\sum P_i}{\sum m_i}$$

$$\therefore v_{CM} = \frac{(m_1 v_1 + m_2 v_2 + \dots)}{(m_1 + m_2 + \dots)}$$

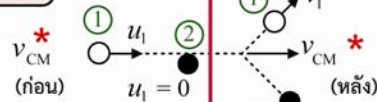
(ต้องกำหนดทิศทางที่เป็น + และแทน
ค่าแบบ vector ของ $\vec{v}$) เช่น

$$\begin{aligned} & \text{---} \oplus \xleftarrow{m_2 v_2} \quad \bullet \xrightarrow{m_1 v_1} \\ & v_{CM} = \frac{(+m_1 v_1 - m_2 v_2)}{(m_1 + m_2)} \end{aligned}$$

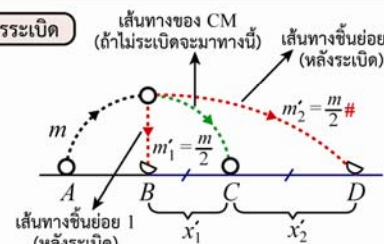
② วัตถุในระบบเคลื่อนที่ที่คนละแนว (2 มิติ 2 แกน (x,y))

ทิศทางการเคลื่อนที่ของจุด CM ของระบบก่อนและ
หลังเปลี่ยนแปลง จะมีทิศทางอยู่ในแนวเดียวกันเสมอ

การชน



การระเบิด



m = มวลก่อนระเบิด (kg)

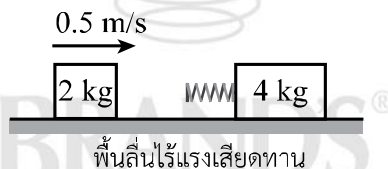
m_1', m_2' = มวลย่อยหลังระเบิด (kg)

x_1', x_2' = ระยะวัดจากจุดตกของชิ้นย่อยถึง CM ระบบ

เส้นทาง	Remark
$A \rightarrow X \rightarrow C$	เส้นทางเดินของ CM
$A \rightarrow X \rightarrow D$	เส้นทางชิ้นย่อยที่ 1
$A \rightarrow X \rightarrow B$	เส้นทางชิ้นย่อยที่ 2
$X \rightarrow$	คือ จุดระเบิด
$C \rightarrow$	คือ จุด CM ระบบ ณ ท้ายสุด
• ถ้าชิ้นย่อย 1 = 2 (มวล)	ระยะ $x_1' = x_2'$
• ถ้าชิ้นย่อย 1 $\neq$ 2 (มวล)	$\left\{ \begin{array}{l} \text{ใช้ } m_1' x_1' = m_2' x_2' \\ \text{เป็นสมการช่วยคำนวณ} \end{array} \right.$

แนวข้อสอบ

17. นายอ้วนและนายผอมยืนอยู่บนพื้นน้ำแข็งลื่น นายอ้วนมีมวล 80 กิโลกรัม นายผอมมีมวล 60 กิโลกรัม ทั้งสองคนออกแรงเล่นชักเย่อกัน ในจังหวะที่นายอ้วนออกแรงดึงเชือกจนตนเองมีอัตราเร็ว 0.5 เมตร/วินาที นายผอมจะมีอัตราเร็วกี่เมตรต่อวินาที
- 1) 0.10
 - 2) 0.25
 - 3) 0.47
 - 4) 0.67
18. การขับรถด้วยอัตราเร็ว 72 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ประสานงากับรถอีกคันหนึ่งที่แล่นสวนมาด้วยอัตราเร็ว 36 กิโลเมตรต่อชั่วโมง จะเกิดความรุนแรงใกล้เคียงกับการตกตึกของรถยนต์ดังกล่าวประมาณกี่ชั้น กำหนดให้ ตึก 1 ชั้น สูง 4 เมตร
- 1) 8
 - 2) 11
 - 3) 13
 - 4) 15
19. มวล 2 kg เคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็ว +0.5 m/s ชนมวล 4 kg ซึ่งอยู่นิ่ง และมีสปริงที่มีค่าคงที่ 1 N/m ติดอยู่ ดังรูป



ถ้าการชนเกิดขึ้นบนพื้นไร้แรงเสียดทาน ขณะที่มวล 2 kg มีอัตราเร็วลดลงเหลือ +0.2 m/s เราจะคำนวณหาอัตราเร็วของมวล 4 kg ได้หรือไม่ ถ้าได้ ใช้หลักการอะไร ถ้าไม่ได้เพราะอะไร

- 1) ได้ ใช้กฎอนุรักษ์พลังงาน
- 2) ได้ ใช้กฎอนุรักษ์โมเมนตัม
- 3) ไม่ได้ เพราะไม่รู้ข้อมูลระยะหดของสปริง
- 4) ไม่ได้ เพราะโจทย์ไม่ได้ให้ข้อมูลว่ามวล 2 kg ติดกับสปริงขณะนั้นหรือไม่

20. วัตถุก้อนหนึ่งวางอยู่บนพื้นลื่น ต่อมาแตกออกเป็น 2 ชิ้น โดยที่แต่ละชิ้นมีมวลไม่เท่ากัน จงพิจารณาข้อความต่อไปนี้

- ก. โมเมนตัมของวัตถุก่อนแตกตัวมีค่าน้อยกว่าผลรวมโมเมนตัมของวัตถุทั้งสองชิ้นหลังแตกตัว
- ข. หลังการแตก วัตถุแต่ละชิ้นมีโมเมนตัมเท่ากัน
- ค. หลังการแตก วัตถุแต่ละชิ้นมีพลังงานจลน์เท่ากัน

มีข้อความที่ถูกต้องกี่ข้อความ

- 1) 1 ข้อความ
- 2) 2 ข้อความ
- 3) 3 ข้อความ
- 4) ไม่มีข้อความใดถูกต้อง



การเคลื่อนที่วิถีโค้ง



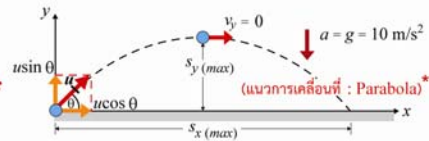
การเคลื่อนที่วิถีโค้ง (Projectile)

A 3 หลักการพื้นฐาน

(1) หลักความเร่ง ($\vec{a}$)

- แกน x ; $a_x = 0$
- แกน y ; $a_y = (g) \downarrow$

$$v_x \text{ คงที่} = u \cos \theta$$



(2) หลักเวลา (t) → เวลาที่ใช้ในการคำนวณแต่ละแกนเท่ากัน ($t_x = t_y$)

(3) หลักคำนวณ

$$\begin{aligned} \text{แกน } x; s_x &= v_x t \\ \text{แกน } y; s_y &= u_y t + \frac{1}{2} a_y t^2 \end{aligned}$$

(5 สมการ)

$$\begin{aligned} v_y &= u_y + a_y t \\ v_y^2 &= u_y^2 + 2a_y s_y \\ s_y &= u_y t + \frac{1}{2} a_y t^2 \\ s_y &= v_y t - \frac{1}{2} a_y t^2 \\ s_y &= \left(\frac{u_y + v_y}{2} \right) t \end{aligned}$$

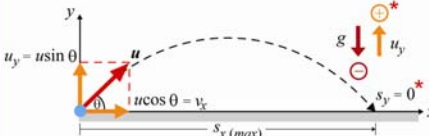
(แกน y ระวังเครื่องหมาย u, s, a, v เวลาคำนวณ ปกติจะให้ทิศ u_y เป็น (+) เสมอ)

B 5 รูปแบบพื้นฐาน

พื้น → พื้น

$$s_y = 0$$

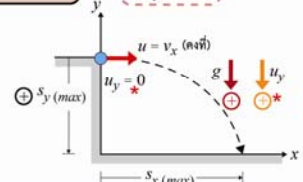
1



ขนาน → พื้น

$$u_y = 0$$

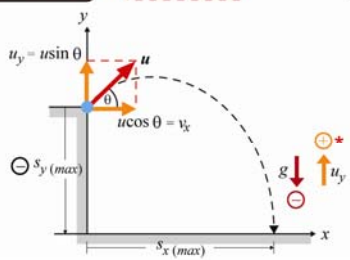
2



มุมเงย → พื้น

$$s_y = \text{ติดลบ}$$

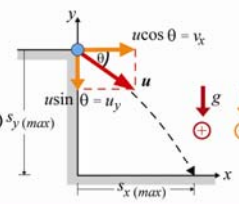
3



มุมก้ม → พื้น

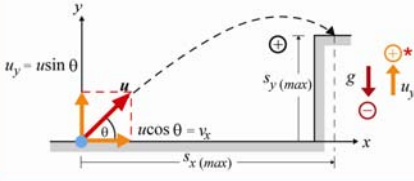
$$s_y, g = \text{เป็นบวก}$$

4



พื้น → อากาศ

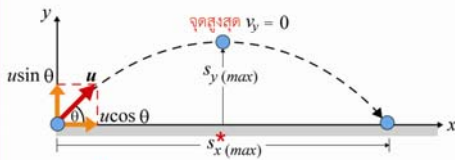
5



ค่า $g = 9.8 \text{ m/s}^2$ ตอนคำนวณจะใช้ 9.8 หรือประมาณ 10 ขึ้นกับการระบุของโจทย์

C 4 สูตรกรณีพิเศษ

(เฉพาะกรณี พ้น - พ้น)



จุดเริ่มต้น - สุดท้าย อยู่ระดับเดียวกัน

$$s_{x(max)} = \frac{u^2 \sin 2\theta}{g} = \frac{u^2 2 \sin \theta \cos \theta}{g}$$

$$s_{y(max)} = \frac{u^2 \sin^2 \theta}{2g}$$

เมื่อ $s_{y(max)}$ = ระยะจากพื้นถึงจุดที่สูงที่สุด

$$\frac{s_{y(max)}}{s_{x(max)}} = \frac{1}{4} \tan \theta \quad \text{ระยะแนวราบต่อแนวตั้ง}$$

$$t_{\text{ขึ้น/จุดสูงสุด}} = \frac{u \sin \theta}{g} ; t_{\text{ขึ้น-ลง}} = 2 \left(\frac{u \sin \theta}{g} \right)$$

u = ความเร็วต้น (m/s)

s_x = ระยะตามแนวราบ (m)

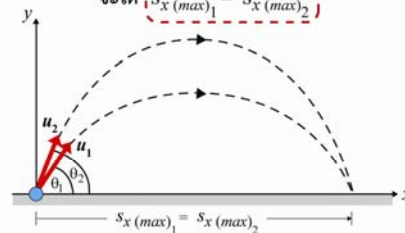
s_y = ระยะตามแนวตั้ง (m)

g = ความเร่งเนื่องจากสนามความโน้มถ่วง (9.8 m/s²)

D 3 สิ่งควรรู้

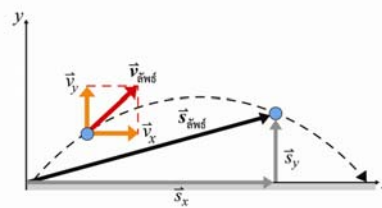
1 (พ้น-พ้น) $\theta = 45^\circ \rightarrow s_{x(max)}$ จะมีค่ามากที่สุด

2 (พ้น-พ้น) ถ้า $\theta_1 + \theta_2 = 90^\circ$ และ $u_1 = u_2$ จะได้ $s_{x(max)_1} = s_{x(max)_2}$



$$3 \quad v_{\text{ลัพธ์}} = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}$$

$$s_{\text{ลัพธ์}} = \sqrt{s_x^2 + s_y^2}$$



θ = มุมยิงวัตถุเริ่มต้น

$v_{\text{ลัพธ์}}$ = ขนาดของความเร็วที่คิดตามแนวเส้นสัมผัสการเคลื่อนที่

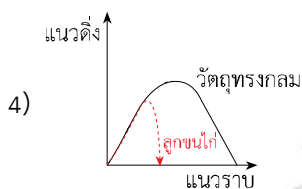
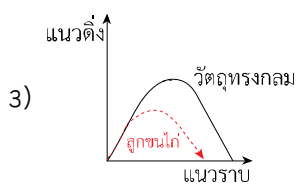
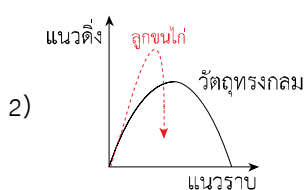
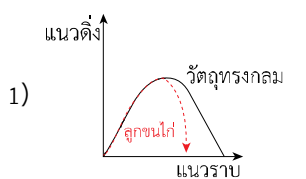
$s_{\text{ลัพธ์}}$ = ขนาดของการกระจัดวัดจากจุดเริ่มต้นไปจุดสุดท้าย



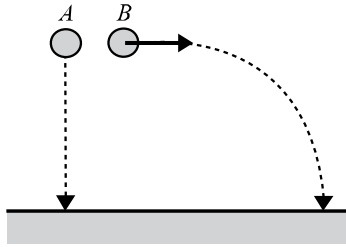
- 5 รูปแบบพื้นฐาน ต้องตั้งสมการและใส่เครื่องหมายบวกลบ ได้แม่นยำ
- 4 สูตรพิเศษ ใช้เมื่อคำนวณ Projectile แบบพ่นสู่พื้นจะช่วยประหยัดเวลา
- 3 สิ่งที่ต้องรู้ จะใช้ประกอบข้อสอบระดับยากขึ้น

แนวข้อสอบ

21. ยิงวัตถุทรงกลมขึ้นท้องฟ้าให้เกิดการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ หากเราเปลี่ยนจากวัตถุดังกล่าวเป็นลูกขนไก่ที่มีมวลเท่ากับวัตถุ ดีให้มีอัตราเร็วต้นเท่าเดิมในทิศทางเดียวกัน ผลของแรงต้านอากาศจะทำให้เส้นทางการเคลื่อนที่แตกต่างไปอย่างไร



22.



A และ B เป็นทรงกลมที่มีรัศมีเท่ากัน แต่มวลของ A เป็นสามเท่าของมวลของ B ถ้าปล่อย A ให้ตกลงในแนวตั้ง พร้อมๆ กับที่ขว้าง B ออกไปในแนวระดับดังรูป ข้อใดต่อไปนี้อาจต้องถ้าไม่คำนึงถึงความต้านทานของอากาศ

- 1) A ตกถึงพื้นก่อน B
- 2) A และ B ตกถึงพื้นด้วยอัตราเร็วเท่ากัน
- 3) A ตกถึงพื้นพร้อมกับ B แต่ A มีอัตราเร็วกระทบพื้นมากกว่า B
- 4) A ตกถึงพื้นพร้อมกับ B แต่ A มีอัตราเร็วกระทบพื้นน้อยกว่า B

23. ยิงวัตถุด้วยความเร็ว 10 เมตรต่อวินาที ทำมุม 30° กับแนวระดับ พบว่าวัตถุไม่โดนเป้าหมาย ขาดไปอีก 1 เมตร ถ้ายิงวัตถุครั้งที่สองด้วยมุมเท่าเดิม ความเร็วที่ยิงจะอยู่ในช่วงใดถึงจะโดนเป้าหมาย (กำหนด $g = 10$ เมตรต่อวินาที²)

- 1) (10.0, 10.4] เมตรต่อวินาที
- 2) (10.4, 10.6] เมตรต่อวินาที
- 3) (10.6, 10.8] เมตรต่อวินาที
- 4) (10.8, 11.0] เมตรต่อวินาที

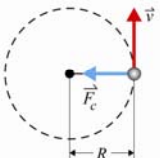


การเคลื่อนที่วงกลมและดวงดาว



การเคลื่อนที่วงกลม

A พื้นฐาน



การเคลื่อนที่วงกลมจะเกิด

$\vec{F}_c$ = แรงเข้าสู่ศูนย์กลางของวงกลม

$\vec{v}$ = ความเร็วในแนวเส้นสัมผัสของวงกลม

โดยที่ R = รัศมีการเคลื่อนที่เป็นวงกลม

B สมการการเคลื่อนที่วงกลม

อาจมีมากกว่า 1 แรง

ให้ทิศเข้าสู่ศูนย์กลางเป็นบวก (+)

การแตกแรง → ตั้งแกน

ตามแนวเข้าสู่ศูนย์กลาง $F_c \rightarrow a_c$

แนวสัมผัสวงกลม $F_T \rightarrow a_T$

$F_c = ma_c = \frac{mv^2}{R} = m\omega^2 R$

$a_c = \frac{v^2}{R} = \omega^2 R$

$a_{\text{รวม}} = \sqrt{a_c^2 + a_T^2}$

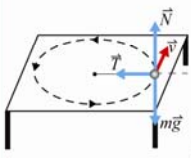
$v = \omega R$

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

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

C การคำนวณการเคลื่อนที่วงกลม 7 รูปแบบ

C1 แกว่งเป็นวงกลมบนโต๊ะระดับ



จาก $F_c = \frac{mv^2}{R} = m\omega^2 R$

$T^* = \frac{mv^2}{R} = m\omega^2 R$

(แนวเข้าสู่ศูนย์กลางมี T แรงเดียว)

C2 มอเตอร์ไซค์ไถ่ถัง

$f = mg$ (สมดุล)

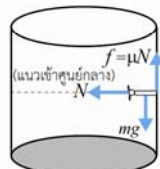
$\mu N = mg$ — (1)

$N = \frac{mv^2}{R}$ — (2)

(1) $\mu = \frac{Rg}{v^2}$

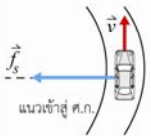
(2)

(N จะเป็นแรงเข้าสู่ศูนย์กลางวงกลม)



C3 รถวิ่งบนถนนโค้ง

: ไม่หลุดโค้งเพราะมีความฝืดจากแรงเสียดทาน



$F_c = \frac{mv^2}{R} = m\omega^2 R$

$f_s^* = \frac{mv^2}{R} = m\omega^2 R$

Note : กรณี

$v_{\text{max}} \rightarrow f_{s(\text{max})} = \mu_s N$

(อัตราเร็วสูงสุดที่ยังไม่หลุดโค้ง)

C4 การแกว่งเป็นกรวยกลมด้วยอัตราเร็วคงที่

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

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

$F \uparrow = F \downarrow$

$T \cos \theta^* = mg$ — (2)

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

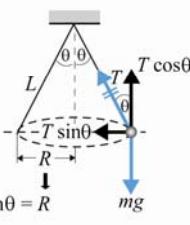
(2)

Note

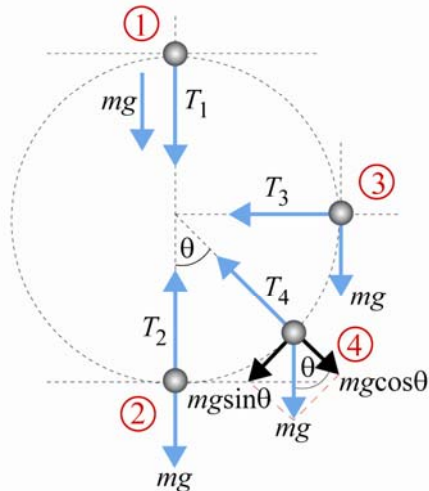
1) รัศมีวงกลมคือระยะนับที่เป็นวงกลมบนพื้นที่ยึดราบ

2) ใช้ $v = \omega R = \frac{2\pi R}{T}$ แทนค่าจะได้

$T = 2\pi \sqrt{\frac{L \cos \theta}{g}}$ (คาบ)



C5 การแกว่งเป็นวงกลมในแนวตั้ง



การคำนวณในแนวเข้าสู่ศูนย์กลาง

$$\text{จาก } F_c = \frac{mv^2}{R} = m\omega^2 R$$

- ① $T_1 + mg^* = \frac{mv_1^2}{R}$ (ตำแหน่งสูงสุด)
- ② $T_2 - mg^* = \frac{mv_2^2}{R}$ (ตำแหน่งต่ำสุด)
- ③ $T_3^* = \frac{mv_3^2}{R}$ (ตำแหน่งเชือกแนวระดับ)
- ④ $T_4 - mg\cos\theta^* = \frac{mv_4^2}{R}$ (ตำแหน่งทำมุม θ กับแนวตั้ง)

Note 1) กรณีที่ ③ และ ④ จะมีความเร็วในแนวเส้นสัมผัสวงกลม (∴ จะมีความเร็วในแนวสัมผัส)

2) อัตราเร็วต่ำสุดที่พอดีทำให้เคลื่อนที่เป็นวงกลมได้พอดี

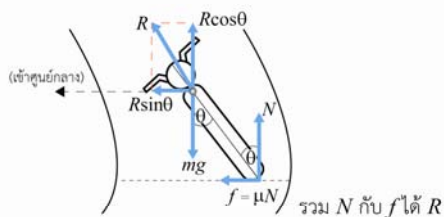
$$\textcircled{1} v_1 = \sqrt{Rg}$$

$$\textcircled{2} v_2 = \sqrt{5Rg}$$

$$\textcircled{3} v_3 = \sqrt{3Rg}$$

C6 รถ, มอเตอร์ไซด์โค้งทางโค้ง

มอเตอร์ไซด์เข้าโค้ง ; หามุมเอียงเมื่อเข้าโค้ง



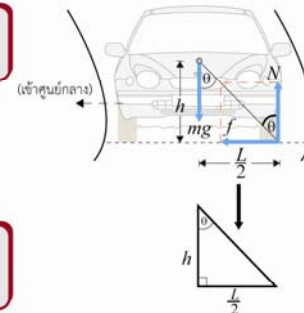
$$R\sin\theta = f^* = \frac{mv^2}{R} \quad \text{--- ①}$$

$$R\cos\theta = N = mg \quad \text{--- ②}$$

รถยนต์เข้าโค้ง ; หา v มากสุดเมื่อเข้าโค้ง

$$\textcircled{1} \tan\theta = \frac{v^2}{Rg}$$

$$\textcircled{2} \tan\theta = \frac{(\frac{L}{2})}{h}$$

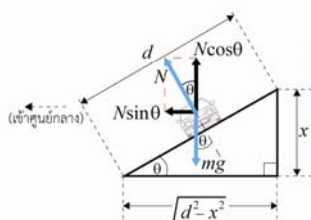


Note

- 1) มุม θ ณ ความเร็ว v และถนน R ที่มากที่สุดที่ยังไม่คว่ำ
- 2) การเข้าโค้งของรถยนต์ขึ้นกับ R , v และ θ ซึ่งกำหนดได้จากรูปร่างของรถ



