

รหัสวิชา 72 ความถนัดทางวิทยาศาสตร์ (PAT 2)

หมวดวิชา ฟิสิกส์

แบบปรนัย 4 ตัวเลือก เลือก 1 คำตอบที่ถูกต้องที่สุด จำนวน 27 ข้อ

ค่าคงตัวต่าง ๆ ต่อไปนี้ใช้ประกอบการคำนวณในข้อที่เกี่ยวข้อง

$$g = 9.8 \text{ m/s}^2$$

$$c = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$$

$$h = 6.6 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$$

$$G = 6.67 \times 10^{-11} \text{ m}^3 (\text{kg}\cdot\text{s}^2)$$

$$e = 3.0 \times 10^8 \text{ m/s}$$

$$\pi = 3.14$$

$$k_B = 1.38 \times 10^{-23} \text{ J/K}$$

$$R = 8.31 \text{ J}/(\text{mol}\cdot\text{K})$$

$$N_A = 6.02 \times 10^{23} \text{ อนุภาค}$$

$$\sqrt{2} = 1.414$$

$$\sqrt{3} = 1.732$$

$$\sqrt{5} = 2.236$$

$$\sqrt{7} = 2.646$$

$$\ln 2 = 0.693$$

$$\log 2 = 0.3010$$

$$\ln 3 = 1.099$$

$$\log 3 = 0.477$$

$$\ln 5 = 1.609$$

$$\log 5 = 0.699$$

ข้อ 1. [ข้อสอบเข้ามหาวิทยาลัย / PAT 2 ต.ค. 2552]

กำหนดให้ T เป็นแรงตึงในเส้นเชือกมีหน่วยเป็นนิวตัน หรือ กิโลกรัมเมตรต่อวินาทียกกำลังสอง

และ μ เป็นมวลของเชือกต่อหน่วยความยาว มีหน่วยเป็นกิโลกรัมต่อเมตร ปริมาณ $\sqrt{\frac{T}{\mu}}$ มีหน่วย

เดียวกับปริมาณใด

- | | |
|-------------|-------------------------|
| 1. ความเร็ว | 2. พลังงาน |
| 3. ความเร่ง | 4. รากที่สองของความเร่ง |

ข้อ 2. [ข้อสอบเข้ามหาวิทยาลัย / PAT 2 ต.ค. 2552]

การขับรถด้วยอัตราเร็ว 50 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ประสานงากับรถอีกคันหนึ่งที่แล่นสวนมาด้วย

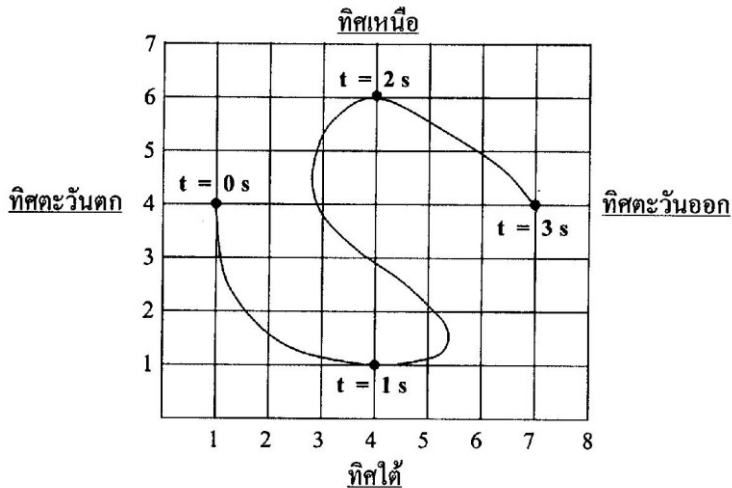
อัตราเร็ว 30 กิโลเมตรต่อชั่วโมง จะเกิดความรุนแรงใกล้เคียงกับการตกตึกประมาณกี่ชั้น กำหนด

ให้ตึก 1 ชั้น สูง 4 เมตร

- | | |
|-------|-------|
| 1. 4 | 2. 6 |
| 3. 10 | 4. 15 |

ข้อ 3. [ข้อสอบเข้ามหาวิทยาลัย / PAT 2 ต.ค. 2552]

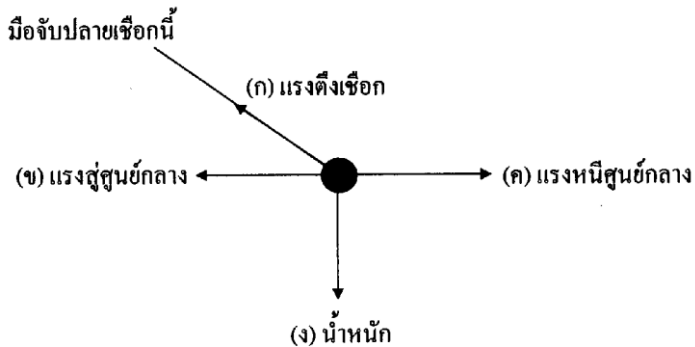
มดตัวหนึ่งเดินไปบนกระดาษกราฟโดยเริ่มจากพิกัด (1,4) เดินไปตามเส้นโค้งดังภาพ นักเรียนบันทึกตำแหน่งของมดทุก ๆ 1 วินาที ทิศของความเร็วเฉลี่ยในช่วงเวลา 0-3 วินาที ประมาณได้ว่าอยู่ที่ทิศใด



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

ข้อ 4. [ข้อสอบเข้ามหาวิทยาลัย / PAT 2 ต.ค. 2552]

ชายคนหนึ่งนำเชือกไปผูกกับลูกตุ้มแล้วนำมาแขวนเหนือศีรษะ เป็นวงกลมระนาบขนานกับผิวโลก จงเลือกแรงที่เพียงพอต่อการพิจารณาสภาพการเคลื่อนที่ของลูกตุ้ม



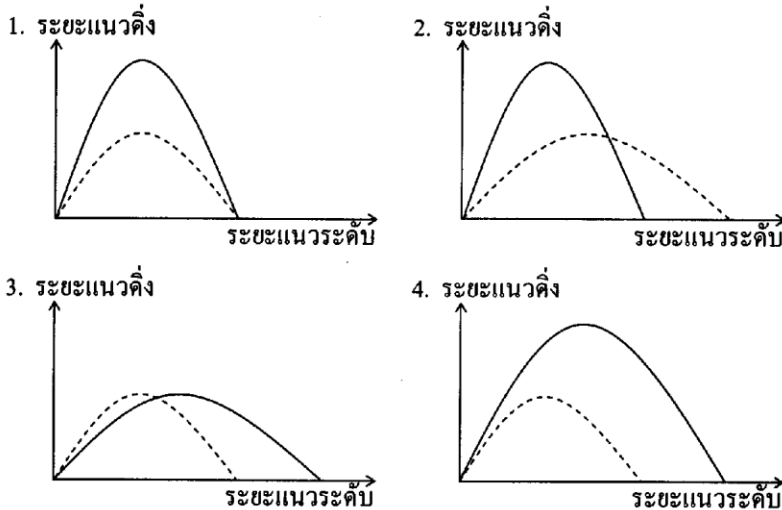
1. ก และ ข
2. ก ข และ ง
3. ก ข ค และ ง
4. ก และ ง

ข้อ 5. [ข้อสอบเข้ามหาวิทยาลัย / PAT 2 ต.ค. 2552]

การยิงวัตถุแบบโพรเจกไทล์ด้วยอัตราเร็วต้นและมุมยิงเดียวกัน บนดวงจันทร์ที่มีแรงโน้มถ่วงต่ำกว่าบนโลก เมื่อเปรียบเทียบกับบนโลก จะเป็นตามข้อใด

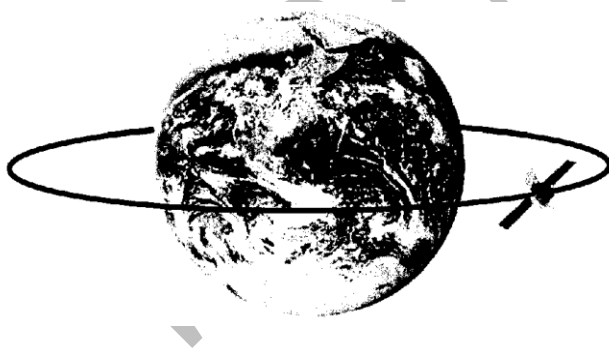
กำหนดให้ เส้นประ ----- แทนแนวการเคลื่อนที่บนโลก

เส้นทึบ ——— แทนแนวการเคลื่อนที่บนดวงจันทร์



ข้อ 6. [ข้อสอบเข้ามหาวิทยาลัย / PAT 2 ต.ค. 2552]

ดาวเทียมมวล m ที่โคจรรอบโลกที่มีมวล M จะเกิดแรงสู่ศูนย์กลางซึ่งนำไปสู่การหาอัตราเร็วของดาวเทียมที่รัศมีโคจร r จากจุดศูนย์กลางโลกดังนี้



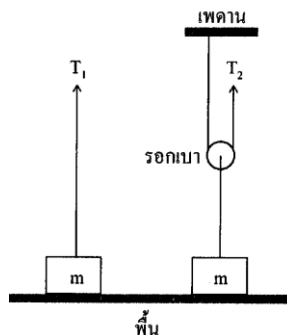
ถ้า (1) $F = \frac{GmM}{r^2}$ (2) $\frac{mv^2}{r} = \frac{GmM}{r^2}$ (3) $v = \sqrt{\frac{GM}{r}}$