C7 มุมยกพื้นถนนสำหรับรถวิ่งทางโค้ง



$$* N\sin\theta = \frac{mv^2}{R} \quad \text{--- ①}$$

$$N\cos\theta = mg \quad \text{--- ②}$$

(สมมติ)

$$\textcircled{1} \tan\theta = \frac{v^2}{Rg} = \frac{x}{\sqrt{d^2 - x^2}}$$

D การเคลื่อนที่ของดวงดาว

กฎแรงดึงดูดระหว่างมวลของนิวตัน

$$* F = \frac{Gm_1 m_2}{R^2} \quad (\text{กฎพื้นฐาน})$$

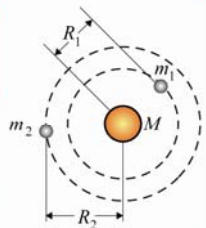
$$* mg = \frac{GMm}{R^2}$$

หา g

$$g = \frac{GM}{R^2}$$

$$\frac{g_1}{g_2} = \frac{R_2^2}{R_1^2}$$

● ศูนย์กลางวงกลม
เป็นดาวดวงเดียวกัน

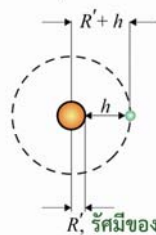


$$g = \frac{GM}{R^2} = \frac{G\rho V}{R^2} = \frac{G\rho(\frac{4}{3}\pi R^3)}{(R+h)^2}$$

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

$$M = \rho V = \rho(\frac{4}{3}\pi R^3)$$

● ถ้าดาวที่เป็นศูนย์กลางวงกลมเป็นคนละดวงกัน



R' , รัศมีของดาว

$$* \frac{mv^2}{R} = \frac{GMm}{R^2}$$

หา v, ω, f, T

$$v = \sqrt{\frac{GM}{R}} \quad \text{ความเร็วค้างฟ้า}$$

$$v = \omega R = 2\pi f R$$

หา f, T

$$\omega = 2\pi f$$

$$\frac{1}{f} = T = 2\pi \sqrt{\frac{R^3}{GM}}$$

f หรือ T ของการโคจรจะขึ้นกับรัศมีโคจร (R)
และมวลดาวของศูนย์กลาง (M)

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

$$T^2 \propto R^3 ; \text{ เมื่อ } M \text{ คงที่}$$

$$\frac{T_1^2}{T_2^2} = \frac{R_1^3}{R_2^3} \quad (\text{ใช้เมื่อเปรียบเทียบโดยดาวที่เป็นศูนย์กลางวงกลมเป็นดาวดวงเดียวกัน})$$

$$T^2 \propto \frac{R^3}{M} \quad (\text{ถ้าดาวที่เป็นศูนย์กลางวงกลมเป็นคนละดวงกัน})$$

G = ค่าโน้มถ่วงสากล $6.67 \times 10^{-11} \text{ N.m}^2/\text{kg}^2$

m = มวลของดาว (หรือดาวเทียม) ที่โคจรโดยรอบ (kg)

ω = อัตราเร็วเชิงมุม (rad/s)

T = คาบ (เวลาในการโคจร 1 รอบ), f = ความถี่ (รอบ/เวลา)

R = ระยะห่างจากจุดศูนย์กลางของมวลทั้งสอง (m)

v = ความเร็วในการโคจรรอบเป็นวงกลม (ความเร็วค้างฟ้า) (m/s)

R' = รัศมีของดาว (m)

h = ความสูงจากผิวดาวที่เป็นศูนย์กลางวงโคจร (m)

ρ = ความหนาแน่นของดาว (kg/m^3)

M = มวลของดาวที่เป็นศูนย์กลางวงโคจร (kg)

g = ความเร่งจากสนามความโน้มถ่วง (m/s^2)

แนวข้อสอบ

-
- A diagram showing a satellite in orbit around the Earth. The Earth is depicted as a sphere with visible continents and oceans. A dashed line represents the satellite's elliptical orbit. The satellite is shown as a small object with solar panels, positioned on the right side of the orbit.

$$(3) \quad v = \sqrt{\frac{GM}{r}}$$

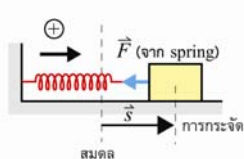
4) ในขณะที่ดาวเทียมกำลังโคจรเป็นวงกลมรอบโลกด้วยอัตราเร็วคงที่ จะมีความเร่งเป็นศูนย์

การเคลื่อนที่แบบซิมเปิลฮาร์โมนิก

การเคลื่อนที่แบบ Simple Harmonic

A พื้นฐาน

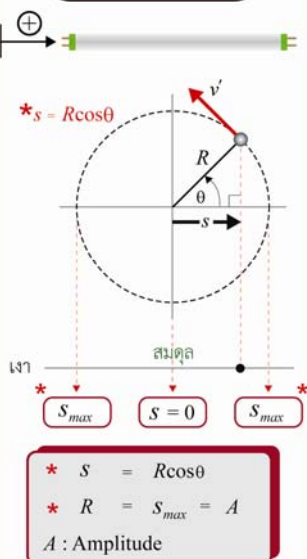
การเคลื่อนที่แบบ SHM คือ การเคลื่อนที่กลับไป-มาซ้ำรอยเดิมอย่างสม่ำเสมอ



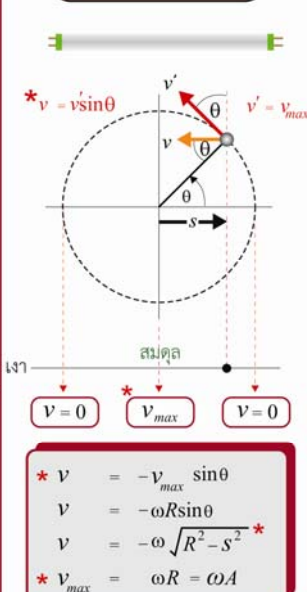
$$\left. \begin{array}{l} \vec{F} \propto -\vec{s} \\ \downarrow (F=ma) \\ \vec{a} \propto -\vec{s} \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{แรง (F) และความเร่ง (a) แปรผันตรงกับ การกระจัด (s)} \\ \text{แต่ทิศทางตรงข้าม (เครื่องหมายต่างกัน)} \end{array}$$

B สมการพื้นฐาน

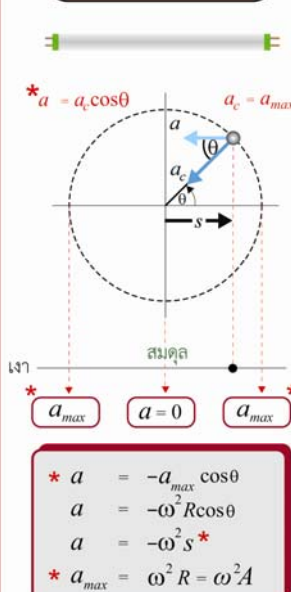
การกระจัด (s)



ความเร็ว (v)



ความเร่ง (a)



Note

- 1) $\theta = \omega t$ (ถ้ามุมเฟสเริ่มต้น = 0 rad) ; $\theta = \omega t + \theta_i$ (ถ้าเฟสเริ่มต้น = θ_i)

	(s)	(v)	(a)
แกน SHM : x	$R \cos \theta$	$-\omega R \sin \theta$	$-\omega^2 R \cos \theta$
แกน SHM : y	$R \sin \theta$	$\omega R \cos \theta$	$-\omega^2 R \sin \theta$

- 3) สมการช่วย

$$\theta = \frac{s}{R} ; \omega = \frac{v}{R} ; \alpha = \frac{a_T}{R}$$

$$\omega = \frac{\theta}{t} = 2\pi f = \frac{2\pi}{T} \quad f = \frac{1}{T}$$

หน่วย (S.I.)

$\omega = \text{rad/s}$

$\theta = \text{rad}$

$R = \text{m}$

$a_T = \text{ความเร่งในแนวเส้นสัมผัสวงกลม}$

D SHM รูปพิเศษ

จาก $\vec{F} = m\vec{a}$ → $\vec{F} = -(m\omega^2)\vec{s}$ ← $\vec{F} \propto -\vec{s}$

(SHM) → $\vec{a} = -\omega^2\vec{s}$ ← $k = m\omega^2$ ← $\vec{F} = -k\vec{s}$

พลังงานของ SHM

$$\Sigma E = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}ks^2$$

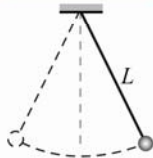
$\left[\begin{matrix} s_{max} = A \\ v = 0 \end{matrix} \right] \bullet \Sigma E = \frac{1}{2}kA^2 = \frac{1}{2}m\omega^2A^2$

- k = ค่าคงที่ SHM
- ΣE = พลังงานรวม (J)
- A = Amplitude (=R) : (m)
- ω = อัตราเร็วเชิงมุม (rad/sec)

• คาบ (T) ของ SHM แบบต่างๆ

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

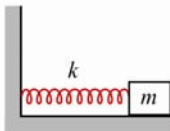
1 ลูกตุ้มนาฬิกา



$$*T = \frac{1}{f} = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$$

L = ความยาวเชือก (pendulum, m)
 g = ค่าโน้มถ่วงของโลก (g โลก = 9.8 m/s^2)
 θ = มุมระหว่างเชือกกับแนวตั้ง
 m = มวลวัตถุ (kg)

2 Spring



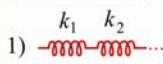
$$*T = \frac{1}{f} = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$$

สมการ spring

$$\vec{F} = -k\vec{s}^*$$

$$E_{ps} = \frac{1}{2}ks^2$$

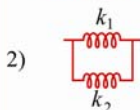
การต่อ spring



1) k_1, k_2

1.อนุกรม

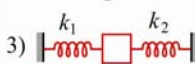
$$\frac{1}{k_{รวม}} = \frac{1}{k_1} + \frac{1}{k_2} + \dots$$



2) k_1, k_2

2.ขนาน

$$k_{รวม} = k_1 + k_2 + \dots$$



3) k_1, k_2

3.

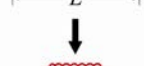
$$k_{รวม} = k_1 + k_2$$

การตัด spring → k มากขึ้น (เป็นส่วนกลับ)

Ex



→ k



→ $2k$

$$k \propto \frac{1}{L}$$

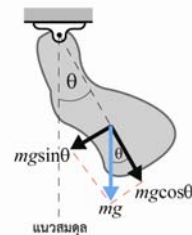
3 SHM แบบอื่นๆ

จาก $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$

k = ค่าคงที่ SHM

1. Physical pendulum

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{I}{mgr}}$$



note $I = I_{CM} + mr^2$

I = โมเมนต์ความเฉื่อยรอบจุดหมุน

I_{CM} = โมเมนต์ความเฉื่อยรอบจุด CM

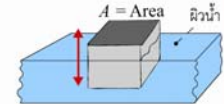
r = ระยะจากจุดหมุนถึงจุด CM

2. วัตถุลอยน้ำ

$$k = \rho_{เหลว} g A$$

A = พื้นที่หน้าตัดวัตถุ

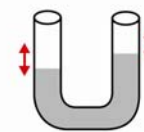
$\rho_{เหลว}$ = ความหนาแน่นของเหลว



3. หลอดรูปตัว U

$$k = 2\rho_{เหลว} g A$$

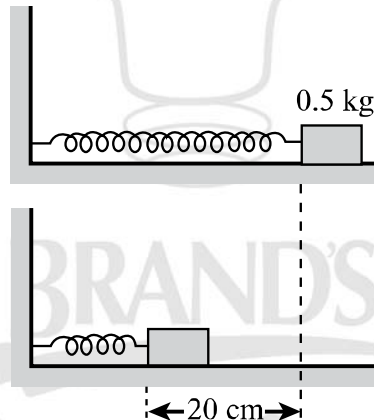
A = พื้นที่หน้าตัดของหลอด



แนวข้อสอบ

27. ข้อใดต่อไปนี้ไม่ได้ทำให้วัตถุมีการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย
- 1) แขนงลูกตุ้มด้วยเชือกในแนวตั้ง ผลักลูกตุ้มให้แกว่งเป็นวงกลม โดยเส้นเชือกทำมุมคงตัวกับแนวตั้ง
 - 2) แขนงลูกตุ้มด้วยเชือกในแนวตั้ง ดึงลูกตุ้มออกมาจนเชือกทำมุมกับแนวตั้งเล็กน้อยแล้วปล่อยมือ
 - 3) ผูกวัตถุกับปลายสปริงในแนวระดับ ดึงอีกด้านของสปริงไว้ ดึงวัตถุให้สปริงยืดออกเล็กน้อย แล้วปล่อยมือ
 - 4) ผูกวัตถุกับปลายสปริงในแนวตั้ง ดึงอีกด้านของสปริงไว้ ดึงวัตถุให้สปริงยืดออกเล็กน้อย แล้วปล่อยมือ
28. ลูกตุ้มทรงกลมมวล m ผูกติดกับเชือกเบายาว L เมตร โดยที่ปลายเชือกอีกข้างหนึ่งตรึงไว้กับเพดาน แล้วแกว่งเชือกให้ลูกตุ้มเคลื่อนที่ตามแนววงกลมในแนวระนาบระดับจนเชือกทำมุม θ กับแนวตั้ง จงหาคาบการเคลื่อนที่ของลูกตุ้ม
- 1) $2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$
 - 2) $2\pi\sqrt{\frac{L \cos \theta}{g}}$
 - 3) $2\pi\sqrt{\frac{L \sin \theta}{g}}$
 - 4) $2\pi\sqrt{\frac{L}{g \tan \theta}}$

29.



อัดสปริงซึ่งวางอยู่ในแนวราบบนพื้นราบลื่นด้วยมวล 0.5 กิโลกรัม ทำให้สปริงถูกกดเข้าไป 20 เซนติเมตร ดังรูป หลังจากนั้นปล่อยให้สปริงคืนมวลออกไป ความเร็วสูงสุดที่มวลจะมีได้คือเท่าใด ถ้าสปริงมีค่าคงตัว 200 นิวตันต่อเมตร

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

การเคลื่อนที่แบบหมุน

การเคลื่อนที่แบบหมุน

* จะศึกษาเปรียบเทียบ ค่าเชิงเส้น กับ เชิงมุม

ค่าเชิงเส้น

1 การกระจัด, ความเร็ว, ความเร่ง

การกระจัด : s (ม : เมตร)

ความเร็ว : $v = \frac{s}{t} \left(\frac{\text{m}}{\text{s}} \right)$

ความเร่ง : $a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1} \left(\frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right)$

$$\theta = \frac{s}{R}$$

$$\omega = \frac{v}{R}$$

$$\alpha = \frac{a_r}{R}$$

ค่าเชิงมุม

$2\pi \text{ rad} = 360^\circ$ (องศา)

$\pi \text{ rad} = 180^\circ$

θ (เรเดียน : rad)

$\omega = \frac{\theta}{t} \left(\frac{\text{rad}}{\text{s}} \right)$

$\alpha = \frac{\Delta \omega}{\Delta t} = \frac{\omega_2 - \omega_1}{t_2 - t_1}$

$\omega = 2\pi f; f = \frac{1}{T}$

การเปรียบเทียบ

$s \rightarrow \theta$

$v \rightarrow \omega$

$a \rightarrow \alpha$

$f = \text{ความถี่ (Hz : รอบ/วินาที)}$
 $T = \text{คาบ (วินาที/รอบ)}$

2 สมการการเคลื่อนที่ (a คงที่)

① $v = u + at$

② $s = \frac{(u + v)}{2} t$

③ $s = ut + \frac{1}{2} at^2$

④ $s = vt - \frac{1}{2} at^2$

⑤ $v^2 = u^2 + 2as$

สมการการเคลื่อนที่เชิงมุม (α คงที่)

$$\omega_2 = \omega_1 + \alpha t$$

$$\theta = \left(\frac{\omega_1 + \omega_2}{2} \right) t$$

$$\theta = \omega_1 t + \frac{1}{2} \alpha t^2$$

$$\theta = \omega_2 t - \frac{1}{2} \alpha t^2$$

$$\omega_2^2 = \omega_1^2 + 2\alpha \theta$$

$u \rightarrow \omega_1$

$v \rightarrow \omega_2$

$\theta = \text{การกระจัดเชิงมุม}$

$\omega = \text{ความเร็วเชิงมุม}$

$\alpha = \text{ความเร่งเชิงมุม}$

$R = \text{รัศมีการหมุน}$

3 ปริมาณด้านการเปลี่ยนสภาพเคลื่อนที่

มวล : m

ปริมาณด้านการเปลี่ยนสภาพหมุน

โมเมนต์ความเฉื่อย : $I_{CM} = \frac{1}{2}mR^2$ ($\text{kg} \cdot \text{m}^2$)

Note. ถ้ามีการเลื่อนแกนการหมุน

$$I_{รวม} = I_{CM} + \Sigma mr^2$$

$m \rightarrow I$

$m = \text{มวล}$

$r = \text{ระยะจากจุดหมุนถึงจุดศูนย์กลางมวล}$

$I = \text{โมเมนต์ความเฉื่อย}$

4 แรง (Force)

$$F = ma$$

ทอร์ก (Torque)

$$\tau = I\alpha$$

$$\tau = Fd$$

(moment)

$F \rightarrow \tau$

$F = \text{แรง}$

$d = \text{ระยะทางจากจุดหมุนถึงแนวแรงในแนวตั้งฉาก}$

5 โมเมนตัม

$$P = mv$$

โมเมนตัมเชิงมุม

$$L = I\omega = mVR$$

$P \rightarrow L$

$L = \text{โมเมนตัมเชิงมุม}$

$R = \text{รัศมีการหมุน}$

6 การดลเชิงเส้น

$$F = ma = m \left(\frac{\Delta v}{\Delta t} \right)$$

$$F = \frac{\Delta(mv)}{\Delta t} = \frac{\Delta P}{\Delta t}$$

การดลเชิงมุม

$$\tau = \frac{\Delta L}{\Delta t}$$

$F \rightarrow \tau$

7 พลังงานจลน์เชิงเส้น

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

พลังงานจลน์เชิงมุม

$$E_{k_R} = \frac{1}{2}I\omega^2$$

$$\text{พลังงานจลน์รวม } E_{k_{รวม}} = E_{k(\text{เส้น})} + E_{k(\text{หมุน})} = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}I\omega^2$$

$E_{k_R} = \text{พลังงานจลน์เชิงมุม}$

8 กฎการอนุรักษ์โมเมนตัม

$$\Sigma P_{\text{ก่อน}} = \Sigma P_{\text{หลัง}}$$

กฎการอนุรักษ์โมเมนตัมเชิงมุม

$$\Sigma L_{\text{ก่อน}} = \Sigma L_{\text{หลัง}}$$

$$I_1\omega_1 = I_2\omega_2$$

9 ทิศทางปริมาณในการหมุน

การหาทิศ $\Delta\vec{\theta}$ *
 กำมือขวาตามทิศ θ (การหมุน)
 $\rightarrow \Delta\theta$ ทิศตามนิ้วโป้งขวา

การหาทิศ $\Delta\vec{\omega}$ **
 • $\vec{\omega}$ เพิ่ม $\rightarrow$ กำตามทิศการหมุน
 โป้งขวา คือทิศ $\Delta\vec{\omega}$
 • $\vec{\omega}$ ลด $\rightarrow$ กำตามทิศการหมุนและกลับมือ
 โป้งขวา คือทิศ $\Delta\vec{\omega}$

$\vec{\omega} = \frac{\Delta\vec{\theta}}{\Delta t}$
 $\therefore \Delta\vec{\theta}$ กับ $\vec{\omega}$ มีทิศเดียวกัน

Right
 Right
 Right
 ลด ($\omega_1 < \omega_2$)

จาก $\Delta\vec{\omega} \rightarrow$ หา $\vec{\alpha} \rightarrow \vec{\alpha} = \frac{\Delta\vec{\omega}}{\Delta t}$
 จาก $\vec{\alpha} \rightarrow$ หา $\vec{\tau} \rightarrow \vec{\tau} = I\vec{\alpha}$
 จาก $\vec{\tau} \rightarrow$ หา $\Delta\vec{L} \rightarrow \vec{\tau} = \frac{\Delta\vec{L}}{\Delta t}$