จากสมการ (3) จะเห็นว่าอัตราเร็ววงโคจรที่เพิ่มขึ้นสัมพันธ์กับรัศมีวงโคจรที่ลดลง ข้อใดถูก

1. สมการ (3) ใช้ไม่ได้ถ้ามวลของดาวเทียมเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา
2. ดาวเทียมที่กำลังโคจรเป็นวงกลมรอบโลก งานเนื่องจากแรงดึงดูดระหว่างมวลมีค่าเป็นศูนย์
3. จากสมการ (3) ถ้าต้องการให้ดาวเทียมลดรัศมีวงโคจร เราต้องทำให้ดาวเทียมจุดระเบิดเครื่องยนต์เพื่อดันให้ดาวเทียมโคจรเร็วขึ้น
4. ในขณะที่ดาวเทียมที่กำลังโคจรเป็นวงกลมรอบโลกด้วยอัตราเร็วคงที่ จะมีความเร่งเป็นศูนย์

ข้อ 7. [ข้อสอบเข้ามหาวิทยาลัย / PAT 2 ต.ค. 2552]

จากรูป

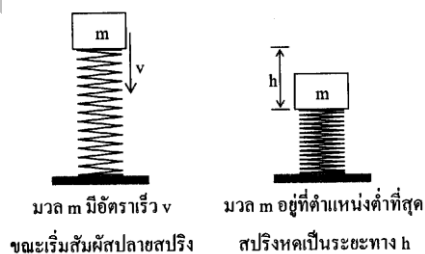


ดึงมวล m สองก้อน ด้วยแรง T_1 และ T_2 มวลทั้งสองก้อนเริ่มเคลื่อนที่ขึ้นจากพื้นพร้อมกันและเคลื่อนที่ขึ้นด้วยอัตราเร็วคงตัวเดียวกัน ข้อใดถูก

- ก. แรง T_1 มีค่ามากกว่าแรง T_2
 - ข. กำลังของแรง T_1 มีค่าน้อยกว่ากำลังของแรง T_2
 - ค. งานของแรง T_1 เท่ากับงานของแรง T_2
 - ง. ถ้าวัตถุที่อยู่บนพื้นดินมีพลังงานศักย์โน้มถ่วงเป็นศูนย์ มวลแต่ละก้อนต่างก็มีการอนุรักษ์พลังงานกล
1. ก 2. ก และ ข 3. ก และ ค 4. ก และ ง

ข้อ 8. [ข้อสอบเข้ามหาวิทยาลัย / PAT 2 ต.ค. 2552]

มวลก้อนหนึ่งถูกปล่อยจากที่สูงตกลงมากระทบกับสปริงตัวหนึ่งซึ่งเบามาก และตั้งอยู่บนพื้นแข็งแรงผลของการกระทบทำให้สปริงหดสั้นเป็นระยะทาง h หลังจากนั้นมวลก้อนนี้ก็ถูกสปริงดันขึ้นทำให้มวลเคลื่อนที่ที่กลับมาที่ความสูงที่ปล่อย ข้อใดถูก



1. ขณะตำแหน่งต่ำสุด มวลไม่ได้อยู่ภายใต้สภาวะสมดุลแรง
2. ระยะหดของสปริงสามารถคำนวณได้จากการอนุรักษ์ของผลรวมระหว่างพลังงานจลน์และพลังงานศักย์โน้มถ่วง
3. ขณะอยู่ที่ตำแหน่งต่ำสุด พลังงานศักย์ยืดหยุ่นในสปริงมีค่าเป็นศูนย์
4. ขณะอยู่ที่ตำแหน่งต่ำสุด มวลมีความเร่งเป็นศูนย์

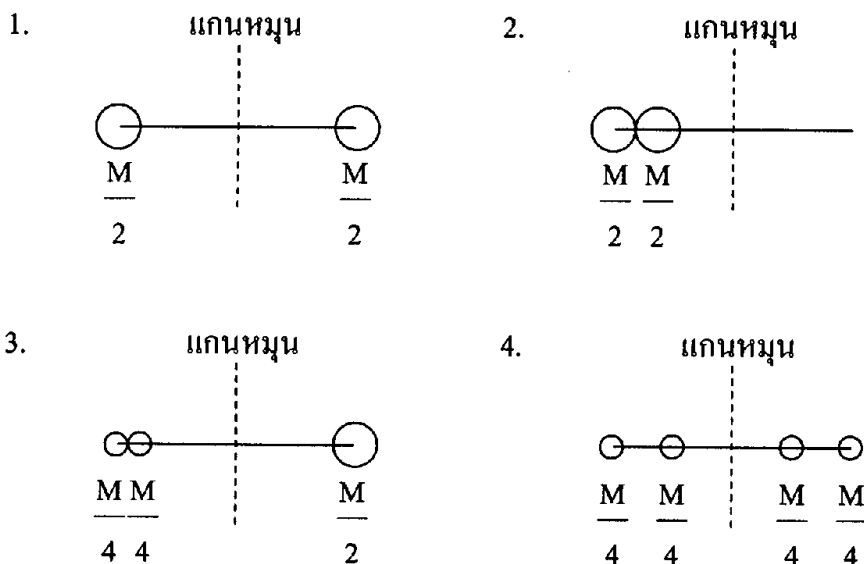
ข้อ 9. [ข้อสอบเข้ามหาวิทยาลัย / PAT 2 ต.ค. 2552]

นายอ้วนและนายผอมยืนอยู่บนพื้นน้ำแข็งลื่น นายอ้วนมีมวล 80 กิโลกรัม นายผอมมีมวล 40 กิโลกรัม ทั้งสองคนออกแรงเล่นชักเย่อกัน ในจังหวะที่นายอ้วนออกแรงดึงเชือก จนตัวเองมีอัตราเร็ว 0.2 เมตรต่อวินาที นายผอมจะมีอัตราเร็วกี่เมตรต่อวินาที

1. 0.1
2. 0.2
3. 0.4
4. 0.6

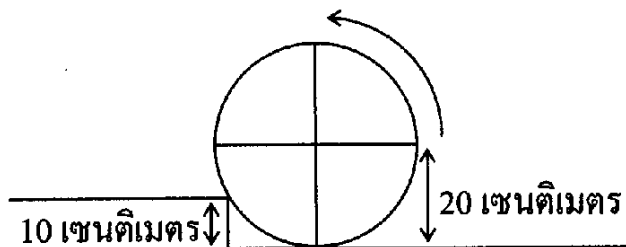
ข้อ 10. [ข้อสอบเข้ามหาวิทยาลัย / PAT 2 ต.ค. 2552]

ดินน้ำมันก้อนหนึ่งมวล M ถูกนำมาปั้นเป็นทรงกลมหลายลูกและเสียบกับไม้เสียบลูกชิ้น กำหนดให้แกนหมุนผ่านกึ่งกลางไม้เสียบลูกชิ้นและตั้งฉากกับแกนไม้ รูปในข้อใดที่มีโมเมนต์ความเฉื่อยสูงสุด



ข้อ 11. [ข้อสอบเข้ามหาวิทยาลัย / PAT 2 ต.ค. 2552]

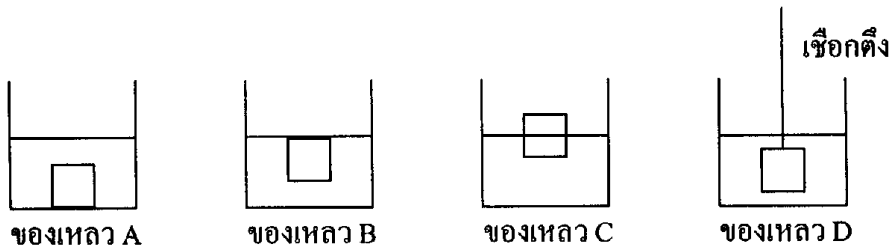
รถยนต์คันหนึ่งมีมวล 1,000 กิโลกรัม ล้อรถยนต์มีรัศมี 20 เซนติเมตรแต่ละล้อรับมวล 250 กิโลกรัม จงคำนวณหาทอร์กชั้นต่ำสุดที่ต้องให้แก่ล้อหน้าแต่ละล้อ เพื่อให้ปืนพุดบาทซึ่งสูง 10 เซนติเมตรได้



1. $25g\sqrt{3}$
2. $25g$
3. $25g\sqrt{2}$
4. $25g/\sqrt{2}$

ข้อ 12. [ข้อสอบเข้ามหาวิทยาลัย / PAT 2 ต.ค. 2552]

วัตถุก้อนหนึ่งมีความหนาแน่น ρ_0 เมื่อนำไปหย่อนลงในของเหลว 4 ชนิด และวัตถุหยุดนิ่ง ได้ผลดังรูป แรงลอยตัวในของเหลวข้อใดมีค่าเท่ากัน



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

ข้อ 13. [ข้อสอบเข้ามหาวิทยาลัย / PAT 2 ต.ค. 2552]

ถังบรรจุน้ำใบหนึ่งมีรูเล็ก ๆ 2 รูอยู่ที่ข้างถัง โดยรูล่างต่ำกว่าระดับน้ำเป็น 2 เท่า ของรูบน อัตราเร็ว(v) ของน้ำที่ไหลออกจากรูทั้งสองสัมพันธ์กันตามข้อใด

1. $v_{\text{ล่าง}} = v_{\text{บน}}/2$
2. $v_{\text{ล่าง}} = \sqrt{2} v_{\text{บน}}$
3. $v_{\text{ล่าง}} = 2v_{\text{บน}}$
4. $v_{\text{ล่าง}} = 4v_{\text{บน}}$

ข้อ 14. [ข้อสอบเข้ามหาวิทยาลัย / PAT 2 ต.ค. 2552]

แก๊สอุดมคติชนิดหนึ่งบรรจุอยู่ในภาชนะที่มีปริมาตรคงตัว ถ้าวัดจำนวนโมเลกุลของแก๊สสองครั้งหนึ่ง โดยรักษาความดันให้มีความคงเดิม ข้อใดไม่ถูก

1. อุณหภูมิของแก๊สมีค่าเท่าเดิม
2. พลังงานภายในของแก๊สมีค่าเท่าเดิม
3. v_{rms} ตอนหลังมีค่ามากกว่า v_{rms} ตอนแรก
4. พลังงานจลน์เฉลี่ยของแก๊สตอนหลังเป็น 2 เท่าของตอนแรก

ข้อ 15. [ข้อสอบเข้ามหาวิทยาลัย / PAT 2 ต.ค. 2552]

แก๊สในกระบอกสูบได้รับความร้อน 300 จูล ทำให้ปริมาตรเปลี่ยนแปลงไป 5×10^{-3} ลูกบาศก์เมตร ถ้าในกระบวนการนี้ระบบมีความดันคงตัว 2×10^5 พาสคัล เครื่องหมายของ Δu และ Δw เป็นอย่างไรตามลำดับ

1. บวก , บวก
2. บวก , ลบ
3. ลบ , บวก
4. ลบ , ลบ

ข้อ 16. [ข้อสอบเข้ามหาวิทยาลัย / PAT 2 ต.ค. 2552]

ถ้าระดับความเข้มเสียงจากแหล่งกำเนิดเสียงหนึ่งเปลี่ยนจาก 20 เดซิเบลเป็น 40 เดซิเบล ความเข้มเสียงเพิ่มขึ้นกี่เท่า

- | | |
|-------|--------|
| 1. 2 | 2. 10 |
| 3. 20 | 4. 100 |

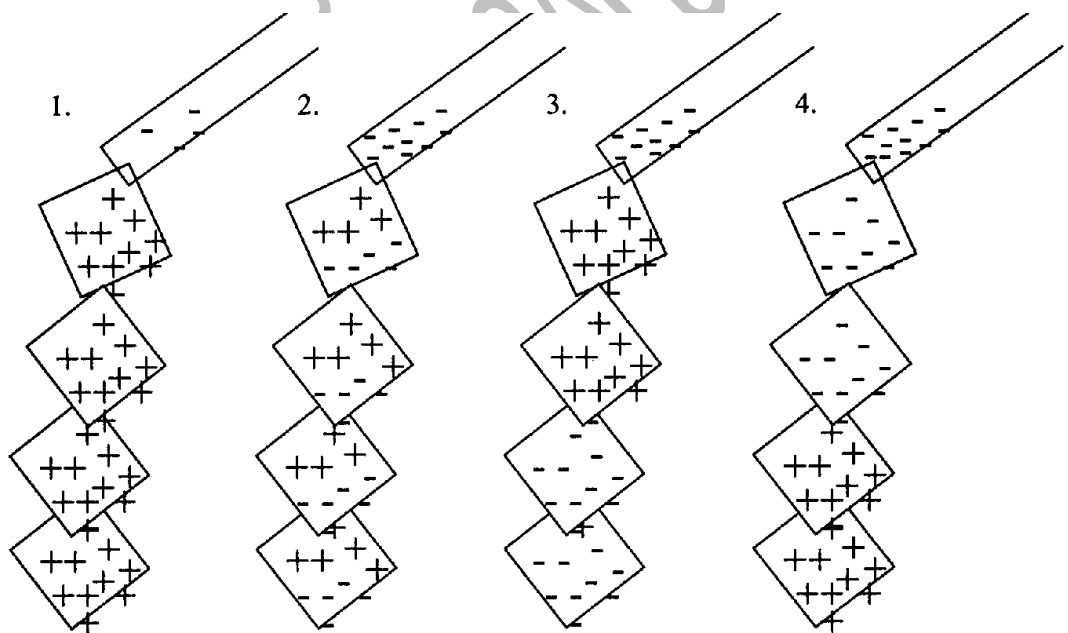
ข้อ 17. [ข้อสอบเข้ามหาวิทยาลัย / PAT 2 ต.ค. 2552]

หลอดเรโซแนนซ์ปลายปิดด้านหนึ่ง มีความยาว 2 เมตร ความยาวคลื่นของฮาร์โมนิกที่สามเท่ากับกี่เมตร

- | | |
|---------|--------|
| 1. 1.33 | 2. 1.6 |
| 3. 2.67 | 4. 4 |

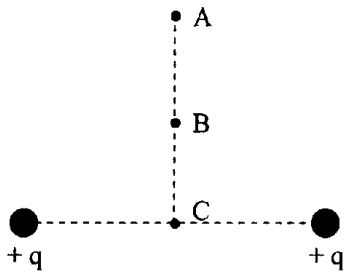
ข้อ 18. [ข้อสอบเข้ามหาวิทยาลัย / PAT 2 ต.ค. 2552]

เมื่อนำแผ่นฟิวซิอุกับผ้าสักหลาดแล้วนำไปจ่อใกล้ ๆ กระดาษชิ้นเล็ก ๆ ข้อใดถูก(PAT 2 2-2552)



ข้อ 19. [ข้อสอบเข้ามหาวิทยาลัย / PAT 2 ต.ค. 2552]

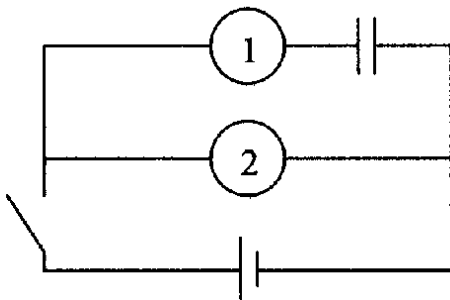
จากรูป ข้อใดถูกต้อง



1. สนามไฟฟ้าที่จุด A B และ C มีค่าเป็นศูนย์
2. เมื่อวางประจุ $-q$ ที่จุด B ประจุจะเคลื่อนที่เข้าหาจุด C ด้วยความเร่งเพิ่มขึ้น
3. เมื่อวางประจุ $+q$ ที่จุด B ประจุจะเคลื่อนที่เข้าหาจุด A ด้วยความเร่งเพิ่มขึ้น
4. ศักย์ไฟฟ้าที่จุด C มีค่าน้อยกว่าที่จุด B

ข้อ 19. [ข้อสอบเข้ามหาวิทยาลัย / PAT 2 ต.ค. 2552]

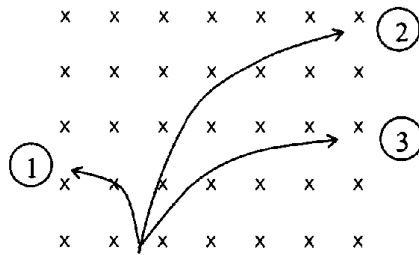
รูปวงจรไฟฟ้า ① และ ② เป็นหลอดไฟที่เหมือนกันถ้ากดสวิตช์ให้วงจรปิดข้อใดไม่ถูก



1. ในทันทีที่กดสวิตช์ หลอดไฟทั้งสองจะสว่างเท่ากัน
2. เมื่อเวลาผ่านไปนาน ๆ หลอดไฟทั้งสองจะสว่างลดลง
3. เมื่อเวลาผ่านไปนาน ๆ หลอดไฟ ① จดับ
4. เมื่อเวลาผ่านไปนาน ๆ หลอดไฟ ② จะสว่างกว่าเดิม

ข้อ 20. [ข้อสอบเข้ามหาวิทยาลัย / PAT 2 ต.ค. 2552]

อนุภาค 3 ชนิดมีเส้นทางการเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็ก ดังรูป ข้อใดถูกต้อง(PAT 2 2-2552)



1. อนุภาค 1 มีประจุไฟฟ้าลบ
2. ถ้าอนุภาคทั้งสามมีมวลและประจุเท่ากัน อนุภาค 1 มีพลังงานจลน์มากกว่าอนุภาค 2
3. ถ้าอนุภาค 2 และ 3 มีค่าประจุต่อมวลเท่ากัน อนุภาค 2 มีอัตราเร็วน้อยกว่าอนุภาค 3
4. ถ้าอนุภาคทั้งสามมีมวลและเคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วเท่ากันอนุภาค 2 มีจำนวนประจุน้อยกว่าอนุภาค 3

ข้อ 21. [ข้อสอบเข้ามหาวิทยาลัย / PAT 2 ต.ค. 2552]

อุปกรณ์ไฟฟ้าชนิดหนึ่งมีข้อความ “ 220 V AC 50 Hz ” ข้อใดถูก

1. อุปกรณ์นี้ใช้กับไฟฟ้ากระแสสลับที่มีความต่างศักย์สูงสุด 220 โวลต์
2. อุปกรณ์นี้ใช้กับไฟฟ้ากระแสสลับที่มีการกลับทิศการไหลของกระแสไฟฟ้า 100 ครั้งในหนึ่งวินาที
3. อุปกรณ์นี้ใช้กับไฟฟ้ากระแสสลับที่มีค่ารากที่สองของค่าเฉลี่ยของกำลังสองของความต่างศักย์เท่ากับ $220/\sqrt{2}$
4. ถ้าอุปกรณ์นี้ให้กำลังไฟฟ้า 2,200 วัตต์ กระแสไฟฟ้าสูงสุดของอุปกรณ์นี้คือ 10 แอมแปร์