**** $\Delta\vec{\omega}, \vec{\alpha}, \vec{\tau}$ และ $\Delta\vec{L}$ มีทิศทางเดียวกัน**

10 เรื่องราวเกี่ยวกับโมเมนต์ความเฉื่อย (I) ; หน่วย kg.m^2

- I สมการทั่วไป $I = mR^2$
 m = มวล (kg)
 R = ระยะจากแกนหมุนไปจุดศูนย์กลางมวล
- II มีมวลมากกว่า 1 ชิ้น $I = \sum_{i=1}^n m_i R_i^2$
- III แกนกลางมีโมเมนต์ความเฉื่อย (มีมวล) $I_{\text{รวม}} = I_{\text{แกน}} + \sum_{i=1}^n m_i R_i^2$
- IV I ของวัตถุรูปร่างต่างๆ $I_{CM} = k(mR^2)$; k = ค่าคงที่ (ขึ้นอยู่กับลักษณะวัตถุ)

วงแหวน

$I_{CM(y)} = mR^2$ $I_{CM(x)} = \frac{1}{2} mR^2$

ทรงกลมกลวง

$I_{CM} = \frac{2}{3} mR^2$

ทรงกระบอก

$I_{CM(x)} = \frac{1}{4} mR^2 + \frac{1}{12} mL^2$
 $I_{CM(y)} = \frac{1}{2} mR^2$

แผ่นกลมบาง

$I_{CM(y)} = \frac{1}{2} mR^2$ $I_{CM(x)} = \frac{1}{4} mR^2$

ทรงกลมตัน

$I_{CM} = \frac{2}{5} mR^2$

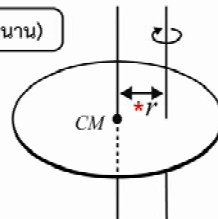
แท่งยาว

$I_{CM} = \frac{1}{12} mL^2$

V I กรณีย้ายแกนออกจากจุด CM (ทฤษฎีแกนขนาน)

$I = I_{CM} + mr^2$
 $= k(mR^2) + mr^2$

I_{CM} = โมเมนต์ความเฉื่อยของวัตถุเมื่อแกนหมุนอยู่ที่จุด CM (center of mass)
 r = ระยะที่เปลี่ยนแกนจากแกน CM เดิม (เมตร)



แกนใหม่ขนานกับแกนเดิม

แผ่นเหลี่ยมบาง

$I_{CM} = \frac{1}{12} m(a^2 + b^2)$

แนวข้อสอบ

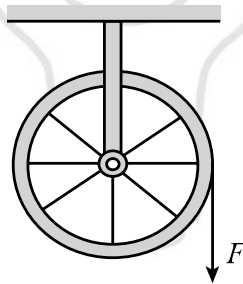
30. จงพิจารณาข้อความต่อไปนี้

- ก. ทรงกลมตันและทรงกลมกลวงที่มีมวลเท่ากัน มีรัศมีเท่ากัน กลิ้งโดยไม่ไถล ด้วยอัตราเร็วเท่ากัน ทรงกลมตันจะมีพลังงานจลน์น้อยกว่าทรงกลมกลวง
- ข. เมื่อผูกเชือกแขวนค้อนให้สมดุลในแนวระดับได้ แสดงว่าตำแหน่งที่ผูกเชือกนั้นเป็นตำแหน่งที่มวลด้านซ้าย เท่ากับมวลด้านขวา
- ค. ทุกตำแหน่งบนวัตถุหมุนมีอัตราเร็วเชิงมุมเท่ากัน

มีข้อความที่ถูกต้องกี่ข้อความ

- 1) 1 ข้อความ
- 2) 2 ข้อความ
- 3) 3 ข้อความ
- 4) ไม่มีข้อความใดถูกต้อง

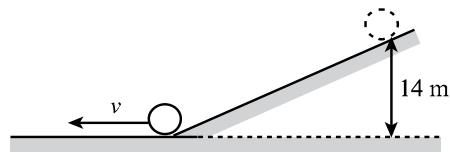
31.



ตามรูปเป็นวงล้อรัศมี 20 เซนติเมตร มีแกนหมุนสั้น และมีโมเมนต์ความเฉื่อยรอบแกนหมุนเท่ากับ $0.4 \text{ กิโลกรัม} \cdot \text{เมตร}^2$ วงล้อนี้ถูกพันไว้ด้วยเส้นเชือกขนาดเล็กและเบาจำนวนหลายรอบ ถ้าออกแรง F ขนาดคงที่เท่ากับ 5 นิวตัน ดึงปลายเชือก จงหาความยาวของเชือกที่ถูกดึงออกมาได้ในเวลา 1 วินาที ทั้งนี้กำหนดว่าวงล้อเริ่มหมุนจากหยุดนิ่ง (ให้ตอบในหน่วยเมตร)

- 1) 0.1
- 2) 0.25
- 3) 10
- 4) 25

32.



ลูกบิลเลียดมวล M รัศมี R มีโมเมนต์ความเฉื่อย $\frac{2}{5} MR^2$ เดิมอยู่นิ่งๆ บนพื้นเอียงสูง 14 เมตร กลิ้งลงมาตามพื้นเอียง เมื่อถึงพื้นราบลูกบิลเลียดนี้มีความเร็วเท่าใด

- 1) 14 m/s
- 2) 15 m/s
- 3) 16 m/s
- 4) 17 m/s



คลื่น

Wave

1. ประเภท

A

(ชนิด)

(วิธีจำแนก)

(ตัวอย่าง)

คลื่นกล

ใช้ตัวกลาง

ex คลื่นน้ำ, คลื่นเสียง

คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

ไม่ใช้ตัวกลาง

ex แสง, คลื่นวิทยุ

B

คลื่นตามขวาง

ตัวกลางสั่นตั้งฉากทิศคลื่น

ex คลื่นในเส้นเชือก, คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

คลื่นตามยาว

ตัวกลางสั่นขนานทิศคลื่น

ex เสียง, คลื่นจากการอัดสปริง

C

คลื่นตล

เกิดไม่ก่อกคลื่น

ex คลื่นในการโยนก้อนหินลงน้ำ

คลื่นต่อเนื่อง

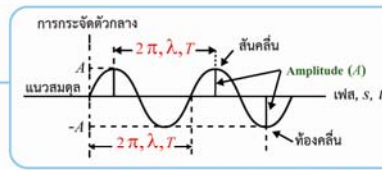
เกิดต่อเนื่อง

ex คลื่นในทะเล

ระวัง! มีความเข้าใจผิดกันมากกว่า "คลื่นน้ำ เป็นคลื่นตามขวาง" แท้จริงแล้ว คลื่นน้ำเป็นคลื่นที่มีลักษณะผสมระหว่างคลื่นตามยาวและคลื่นตามขวาง

2. ส่วนประกอบ

กราฟ



v = ความเร็วคลื่น (เมตร/วินาที)
 T = คาบ (วินาที/รอบ)
 f = ความถี่ (รอบ/วินาที : Hz)
 t = เวลา (วินาที)
 s = ระยะทาง (เมตร)

สมการความเร็วคลื่น

$$v = \frac{s}{t} = \frac{\lambda}{T} = f\lambda$$

เฟส

เทียบเฟส 1 รอบคลื่น

$$\frac{(\phi)}{2\pi} : \frac{(s)}{\lambda} : \frac{(t)}{T}$$

$\Delta\phi$ = ความต่างเฟส
 Δx = ระยะห่าง
 Δt = ผลต่างเวลา

$$\Delta\phi = 2\pi \frac{(\Delta x)}{\lambda} = 2\pi \frac{(\Delta t)}{T} = 2\pi (\Delta t)f$$

1 เฟสตรงกัน

Δx	$\Delta\phi$	Δt
$\lambda, 2\lambda, 3\lambda, \dots, n\lambda$	$2\pi, 4\pi, 6\pi, \dots, 2n\pi$	$T, 2T, 3T, \dots, nT$
$\frac{\lambda}{2}, \frac{3\lambda}{2}, \frac{5\lambda}{2}, \dots, \frac{(n-1)\lambda}{2}$	$\pi, 3\pi, 5\pi, \dots, (2n-1)\pi$	$\frac{T}{2}, \frac{3T}{2}, \dots, \frac{(n-1)T}{2}$

2 เฟสตรงกันข้าม

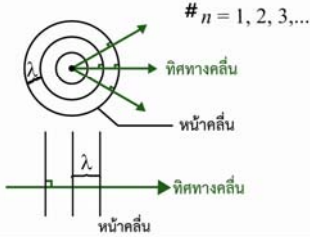
3. แหล่งกำเนิด

จุด

→ หน้าคลื่นวงกลม

เส้นยาว

→ หน้าคลื่นตรง



Wave

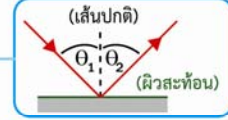
4. สมบัติ

I การสะท้อน

กฎ

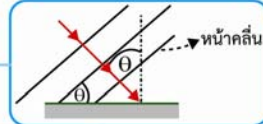
1. มุมตกกระทบ (θ_1) = มุมสะท้อน (θ_2)

2. ทิศทางของคลื่นตกกระทบ, สะท้อนและ
เส้นปกติอยู่ในระนาบเดียวกัน



!

มุมตกกระทบ = มุมที่ทิศทางของคลื่นตกกระทบ (รังสี)
ทำกับเส้นปกติ หรือ
= มุมที่หน้าคลื่นทำกับผิวสะท้อน



การสะท้อนจุดปลาย

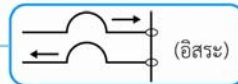
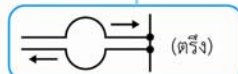
ตรง

เฟสตรงกันข้าม (เปลี่ยน $\pi = 180^\circ$)

เฟสของคลื่นสะท้อน

อิสระ

เฟสตรงกัน



รูปร่าง

ผิวสะท้อน	หน้าคลื่นตกกระทบ	หน้าคลื่นสะท้อน
ตรง	 คลื่นหน้าตรง	 ยังคงเป็นคลื่นหน้าตรง
	 แหล่งกำเนิดคลื่นเป็นจุด	 แหล่งกำเนิดคลื่นเหมือน
วงกลม	 คลื่นวงกลม	 คลื่นวงกลม
พาราโบลา	 คลื่นตกกระทบเคลื่อนที่ออกจากจุดโฟกัส	 คลื่นสะท้อนเป็นคลื่นหน้าตรง
	 คลื่นตกกระทบหน้าตรง	 คลื่นสะท้อนมารวมที่จุดโฟกัส

Wave

(สมบัติพื้นฐานของคลื่น)

2 การหักเห

นิยาม

การเปลี่ยนตัวกลางในการเคลื่อนที่แล้วทำให้ความเร็วคลื่น (v), ความยาวคลื่น (λ) เปลี่ยนไป โดยทิศทางอาจเปลี่ยนหรือไม่ก็ได้

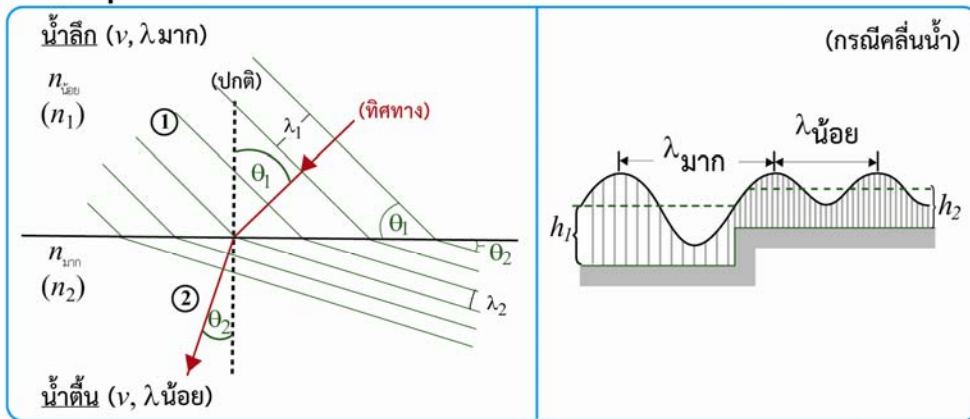
$$v = \frac{s}{t} = \frac{\lambda}{T} = f\lambda$$

สมการ

$$n_2 = \frac{n_1}{\sin \theta_1} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{v_1}{v_2} = \sqrt{\frac{h_1}{h_2}}$$

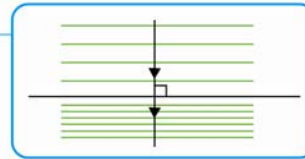
$$v = \sqrt{gh} \text{ (กรณีน้ำลึกไม่มาก)}$$

! f (ความถี่) จะคงเดิมเสมอ (เท่ากับแหล่งกำเนิด)



กรณีพิเศษ

1 มุมตกกระทบตั้งฉากผิวรอยต่อ



! ทิศทางคลื่นไม่เปลี่ยนแปลง (แต่ λ , v , ยังคงเปลี่ยน)

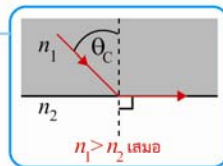
2 มุมวิกฤติ

$$\theta_{\text{ตก}} < \theta_c \text{ หักเหปกติ}$$

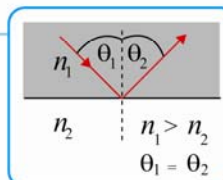
$$\theta_{\text{ตก}} = \theta_c \text{ ภาวะวิกฤติ}$$

จะเกิดได้เมื่อ $n_1 > n_2$

$$\theta_{\text{ตก}} > \theta_c \text{ ภาวะสะท้อนกลับหมด}$$



$$n_2 = \frac{n_1}{\sin \theta_c} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{v_1}{v_2}$$



ใช้สมการหักเหไม่ได้

(สมบัติพื้นฐานของคลื่น)

3 การแทรกสอด

นิยาม

เกิดจากคลื่นมากกว่า 2 คลื่น เคลื่อนที่มาพบกันและก่อให้เกิดการรวมกันแบบเสริมหรือหักล้างกัน

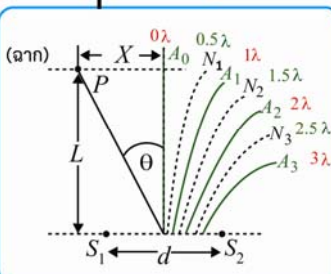
การคำนวณ

เงื่อนไขใช้สูตร

เมื่อเป็นแหล่งกำเนิดอาพันธ์

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

(a) 2 แหล่งกำเนิด



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

เมื่อ S_1, S_2 มีเฟสตรงกัน

$\boxed{A}$ Antinode (ปฏิบัติ)

$\boxed{N}$ Node (ปฏิบัติ)

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

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



แนวกลางเป็น A_0

A เป็นตัวจำนวนเต็ม λ

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

เมื่อ S_1, S_2 มีเฟสตรงกันข้าม



แนวกลางเปลี่ยนจาก A_0 เป็น N_0

ให้กลับสูตร A กับ N

(b) คลื่นนิ่ง (Standing Wave)

นิยาม

เกิดจากคลื่น 2 ขบวน มี Amplitude, λ , v เท่ากันวิ่งสวนกันในแนวเส้นตรง

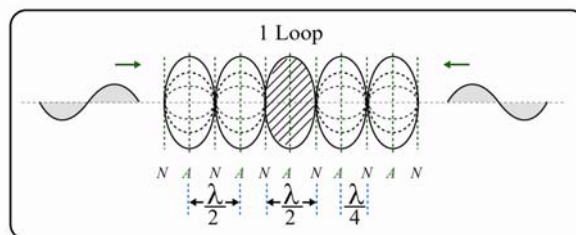
หลักการ

$$* \quad \left. \begin{array}{l} \text{ระยะ } A \text{ ถึง } A \\ \text{หรือ } N \text{ ถึง } N \end{array} \right\} = \frac{\lambda}{2} \quad (1 \text{ Loop})$$

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

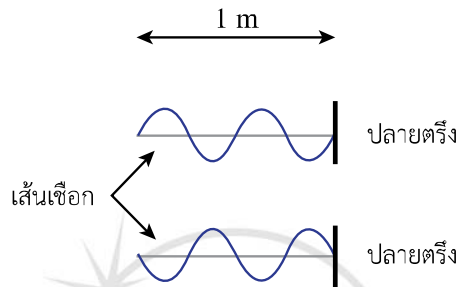
* ถ้าเฟสตรงกัน $\rightarrow$ ตำแหน่งกึ่งกลางเป็น A

* ถ้าเฟสตรงข้าม $\rightarrow$ ตำแหน่งกึ่งกลางเป็น N



แนวข้อสอบ

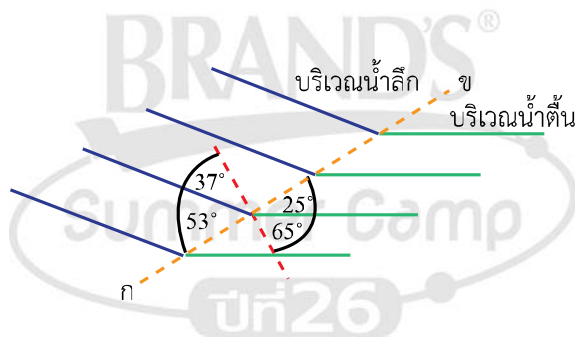
33. คลื่นในเส้นเชือกที่เวลาต่างกัน 0.5 วินาที เป็นดังภาพ จงพิจารณาข้อความต่อไปนี้



- ก. แหล่งกำเนิดคลื่นมีความถี่เท่ากับ 1 Hz
- ข. แหล่งกำเนิดคลื่นอาจมีความถี่น้อยกว่า 1 Hz
- ค. แหล่งกำเนิดคลื่นอาจมีความถี่มากกว่า 1 Hz

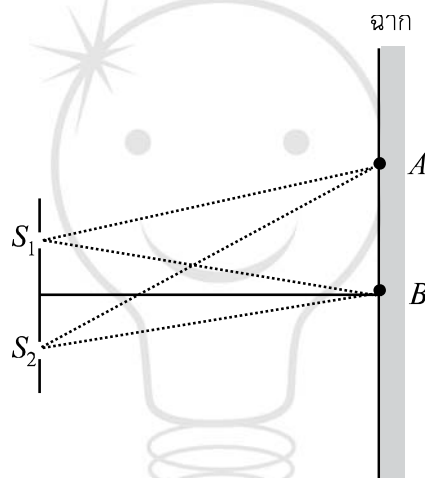
มีข้อความที่ถูกทั้งหมดกี่ข้อความ

- 1) 1 ข้อความ
 - 2) 2 ข้อความ
 - 3) 3 ข้อความ
 - 4) ไม่มีข้อความใดถูกต้องเลย
34. จากรูป แสดงหน้าคลื่นตกกระทบและหน้าคลื่นหักเหของคลื่นผิวน้ำที่เคลื่อนที่จากเขตน้ำลึกไปยังเขตน้ำตื้น เมื่อ กข คือ เส้นรอยต่อระหว่างน้ำลึกและน้ำตื้น จงหาอัตราส่วนความเร็วของคลื่นในน้ำลึกต่อความเร็วของคลื่นในน้ำตื้น



- 1) $\frac{\sin 65^\circ}{\sin 37^\circ}$
- 2) $\frac{\sin 37^\circ}{\sin 65^\circ}$
- 3) $\frac{\sin 53^\circ}{\sin 25^\circ}$
- 4) $\frac{\sin 25^\circ}{\sin 53^\circ}$

35. ในการทดลองการแทรกสอดของคลื่นน้ำโดยจุดกำเนิดคลื่นอาพันธ์ 2 จุด ผู้ทดลองสังเกตเห็นว่ามีแนวปฏิบัติหลายแนวเกิดขึ้นระหว่างจุดกำเนิดทั้งสองนั้น และถ้าลระยะระหว่างจุดกำเนิดลงทุกๆ 4 มิลลิเมตร จำนวนแนวปฏิบัติจะลดลง 4 แนว คลื่นน้ำมีความยาวคลื่นเท่าใดในหน่วยมิลลิเมตร
- 1) 0.001
 - 2) 0.002
 - 3) 1
 - 4) 2
36. จากความรู้เรื่องการแทรกสอดของแสงผ่านสลิตคู่ จากรูป S_1 และ S_2 คือสลิต A และ B เป็นจุดบนฉาก จงพิจารณาข้อความต่อไปนี้



- ก. ถ้า $|S_2B - S_1B| = \frac{5\lambda}{2}$ จุด B จะอยู่บนแถบมืดอันดับที่ 5
- ข. ถ้า $|S_2B - S_1B| = 4\lambda$ จุด B จะอยู่บนแถบสว่างอันดับที่ 4
- ค. A อยู่บนแถบสว่าง เนื่องจาก $|S_2A - S_1A| = 0$

ข้อความที่ถูกต้องคือ

- 1) ก. และ ข.
- 2) ข. และ ค.
- 3) ก. และ ค.
- 4) ถูกทุกข้อ

เสียง

Sound

สมบัติหลัก 4 อย่าง

1

สะท้อน

$$v = \frac{s}{t} = \frac{\lambda}{T} = f\lambda ; f = \frac{1}{T} \text{ (S.I.)}$$

สะท้อนแล้วได้ยินเสียงกลับมา

* Echo : นับระยะทางไปและกลับ *

*

v

อากาศ

Temp

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

T: หน่วย Kelvin

(°C)