ข้อ 22. [ข้อสอบเข้ามหาวิทยาลัย / PAT 2 ต.ค. 2552]

กระจกเงาบานหนึ่งให้ภาพหัวตั้งขนาดเป็น 2 เท่าของวัตถุ เมื่อระยะวัตถุเป็น 30 เซนติเมตร ความยาวโฟกัสของกระจกเงาบานนี้เท่ากับกี่เซนติเมตร

- | | |
|--------|--------|
| 1. +10 | 2. +20 |
| 3. -30 | 4. +60 |

ข้อ 23. [ข้อสอบเข้ามหาวิทยาลัย / PAT 2 ต.ค. 2552]

ถ้าทำการทดลองการเลี้ยวเบนของแสงผ่านสลิตเดี่ยวในน้ำเปรียบเทียบกับที่ทดลองในอากาศ ข้อใดถูก

1. ระยะห่างระหว่างแถบมืดบนฉากมีค่ามากขึ้น
2. สีของแถบสว่างบนฉากเปลี่ยนแปลงไป
3. แถบสว่างกลางมีความกว้างเพิ่มขึ้น
4. ผลที่ได้ไม่แตกต่างกัน

ข้อ 24. [ข้อสอบเข้ามหาวิทยาลัย / PAT 2 ต.ค. 2552]

สถานีวิทยุแห่งหนึ่งส่งคลื่น FM 100 MHz ด้วยกำลังส่ง 1 kW สัญญาณเสียงของมนุษย์ที่พูดผ่านไมโครโฟนมีความถี่ประมาณ 100 ถึง 4,000 Hz การส่งสัญญาณเสียงของมนุษย์ทำได้โดยการผสมสัญญาณเสียงเข้ากับสัญญาณคลื่นพาหะที่มีความถี่ 100 MHz สัญญาณที่ถูกถ่ายทอดไปตามบ้านเรือนจะมีลักษณะตามข้อใด

1. เป็นคลื่นที่มีความถี่ 100 MHz คงที่
2. เป็นคลื่นที่มีแอมพลิจูดเปลี่ยนไป ตามความดังของเสียงมนุษย์
3. เป็นคลื่นที่มีความถี่เปลี่ยนไปเล็กน้อย ตามความถี่ของเสียงพูด
4. เป็นคลื่นที่ประกอบไปด้วยคลื่นพาหะและสัญญาณเสียงสลับกันไป

ข้อ 25. [ข้อสอบเข้ามหาวิทยาลัย / PAT 2 ต.ค. 2552]

เงื่อนไขสำคัญที่สุดที่ทำให้เกิดกระแสไฟโตอิเล็กตรอน ในปรากฏการณ์ไฟโตอิเล็กทริกได้คือข้อใด

1. ความถี่ของแสงสูงกว่าความถี่ขีดเริ่ม
2. ความยาวคลื่นของแสงมีค่าไม่เกินความยาวคลื่นของอิเล็กตรอน
3. ความเข้มแสงมีค่าไม่น้อยกว่าค่าหนึ่ง ขึ้นกับชนิดของโลหะที่เป็นขั้วไฟฟ้า
4. ความต่างศักย์ไฟฟ้าระหว่างขั้วไฟฟ้ามีค่าสูงและทำให้แก๊สแตกตัวเป็นไอออน

ข้อ 26. [ข้อสอบเข้ามหาวิทยาลัย / PAT 2 ต.ค. 2552]

รังสีเอกซ์ทำให้สเปกตรัมเส้น เกิดจากกระบวนการในข้อใด

1. แล่สเหื่อยภายในหลอดสุญญากาศมีการเปลี่ยนระดับพลังงาน
2. การเปลี่ยนระดับพลังงานของอิเล็กตรอนชั้นในสุดของอะตอมที่เป็นเป้า
3. การเปลี่ยนระดับพลังงานของอิเล็กตรอนชั้นนอกสุดของอะตอมที่เป็นเป้า
4. อิเล็กตรอนที่พุ่งเข้าชนเป้าถูกหน่วงหรือเร่ง

ข้อ 27. [ข้อสอบเข้ามหาวิทยาลัย / PAT 2 ต.ค. 2552]

ลูกเต๋าศีพิเศษมี 14 หน้า แต่ละหน้ามีหมายเลข 1 ถึง 14 เขียนไว้ เริ่มต้นโยนลูกเต๋านี้จำนวน 1,000

ลูก พร้อมกัน และคัดลูกที่ออกเลข 1 ออกไป แล้วนำลูกเต๋านี้ที่เหลือมาโยนใหม่ และคัดออกโดยใช้เกณฑ์เดิม ค่าครึ่งชีวิตของลูกเต๋านี้จะมีค่าเท่าใด

1. $13 \ln 2$
2. $14 \ln 2$
3. $\frac{\ln 2}{14}$
4. $\frac{\ln 2}{13}$

เฉลยข้อสอบ PAT 2

ข้อ 1. เฉลยข้อ 1

กำหนดให้ T เป็นแรงตึงในเส้นเชือกมีหน่วยเป็นนิวตัน หรือ กิโลกรัมเมตรต่อวินาทียกกำลังสอง

และ μ เป็นมวลของเชือกต่อหน่วยความยาว มีหน่วยเป็นกิโลกรัมต่อเมตร ปริมาณ $\sqrt{\frac{T}{\mu}}$ มีหน่วยเดียวกับปริมาณใด

เมื่อพิจารณาในรูปหน่วย

$$\sqrt{\frac{T}{\mu}} = \sqrt{\frac{[N]}{[kg]/[m]}} = \sqrt{\frac{[kg][m]/[s]^2}{[kg]/[m]}} = \sqrt{\frac{[m]^2}{[s]^2}} = m/s$$

ดังนั้น หน่วยสุดท้ายจึงมีหน่วยเป็นเมตรต่อวินาที ตรงกับหน่วยของความเร็ว

ข้อ 2. เฉลยข้อ ไม่มีคำตอบ

การขับรถด้วยอัตราเร็ว 50 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ประสานงากับรถอีกคันหนึ่งที่แล่นสวนมาด้วย

อัตราเร็ว 30 กิโลเมตรต่อชั่วโมง จะเกิดความรุนแรงใกล้เคียงกับการตกตึกประมาณกี่ชั้น กำหนด

ให้ตึก 1 ชั้น สูง 4 เมตร

กำหนดให้รถมีมวลเท่ากัน

$$\sum E_k = E_p$$

$$\frac{1}{2}m_1v_1^2 + \frac{1}{2}m_2v_2^2 = (m_1 + m_2)gh$$

$$\frac{1}{2}mv_1^2 + \frac{1}{2}mv_2^2 = (2m)gh$$

$$\frac{1}{2}\left(50 \times \frac{5}{18}\right)^2 + \frac{1}{2}\left(30 \times \frac{5}{18}\right)^2 = (2)(10)h$$

$$96.60 + 35.28 = (2)(10)h$$

$$h = \frac{131.89}{20} = 6.6 \text{ m}$$

ดังนั้นในโจทย์ข้อนี้มีตัวแปรหลายตัวที่ไม่ได้ระบุชัดเจน ซึ่งจะส่งผลให้คำตอบแตกต่างกันได้ ถ้าคิด ใช้เฉพาะความเร็วสัมพัทธ์

$$= 50 + 30 = 80 \text{ กิโลเมตรต่อชั่วโมง}$$

$$= 80 \times \frac{5}{18} \text{ เมตรต่อวินาที}$$

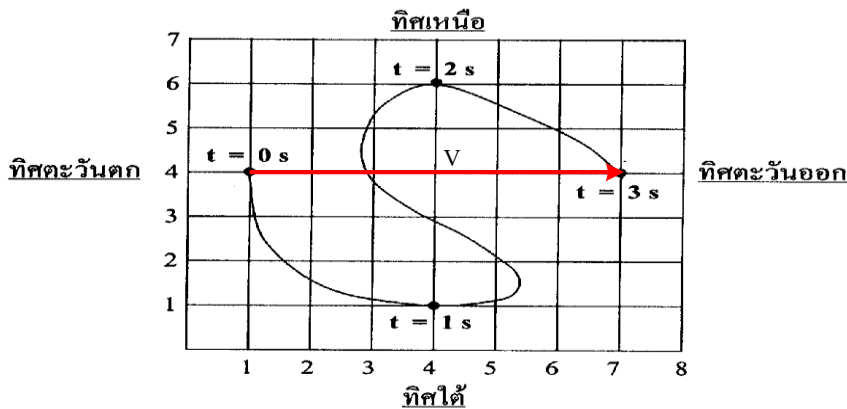
$$\text{เทียบความเร็วกับการตกจากที่สูง } v^2 = \cancel{\mu^2} + 2gh$$

$$\left(8 \times \frac{5}{18}\right)^2 = 2 \times 10 \times h$$

$$h = 24.7 \text{ เมตร}$$

ข้อ 3. เฉลยข้อ 3

มดตัวหนึ่งเดินไปบนกระดานกราฟโดยเริ่มจากพิกัด (1,4) เดินไปตามเส้นโค้งดังภาพ นักเรียนบันทึกตำแหน่งของมดทุก ๆ 1 วินาที ทิศของความเร็วเฉลี่ยในช่วงเวลา 0-3 วินาที ประมาณได้ว่าอยู่ที่ทิศใด