เชือก

$$\sqrt{\frac{T}{\mu}}$$

$$v = v_0 + 0.6t ; t \leq 45^\circ \text{C}$$

$$v_0 = 331 \text{ m/s at } 0^\circ \text{C}$$

T' = ความตึงเชือก
μ = มวลต่อความยาวเชือก

สถานะ

$$v_{\text{แข็ง}} > v_{\text{เหลว}} > v_{\text{แก๊ส}}$$

2

หักเห

$$1 \rightarrow 2 ; \frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \sqrt{\frac{T_1}{T_2}}$$

T: หน่วย Kelvin

f คงที่ (เท่ากับแหล่งกำเนิด)

ทิศทาง

$$\theta_{\text{ตก}} = 0^\circ \rightarrow \theta_{\text{หัก}} = 0^\circ \text{ (ไปเรื่อยต่อ)}$$

$$\theta_{\text{ตก}} = \theta_c \rightarrow \theta_{\text{หัก}} = 90^\circ$$

* $\theta_{\text{ตก}} > \theta_c \rightarrow$ สะท้อนกลับหมด

3,4

แทรกสอด, เลี้ยวเบน

2 แหล่งกำเนิด (2 ช่อง)

(เฟสตรงกัน) *

$$A ; n\lambda ; n = 0, 1, 2, \dots \text{ (แนวกลาง } A_0 \text{)}$$

$$N ; (n - \frac{1}{2})\lambda ; n = 1, 2, 3, \dots$$

1 แหล่งกำเนิด (1 ช่อง)

$$A ; (n + \frac{1}{2})\lambda ; n = 1, 2, 3, \dots \text{ (แนวกลาง } A_0 \text{ เสมอ)}$$

Special Cases

$$N ; n\lambda ; n = 1, 2, 3, \dots *$$

จำนวนแนว A, N

$$\theta = 90^\circ \rightarrow n = \frac{d}{\lambda} ; \text{หา } n \text{ มา check } *$$

เลี้ยวเบนดี

$$\theta = 90^\circ, n = 1 \rightarrow d \leq \lambda ; \text{ช่องเล็ก ดี}$$

คลื่นนิ่ง : กำทอน : สั่นพ้อง : Resonance

Concept

$$1 \text{ loop} = \frac{\lambda}{2} = \text{ระยะ } A-A = \text{ระยะ } N-N + \text{ท่อ slide}$$

รูปแบบ

ท่อ

ปลายปิด

(end)

$$(N-A) ; L = \frac{\lambda}{4} + \text{ทึ่ละ loop}$$

ปลายเปิด

(A-A)

$$; L = \frac{\lambda}{2} + \text{ทึ่ละ loop}$$

ลวดตรง

(N-N)

$$; \text{นับทึ่ละ loop}$$

*

$$v = f\lambda$$

source

Remark

End Correction

(error at the end)

ท่อ slide → ปลายปิด λ คงที่

ชื่อเรียก

1 — 2 — 3 (กำทอน)

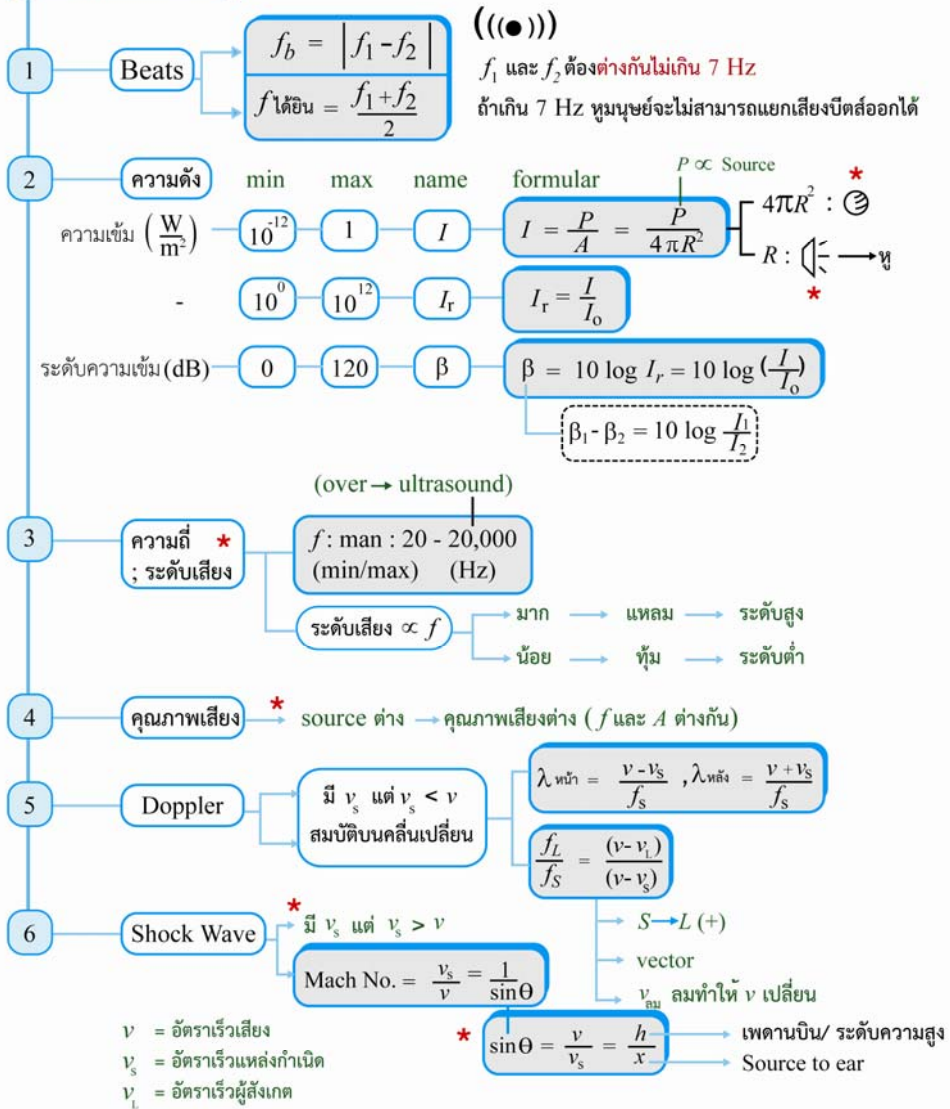
fund; ov#1; ov#2 (overtone)

ปิด → H#1; H#3; H#5 (Harmonic)

เปิด, ลวด → H#1; H#2; H#3

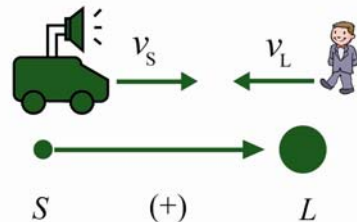
fund = fundamental = ความถี่มูลฐาน/หลักมูล *

สมบัติหลักเพิ่มเติม



v = อัตราเร็วเสียง
 v_s = อัตราเร็วแหล่งกำเนิด
 v_L = อัตราเร็วผู้สังเกต

Note



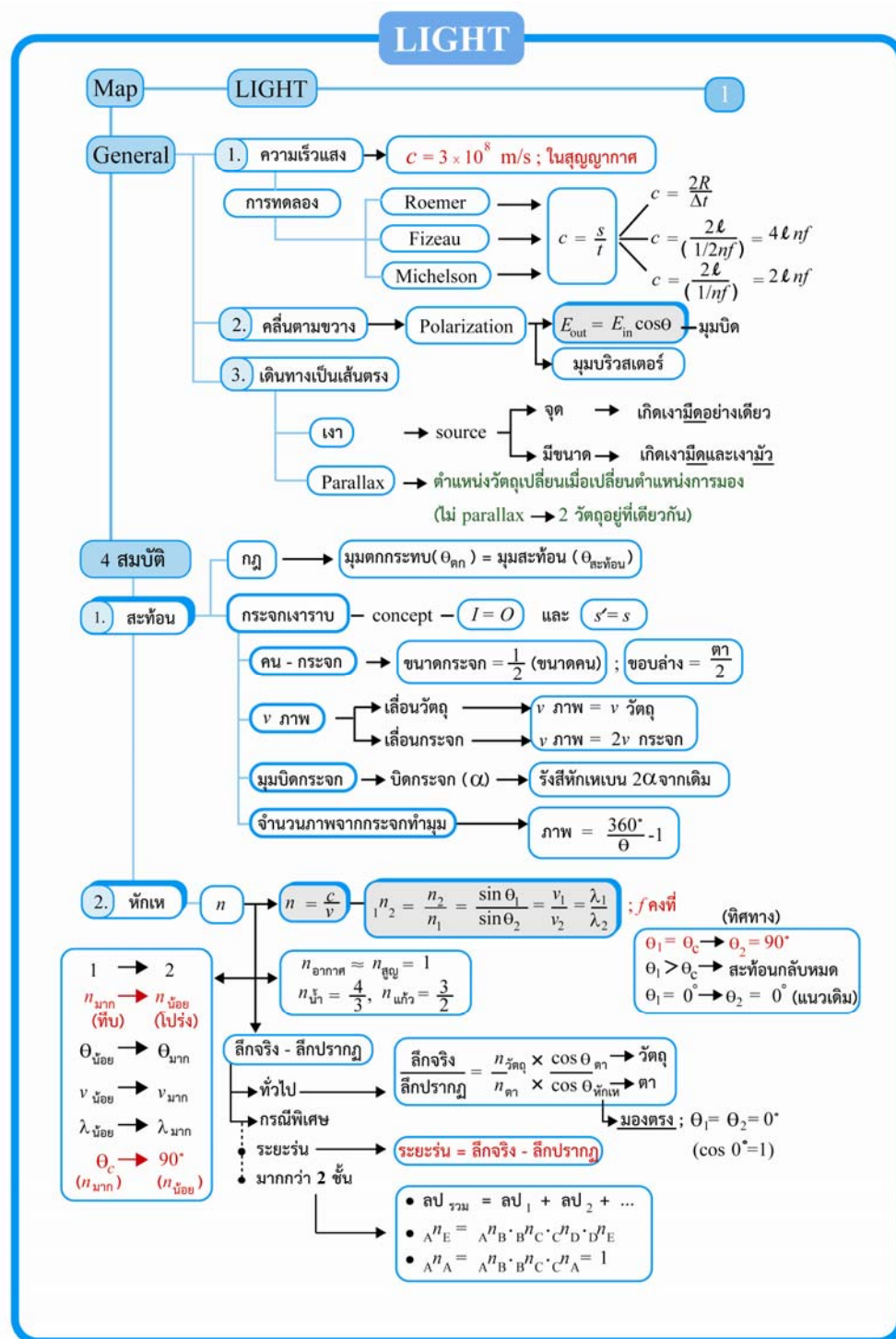
แนวข้อสอบ

37. ลวดขึงตึงเส้นหนึ่งมีค่าความถี่ของฮาร์โมนิกที่ติดกันสองค่าเป็น 1,940 เฮิรตซ์ และ 2,160 เฮิรตซ์ และความเร็วคลื่นในลวดเส้นนี้เป็น 440 เมตรต่อวินาที จงหาความยาวของลวด
- 1) 1 m
 - 2) 2 m
 - 3) 3.5 m
 - 4) 4 m
38. ท่อทรงกระบอกปลายเปิดสองข้างจำนวน 2 ท่อ ท่อสั้นยาว 1 เมตร จงหาความยาวของอีกท่อหนึ่ง ที่ทำให้เกิดความถี่บีตส์ 15 ครั้งต่อวินาที จากความถี่มูลฐานของท่อทั้งคู่ เมื่อถูกกระตุ้นพร้อมกัน (กำหนดให้อัตราเร็วเสียง ในอากาศ = 350 เมตร/วินาที)
- 1) $\frac{160}{175}$ เมตร
 - 2) $\frac{175}{160}$ เมตร
 - 3) $\frac{190}{175}$ เมตร
 - 4) $\frac{190}{185}$ เมตร
39. ลำโพง A และ B มีกำลังเสียง 1.0 และ 4.0 วัตต์ ตามลำดับ ระดับความเข้มเสียงที่ตำแหน่งห่างจาก A เท่ากับ 1 เมตร กับระดับความเข้มเสียงที่ตำแหน่งห่างจาก B เท่ากับ 2 เมตร ต่างกันกี่เดซิเบล (ในการวัดระดับความเข้มเสียงนั้นทำคนละเวลา)
- 1) 0
 - 2) 3
 - 3) 12
 - 4) 30
40. ตามรูป S เป็นแหล่งกำเนิดเสียง ให้เสียงที่มีความถี่ 690 Hz กำลังวิ่งสวนทางกับผู้ฟัง (L) ด้วยความเร็ว 5 m/s และ 10 m/s ตามลำดับ ผู้ฟังจะได้ยินเสียงมีความถี่เท่าไร ถ้าอัตราเร็วของเสียงมีค่าเท่ากับ 350 m/s



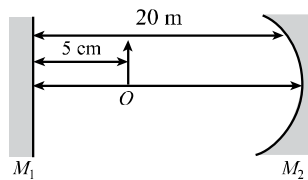
- 1) 350 Hz
- 2) 360 Hz
- 3) 700 Hz
- 4) 720 Hz

แสง



แนวข้อสอบ

41.



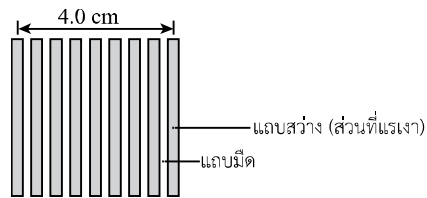
กระจกระนาบ (M_1) บานหนึ่งวางตั้งฉากกับแกนमुखสำคัญของกระจกเว้า (M_2) ซึ่งมีรัศมีความโค้ง 10.0 เซนติเมตร หันหน้าเข้าหากันดังรูปและอยู่ห่างกัน 20.0 เซนติเมตร วัตถุสูง 6.0 เซนติเมตร วางตั้งขนานอยู่หน้ากระจกระนาบและห่างจากกระจกระนาบ 5.0 เซนติเมตร จงหาชนิดของภาพสุดท้ายที่เกิดจากการสะท้อนสองครั้งโดยให้สะท้อนครั้งแรกที่กระจกระนาบ

- 1) ได้ภาพเสมือนอยู่หลังกระจกระนาบ 5.0 เซนติเมตร
- 2) ได้ภาพเสมือนอยู่ห่างจากกระจกเว้า 6.25 เซนติเมตร
- 3) ได้ภาพจริงอยู่ห่างจากกระจกเว้า 5.0 เซนติเมตร
- 4) ได้ภาพจริงอยู่ห่างจากกระจกเว้า 6.25 เซนติเมตร

42. ปลาเลื้อยตัวหนึ่งอยู่ในน้ำ กำลังมองแมลงปอที่บินอยู่ในอากาศในแนวตรง ห่างจากผิวน้ำ 24 cm จะเห็นแมลงปอห่างจากผิวน้ำตามข้อใด กำหนดให้ ดัชนีหักเหของน้ำเท่ากับ $\frac{4}{3}$

- 1) มากกว่าความเป็นจริง 8 cm
- 2) มากกว่าความเป็นจริง 10 cm
- 3) น้อยกว่าความเป็นจริง 8 cm
- 4) น้อยกว่าความเป็นจริง 10 cm
- 5) เท่ากับความเป็นจริง

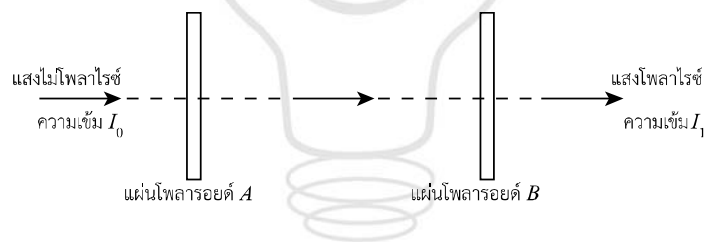
43.



นักเรียนคนหนึ่งทำการทดลองการแทรกสอดของยัง ถ้าแสงที่ใช้มีความยาวคลื่น 700 นาโนเมตร และระยะห่างระหว่างช่องแคบคู่กับฉากเป็น 4.0 เมตร วัดระยะห่างของแถบสว่างจากแนวกลางบนฉากได้ผลดังรูป ช่องแคบคู่ที่ใช้มีระยะห่างระหว่างช่องเป็นกี่มิลลิเมตร

- 1) 0.40
- 2) 0.56
- 3) 0.60
- 4) 0.72

44. กำหนดให้ว่า $I_1 = 37.5\%$ ของ I_0 จงหาค่ามุม θ ที่แกนของ B ทำกับแกนของ A

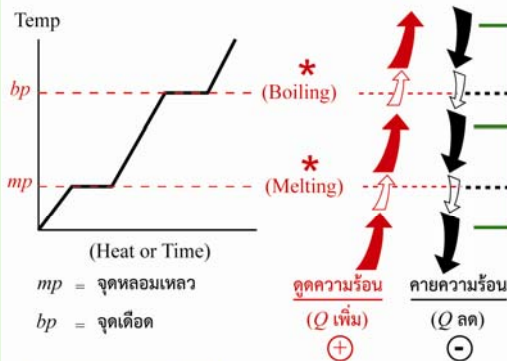


- 1) 30°
- 2) 37°
- 3) 45°
- 4) 60°

ความร้อน

2 Heat & Temperature

2.2 Graph การให้ความร้อนสารบริสุทธิ์



การถ่ายเทความร้อน (Heat Transfer)

1. การนำความร้อน - ผ่านวัตถุตัวนำ
2. การพาความร้อน - การเคลื่อนที่ของความร้อนในของไหล
3. การแผ่รังสีความร้อน - การถ่ายเทความร้อนในรูปคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

2.1 ความร้อนกับการเปลี่ยนอุณหภูมิ/สถานะ

$$Q = mc\Delta T$$

$\Delta T = T_2 - T_1$

$mc = C$... ความจุความร้อน

มวล ค่าเฉพาะตัวของสาร (จำเพาะ) *

$$Q = mL$$

ความร้อนแฝงจำเพาะ *

L แต่ละสารมี 2 ค่า

$L_{\text{หลอมเหลว}} < L_{\text{เย็นไป}}$

2.3 สมดุลความร้อนของของผสม

ความร้อนถ่ายเทจากจุดอุณหภูมิสูง → ต่ำ

จุดสมดุล * $Q_{\text{ลด}} = Q_{\text{เพิ่ม}}$
(คาย) (ดูด)

2.4 หน่วย, ระบบหน่วย และการแปลงหน่วย

Unit	ΔT	Q	m	c	C	L	$c_{\text{น้ำ}}$	$L_{\text{หลอมเหลว}}$	$L_{\text{เย็นไป}}$
SI	K	J	kg	J/kg.K	J/K	J/kg	$1 \times 4,200$ J/kg.K	$80 \times 4,200$ J/kg	$540 \times 4,200$ J/kg
c.g.s.	°C	cal	g	cal/g.°C	cal/°C	cal/g	* 1 cal/g.°C	* 80 cal/g	* 540 cal/g

ค่าคงที่ของน้ำ....

°C : เซลเซียส

°R : โรเมอร์

°F : ฟาเรนไฮต์

K : เคลวิน

Eff = ประสิทธิภาพ (%)

W_{out} = งานขาออก (J)

W_{in} = งานขาเข้า (J)

P_{out} = กำลังขาออก (W)

P_{in} = กำลังขาเข้า (W)

Q = พลังงานความร้อน (J)

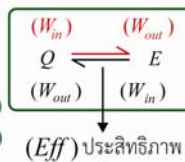
E = พลังงานรูปอื่น (J)

c = ความจุความร้อนจำเพาะ (J/kg.K)

$$1 \text{ cal} = 4.2 \text{ J}$$

$$1 \text{ J} = 1/4.2 \text{ cal}$$

$$\frac{^{\circ}\text{C}}{5} = \frac{^{\circ}\text{R}}{4} = \frac{^{\circ}\text{F} - 32}{9} = \frac{\text{K} - 273}{5}$$



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

2.5 การเปลี่ยนรูปพลังงาน (SI Unit)

(พลังงานรูปอื่นๆ)

$$E_p = mgh$$

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

$$W = FS \rightarrow F = f \text{ แรงเสียดทาน}$$

$$W = Pt$$

P ไฟฟ้า = $VI = I^2R = \frac{V^2}{R}$

แนวข้อสอบ

45. นายเจได้ทดลองเกี่ยวกับความจุความร้อนของสาร 3 ชนิด คือ A, B และ C โดยการให้ความร้อนจากเตาที่มีลักษณะเหมือนกันและมีกำลังไฟฟ้าเท่ากัน ผลการทดลองได้ผลดังตารางข้างล่าง ถ้า A มีมวล 2 กิโลกรัม B มีมวล 5 กิโลกรัม และ C มีมวล 4 กิโลกรัม ข้อสรุปเกี่ยวกับความจุความร้อนจำเพาะของสารข้อใดถูก

เวลาที่ใช้บันทึกอุณหภูมินาทีที่	อุณหภูมิของสาร (°C)		
	สาร A	สาร B	สาร C
2	10	5	25
4	20	10	50

- 1) $A > B > C$
 - 2) $A < B < C$
 - 3) $A > B < C$ แต่ $A < C$
 - 4) $A < B > C$ แต่ $A > C$
46. ลูกเหล็กมวล 50 กรัม อุณหภูมิ 298 องศาเซลเซียส ถูกหย่อนลงในน้ำมวล 100 กรัม ซึ่งบรรจุอยู่ในกระป๋องมวล 70 กรัม และมีโฟมหุ้มกระป๋องอยู่ ทำให้น้ำมีอุณหภูมิเปลี่ยนจาก 4 องศาเซลเซียส ไปเป็น 18 องศาเซลเซียส จงหาความจุความร้อนจำเพาะของกระป๋อง (กำหนดให้ ความจุความร้อนจำเพาะของเหล็กเท่ากับ 0.45 กิโลจูลต่อกิโลกรัม · เคลวิน ความจุความร้อนจำเพาะของน้ำเท่ากับ 4.20 กิโลจูลต่อกิโลกรัม · เคลวิน)
- 1) 0.13 kJ/kg · K
 - 2) 0.23 kJ/kg · K
 - 3) 0.43 kJ/kg · K
 - 4) 0.70 kJ/kg · K
47. นำลวดทำความร้อนมีกำลัง 1,000 วัตต์ จุ่มลงในน้ำมวล 428 กรัม อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ถ้ามีการสูญเสียความร้อนไป 30 เปอร์เซ็นต์ อีกกี่นาทีน้ำจึงจะเริ่มเดือด (กำหนดความจุความร้อนจำเพาะของน้ำเท่ากับ 4.2 กิโลจูล/กิโลกรัม · เคลวิน)
- 1) 2 นาที
 - 2) 3 นาที
 - 3) 3.5 นาที
 - 4) 8 นาที

ของไหล

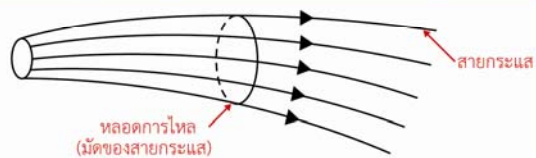
Fluid : ของไหล

Fluid

1 Ideal Fluid

Q = อัตราการไหลเชิงปริมาตร (m^3/s)
 $\dot{m}$ = อัตราการไหลเชิงมวล (kg/s)
 t = time : เวลา (s)
 ρ = ความหนาแน่น (kg/m^3)
 A = พื้นที่หน้าตัด (m^2)
 v = อัตราเร็วของไหลในท่อ (m/s)
 m = มวล (kg)

- 1) Steady Flow : มีการไหลสม่ำเสมอ [$Q_1 = Q_2$]
- 2) Irrotation : ไหลโดยไม่หมุน
- 3) Nonviscous : ไหลโดยไม่มีแรงหนืดต้าน } อนุรักษ์พลังงาน
- 4) Incompress : ไม่สามารถบีบอัดได้ [ρ คงที่]



2 สมการอัตราการไหล

• ปริมาตร : $Q = \frac{V}{t} = \frac{As}{t} = Av$

• มวล : $\dot{m} = \frac{m}{t} = \frac{\rho V}{t} = \frac{\rho As}{t} = \rho Av$
 : Ideal Fluid $\rho_1 = \rho_2$

หลอดการไหล



$Q_1 = Q_2$
 $A_1 v_1 = A_2 v_2$; $A = \pi R^2 = \frac{\pi d^2}{4}$

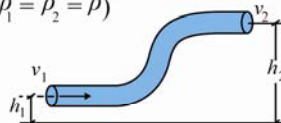
$\dot{m}_1 = \dot{m}_2$
 $\rho_1 A_1 v_1 = \rho_2 A_2 v_2$

3 สมการแบร์นูลลี

(Ideal Fluid : $\rho_1 = \rho_2 = \rho$)

กฎการอนุรักษ์พลังงาน

ของไหล คิดต่อปริมาตร



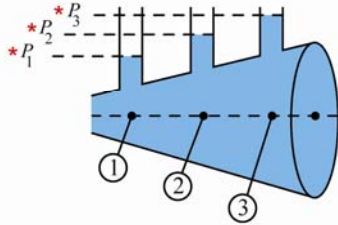
ค่าคงที่ = $\rho gh + \frac{1}{2} \rho v^2 + P$

สมการแบร์นูลลี (พิสูจน์จากกฎการอนุรักษ์พลังงานและการไหลคงที่)

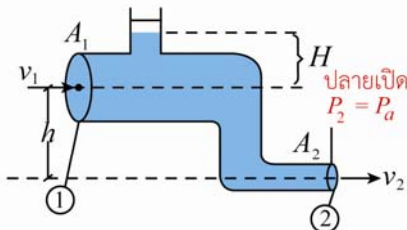
เทียบ 2 ตำแหน่ง (ในหลอดการไหล) $\rho gh_1 + \frac{1}{2} \rho v_1^2 + P_1 = \rho gh_2 + \frac{1}{2} \rho v_2^2 + P_2$

E_p = พลังงานศักย์ (J) m = มวล (kg) h = ระยะแนวดิ่งจากตำแหน่งอ้างอิงถึงกลางท่อ (m)
 E_k = พลังงานจลน์ (J) $g = 9.8 \text{ m/s}^2 \approx 10 \text{ m/s}^2$ v = ความเร็วของไหลในท่อ (m/s)
 V = ปริมาตร (m^3) P = ความดัน (N/m²) F = แรงกระทำในท่อของไหล (N)
 $E_{\text{รวม}}$ = พลังงานรวมทั้งหมด (J) A = พท.หน้าตัดของท่อของไหล (m^2)

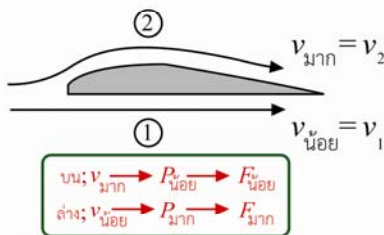
4 แบร์นูลลีแบบต่างๆ



4.2 ท่อต่างระดับ

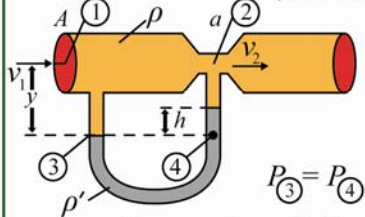


4.3 แร้งยกปีกเครื่องบิน



4.4 มาตรเวนทูรี

หา $v_1 = ?$
(ของเหลว)



$$P_1 + \rho g y = P_2 + \rho g (y-h) + \rho' g h$$

$$\# P_1 - P_2 = (\rho' - \rho) g h \quad \text{--- (I)}$$

①, ② ($h_1 \approx h_2$)

$$\rho g h_1 + \frac{1}{2} \rho v_1^2 + P_1 = \rho g h_2 + \frac{1}{2} \rho v_2^2 + P_2$$

$$\# P_2 - P_1 = \frac{1}{2} \rho (v_1^2 - v_2^2) \quad \text{--- (II)}$$

$$A_1 v_1 = A_2 v_2 \rightarrow A v_1 = a v_2 \rightarrow v = \frac{A v_2}{a} \quad \text{--- (III)}$$

4.1 หลอดแก้วแบร์นูลลี

$$Q; A_1 v_1 = A_2 v_2 = A_3 v_3$$

$$\text{ค่าคงที่} = \rho g h + \frac{1}{2} \rho v^2 + P$$

$$A_3 > A_2 > A_1$$

$$v_3 < v_2 < v_1$$

$$P_3 > P_2 > P_1 \quad *$$

P ดูจากระดับความสูงของของเหลวในหลอดวัดจากกลางท่อ

$$Q; A_1 v_1 = A_2 v_2 \quad \text{(I)}$$

$$A_1 > A_2$$

$$v_1 < v_2$$

$$\rho g h_1 + \frac{1}{2} \rho v_1^2 + P_1 = \rho g h_2 + \frac{1}{2} \rho v_2^2 + P_2 \quad \text{(II)}$$

$$\rho g h + \frac{1}{2} \rho v_1^2 + \rho g H = \rho g (0) + \frac{1}{2} \rho v_2^2 + P_a \quad \text{(2 สมการหาคำตอบ)}$$

(น้อย) (P_{gauge}) (มาก) ($= 1.01 \times 10^5 \text{ N/m}^2$)
(ปลายเปิดสู่อากาศ)

$$\rho g h_1 + \frac{1}{2} \rho v_1^2 + P_1 = \rho g h_2 + \frac{1}{2} \rho v_2^2 + P_2$$

$$P_1 - P_2 = \left(\frac{1}{2} \rho v_2^2 - \frac{1}{2} \rho v_1^2 \right) + (\rho g h_2 - \rho g h_1)$$

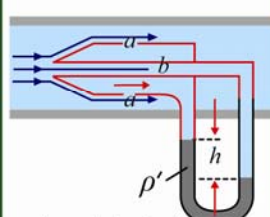
$$[v_2 > v_1]$$

$$[h_2 \approx h_1]$$

$$\Delta P = \frac{F}{A_{\perp}}; \left[P = \frac{F}{A_{\perp}} \right]$$

$$F = A_{\perp} (\Delta P) = \text{แรงยกปีกเครื่องบิน}$$

4.5 หลอดไพทอต



$$h_a \approx h_b \text{ (แบร์นูลลี)}$$

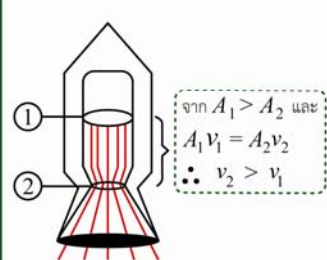
$$P_a + \frac{1}{2} \rho v^2 = P_b \quad \text{--- (I)}$$

$$P_b = P_a + \rho' g h \quad \text{--- (II)}$$

$$\text{①} - \text{②}; \frac{1}{2} \rho v^2 = \rho' g h$$

$$v = \sqrt{\frac{2 g h \rho'}{\rho}}$$

4.6 แรงผลักจรวด



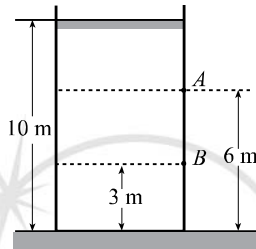
$$P_1 + \rho g h_1 + \frac{1}{2} \rho v_1^2 = P_2 + \rho g h_2 + \frac{1}{2} \rho v_2^2$$

$$P_1 - P_2 = \frac{1}{2} \rho (v_2^2 - v_1^2) \quad (h_1 \approx h_2)$$

P_a = เปิดสู่อากาศ

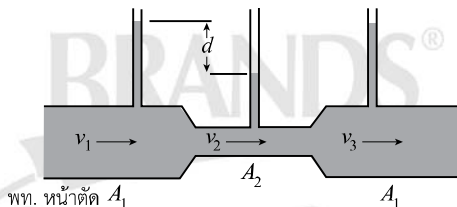
แนวข้อสอบ

48. ถังน้ำสูง 10 เมตร มีน้ำอยู่เต็ม จุดน้ำรั่ว A และ B อยู่สูงจากกันถึงเป็นระยะ 6 เมตร และ 3 เมตร ตามลำดับ เมื่อถือว่าระดับน้ำลดลงช้ามาก และรูรั่วมีขนาดเล็กมาก อัตราเร็วของน้ำที่รั่วออกจากจุด B เป็นกี่เท่าของน้ำที่รั่วออกจากจุด A



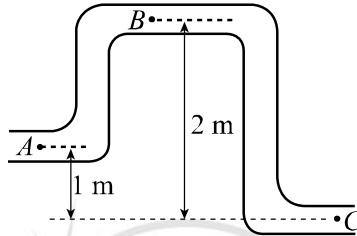
- 1) $\sqrt{2}$
 2) $\sqrt{3}$
 3) $\sqrt{\frac{7}{4}}$
 4) $\sqrt{\frac{4}{7}}$
49. ของเหลวชนิดหนึ่งไหลอย่างต่อเนื่องโดยไม่มีการหมุนไปตามท่อกลมซึ่งมีพื้นที่หน้าตัดไม่สม่ำเสมอตลอดความยาวท่อ ดังแสดงในรูปข้างล่าง ให้หาค่าความสูง d ที่แสดงในรูปในหน่วยของเซนติเมตร

ถ้า $\frac{A_1}{A_2}$ เท่ากับ $\frac{5}{3}$ และ v_1 เท่ากับ 30 เซนติเมตรต่อวินาที



- 1) 1.0
 2) 3.0
 3) 4.8
 4) 2.8

50. น้ำไหลจากท่อ A ไปยังท่อ B และท่อ C ซึ่งมีขนาดเท่ากันดังแสดงในรูป โดยที่ A และ B อยู่สูงจาก C เป็น 1.0 และ 2.0 เมตร ตามลำดับ ถ้าความดันในท่อ A เท่ากับ 1.5×10^5 นิวตันต่อตารางเมตร และน้ำมีอัตราเร็ว 6.0 เมตรต่อวินาที ความดันในท่อ C เป็นกี่นิวตันต่อตารางเมตร กำหนดให้ความหนาแน่นของน้ำเท่ากับ 1,000 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และถือว่าน้ำไม่มีความหนืด



- 1) 1.30×10^5
- 2) 1.40×10^5
- 3) 1.50×10^5
- 4) 1.60×10^5



เฉลย

- | | | | | | | | | | |
|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 1. 4) | 2. 1) | 3. 3) | 4. 4) | 5. 2) | 6. 2) | 7. 4) | 8. 4) | 9. 1) | 10. 3) |
| 11. 4) | 12. 3) | 13. 2) | 14. 2) | 15. 2) | 16. 4) | 17. 4) | 18. 2) | 19. 2) | 20. 4) |
| 21. 4) | 22. 4) | 23. 2) | 24. 2) | 25. 4) | 26. 2) | 27. 1) | 28. 2) | 29. 4) | 30. 2) |
| 31. 2) | 32. 1) | 33. 2) | 34. 3) | 35. 4) | 36. 2) | 37. 1) | 38. 2) | 39. 1) | 40. 4) |
| 41. 4) | 42. 1) | 43. 2) | 44. 1) | 45. 1) | 46. 3) | 47. 2) | 48. 3) | 49. 1) | 50. 4) |



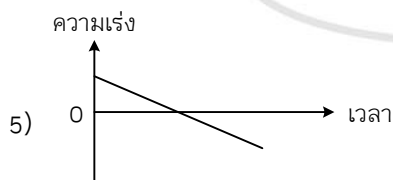
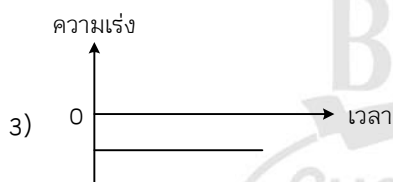
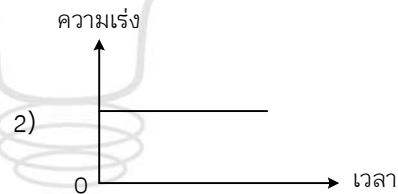
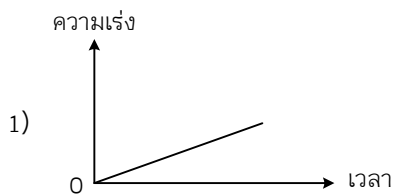
NOTE



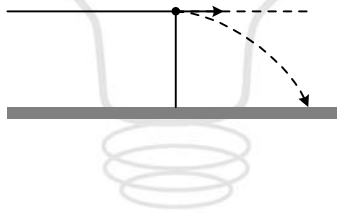
เก็งข้อสอบ

ชุดที่ 1

1. แมวตัวหนึ่งวิ่งรอบสระน้ำเป็นวงกลมที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 14 เมตร ใช้เวลา 2 วินาที ก็ครบรอบพอดี (กำหนด $\pi = \frac{22}{7}$) จงเลือกคำตอบที่ถูกต้องจำนวน 2 คำตอบ
- 1) อัตราเร็วเฉลี่ยของแมวเท่ากับ 0 เมตรต่อวินาที
 - 2) ความเร็วเฉลี่ยของแมวเท่ากับ 22 เมตรต่อวินาที
 - 3) แมววิ่งด้วยความเร่งเป็นศูนย์
 - 4) ขณะวิ่งได้ครึ่งรอบ จะได้รับการกระจัดเท่ากับ 14 เมตร
 - 5) ขณะวิ่งได้ $\frac{1}{4}$ รอบ จะได้รับการกระจัดประมาณ 9.9 เมตร
 - 6) ขณะวิ่งได้ $\frac{3}{4}$ รอบ จะได้รับการกระจัดประมาณ 29.7 เมตร
2. ในการเคลื่อนที่เป็นเส้นตรง กราฟข้อใดแสดงว่าวัตถุกำลังเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงตัว

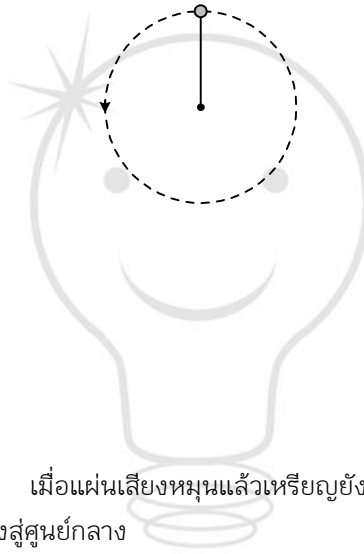


3. ปาวัตถุให้ตกลงมาตามแนวตั้ง ด้วยความเร็วเริ่มต้น 9.8 เมตรต่อวินาที เมื่อเวลาผ่านไป 3 วินาที วัตถุมีความเร็วเท่าใด
- 1) 9.8 เมตรต่อวินาที²
 - 2) 19.6 เมตรต่อวินาที²
 - 3) 29.4 เมตรต่อวินาที²
 - 4) 39.2 เมตรต่อวินาที²
 - 5) 78.4 เมตรต่อวินาที²
4. โยนลูกแอปเปิลขึ้นในแนวตั้ง จากยอดตึกสูงพื้น การเคลื่อนที่ของลูกแอปเปิลก่อนจะกระทบพื้นจะเป็นตามข้อใด ถ้าไม่คิดแรงต้านของอากาศ
- 1) ความเร็วคงที่
 - 2) ความเร็วเพิ่มขึ้นอย่างสม่ำเสมอ
 - 3) ความเร็วลดลงอย่างสม่ำเสมอ
 - 4) ความเร็วเพิ่มขึ้นแล้วลดลง
 - 5) ความเร็วลดลงแล้วเพิ่มขึ้น
5. ยิงวัตถุจากหน้าผาออกไปในแนวระดับ ปริมาณใดของวัตถุมีค่าคงตัว (เลือกคำตอบที่ถูกต้องจำนวน 2 คำตอบ)



- 1) อัตราเร็ว
 - 2) ความเร็ว
 - 3) ความเร็วในแนวตั้ง
 - 4) ความเร็วในแนวระดับ
 - 5) การกระจัด
 - 6) แรงที่กระทำต่อวัตถุ
6. วัตถุที่เคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ขณะที่วัตถุอยู่ที่จุดสูงสุด ข้อใดต่อไปนี้ถูกต้อง
- 1) ความเร็วของวัตถุมีค่าเป็นศูนย์
 - 2) ความเร่งของวัตถุมีค่าเป็นศูนย์
 - 3) การกระจัดของวัตถุเป็นศูนย์
 - 4) ความเร็วของวัตถุในแนวตั้งมีค่าเป็นศูนย์
 - 5) ความเร็วของวัตถุในแนวราบมีค่าเป็นศูนย์

7. การเคลื่อนที่ใดที่แรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุมีทิศตั้งฉากกับทิศของการเคลื่อนที่ตลอดเวลา
- 1) การตกแบบเสรี
 - 2) การเคลื่อนที่ในแนวตรง
 - 3) การเคลื่อนที่แบบวงกลมด้วยอัตราเร็วคงตัว
 - 4) การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์
 - 5) การเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย
8. ผูกวัตถุด้วยเชือกแล้วเหวี่ยงให้เคลื่อนที่เป็นวงกลมในแนวระนาบตั้ง 20 รอบ ใช้เวลา 5 วินาที จุกยางเคลื่อนที่ด้วยคาบเท่าใด



- 1) 0.25 วินาทีต่อรอบ
 - 2) 0.50 วินาทีต่อรอบ
 - 3) 4.00 รอบต่อวินาที
 - 4) 5.00 รอบต่อวินาที
 - 5) 20.00 รอบต่อวินาที
9. เหยี่ยวนางอยู่บนแผ่นเสียง เมื่อแผ่นเสียงหมุนแล้วเหยียวยังคงอยู่นิ่งเทียบกับแผ่นเสียง ดังรูป ข้อใดต่อไปนี้เป็นแรงสู่ศูนย์กลาง

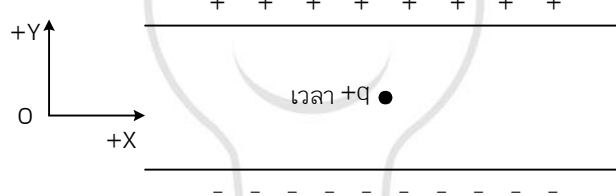


- 1) แรงเสียดทาน
 - 2) น้ำหนักของวัตถุ
 - 3) แรงปฏิกิริยาที่พื้นกระทำต่อวัตถุ
 - 4) ที่ตำแหน่งนั้น แรงสู่ศูนย์กลางเป็นศูนย์
 - 5) แรงเสียดทานรวมกับน้ำหนักของวัตถุ
10. ข้อความใดถูกต้องเกี่ยวกับคาบของลูกตุ้มอย่างง่าย
- 1) มีความถี่เท่าเดิมถ้าไปแกว่งนอกโลก
 - 2) ไม่ขึ้นกับความยาวเชือก
 - 3) ไม่ขึ้นกับมวลของลูกตุ้ม
 - 4) ไม่ขึ้นกับแรงโน้มถ่วงของโลก
 - 5) มีคาบเท่าเดิมถ้าไปแกว่งบนดวงจันทร์

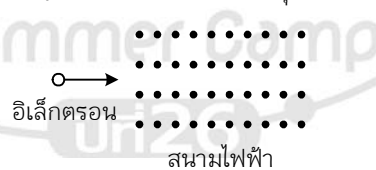
11. วัตถุอันหนึ่งเมื่ออยู่บนโลกที่มีสนามโน้มถ่วง g พบว่ามีน้ำหนักเท่ากับ W_1 ถ้านำวัตถุนี้ไปไว้บนดาวเคราะห์อีกดวงพบว่ามีน้ำหนัก W_2 จงหามวลของวัตถุนี้

- 1) $\frac{W_1}{g}$
- 2) $\frac{W_2}{g}$
- 3) $\frac{W_1 + W_2}{g}$
- 4) $\frac{W_1 - W_2}{g}$
- 5) $\frac{W_1 W_2}{g}$

12. ถ้ามีอนุภาคมีประจุไฟฟ้า $+q$ อยู่ในสนามไฟฟ้าระหว่างแผ่นคู่ขนาน ดังรูป ถ้าเดิมอนุภาคอยู่นิ่ง ต่อมาอนุภาคจะเคลื่อนที่อย่างไร



- 1) ทิศ $+X$ ด้วยความเร่ง
 - 2) ทิศ $-X$ ด้วยความเร่ง
 - 3) หยุดนิ่งเหมือนเดิม
 - 4) ทิศ $+Y$ ด้วยความเร่ง
 - 5) ทิศ $-Y$ ด้วยความเร่ง
13. ยิงอนุภาคอิเล็กตรอนเข้าไปในแนวตั้งฉากกับสนามไฟฟ้าสม่ำเสมอที่มีทิศพุ่งออกจากกระดาน เส้นทางเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนจะเป็นอย่างไร (• แทนทิศสนามไฟฟ้าพุ่งออกและตั้งฉากกับกระดาน)



- 1) แนวเดิม
- 2) เบี่ยงขึ้น
- 3) เบี่ยงลง
- 4) เบี่ยงพุ่งออกจากกระดาน
- 5) เบี่ยงพุ่งเข้าหากระดาน

14. AB เป็นแท่งแม่เหล็ก ส่วน CD และ EF เป็นแท่งที่นำมาทดสอบเพื่อหาสมบัติว่าจะเป็นสารแม่เหล็กหรือแท่งแม่เหล็กจากสถานการณ์ต่อไปนี้

ก.