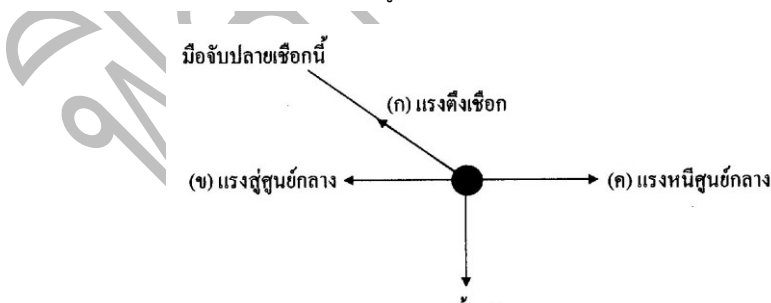
ความเร็วเฉลี่ยมีทิศเดียวกับการขจัด การขจัดมีทิศจากจุดตั้งต้นไปยังจุดสุดท้าย
ดังนั้น การขจัดมีทิศจากตะวันตกไปตะวันออก

ข้อ 4. เฉลยข้อ 4

$$\text{จากกฎของนิวตัน } \Sigma F = ma$$

จากรูปแรงที่แท้จริงมีเพียง 2 แรง คือ น้ำหนัก (Mg) และแรงดึงเชือก (T) ผลบวกของแรงทั้งสองจะเป็นแรงเข้าสู่ศูนย์กลาง

ดังนั้น แรงที่มีอยู่ 2 แรงก็เพียงพอต่อการพิจารณาสภาพการเคลื่อนที่ของลูกตุ้ม



ข้อ 5. เฉลยข้อ 4

เมื่อยิงวัตถุแบบโพรเจกไทล์บนดวงจันทร์ที่มีความเร่งโน้มถ่วงน้อยกว่าโลก วัตถุจะขึ้นไปได้สูงขึ้น และตกสู่พื้นช้าลง (อยู่ในอากาศนานขึ้น ดังนั้น ทั้งความสูงและระยะในแนวระดับจะเพิ่มขึ้นทั้งคู่ ถ้าจะคิดเชิงคำนวณก็ทำได้

ที่จุดสูงสุดของ $v_y = 0$ $u_y = v_0 \sin \theta$

$$\text{จาก} \quad v_y^2 = u_y^2 - 2gh$$

$$\text{จะได้ว่า} \quad 0 = (v_0 \sin \theta)^2 - 2g_m h$$

$$h = \frac{(v_0 \sin \theta)^2}{2g} \quad \text{เมตร}$$

เนื่องจากดวงจันทร์มีแรงดึงดูดน้อยกว่าโลก 6 เท่า ดังนั้น ค่า h จะมากขึ้น 6 เท่า เวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่จนตกพื้น

$$\text{จากสมการ} \quad y = u_y t - \frac{1}{2} g t^2$$

$$u_y t - \frac{1}{2} g t^2 = 0$$

$$t = \frac{2u_y}{g} \quad \text{วินาที}$$

ระยะไกลสุดที่ได้

$$x = u_x t \quad \text{เมตร}$$

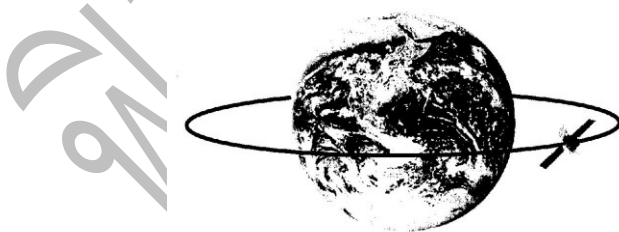
$$= \frac{2u_x u_y}{g} \quad \text{เมตร}$$

$$= \frac{2u^2 \sin \theta \cos \theta}{g} \quad \text{เมตร}$$

ดังนั้น วัตถุจะตกไกลขึ้น 6 เท่า

ข้อ 6. เฉลยข้อ 2

ดาวเทียมมวล m ที่โคจรรอบโลกที่มีมวล M จะเกิดแรงสู่ศูนย์กลางซึ่งนำไปสู่การหาอัตราเร็วของดาวเทียมที่รัศมีโคจร r จากจุดศูนย์กลางโลกดังนี้ (PAT)



$$\text{ถ้า} \quad (1) \quad F = \frac{GmM}{r^2}$$

$$(2) \quad \frac{mv^2}{r} = \frac{GmM}{r^2}$$

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

จากสมการ (3) จะเห็นได้ว่าอัตราเร็ววงโคจรที่เพิ่มขึ้นสัมพันธ์กับรัศมีวงโคจรที่ลดลง ข้อใดถูก

ตัวเลือกข้อ 1. สมการ (3) ใช้ไม่ได้ถ้ามวลของดาวเทียมเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา

ผิด เพราะเมื่อสังเกตสมการ (3) ซึ่งสามารถพิสูจน์ได้จากสมการที่ (2) มวลของ

ดาวเทียมไม่มีผลต่ออัตราเร็วในวงโคจร ดังนั้น ไม่ว่ามวลของดาวเทียมเปลี่ยนแปลงอย่างไร

ถ้าระยะห่างจากศูนย์กลางโลกคงที่อัตราเร็วในวงโคจรก็จะเท่ากัน

ตัวเลือกข้อ 2. ดาวเทียมที่กำลังโคจรเป็นวงกลมรอบโลก งานเนื่องจากแรงดึงดูดระหว่างมวลมีค่าเป็นศูนย์

ถูก ในการเคลื่อนที่เป็นวงกลม การขจัดของการเคลื่อนที่อยู่ในแนวสัมผัสผิว

วงกลม ขณะที่แรงอยู่ในแนวรัศมีทำให้การกระจัดกับแนวแรงมีทิศตั้งฉากกัน ดังนั้น งานเนื่องจากแรงดึงดูดจึงมีค่าเป็นศูนย์

ตัวเลือกข้อ 3. จากสมการ (3) ถ้าต้องการให้ดาวเทียมลดรัศมีวงโคจร เราต้องทำให้ดาวเทียมจุดระเบิดเครื่องยนต์ เพื่อดันให้ดาวเทียมโคจรเร็วขึ้น

ผิด เมื่อสังเกตจากสมการ $(3) v = \sqrt{\frac{GM}{r}}$ ถ้าเราทำให้ดาวเทียมเคลื่อนที่เร็วขึ้น

น่าจะทำให้ดาวเทียมมีรัศมีลดลง แต่สมการนี้ใช้ได้เฉพาะกรณีที่พลังงานรวมของดาวเทียมคงที่ แต่การจุดระเบิดเครื่องยนต์เพื่อดันให้ดาวเทียมโคจรเร็วขึ้นนั้น ทำให้พลังงานรวมของดาวเทียม

ตัวเลือกข้อ 4. ในขณะที่ดาวเทียมที่กำลังโคจรเป็นวงกลมรอบโลกด้วยอัตราเร็วคงที่ จะมีความเร่งเป็นศูนย์

ผิด ในขณะที่วัตถุโคจรรอบโลกด้วยอัตราเร็วคงที่ จะมีความเร่งในทิศเข้าสู่ศูนย์กลาง

ข้อ 7. เฉลยข้อ 3

ก. แรง T_1 มีค่ามากกว่าแรง T_2

ถูก เมื่อดึงวัตถุด้วยอัตราเร็วคงที่ รูปที่ 1 ต้องออกแรง T_1 เท่ากับน้ำหนักของ

มวล m คือ mg นิวตัน ขณะที่รูปที่ 2 มวล m ถูกดึงขึ้นด้วยเชือก 2 เส้น ที่ต่างมีแรงดึง T_2

ดังนั้น $T_2 = \frac{mg}{2}$ นิวตัน ดังนั้นแรง T_1 มีค่ามากกว่าแรง T_2

ข. กำลังของแรง T_1 มีค่าน้อยกว่ากำลังของแรง T_2

ผิด เนื่องจาก $T_2 = \frac{1}{2}T_1$ ขณะที่

เมื่อดึง T_2 ให้รอบหมุน 1 รอบ ($2\pi R$ เมตร) มวล m จะเคลื่อนสูงขึ้นด้วยระยะทางเท่ากัน ดังนั้นถ้าดึงมวล m ให้เคลื่อนสูงขึ้น h แรง T_1 จะต้องทำงาน $T_1 h = mgh$ จุล ส่วนแรง T_2

จะทำงานเพียง $T_2 h = \frac{mgh}{2}$ เนื่องจากแรงครึ่งหนึ่งถูกแบ่งเบาไปที่เชือกเส้นที่ติดกับเพดาน

ค. งานของแรง T_1 เท่ากับงานของแรง T_2

ถูก เนื่องจาก T_2 เป็นครึ่งหนึ่งของ T_1 แต่ระยะที่ T_2 ดึงเชือกก็เป็น 2 เท่าของระยะที่ T_1 ดึงเชือกทำให้งาน $W = FS$ มีค่าเท่ากัน

ง. ถ้าวัตถุอยู่บนพื้นดินมีพลังงานศักย์โน้มถ่วงเป็นศูนย์ มวลแต่ละก้อนต่างก็มีการอนุรักษ์พลังงานกล

ผิด มวลทั้งสองก้อนไม่มีการอนุรักษ์พลังงานกล เพราะมีแรงภายนอกเข้ามากกระทำ

ข้อ 8. เฉลยข้อ 1

ตัวเลือกข้อ 1. ขณะที่ตำแหน่งต่ำสุด มวลไม่อยู่ภายใต้สภาวะสมดุลแรง

ถูก เพราะขณะอยู่จุดต่ำสุดวัตถุกำลังมีความเร่งในทิศขึ้น จึงไม่อยู่ในสมดุลแรง

ตัวเลือกข้อ 2. ระยะหดของสปริงสามารถคำนวณได้จากการอนุรักษ์ของผลรวมระหว่างพลังงานจลน์และพลังงานศักย์โน้มถ่วง