A	B
N	S

C	D

 เกิดแรงดูด

ข.

B	A
S	N

D	C

 เกิดแรงดูด

ค.

A	B
N	S

E	F

 เกิดแรงผลัก

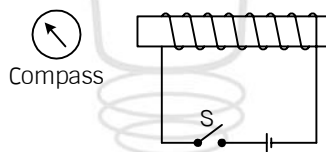
ข้อใดผิด

- 1) CD เป็นสารแม่เหล็ก ส่วน EF เป็นแท่งแม่เหล็ก
 - 2) CD อาจเป็นสารแม่เหล็กหรือแท่งแม่เหล็ก ส่วน EF เป็นแท่งแม่เหล็ก
 - 3) ถ้านำปลาย C ไปใกล้ปลาย E,

D	C

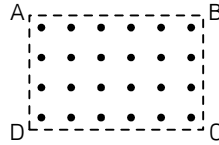
E	F

 จะเกิดแรงดูด
 - 4) E เป็นขั้วใต้ ส่วน F เป็นขั้วเหนือ
 - 5) เมื่อแขวนแท่งแม่เหล็กให้เคลื่อนที่ได้อิสระ D จะชี้ไปทางทิศเหนือของโลก
15. เข็มทิศวางที่ปลายขดลวดโซเลนอยด์ เมื่อสวิตช์เปิดเป็นดังรูป เมื่อสวิตช์ปิดลงเข็มทิศจะชี้ไปทางใด



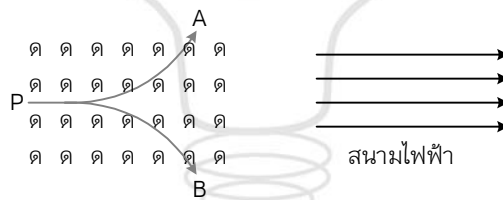
- 1)
- 2)
- 3)
- 4)
- 5) หมุนได้อิสระ

16. บริเวณพื้นที่สี่เหลี่ยม ABCD เป็นบริเวณที่มีสนามแม่เหล็กสม่ำเสมอซึ่งมีทิศพุ่งออกตั้งฉากกับกระดาษ ดังรูป



ข้อใดต่อไปนี้จะทำให้อนุภาคอิเล็กตรอนเคลื่อนที่เบนเข้าหามุม A

- 1) ให้อนุภาคอิเล็กตรอนเข้าไปในบริเวณมุม D ในแนวขนานกับเส้น DB
 - 2) ให้อนุภาคอิเล็กตรอนเข้าไปในบริเวณมุม B ในแนวขนานกับเส้น DB
 - 3) ให้อนุภาคอิเล็กตรอนเข้าไปในบริเวณมุม C ในแนวขนานกับเส้น CA
 - 4) ให้อนุภาคอิเล็กตรอนเข้าไปในบริเวณด้าน AB ในแนวตั้งฉากกับเส้น AB
 - 5) ให้อนุภาคอิเล็กตรอนเข้าไปในบริเวณด้าน BC ในแนวตั้งฉากกับเส้น BC
17. ในรูปซ้าย A และ B คือเส้นทางการเคลื่อนที่ของอนุภาค 2 อนุภาคที่ถูกยิงมาจากจุด P ไปทางขวาเข้าไปในบริเวณที่มีสนามแม่เหล็ก (ดูรูปซ้าย) ถ้านำอนุภาคทั้งสองไปวางลงในบริเวณที่มีสนามไฟฟ้าดังรูปขวา จะเกิดอะไรขึ้น (ด แทนสนามแม่เหล็กที่มีทิศพุ่งเข้าและตั้งฉากกับกระดาษ)



- 1) A เคลื่อนที่ไปทางขวา ส่วน B เคลื่อนที่ไปทางซ้าย
 - 2) A เคลื่อนที่ไปทางซ้าย ส่วน B เคลื่อนที่ไปทางขวา
 - 3) A เคลื่อนที่ขึ้น ส่วน B เคลื่อนที่ลง
 - 4) ทั้ง A และ B ต่างก็เคลื่อนที่ไปทางขวา
 - 5) ทั้ง A และ B ต่างก็อยู่อยู่กับที่
18. โปรตอนในนิวเคลียสอัดแน่นอยู่ในใจกลางอะตอมได้ด้วยแรงชนิดใด
- 1) แรงระหว่างมวล
 - 2) แรงระหว่างประจุไฟฟ้า
 - 3) แรงนิวเคลียร์
 - 4) แรงแม่เหล็กไฟฟ้า
 - 5) แรงระหว่างมวล แรงไฟฟ้าและแรงนิวเคลียร์

19. คลื่นใดต่อไปนี้เป็นคลื่นที่ต้องอาศัยตัวกลางในการเคลื่อนที่ (เลือกคำตอบที่ถูกต้องจำนวน 2 คำตอบ)
- 1) คลื่นแสง
 - 2) คลื่นเสียง
 - 3) คลื่นผิวหน้า
 - 4) คลื่นไมโครเวฟ
 - 5) คลื่นวิทยุ
 - 6) คลื่นอัลตราไวโอเลต
20. คลื่นกลตามยาวและคลื่นกลตามขวางถูกนิยามขึ้นโดยดูจากปัจจัยใดเป็นหลัก
- 1) ทิศการเคลื่อนที่ของคลื่น
 - 2) ทิศการสั่นของอนุภาคตัวกลาง
 - 3) ประเภทของแหล่งกำเนิด
 - 4) ความยาวคลื่น
 - 5) ความถี่คลื่น
21. ลูกบอลลูกหนึ่งตกลงน้ำและสั่นขึ้นลงหลายรอบ ทำให้เกิดคลื่นผิวน้ำแผ่ออกไปเป็นรูปวงกลม เมื่อผ่านไป 10 วินาที คลื่นน้ำแผ่ออกไปได้รัศมีสูงสุดประมาณ 20 เมตร โดยมีระยะระหว่างคลื่นที่ติดกันเท่ากับ 2 เมตร จากข้อมูลดังกล่าวลูกบอลสั่นขึ้นลงด้วยความถี่ประมาณเท่าใด
- 1) 0.5 Hz
 - 2) 1.0 Hz
 - 3) 1.5 Hz
 - 4) 2.0 Hz
 - 5) 2.5 Hz
22. เมื่อคลื่นเคลื่อนจากตัวกลางที่หนึ่งไปตัวกลางที่สองโดยอัตราเร็วของคลื่นลดลง ถามว่าสำหรับคลื่นใน
ตัวกลางที่สอง ข้อความใดถูกต้อง (เลือกคำตอบที่ถูกต้องจำนวน 2 คำตอบ)
- 1) ความถี่เพิ่มขึ้น
 - 2) ความถี่ลดลง
 - 3) ความยาวคลื่นมากขึ้น
 - 4) ความยาวคลื่นน้อยลง
 - 5) เป็นสมบัติการหักเหของคลื่น
 - 6) เป็นสมบัติการเลี้ยวเบนของคลื่น

23. ข้อใดไม่ถูกต้อง

- 1) ค้างคาวอาศัยคลื่นเสียงในย่านอินฟราโซนิกในการบอกทิศทางและจับเหยื่อ
- 2) สุนัขสามารถได้ยินเสียงที่มีความถี่ในย่านอัลตราโซนิกได้
- 3) เสียงที่มีความถี่ในย่านอินฟราโซนิกจะมีความถี่ต่ำกว่าความถี่ที่มนุษย์สามารถได้ยิน
- 4) คลื่นเสียงในย่านอัลตราโซนิกสามารถใช้ทำความสะอาดเครื่องมือแพทย์
- 5) มนุษย์สามารถรับความถี่เสียงในความถี่ 20 Hz ถึง 20000 Hz

24. สมบัติตามข้อใดของคลื่นเสียงที่เกี่ยวข้องกับการเกิดบีตส์

- 1) การสะท้อน
- 2) การหักเห
- 3) การเลี้ยวเบน
- 4) การแทรกสอด
- 5) การอาศัยตัวกลาง

25. การฝากสัญญาณเสียงไปกับคลื่นในระบบวิทยุแบบเอฟเอ็ม คลื่นวิทยุที่ได้จะมีลักษณะอย่างไร

- 1) คลื่นวิทยุจะเปลี่ยนแปลงแอมพลิจูดตามแอมพลิจูดของคลื่นเสียง
- 2) คลื่นวิทยุจะเปลี่ยนแปลงแอมพลิจูดตามความถี่ของคลื่นเสียง
- 3) คลื่นวิทยุจะเปลี่ยนแปลงความถี่ตามแอมพลิจูดของคลื่นเสียง
- 4) คลื่นวิทยุจะเปลี่ยนแปลงความถี่ตามความถี่ของคลื่นเสียง
- 5) เป็นความถี่เฉลี่ยระหว่างคลื่นเสียงกับคลื่นวิทยุ

26. คลื่นวิทยุที่ส่งออกจากสถานีวิทยุสองแห่ง มีความถี่ 90 เมกะเฮิรตซ์ และ 100 เมกะเฮิรตซ์ ความยาวของคลื่นวิทยุทั้งสองนี้ต่างกันเท่าใด

- 1) 30.00 m
- 2) 3.33 m
- 3) 3.00 m
- 4) 0.33 m
- 5) 0.16 m

27. สนามแม่เหล็กที่เป็นส่วนหนึ่งของคลื่นแสงนั้น มีทิศทางตามข้อใด

- 1) ขนานกับทิศทางการเคลื่อนที่ของแสง
- 2) ขนานกับสนามไฟฟ้าแต่ตั้งฉากกับทิศทางการเคลื่อนที่ของแสง
- 3) ตั้งฉากกับทั้งสนามไฟฟ้าและทิศทางการเคลื่อนที่ของแสง
- 4) ตั้งฉากกับสนามไฟฟ้าแต่ขนานกับทิศทางการเคลื่อนที่ของแสง
- 5) ไม่แน่นอน บางครั้งก็ขนานบางครั้งก็ตั้งฉากกับสนามไฟฟ้าและทิศทางการเคลื่อนที่ของแสง

28. มนุษย์อวกาศสองคนปฏิบัติภารกิจบนพื้นผิวดวงจันทร์ สื่อสารกันด้วยวิธีใดสะดวกที่สุด
- 1) คลื่นเสียงธรรมดา
 - 2) คลื่นเสียงอัลตราซาวด์
 - 3) คลื่นวิทยุ
 - 4) คลื่นโซนาร์
 - 5) คลื่น Echo
29. คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่นิยมใช้ในรีโมทควบคุมการทำงานของเครื่องโทรทัศน์คือข้อใด
- 1) อินฟราเรด
 - 2) ไมโครเวฟ
 - 3) คลื่นวิทยุ
 - 4) อัลตราไวโอเลต
 - 5) แสง
30. อนุภาคใดในนิวเคลียส $^{236}_{92}\text{U}$ และ $^{234}_{90}\text{Th}$ ที่มีจำนวนเท่ากัน
- 1) โพซิตรอน
 - 2) โปรตอน
 - 3) อิเล็กตรอน
 - 4) นิวตรอน
 - 5) นิวคลีออน
31. ข้อใดถูกต้องสำหรับไอโซโทปของธาตุๆ หนึ่ง
- 1) มีเลขมวลเท่ากัน แต่เลขอะตอมต่างกัน
 - 2) มีจำนวนโปรตอนเท่ากัน แต่จำนวนนิวตรอนต่างกัน
 - 3) มีจำนวนนิวคลีออนเท่ากัน แต่จำนวนอิเล็กตรอนไม่เท่ากัน
 - 4) มีจำนวนนิวตรอนเท่ากัน แต่จำนวนโปรตอนต่างกัน
 - 5) มีผลรวมของจำนวนโปรตอนและนิวตรอนเท่ากัน
32. นิวเคลียสของเรเดียม-226 ($^{226}_{88}\text{Ra}$) มีการสลายโดยการปล่อยอนุภาคแอลฟา 1 ตัวและรังสีแกมมาออกมา จะทำให้ $^{226}_{88}\text{Ra}$ กลายเป็นธาตุใด
- 1) $^{218}_{84}\text{Po}$
 - 2) $^{222}_{86}\text{Rn}$
 - 3) $^{226}_{88}\text{Ra}$
 - 4) $^{230}_{90}\text{Th}$
 - 5) $^{234}_{92}\text{U}$

33. นักโบราณคดีตรวจพบเรือไม้โบราณลำหนึ่งว่ามีอัตราส่วนของปริมาณ C-14 ต่อ C-12 เป็น 12.5% ของอัตราส่วนสำหรับสิ่งที่ยังมีชีวิต สันนิษฐานได้ว่าซากเรือนี้มีอายุประมาณกี่ปี (กำหนดให้ ครึ่งชีวิตของ C-14 เป็น 5730 ปี)
- 1) 2865 ปี
 - 2) 5730 ปี
 - 3) 11460 ปี
 - 4) 17190 ปี
 - 5) 27920 ปี
34. ข้อใดถูกต้องเกี่ยวกับปฏิกิริยานิวเคลียร์ฟิวชัน (Fusion)
- 1) เกิดที่อุณหภูมิต่ำ
 - 2) แดกตัวทำให้เกิดปฏิกิริยาลูกโซ่
 - 3) ไม่สามารถทำให้เกิดบนโลกได้
 - 4) เกิดจากนิวเคลียสของธาตุเบาหลอมรวมกันเป็นธาตุหนัก
 - 5) เกิดจากการที่นิวเคลียสของธาตุหนักแตกตัวออกเป็นธาตุเบา
35. รังสีใดที่นิยมใช้ในการอาบรังสีผลไม้มั
- 1) รังสีเอกซ์
 - 2) รังสีแกมมา
 - 3) รังสีเบตา
 - 4) รังสีแอลฟา
 - 5) รังสีอัลตราไวโอเล็ต

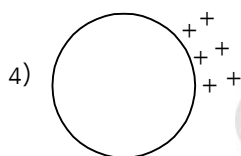
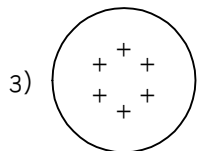
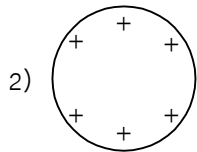
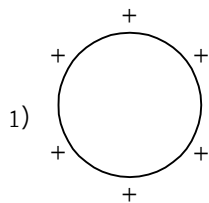


ชุดที่ 2

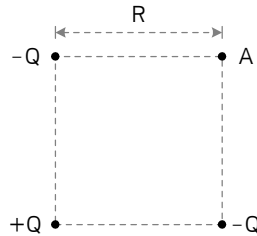
36. เมื่อใส่ประจุในตัวนำตันรูปทรงใดๆ ก็ตามจะเกิดอะไรขึ้น

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

37. การกระจายตัวของประจุบนวัตถุทรงกลมโลหะใกล้เคียงกับข้อใด

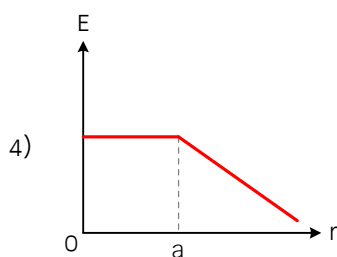
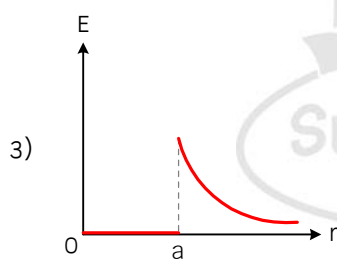
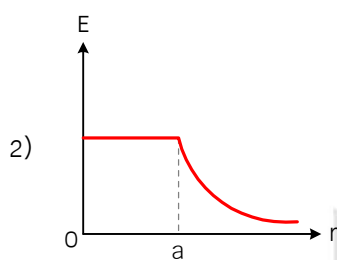
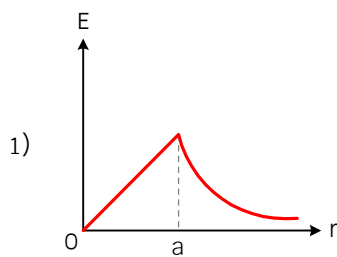


38. ประจุ $+Q$ และ $-Q$ วางอยู่ที่มุมของสี่เหลี่ยมจัตุรัสดังรูป จงหาประจุที่จุด A ซึ่งทำให้แรงลัพธ์ทางไฟฟ้าที่กระทำต่อประจุ $+Q$ มีค่าเป็นศูนย์

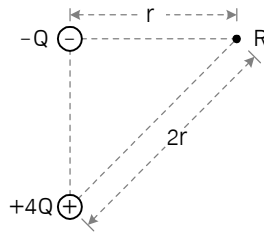


- 1) $-Q$ 2) $-4\sqrt{2}Q$ 3) $+\sqrt{2}Q$ 4) $+2\sqrt{2}Q$

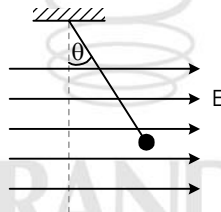
39. สนามไฟฟ้า (E) ที่ตำแหน่งห่างเป็นระยะทาง r จากจุดศูนย์กลางทรงกลมตันนำที่มีประจุ $+Q$ และมีรัศมี a ควรคล้ายกราฟข้อใด



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

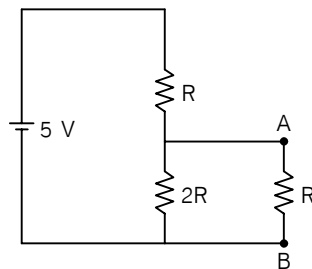


- 1) $\frac{kQ}{r}$
 - 2) $\frac{kQ^2}{r}$
 - 3) $\frac{kQ}{r^2}$
 - 4) $\frac{3kQ^2}{r}$
41. ทรงกลมขนาดเล็กที่มีประจุไฟฟ้า แขนงอยู่ในแนวตั้งด้วยเชือกเบา เมื่อแขวนในสนามไฟฟ้าขนาด $E_1 = 3 \times 10^5$ นิวตันต่อคูลอมบ์ ปรากฏว่าทรงกลมเคลื่อนไปหยุดนิ่งทำมุม $\theta = 30^\circ$ กับแนวตั้ง และเมื่อเปลี่ยนเป็นขนาด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

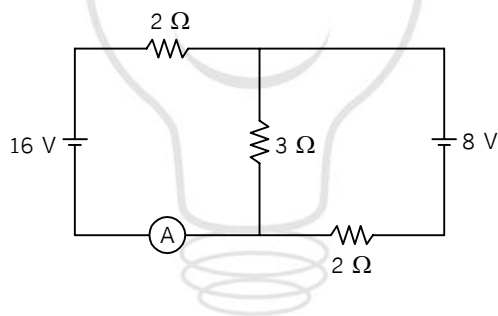


- 1) 2.5×10^5
 - 2) 2.8×10^5
 - 3) 4.2×10^5
 - 4) 5.2×10^5
42. นำตัวเก็บประจุขนาด 1 ไมโครฟารัด และ 2 ไมโครฟารัด มาต่อกัน แล้วต่อกับความต่างศักย์ 120 โวลต์ พลังงานสะสมทั้งหมดในตัวเก็บประจุเมื่อต่อกันแบบขนาน จะเป็นกี่เท่าของเมื่อต่อแบบอนุกรม
- 1) 0.05
 - 2) 0.22
 - 3) 4.50
 - 4) 20.25