ผิด เพราะ ต้องคิดพลังงานศักย์ของสปริงด้วย

ตัวเลือกข้อ3. ขณะอยู่ที่ตำแหน่งต่ำสุด พลังงานศักย์ยืดหยุ่นในสปริงมีค่าเป็นศูนย์

ผิด เพราะขณะอยู่จุดต่ำสุดสปริงถูกอัดเข้ามามากสุดจึงมีพลังงานศักย์ยืดหยุ่น

มากที่สุด ตามสูตร $E_p = \frac{1}{2}kx^2$

ตัวเลือกข้อ4. ขณะอยู่ที่ตำแหน่งต่ำสุด มวลมีความเร่งเป็นศูนย์

ผิด เพราะขณะอยู่จุดต่ำสุดวัตถุกำลังมีความเร่งในทิศขึ้น

ข้อ 9. เฉลยข้อข้อ 3

นายอ้วนและนายผอมยืนอยู่บนพื้นน้ำแข็งลื่น นายอ้วนมีมวล 80 กิโลกรัม นายผอมมีมวล 40 กิโลกรัม ทั้งสองคนออกแรงเล่นชักเย่อกัน ในจังหวะที่นายอ้วนออกแรงดึงเชือก จนตัวเองมีอัตราเร็ว 0.2 เมตรต่อวินาที นายผอมจะมีอัตราเร็วกี่เมตรต่อวินาที

เนื่องจากทั้งสองคนต่างดึงเชือก ทั้งคู่ต่างถูกแรงกระทำเท่ากัน

$$F_1 = -F_2$$

$$m_1 a_1 = -m_2 a_2$$

$$m_1 \left(\frac{v_1 - u_1}{t} \right) = -m_2 \left(\frac{v_2 - u_2}{t} \right)$$

$$(80\text{kg})(0.2 - 0.0) = - (40)(v_2 - 0)$$

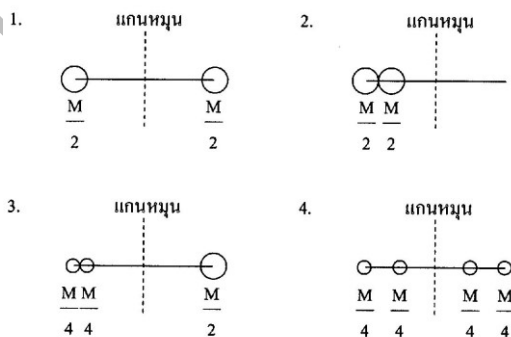
$$16 = -40v_2$$

$$-0.4 = v_2$$

นายผอมจะมีอัตราเร็ว 0.4 เมตรต่อวินาที

ข้อ10. เฉลยข้อ 1

ดินน้ำมันก้อนหนึ่งมวล M ถูกนำมาปั้นเป็นทรงกลมหลายลูกและเสียบกับไม้เสียบลูกชิ้น กำหนดให้แกนหมุนผ่านกึ่งกลางไม้เสียบลูกชิ้นและตั้งฉากกับแกนไม้ รูปในข้อใดที่มีโมเมนต์ความเฉื่อยสูงสุด



โมเมนต์ความเฉื่อยของมวล 2 ก้อน หมุนรอบแกนหมุน สามารถหาได้จาก

$$I = M_1 R_1^2 + M_2 R_2^2$$

เมื่อ M_1 และ M_2 เป็นมวลของวัตถุทั้ง 2 ก้อนตามลำดับ

และ R_1 และ R_2 เป็นระยะห่างจากแกนหมุนของวัตถุทั้ง 2 ก้อนตามลำดับ

สมมติไม้เสียบลูกชิ้นมีความยาว L เมตร

ตัวเลือกข้อ 1
$$I_1 = \left(\frac{M}{2}\right)\left(\frac{L}{2}\right)^2 + \left(\frac{M}{2}\right)\left(\frac{L}{2}\right)^2 = \frac{ML^2}{8} + \frac{ML^2}{8}$$
$$\therefore I_1 = \frac{ML^2}{4} \text{ kgm}^2$$

ตัวเลือกข้อ 2 ค่า $I_2 > I_1$ เพราะมวลก้อนที่ 2 อยู่ใกล้แกนหมุนมากกว่ามวลก้อนแรก
ดังนั้น โมเมนต์ความเฉื่อยจะต่ำกว่า

ตัวเลือกข้อ 3.
$$I_3 = \left(\frac{M}{2}\right)\left(\frac{L}{2}\right)^2 + \left(\frac{M}{4}\right)\left(\frac{L}{2}\right)^2 + \left(\frac{M}{4}\right)\left(\frac{L}{2} - d\right)^2$$
$$= \frac{ML^2}{8} + \frac{ML^2}{16} + \frac{ML^2}{16}\left(1 - \frac{2d}{L}\right)^2$$
$$\therefore I_3 < \frac{ML^2}{4}, I_3 < I_1$$

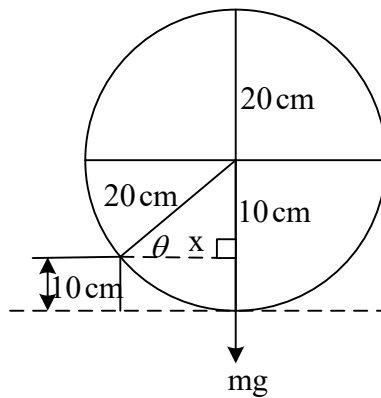
ตัวเลือกข้อ 4. ข้อนี้มีมวลสองก้อนอยู่ห่างแกนหมุน $\frac{L}{2}$ และ 2 ก้อนอยู่ห่างแกนหมุน $\frac{L}{4}$
ดังนั้น โมเมนต์ความเฉื่อย

$$I_4 = \left(\frac{M}{2}\right)\left(\frac{L}{2}\right)^2 + \left(\frac{M}{4}\right)\left(\frac{L}{2}\right)^2 + \left(\frac{M}{4}\right)\left(\frac{L}{4}\right)^2 + \left(\frac{M}{4}\right)\left(\frac{L}{4}\right)^2$$
$$= \frac{ML^2}{16} + \frac{ML^2}{16} + \frac{ML^2}{64} + \frac{ML^2}{64}$$
$$= \frac{ML^2}{8} + \frac{ML^2}{32}$$
$$= \frac{5ML^2}{32} < \frac{ML^2}{4}$$

ข้อ 11. เฉลยข้อข้อ 1

รถยนต์คันหนึ่งมีมวล 1,000 กิโลกรัม ล้อรถยนต์มีรัศมี 20 เซนติเมตรแต่ละล้อรับมวล 250

กิโลกรัม จงคำนวณหาทอร์กขึ้นต่ำสุดที่ต้องให้แก่อล้อหน้าแต่ละล้อ เพื่อให้ปีนฟุตบาทซึ่งสูง 10 เซนติเมตร
ได้ถ้าให้ขอบฟุตบาทที่สัมผัสกับล้อเป็นจุดหมุน ทอร์กที่จะทำให้ล้อลอยขึ้นได้ คือ จุดที่ทอร์กมีค่าเท่ากับทอร์ก
ของน้ำหนักล้อ รอบจุดหมุน (ขณะที่ล้อพ้นพื้นแรงตั้งฉากจากพื้นเท่ากับศูนย์
และแรงตั้งฉากจากจุดสัมผัสกับฟุตบาท ผ่านจุดหมุนไม่เกิด ทอร์ก)



จากภาพ

$$\theta = 30^\circ$$

$$\cos 30^\circ = \frac{x}{20}$$

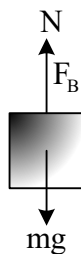
$$\begin{aligned} \therefore x &= 20 \cos \theta = 20 \times \frac{\sqrt{3}}{2} = 10\sqrt{3} \text{ เซนติเมตร} \\ &= \frac{10\sqrt{3}}{100} \text{ เมตร} \end{aligned}$$

$$\text{ดังนั้นทอร์กของแต่ละล้อ} \quad \tau = mgx = 250 \times (g) \times \left(\frac{10\sqrt{3}}{100} \right)$$

$$\therefore \tau = 25g\sqrt{3} \text{ นิวตันเมตร}$$

ข้อ 12.เฉลยข้อข้อ 2

วัตถุในข้อ A วางอยู่บนพื้น แสดงว่ามีน้ำหนักมากกว่าแรงพยุง ดังนั้น จากกฎของนิวตันของข้อ 1



$$Mg = N + B_A$$

$$F_A = Mg - N$$

ของเหลว B และ C ลอยทั้งคู่ ดังนั้น สรุปได้ว่าทั้งสองกรณี แรงพยุงเท่ากับน้ำหนัก (หมายเหตุ วัตถุจมมิดใน B แต่จมเพียงครึ่งก้อนใน C แสดงว่าของเหลว C มีความหนาแน่นมากกว่าของเหลว B)

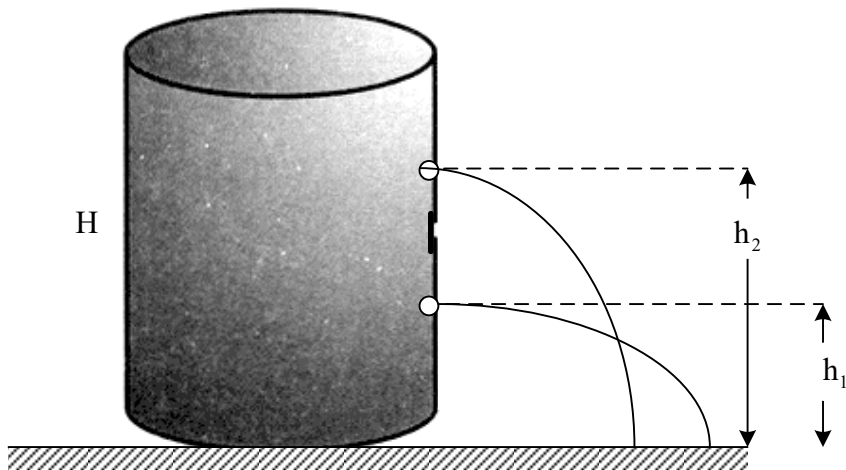
ของเหลว D วัตถุถูกแขวนด้วยเชือกตึง การที่เชือกมีความตึง แสดงว่า แรงพยุงน้อยกว่าน้ำหนักของวัตถุผลต่างของแรงทั้งสองจึงทำให้เชือกตึง ดังนั้น

$$Mg = T + B_D$$

$$F_D = Mg - T$$

ข้อ 13.เฉลยข้อ 2

เรื่องนี้เป็นเรื่องอัตราการไหลตามสมการของแบร์นูลี หรือที่เรียกว่า ทฤษฎีบทของ Torricelli ซึ่งพิสูจน์ได้ดังนี้



สมมติภาชนะใหญ่มากมีรูอยู่ด้านข้างขนาดเล็ก น้ำที่พุ่งออกจากรูมี

อัตราเร็ว v_2 ขณะที่น้ำด้านบนลดลงช้า ๆ ด้วยอัตราเร็ว v_1 ถ้าผิวบนของระดับน้ำเป็นจุดที่ 1 และรูด้านข้างเป็นจุดที่ 2 จากสมการของแบร์นูลี

$$P_1 + \frac{1}{2} \rho v_1^2 + \rho g h_1 = P_2 + \frac{1}{2} \rho v_2^2 + \rho g h_2$$

เนื่องจากทั้งสองตำแหน่งอยู่ในบรรยากาศ $\therefore P_1 = P_2$

$$\frac{1}{2} \rho (v_2^2 - v_1^2) = \rho g (h_1 - h_2)$$

$$v_2^2 - v_1^2 = 2g(h_1 - h_2)$$

ดังนั้น ถ้า $v_2 \gg v_1$ ประมาณได้ว่า

$$\frac{1}{2} v_2^2 = 2gH \quad \text{เมื่อ} \quad H = (h_1 - h_2)$$

$$v_2 = \sqrt{2gH} \text{ m/s}$$

ดังนั้น ถ้ารูล่างอยู่ต่ำกว่าระดับน้ำเป็น 2 เท่าของรูบน

$$\therefore v_{\text{ล่าง}} = \sqrt{2gH_{\text{ล่าง}}}$$

$$v_{\text{บน}} = \sqrt{2gH_{\text{บน}}}$$

$$\frac{v_{\text{rms}}}{v_{\text{rms}}'} = \sqrt{\frac{H_{\text{rms}}}{H_{\text{rms}}'}} = \sqrt{2}$$

$$\therefore v_{\text{rms}}' = \sqrt{2} v_{\text{rms}}$$

ข้อ 14. เฉลยข้อข้อ 1

จากกฎของ Gas $PV = Nk_B T$

ตัวเลือกข้อ 1. อุณหภูมิของแก๊สมีค่าเท่าเดิม

ผิด ปริมาตรคงที่, ความดันคงที่ แสดงว่า อุณหภูมิ $T \propto \frac{1}{N}$ แปรผกผันกับ

จำนวนโมเลกุล ถ้าจำนวนโมเลกุลลดลงครึ่งหนึ่ง อุณหภูมิต้องเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่า

ตัวเลือกข้อ 2. พลังงานภายในของแก๊สมีค่าเท่าเดิม

ถูก พลังงานภายในของแก๊ส (U) สัมพันธ์กับอุณหภูมิและจำนวนโมเลกุลแก๊ส

ตามสมการ
$$U = \frac{3}{2} NkT = \frac{3}{2} PV$$

ดังนั้น ถ้าความดันและปริมาตรคงที่ พลังงานภายในจะเท่าเดิม

ตัวเลือกข้อ 3. v_{rms} ตอนหลังมีค่ามากกว่า v_{rms} ตอนแรก

ถูก เพราะค่าอัตราเร็วรากที่ 2 ของกำลังสองเฉลี่ยขึ้นกับอุณหภูมิอย่างเดียว

ตามสมการ
$$v_{\text{rms}} = \sqrt{\frac{3kT}{m}}$$

ดังนั้น ในตอนหลังอุณหภูมิเพิ่มเป็น 2 เท่า ค่า v_{rms} จึงเพิ่มเป็น $\sqrt{2}$ เท่า

ตัวเลือกข้อ 4. พลังงานจลน์เฉลี่ยของแก๊สตอนหลังเป็น 2 เท่าของตอนแรก

ถูก เพราะพลังงานจลน์เฉลี่ยของแก๊ส ขึ้นกับอุณหภูมิ

$$E_k = \frac{3}{2} kT$$

ดังนั้น เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น 2 เท่า พลังงานจลน์เฉลี่ยจึงเพิ่มขึ้น (พลังงานจลน์เฉลี่ย

คือ พลังงานจลน์เฉลี่ยต่อแก๊ส 1 โมเลกุล ซึ่ง
$$E_k = \frac{U}{N} = \frac{\frac{3}{2} NkT}{N} = \frac{3}{2} kT$$

ดังนั้น จึงไม่ขึ้นกับจำนวนโมเลกุล

ข้อ 15. เฉลยข้อข้อ 2, 3

สรุป

1. พลังงานภายในระบบ (U) คือ พลังงานรวมของโมเลกุลของแก๊สทุกตัวในขอบเขตที่กำลังพิจารณา สำหรับแก๊สอุดมคติ (Ideal gas) พลังงานภายในเป็นพลังงานจลน์เพียงอย่างเดียว
2. พลังงานภายในระบบขึ้นอยู่กับจำนวนของโมเลกุลและอุณหภูมิ
3. กฎข้อที่ 1 ของ Thermodynamics มีสมการคือ $\Delta Q = \Delta W + \Delta U$

4. Adiabatic process เป็นกระบวนการทาง Thermodynamics ที่เกิดขึ้นโดยที่ไม่มีความร้อนไหลเข้าหรือไหลออกจากระบบ เช่น กระบอกลูกสูบในเครื่องยนต์
5. Isochoric process เป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นโดยปริมาตรคงที่ ความดัน และอุณหภูมิเปลี่ยนเนื่องจากมีความร้อนไหลเข้าไปในระบบ เช่น การต้มน้ำให้เดือดในภาชนะปิด
6. สรุปเครื่องหมาย ของ ΔU และ ΔW

ปริมาณ		เครื่องหมาย
ΔQ	ความร้อนไหลเข้าสู่ระบบ	+
	ความร้อนไหลออกจากระบบ	-
ΔU	พลังงานภายในระบบที่เพิ่มขึ้น	+
	พลังงานภายในระบบที่ลดลง	-
ΔW	งานที่ทำโดยระบบ	+
	งานที่ให้กับระบบ	-

เรื่องนี้เป็นเรื่องความร้อนและกฎข้อที่ 1 ของเทอร์โมไดนามิกส์

โจทย์กำหนดว่าวัตถุได้รับความร้อน

$$\Delta Q = +300 \text{ J มีเครื่องหมายเป็นบวก}$$

$$\text{ขณะที่ปริมาตร } \Delta V = 5 \times 10^{-3} \text{ ลูกบาศก์เมตร}$$

$$\text{และความดันคงตัว } P = 2 \times 10^5 \text{ พาสคัล}$$

$$\therefore \text{ จาก } \Delta Q = \Delta U + \Delta W$$

$$\Delta Q = \Delta U - \Delta W$$

$$\Delta W = P \Delta V = (2 \times 10^5)(5 \times 10^{-3}) = 10^3 \text{ J}$$

โจทย์กำหนดว่าปริมาตรเปลี่ยนไป 5×10^{-3} ลูกบาศก์เมตร

มีความเป็นไปได้ 2 ทาง 1. ปริมาตรเพิ่มขึ้น ΔV เป็นบวก

2. ปริมาตรลดลง ΔV เป็นลบ

ถ้าปริมาตรเพิ่มขึ้น ΔV เป็นบวก ΔW เป็นบวก แต่เนื่องจากการขยายตัวของแก๊ส

ใช้พลังงานมาก (1000 J) กว่าความร้อนที่ให้ (300 J) ดังนั้น ΔU ตอบ ลบ, บวก

แต่ถ้าปริมาตรลดลง (แก๊สถูกอัด) ΔV เป็นลบ, ΔW เป็นลบ

ดังนั้น เป็นการเพิ่มพลังงานภายในให้กับแก๊ส ΔU จะเป็นบวก ตอบ บวก, ลบ

ข้อ 16. เฉลยข้อข้อ 4

ถ้าระดับความเข้มเสียงจากแหล่งกำเนิดเสียงหนึ่งเปลี่ยนจาก 20 เดซิเบลเป็น 40 เดซิเบล ความเข้มเสียงเพิ่มขึ้นกี่เท่า