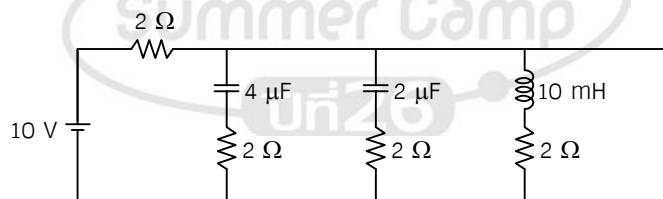
43. ศักย์ไฟฟ้าที่จุด A และศักย์ไฟฟ้าที่จุด B ในวงจร ดังรูป มีค่าต่างกันกี่โวลต์



- 1) 1.3
 - 2) 1.5
 - 3) 2.0
 - 4) 3.0
44. จากวงจรไฟฟ้ากระแสตรง ดังรูป แอมมิเตอร์อ่านค่าได้กี่แอมแปร์



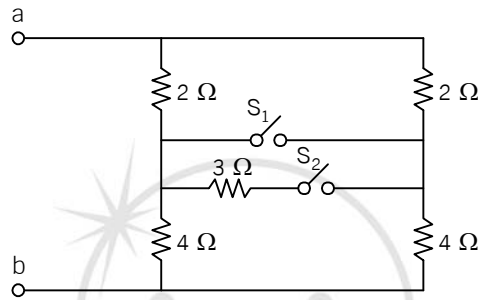
- 1) 1.6
 - 2) 3.0
 - 3) 3.2
 - 4) 3.5
45. จากรูป แหล่งจ่ายไฟในวงจรต้องจ่ายด้วยกำลังกี่วัตต์



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

46. จากวงจรที่กำหนดให้ จงพิจารณาข้อความต่อไปนี้

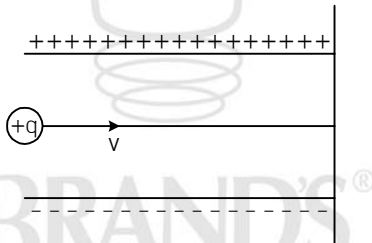
- ก. ถ้าสวิตช์ S_1 เปิด และ S_2 ปิด ความต้านทานระหว่างจุด a - b เท่ากับ $3\ \Omega$
- ข. ถ้าสวิตช์ S_1 เปิด และ S_2 ปิด ความต้านทานระหว่างจุด a - b เท่ากับ $3\ \Omega$
- ค. ถ้าสวิตช์ S_1 ปิด และ S_2 เปิด ความต้านทานระหว่างจุด a - b เท่ากับ $3\ \Omega$
- ง. ถ้าสวิตช์ S_1 ปิด และ S_2 ปิด ความต้านทานระหว่างจุด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



ข้อใดถูกต้อง

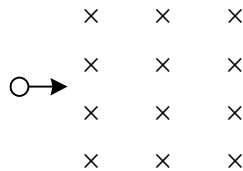
- 1) ถูก 1 ข้อ
 - 2) ถูก 2 ข้อ
 - 3) ถูก 3 ข้อ
 - 4) ถูกทุกข้อ
47. ถ้าต้องการนำแกนอิมิตเตอร์ที่มีความต้านทาน $1,000\ \Omega$ และกระแสไฟฟ้าสูงสุด $50\ \text{mA}$ มาสร้างเป็นแอมมิเตอร์เพื่อวัดกระแสไฟฟ้าได้สูงสุด $1\ \text{A}$ จะต้องใช้ความต้านทานกิโลห์มมาต่อกับแกนอิมิตเตอร์และต่ออย่างไร
- 1) $0.05\ \Omega$ ต่ออนุกรม
 - 2) $0.05\ \Omega$ ต่อขนาน
 - 3) $20\ \text{k}\Omega$ ต่ออนุกรม
 - 4) $20\ \text{k}\Omega$ ต่อขนาน
48. 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}

49. บ้านหลังหนึ่งใช้ไฟฟ้าความต่างศักย์ 220 V มีเครื่องใช้ไฟฟ้างดังนี้ 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
50. 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
51. ประจุบวก q ถูกแรงกระทำให้เคลื่อนที่ด้วยความเร็ว v ตามแกนนอน ผ่านแผ่นตัวนำคู่ขนานที่มีประจุบวกด้านบน และประจุลบด้านล่าง ดังรูป ประจุ q จะเคลื่อนที่ในแนวเดิม ไม่เบี่ยงเบน เมื่อใด

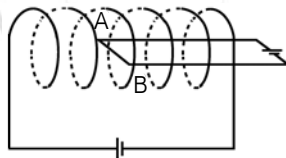


- 1) เมื่อมีสนามแม่เหล็กทิศตามการเคลื่อนที่ของประจุ
- 2) เมื่อมีสนามแม่เหล็กทิศขึ้นไปยังบนเข้าหาแผ่นตัวนำคู่ขนานที่มีประจุบวก
- 3) เมื่อมีสนามแม่เหล็กพุ่งเข้าไปในแนวตั้งฉาก
- 4) เมื่อมีสนามแม่เหล็กพุ่งออกไปในแนวตั้งฉาก

52. 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

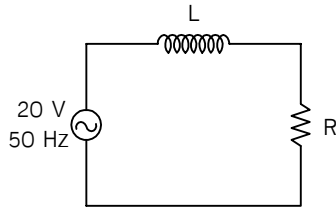


- 1) 0
 - 2) 2.0×10^{-13}
 - 3) 2.8×10^{-13}
 - 4) 4.0×10^{-13}
53. แรงแม่เหล็กที่กระทำต่อลวดตัวนำ AB ยาว 0.1 cm มีค่ากี่นิวตัน ถ้าลวดตัวนำอยู่ในโซลินอยด์ที่มี $B = 0.1$ T และมีกระแสไหลผ่านขดลวด 2 A



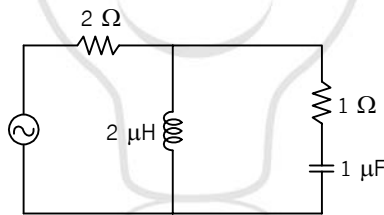
- 1) 0
 - 2) 0.02 N, ในทิศขึ้น
 - 3) 0.02 N, ในทิศลง
 - 4) 0.02 N, ในทิศไปทางขวา
54. ในวงจรไฟฟ้าที่ประกอบด้วยตัวเก็บประจุที่มีความจุ 40 ไมโครฟารัด และตัวต้านทานที่มีความต้านทาน 20 โอห์ม ต่ออนุกรมกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสัญญาณรูปไซน์ที่มีความถี่ของเครื่องกำเนิดสัญญาณเป็น 50 เฮิร์ตซ์ และให้แรงเคลื่อนไฟฟ้ายังผล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

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



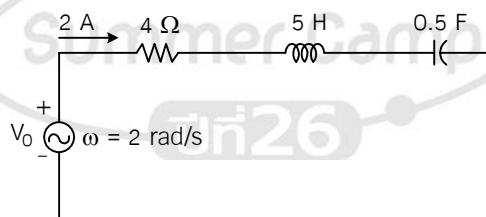
- 1) 1
- 2) 3
- 3) 4
- 4) 5

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



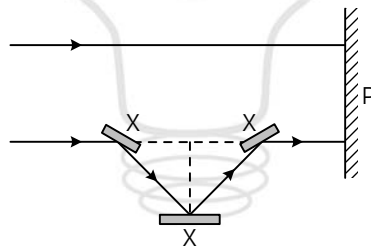
- 1) 50 W
- 2) 100 W
- 3) 400 W
- 4) 800 W

57. จากรูป จงหาค่า V_0



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

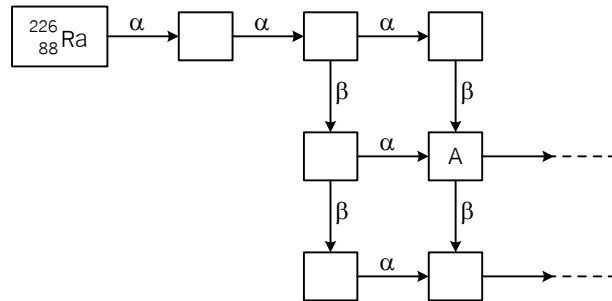
58. เมื่อแสงความยาวคลื่น λ_1 และ λ_2 ตกกระทบบนเกรตติงขนาด λ_2 ช่องต่อเซนติเมตร พบว่าแสงเลี้ยวเบนอันดับที่หนึ่งของแสงความยาวคลื่น λ_1 ตกทับแสงเลี้ยวเบนอันดับที่สองของแสงความยาวคลื่น λ_2 พอดี ความยาวคลื่น λ_1 จะมีค่าเป็นกี่เท่าของความยาวคลื่น λ_2
- 1) 0.5
 - 2) 1
 - 3) 2
 - 4) 3
59. ข้อใดถูกต้องเกี่ยวกับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า
- 1) ไม่มีโมเมนตัม
 - 2) ส่งผ่านพลังงานได้
 - 3) ความเร็วในอากาศอาจมีการเปลี่ยนแปลงขึ้นอยู่กับความถี่
 - 4) มีข้อถูกมากกว่า 1 ข้อ
60. 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
61. เงื่อนไขสำคัญในการสร้างโพลาริเซชันโดยการสะท้อนคือข้อใด
- 1) รังสีตกกระทบบนมุม 90 องศา กับรังสีสะท้อน
 - 2) รังสีตกกระทบบนมุม 90 องศา กับรังสีหักเห
 - 3) รังสีสะท้อนทำมุม 90 องศา กับรังสีหักเห
 - 4) รังสีหักเหทำมุม 90 องศา กับเส้นตั้งฉาก (เส้นปกติ)

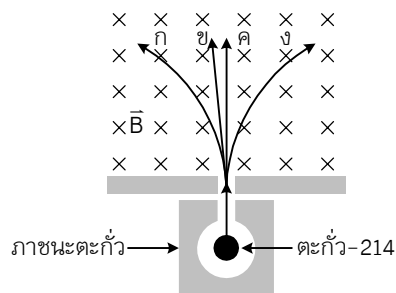
62. เหตุใดจึงไม่เกิดโฟลาไรเซชันในคลื่นเสียง
- 1) เสียงเป็นคลื่นตามยาว
 - 2) เสียงมีหน้าคลื่นเป็นทรงกลม
 - 3) เสียงเป็นคลื่นกลที่อาศัยตัวกลางในการเคลื่อนที่
 - 4) เสียงมีอัตราเร็วไม่คงที่ โดยมีค่าเปลี่ยนแปลงตามอุณหภูมิของตัวกลาง
63. ฮีเลียม-นีออนเลเซอร์ให้แสงที่มีความยาวคลื่น 630 นาโนเมตร เมื่อฉายผ่านสลิตเดี่ยวจะเกิดการเลี้ยวเบนบนฉากที่อยู่ห่างจากสลิตเดี่ยวเป็นระยะ 1.0 เมตร โดยที่ความกว้างของแถบสว่างกลางที่เกิดขึ้นบนฉากนี้เป็น 6.30 มิลลิเมตร จงหาความกว้างของสลิตเดี่ยว
- 1) $10 \mu\text{m}$
 - 2) $20 \mu\text{m}$
 - 3) $100 \mu\text{m}$
 - 4) $200 \mu\text{m}$
64. แสงที่มีความยาวคลื่น 600 นาโนเมตร ตกกระทบบผิวโลหะชนิดหนึ่ง ปรากฏว่าโฟโตอิเล็กตรอนที่หลุดออกมาจากผิว มีความเร็วเป็นศูนย์พอดี ถ้าเปลี่ยนเป็นแสงที่มีความยาวคลื่น 300 นาโนเมตร ตกกระทบบผิวโลหะนี้โฟโตอิเล็กตรอนที่หลุดออกมาจากผิวจะมีพลังงานจลน์สูงสุดเท่าใด
- 1) 1.1×10^{-19} จูล
 - 2) 3.3×10^{-19} จูล
 - 3) 6.6×10^{-19} จูล
 - 4) ไม่มีโฟโตอิเล็กตรอนเกิดขึ้น
65. 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
66. 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

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



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

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



- 1) ก
- 2) ข
- 3) ค
- 4) ง

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

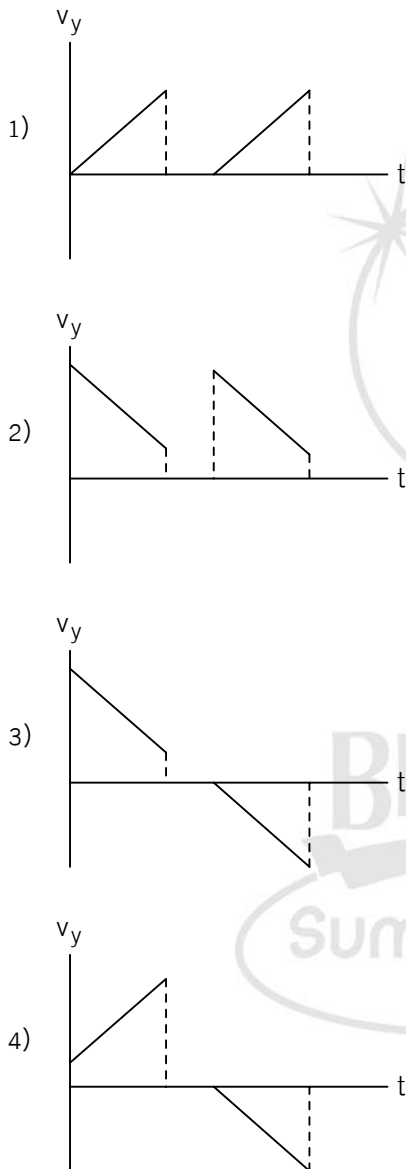
- 1) 2,000
- 2) 2,500
- 3) 3,000
- 4) 3,500

70. 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



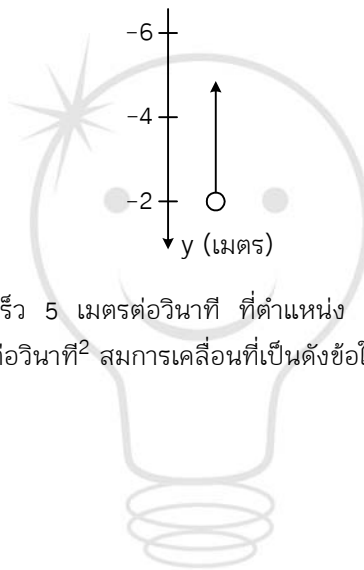
ชุดที่ 3

71. กราฟระหว่างความเร็วในแนวดิ่งกับเวลาในข้อใดสอดคล้องกับการที่ลูกบอลถูกขว้างไปในแนวระดับจากบนหน้าผา และถูกจับไว้ชั่วขณะหนึ่ง โดยลูกบอลยังไม่ถึงพื้น แล้วจึงขว้างออกไปในแนวระดับอีกครั้ง



72. ในการแข่งขันโอลิมปิก นักกีฬาวิ่ง 50 เมตร ได้ในเวลา 2.50 วินาที ถ้าในขณะนั้นมีลมพัดสวนทางกับที่นักกีฬาวิ่งด้วยความเร็ว 3.0 เมตรต่อวินาที ถ้านักกีฬาวิ่งในลักษณะเดิมแต่ไม่มีลมพัด นักกีฬาวิ่งใช้เวลาอยู่ในช่วงใดในหน่วยวินาที สำหรับการวิ่ง 50 เมตร
- 1) (2.05, 2.10]
 - 2) (2.10, 2.15]
 - 3) (2.15, 2.20]
 - 4) (2.20, 2.30]

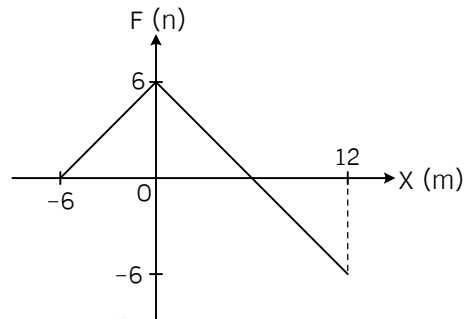
73.



ยิงวัตถุขึ้นในแนวตั้งด้วยความเร็ว 5 เมตรต่อวินาที ที่ตำแหน่ง -2 ดังพิคัดอ้างอิงดังรูป วัตถุเคลื่อนที่ภายใต้แรงโน้มถ่วง 9.8 เมตรต่อวินาที² สมการเคลื่อนที่เป็นดังข้อใด

- 1) $y = 2 - 5t + 4.9t^2$
 - 2) $y - 2 = 5t - 4.9t^2$
 - 3) $y + 2 = 5t - 4.9t^2$
 - 4) $y = -2 - 5t - 4.9t^2$
74. หากพิจารณาถยนต์ทั้งคันรวมทั้งล้อเป็นระบบ แรงในข้อใดต่อไปนี้จะทำให้ระบบรถนี้เคลื่อนที่ช้าลง (ไม่พิจารณาแรงต้านอากาศ)
- 1) แรงจากน้ำมันหล่อลื่น
 - 2) แรงจากน้ำมันเชื้อเพลิง
 - 3) แรงปฏิกิริยาระหว่างล้อกับพื้นถนน
 - 4) ถูกทุกข้อ

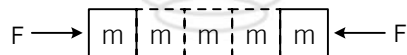
75. หากแรงที่กระทำกับวัตถุมวล 1 กิโลกรัม เปลี่ยนแปลงตามตำแหน่งบนแกน X ดังรูป



พิจารณาการเคลื่อนที่ใน 1 มิติ โดยไม่คิดแรงต้าน ถ้าวัตถุที่ตำแหน่ง $X = -6$ เมตร ความเร็วของวัตถุเท่ากับ $+8$ เมตรต่อวินาที แล้วที่ตำแหน่ง $X = 12$ วัตถุมีความเร็วเป็นกี่เมตรต่อวินาที

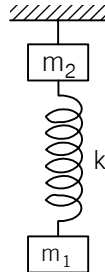
- 1) -6
- 2) -2
- 3) $+2$
- 4) $+6$

76. ออกแรงบีบวัตถุมวล m จำนวนหลายชิ้นเข้าด้วยกันแล้วยกขึ้น ถ้าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานระหว่างวัตถุแต่ละชิ้นเท่ากับ 0.5 และให้แรงเสียดทานระหว่างนี้กับวัตถุมีค่าสูงมาก ต้องออกแรงบีบอย่างน้อยเท่าไร จึงจะสามารถยก มวล m ได้ 7 ชิ้น



- 1) $4mg$
- 2) $5mg$
- 3) $6mg$
- 4) $7mg$

77. วัตถุมวล m_1 วางอยู่บนพื้นราบลื่น ผูกติดกับสปริงที่มีค่าคงที่สปริง k วัตถุอีกก้อนมวล m_2 ผูกกับเชือกเบา โยงผ่านรอก แล้วนำไปผูกติดกับมวล m_1 ดังรูป



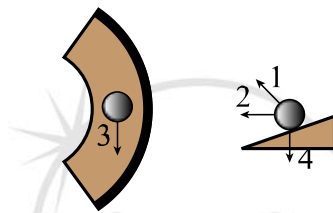
เริ่มต้นมวล m_1 อยู่นิ่งไม่ขยับโดยใช้มือจับมวล m_1 ไว้ เมื่อปล่อยมือระบบนี้จะสั่นโดยมวล m_1 จะสั่นขึ้น-ลงรอบจุดสมดุล จุดสมดุลนี้อยู่ต่ำกว่าตำแหน่งเริ่มต้นของมวล m_1 เท่าใด

- 1) $\frac{m_1 g}{k}$
 - 2) $\frac{m_2 g}{k}$
 - 3) $\frac{(m_1 + m_2)g}{k}$
 - 4) $\frac{(m_2 - m_1)g}{k}$
78. ถ้าแรงต้านอากาศที่กระทำต่อรถยนต์ที่กำลังเคลื่อนที่มีค่าแปรผันตามอัตราเร็วของรถ และอัตราเร็วสูงสุดของรถก็ถูกจำกัดโดยแรงต้านอากาศ ถ้ากำลังของรถยนต์คันนี้ลดลงร้อยละ 75 อัตราเร็วสูงสุดของรถจะลดลงประมาณร้อยละเท่าใด
- 1) 50
 - 2) 75
 - 3) 85
 - 4) 95
79. วางสปริงบนพื้นราบโดยปลายด้านหนึ่งยึดไว้กับผนัง ปลายอีกด้านหนึ่งมีมวล 2 กิโลกรัม ติดไว้ และสปริงถูกอัดเข้าไป 20 เซนติเมตร จากสมดุล ทำให้สปริงมีพลังงานศักย์ยืดหยุ่น 200 จูล ถ้าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานระหว่างมวลกับพื้นเท่ากับ 0.8 จงหาว่าหลังจากปล่อยมือ สปริงจะถูกยืดออกไปจากตำแหน่งสมดุลเป็นระยะกี่เซนติเมตร
- 1) 5
 - 2) 10
 - 3) 15
 - 4) 20

80. จรวดเด็กเล่นมวล 2 กิโลกรัมอยู่นิ่งในแนวระดับ เมื่อจุดระเบิดด้วยดินปืน จะต้องมีความเร็วขนาดกี่นิวตัน กระทำต่อจรวดเป็นเวลา 3 วินาที ขนาดความเร็วของจรวดหลังจุดระเบิดจึงเป็น 300 เมตรต่อวินาที โดยถือว่ามวลของดินปืนน้อยมากเมื่อเทียบกับมวลจรวดและไม่คิดแรงต้านอากาศ
- 1) 100
 - 2) 150
 - 3) 200
 - 4) 300
81. แขนงวัตถุมวล 300 กรัม ในแนวตั้งด้วยสปริง ที่มีค่าคงที่สปริง 0.2 นิวตันต่อเมตร และปล่อยให้อยู่นิ่ง ต่อมาเอามือยกวัตถุขึ้นในแนวตั้งเป็นระยะ 2 เซนติเมตร แล้วปล่อย วัตถุจะแกว่งด้วยพลังงานจลน์สูงสุดกี่มิลลิจูล
- 1) 5.884
 - 2) 58.84
 - 3) 60.84
 - 4) 62.84
82. วัตถุ A และวัตถุ B เหมือนกันทุกประการ ถูกยิงขึ้นไปด้วยขนาดความเร็วเท่ากัน แต่ทำมุมในแนวระดับไม่เท่ากัน โดยวัตถุ A เอียงทำมุม 80° กับแนวระดับ วัตถุ B เอียงทำมุม 20° ข้อใดถูกต้อง ถ้าวัตถุทั้งสองตกลงมายังระดับที่ถูกยิง (ไม่คิดแรงต้านอากาศ)
- 1) วัตถุ A มีการตกลงมากกว่าวัตถุ B
 - 2) วัตถุ B มีการตกลงมากกว่าวัตถุ A
 - 3) วัตถุทั้งสองมีการตกลงและอัตราเร็วเท่ากัน
 - 4) วัตถุทั้งสองมีการตกลงและความเร็วเท่ากัน
83. ยิงปืนจากหน้าผาสูงมาก ตำแหน่งใดที่ความเร็วของกระสุนปืนมีทิศขนานกับความเร่งของกระสุนปืน
- 1) ทุกๆ ตำแหน่งของการเคลื่อนที่
 - 2) ตำแหน่งสูงสุดของการเคลื่อนที่
 - 3) ตำแหน่งกระสุนปืนกระทบพื้น
 - 4) ไม่มีตำแหน่งดังกล่าว
84. ปืน M 16 รุ่น A1 สามารถยิงกระสุนออกไปในแนวระดับด้วยอัตราเร็ว 980 เมตรต่อวินาที ถ้าเป้าอยู่ห่างออกไป 460 เมตร เราต้องเล็งปืนให้สูงกว่าเป้าประมาณกี่เมตร กระสุนจึงจะใกล้เป้ามากที่สุด
- 1) 0.5
 - 2) 2.32
 - 3) 4.08
 - 4) 5.0

85. แกว่งวัตถุชนิดหนึ่งเป็นวงกลมในแนวระดับอย่างสม่ำเสมอมีรัศมี 2 เมตร ถ้าพลังงานจลน์ของวัตถุคงที่ 200 จูล ขนาดของแรงสู่ศูนย์กลางที่กระทำต่อวัตถุเป็นกี่นิวตัน
- 1) 50
 - 2) 100
 - 3) 150
 - 4) 200

86. ลูกกลมโลหะกำลังเคลื่อนที่ไปตามทางโค้งวงกลม ที่มีการยกเอียงด้านหนึ่งด้วยอัตราเร็วคงที่ ดังรูป

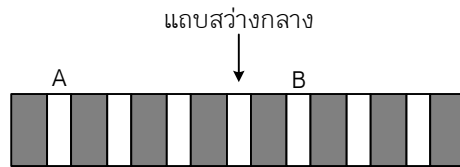


ทิศของความเร่งลัพธ์อยู่ในทิศตามหมายเลขใด

- 1) 1
 - 2) 2
 - 3) 3
 - 4) 4
87. ลูกตุ้มอย่างง่ายมีเชือกยาว L แขนงที่ตะปั่วบน และมีตะปั่วอีกตัวอยู่ข้างล่างเป็นระยะทาง $\frac{L}{2}$ เริ่มต้นดึงลูกตุ้มให้เชือกผ่านตะปั่วล่างทำมุม 90° กับแนวตั้ง เมื่อเชือกแกว่งผ่านตะปั่วล่าง เชือกส่วนบนจะแกว่งขึ้นไปเป็นมุมเท่าใดกับแนวตั้ง
- 1) น้อยกว่า 30°
 - 2) เท่ากับ 30°
 - 3) มากกว่า 30° แต่ไม่ถึง 60°
 - 4) เท่ากับ 60°
88. ลูกตุ้มเพนดูลัมผูกเชือกยาว 39.2 เมตร แกว่งกลับไปกลับมา โดยทำมุมสูงสุด 45 องศา กับแนวระนาบ อัตราเร็วเฉลี่ยของการแกว่งจากจุดเริ่มต้นจนกลับมาถึงจุดเริ่มต้นอีกครั้งมีค่าประมาณกี่เมตรต่อวินาที
- 1) 4.5
 - 2) 4.9
 - 3) 5.4
 - 4) 5.9

89. เด็กก้อนหนึ่งมีรัศมี 30 cm มีมวล 0.3 kg หมุนอยู่บนแป้นหมุนเบามากด้วยคาบ 4 วินาที/รอบ ถ้าคนแต่งหน้าเด็กบีบครีมปริมาณ 0.2 kg ลงจนเต็มหน้าเด็ก หลังบีบครีมแล้วเด็กก้อนดังกล่าวหมุนกี่รอบ/วินาที
- 1) 0.07
 - 2) 0.15
 - 3) 0.32
 - 4) 0.47
90. ต้องใช้มอเตอร์กำลังกี่วัตต์ ต่อกับจุดศูนย์กลางของจานโลหะมวล 5 กิโลกรัม รัศมีเท่ากับ 10 เซนติเมตร จึงสามารถหมุนจานจากสภาพหยุดนิ่งจนมีอัตราเร็วการหมุน 360 รอบต่อนาที ได้ภายในเวลา 3 วินาที
- 1) 2
 - 2) 3
 - 3) 6
 - 4) 12
91. ทำการทดลองสะบัดเชือกให้เกิดคลื่นในเส้นเชือก ถ้าสะบัดเชือกให้มีความถี่ลดลงเป็นครึ่งหนึ่ง โดยที่ความยาวคลื่นเท่าเดิม ความตึงเชือกเป็นเท่าใด ณ ขณะนี้
- 1) เพิ่มขึ้นเป็น 4 เท่า และความเร็วคลื่นเท่าเดิม
 - 2) เพิ่มขึ้นเป็น 4 เท่า และความเร็วคลื่นเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่า
 - 3) ลดลงเป็น 4 เท่า และความเร็วคลื่นเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่า
 - 4) ลดลงเป็น 4 เท่า และความเร็วคลื่นลดลงเป็น 2 เท่า
92. นักเรียนคนหนึ่งสังเกตเห็นคลื่นน้ำเคลื่อนที่โดยมีความยาวคลื่นเท่ากับ 1.5 เมตร และพบว่าคลื่นแต่ละลูกเคลื่อนที่ผ่านเสาสองต้นซึ่งอยู่ห่างกัน 90 เมตร ในเวลา 30 วินาที คาบคลื่นน้ำที่สังเกตเห็นเท่ากับกี่วินาที
- 1) 0.25
 - 2) 0.50
 - 3) 0.75
 - 4) 1.00

93. ผลการทดลองการแทรกสอดของแสงจากช่องแคบคู่ เป็นดังรูป



ถ้าพบว่าความต่างระยะทาง (Path Difference) ของระยะทางจากช่องแคบที่หนึ่ง (S_1) ไปยังกึ่งกลางของแถบสว่าง A และระยะทางจากช่องแคบที่สอง (S_2) ไปยังกึ่งกลางของแถบสว่าง A มีค่ามากกว่าความต่างระยะทาง ของระยะทางจากช่องแคบที่หนึ่ง ไปยังกึ่งกลางของแถบสว่าง B และระยะทางจากช่องแคบที่สอง ไปยังกึ่งกลางของแถบมืด B อยู่ 800 นาโนเมตร ความยาวคลื่นของแสงที่ใช้เท่ากับกี่นาโนเมตร

- 1) 200
- 2) 300
- 3) 400
- 4) 500

94. นักเรียนคนหนึ่งทำการทดลองสลิตคู่ของยัง โดยผลต่างของระยะจากแหล่งกำเนิดที่หนึ่งถึงจุดมืดที่สามกับระยะจากแหล่งกำเนิดที่สองถึงจุดมืดที่สามเท่ากับ 1,000 นาโนเมตร ผลต่างของระยะจากแหล่งกำเนิดที่หนึ่งถึงจุดสว่างที่สองกับระยะจากแหล่งกำเนิดที่สองถึงจุดสว่างที่สองเท่ากับกี่นาโนเมตร

- 1) 700
- 2) 800
- 3) 900
- 4) 1,000

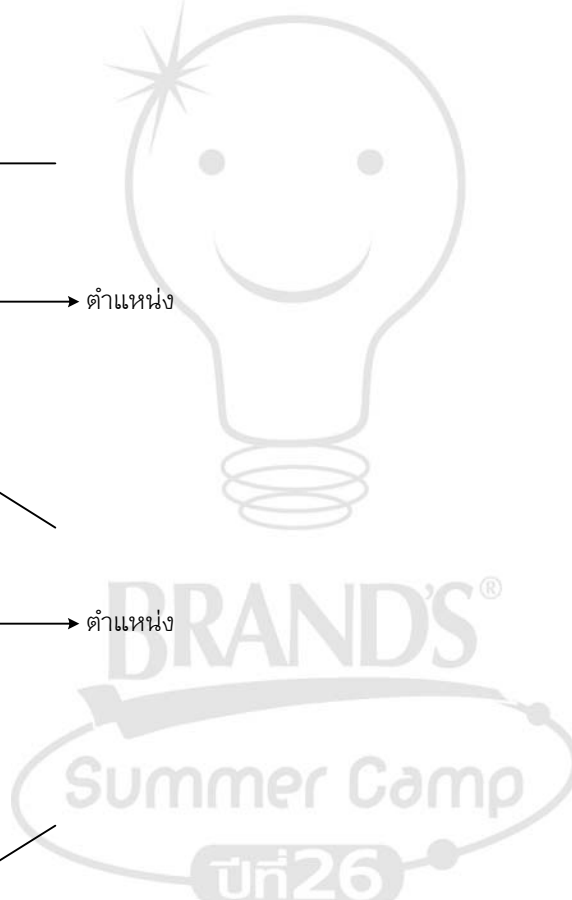
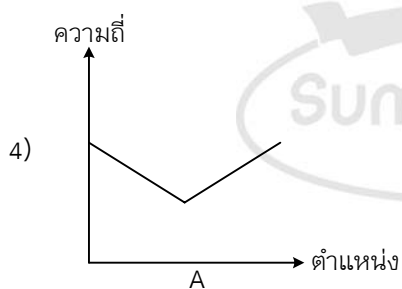
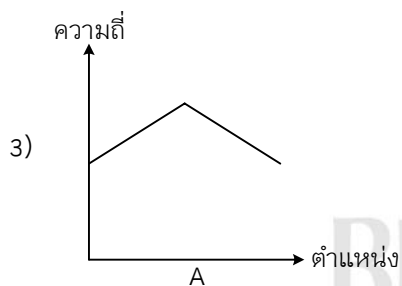
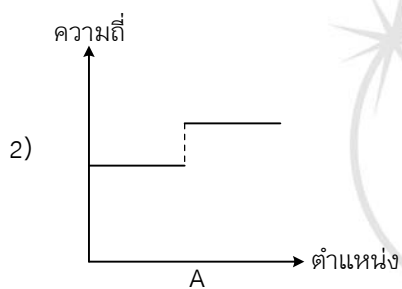
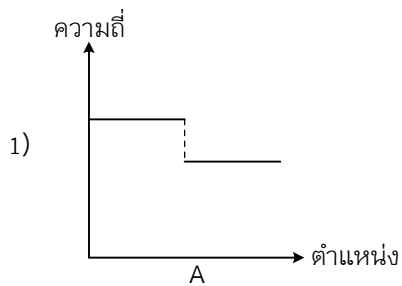
95. นักเรียนคนหนึ่งทำการทดลองเคาะล้อเสียงซึ่งไม่ทราบความถี่บนปากหลอดเรโซแนนซ์ ซึ่งมีความยาว 0.6 เมตร ถ้าเขาได้ยินเสียงดังขึ้น เมื่อระดับน้ำในหลอดสูง 10 เซนติเมตร และไม่ได้ยินเสียง เมื่อเติมน้ำลงไปอีก 10 เซนติเมตร ถ้าเขาเติมน้ำลงไปเรื่อยๆ เขาจะได้ยินเสียงดังอีกครั้ง

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

96. สมศักดิ์ยืนอยู่ห่างจากแหล่งกำเนิดเสียงซึ่งแผ่ออกทุกทิศทางอย่างสม่ำเสมอเป็นระยะ 30 เมตร เขาวัดระดับความเข้มเสียงได้ 50 เดซิเบล ถ้าสมศรียืนอยู่ห่างจากแหล่งกำเนิดเสียงเป็นระยะ 15 เมตร จะวัดระดับความเข้มเสียงได้กี่เดซิเบล

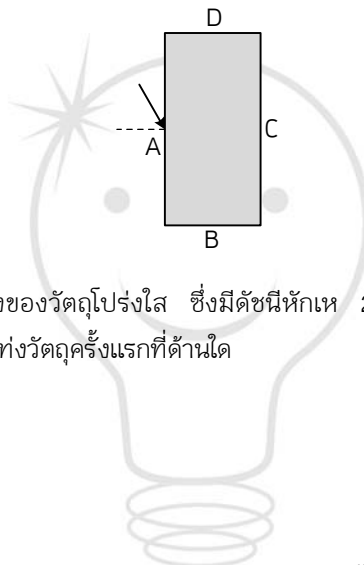
- 1) 28
- 2) 56
- 3) 84
- 4) 110

97. แหล่งกำเนิดเสียงความถี่คงที่เริ่มเคลื่อนที่ด้วยความเร่งคงที่เข้าหาผู้สังเกตคนหนึ่งซึ่งอยู่นิ่ง แล้วผ่านเลยไป กราฟในข้อใดแสดงความถี่ของเสียงที่ผู้สังเกตวัดได้ ถ้า A คือตำแหน่งของผู้สังเกต



98. วางวัตถุไว้ห่างจากกระจกเว้าเป็นระยะคงที่ค่าหนึ่ง เมื่อวางฉากอันหนึ่งระหว่างวัตถุกับกระจกเว้า โดนที่ระยะระหว่างกระจกเว้ากับฉากน้อยกว่าระยะระหว่างฉากกับวัตถุ พบว่าได้ภาพชัดบนฉาก ถ้าต้องการให้ภาพชัดบนฉาก แต่ใหญ่ขึ้นกว่าตอนแรกต้องเลื่อนสิ่งใด
- 1) เลื่อนกระจกและฉากเข้าใกล้วัตถุ
 - 2) เลื่อนกระจกและฉากออกห่างวัตถุ
 - 3) เลื่อนกระจกเข้าใกล้วัตถุและเลื่อนฉากออกจากกระจก
 - 4) เลื่อนกระจกออกห่างวัตถุและเลื่อนฉากเข้าใกล้กระจก

99.



ฉายแสงเลเซอร์ลงบนด้านหนึ่งของวัตถุโปร่งใส ซึ่งมีดัชนีหักเห 2 ลำแสงทำมุมกับผิววัตถุ 60 องศา ลำแสงเลเซอร์ จะทะลุออกจากแท่งวัตถุครั้งแรกที่ด้านใด

- 1) A
 - 2) B
 - 3) C
 - 4) D
100. ลูกปืนมวล 20 g เคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็ว 2,700 m/s เข้าไปในซี่ฝีมวล 1 kg ถ้าพลังงานทั้งหมดของลูกปืน เปลี่ยนเป็นความร้อน จงหาว่าอุณหภูมิซี่ฝีมักจะสูงขึ้นกี่องศาเซลเซียส กำหนดให้ค่าความจุความร้อนจำเพาะของซี่ฝีมัก คือ $0.6 \text{ Cal/g} \cdot ^\circ\text{C}$ โดยที่ $1 \text{ Cal} = 4 \text{ J}$
- 1) 1.12
 - 2) 2.34
 - 3) 3.45
 - 4) 7.0

101. ยิงกระสุนปืนมวล 10 กรัม 10 นัด เข้าใส่แท่งน้ำทรงลูกบาศก์ขนาด $1 \times 1 \times 1$ ลูกบาศก์เมตร ที่บรรจุน้ำเต็มด้วยอัตราเร็ว 600 เมตรต่อวินาที ถ้ากระสุนฝังเข้าไปในผนังของแท่งน้ำ อุณหภูมิของน้ำในแท่งจะเปลี่ยนแปลงกี่เคลวิน ถือว่าน้ำได้รับความร้อนทั้งหมดจากผนังแท่งน้ำ กำหนดให้ความร้อนจำเพาะของน้ำเท่ากับ 4.2 กิโลจูลต่อกิโลกรัม·เคลวิน และความหนาแน่นของน้ำเท่ากับ $1,000$ กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร
- 1) 4.3×10^{-5}
 - 2) 4.3×10^{-4}
 - 3) 4.3×10^{-3}
 - 4) 4.3×10^{-2}
102. เครื่องทำน้ำแข็งสามารถเปลี่ยนน้ำที่มีอุณหภูมิ 35°C เป็นน้ำแข็งอุณหภูมิ -20° ถ้าเราซื้อน้ำแข็งดังกล่าวในกิโลกรัมละ 1 บาท ถ้าค่าไฟหน่วยละ 7 บาท ผู้ขายจะกำไรหรือขาดทุนประมาณกี่โลกรัมละกิโลบาท กำหนดให้ความร้อนจำเพาะของน้ำเท่ากับ $4.2 \text{ kJ/kg} \cdot \text{K}$ ค่าความร้อนแฝงของการหลอมเหลวเท่ากับ 344 kJ/kg และความร้อนจำเพาะของน้ำแข็งเท่ากับ $2.1 \text{ kJ/kg} \cdot \text{K}$
- 1) กำไร 0.036 บาท
 - 2) กำไร 0.127 บาท
 - 3) ขาดทุน 0.036 บาท
 - 4) ขาดทุน 0.127 บาท
103. ลูกเหล็กมี 3 mm ถูกปล่อยให้จมในของเหลวชนิดหนึ่ง ถ้าความเร็วปลายขณะที่ไม่คิดผลจากแรงลอยตัวมีความแตกต่างกับผลจากการคิดแรงลอยตัว 15% จงหาอัตราส่วนความหนาแน่นของของเหลวต่อความหนาแน่นของลูกเหล็ก
- 1) 0.015
 - 2) 0.150
 - 3) 0.450
 - 4) 1.150
104. ลูกเทนนิสถูกตีด้วยอัตราเร็ว 30 เมตรต่อวินาที ในอากาศที่อยู่นิ่งและหมุนรอบตัวเองด้วยความถี่ $\frac{20}{2\pi}$ เฮิรตซ์ การหมุนของลูกเทนนิสทำให้ความเร็วอากาศเทียบผิวลูกเทนนิสแตกต่างกันในแต่ละด้าน โดยด้านหนึ่งมีค่ามากกว่า 30 เมตรต่อวินาที อีกด้านหนึ่งจะมีค่าน้อยกว่า 30 เมตรต่อวินาที ถ้าความหนาแน่นของอากาศมีค่า 1.1 กิโลกรัม ต่อลูกบาศก์เมตร ความดันอากาศที่จุด A และจุด B ต่างกันกี่พาสคัล กำหนดให้ลูกเทนนิสมีรัศมี 5 เซนติเมตร
- 1) 33
 - 2) 56
 - 3) 66
 - 4) 112

105. กระบอกฉีดยาฆ่าแมลงอยู่ในแนวราบ ประกอบด้วยลูกสูบพื้นที่หน้าตัด 20 ตารางเซนติเมตร และปลายกระบอกเป็นรูเล็กๆ พื้นที่หน้าตัด 4 ตารางมิลลิเมตร อากาศที่ถูกอัดจะพุ่งผ่านปลายท่อขนาดเล็กวางตัวในแนวตั้งที่จุ่มอยู่ในน้ำผสมยาฆ่าแมลง สมมติให้ระดับผิวน้ำอยู่ต่ำกว่ารู 0.05 เซนติเมตร และประมาณว่าน้ำยามีความหนาแน่น 1,000 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ถ้าเราออกแรง 20 นิวตัน ดันลูกสูบให้เคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 20 เซนติเมตรต่อวินาที น้ำยาจะถูกดูดขึ้นมาตามท่อขนาดเล็กและพุ่งออกไปได้เมื่ออากาศในกระบอกสูบถูกอัดจนมี ความหนาแน่นใกล้เคียงกับกิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

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



เฉลย

ชุดที่ 1

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

ชุดที่ 2

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

ชุดที่ 3

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



ปีที่ 26