$$\beta_2 - \beta_1 = 10 \log_{10} \left(\frac{I_2}{I_1} \right)$$

$$40 - 20 = 10 \log_{10} \left(\frac{I_2}{I_1} \right)$$

$$20 = 10 \log_{10} \left(\frac{I_2}{I_1} \right)$$

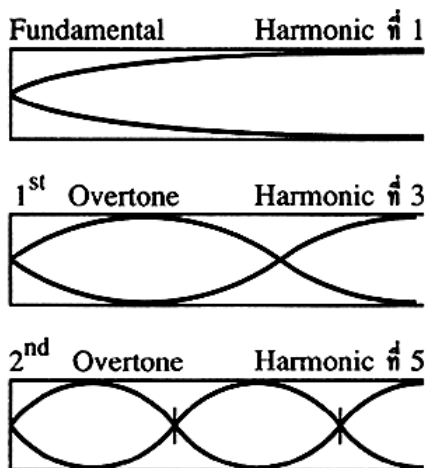
$$2 = \log_{10} \left(\frac{I_2}{I_1} \right)$$

$$\frac{I_2}{I_1} = 10^2 = 100$$

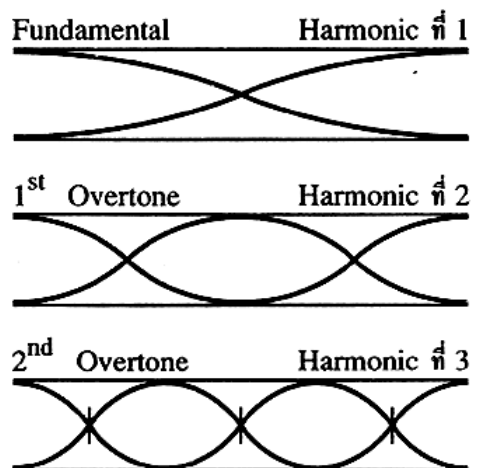
ข้อ 17. เฉลยข้อข้อ 3

หลอดเรโซแนนซ์ปลายปิดด้านหนึ่ง มีความยาว 2 เมตร ความยาวคลื่นของฮาร์โมนิกที่สามเท่ากับกี่เมตร

ท่อปลายปิด เช่น เป่าขวด



ท่อปลายเปิด เช่น เป่าขลุ่ย



ในหลอดเรโซแนนซ์ปลายเปิด ปลายด้านหนึ่งเป็นเปิด อีกด้านหนึ่งเป็นปิด

ความถี่ต่ำสุด

$$L = \frac{\lambda}{4} \quad \text{ฮาร์โมนิกที่ 1}$$

ความถี่ถัดไป

$$L = \frac{3\lambda}{4} \quad \text{ฮาร์โมนิกที่ 3}$$

$$(f_3 = 3f_1)$$

ดังนั้นกรณีฮาร์โมนิกของท่อปลายปิด จะมีแต่เลขคี่ 1, 3, 5, ...

$$\therefore \text{ฮาร์โมนิกที่ 3; } L = \frac{3\lambda}{4}$$

$$\lambda = \frac{4L}{3} = \frac{4 \times 2}{3} = \frac{8}{3}$$

$$\lambda = 2.67 \text{ เมตร}$$

ข้อ 18. เฉลยข้อข้อ 2

เนื่องจากประจุลบในแท่งพีวีซีจะเหนี่ยวนำให้เกิดประจุบวกในด้านใกล้ของกระดาษ และเกิดประจุลบในด้านตรงข้าม กระดาษแผ่นถัดไปต้องถูกเหนี่ยวนำลักษณะเดียวกัน ทำให้เกิดแรงดึงดูดระหว่างกระดาษด้วยกัน ตราบใดที่ยังไม่มีการแลกเปลี่ยนประจุ กระดาษก็จะยังดึงดูดต่อกัน เป็นสายต่อเนื่องได้

ข้อ 19. เฉลยข้อข้อ 3

ตัวเลือกข้อ 1. สนามไฟฟ้าที่จุด A B และ C มีค่าเป็นศูนย์
ผิด เพราะสนามไฟฟ้าที่ C มีค่าเท่ากับศูนย์ เพราะสนามไฟฟ้าจากประจุทั้งสองมีขนาดเท่ากัน และมีทิศตรงข้าม แต่สนามลัพท์ที่ A และ B จะไม่เป็นศูนย์ เพราะเวกเตอร์ทั้งสอง มีทิศทางไม่ตรงข้ามกันพอดี ดังรูป

ตัวเลือกข้อ 2. เมื่อวางประจุ $-q$ ที่จุด B ประจุจะเคลื่อนที่เข้าหาจุด C ด้วยความเร่งเพิ่มขึ้น
ผิด เพราะเมื่อวางประจุ $-q$ ที่จุด B จะเกิดแรงกระทำในทิศพุ่งเข้าหาจุด C (สนามไฟฟ้าพุ่งจาก C ไป B แรงกระทำต่อประจุลบมีทิศสวนกับสนาม) ดังนั้น ประจุจะเคลื่อนที่เข้าหาจุด C ด้วยความเร่ง แต่เนื่องจากสนามไฟฟ้าจะมีค่าน้อยลงเมื่อเคลื่อนที่เข้าหาจุด C ความเร่งจะลดลงเมื่อเข้าใกล้จุด C

ตัวเลือกข้อ 3. เมื่อวางประจุ $+q$ ที่จุด B ประจุจะเคลื่อนที่เข้าหาจุด A ด้วยความเร่งเพิ่มขึ้น
ถูก เพราะถ้าสนามไฟฟ้าที่เกิดจากประจุ $+q$ ทั้งสองมีทิศพุ่งจาก B ไป A และมีขนาดเพิ่มขึ้นกับระยะห่าง ดังนั้นในช่วงใกล้ ๆ ประจุ $+q$ ที่วางที่จุด B จะเคลื่อนที่ไปหา A ด้วยความเร่งที่เพิ่มขึ้น

ตัวเลือกข้อ 4. ศักย์ไฟฟ้าที่จุด C มีค่าน้อยกว่าที่จุด B

ผิด เพราะศักย์ไฟฟ้าที่จุด C คือ $V_C = \frac{2Kq}{R_C}$

เมื่อ I_C คือ ระยะทางจากประจุถึงจุด C

ส่วนศักย์ไฟฟ้าที่จุด B คือ $V_B = \frac{2kq}{R_B}$

I_B คือ ระยะทางจากประจุคือจุด B

แต่ $R_B > R_C$

$\therefore V_B < V_C$

ศักย์ไฟฟ้าที่จุด C สูงกว่าที่จุด B

ข้อ 19. เฉลยข้อ 2

เมื่อเวลาผ่านไปนาน ๆ หลอดไฟทั้งสองจะสว่างลดลง และ 4) เมื่อเวลาผ่านไปนาน ๆ

หลอดไฟ ② จะสว่างกว่าเดิม

ผิด เมื่อเวลาผ่านไป หลอดไฟ ② จะสว่างเท่าเดิม ขณะที่หลอดไฟ ① จะสว่าง น้อยลงเรื่อย ๆ เพราะเมื่อมีประจุไปสะสมในตัวเก็บประจุ ตัวเก็บประจุจะสร้างศักย์ต่อต้านทำให้กระแสไฟฟ้าไหลได้น้อยลงเรื่อย ๆ

ตัวเลือกข้อ1. ถูก ทันทีที่กดสวิทช์ กระแสไฟฟ้าจะไหลผ่านหลอดทั้ง 2 เท่า ๆ กัน (ตัวเก็บประจุยังว่างอยู่จึงเสมือนลัดวงจรที่จุดนั้น) ดังนั้น หลอดไฟทั้งสองสว่างเท่ากัน

ตัวเลือกข้อ3. ถูก เมื่อตัวเก็บประจุเต็ม หลังจากผ่านไปนาน ๆ จะไม่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านหลอดไฟ ① เลย ดังนั้นหลอดไฟ ① จะดับ

ตัวเลือกข้อ4. ผิด หลอดไฟหลอด ② เป็นความต้านทานต่อขนานกับแบตเตอรี่ เมื่อเวลาผ่านไป กระแสไฟฟ้าผ่านหลอดไฟ ② ควรจะคงที่ ไม่มีผลจากหลอดไฟ ① แต่อย่างใด ยกเว้นแต่นานจนแบตเตอรี่หมด หลอดไฟ ② ก็สว่างน้อยลง

ข้อ 20. เฉลยข้อ 4

ตัวเลือกข้อ1. อนุภาค 1 มีประจุไฟฟ้าลบ

ผิด เพราะเมื่อพิจารณาทิศการเบนพบว่า อนุภาค 2 และอนุภาค 3 มีประจุชนิดเดียวกัน แต่มวลประเท่ากัน และอนุภาค 1 มีประจุตรงข้ามกับอนุภาค 2 และอนุภาค 3 เมื่อพิจารณาภูมิมือขวาร่วมด้วย จะสรุปได้ว่าอนุภาค 1 เป็นประจุบวก ส่วนอนุภาค 2 และอนุภาค 3 เป็นประจุลบ

ตัวเลือกข้อ 2. ถ้าอนุภาคทั้งสามมีมวลและประจุเท่ากัน อนุภาค 1 มีพลังงานจลน์มากกว่าอนุภาค 2

ผิด เพราะจาก $R = \frac{mv}{qB}$ ถ้าประจุและมวลเท่ากัน รัศมีความโค้งขึ้นกับ

ความเร็ว $R \propto V$ แสดงว่าอนุภาค 2 วิ่งเร็วกว่าอนุภาค 3 และอนุภาค 1 ตามลำดับ ดังนั้นเมื่อมวลเท่ากัน พลังงานจลน์ของอนุภาค 2 มากกว่าอนุภาค 1 และอนุภาค 3

ตัวเลือกข้อ3. ถ้าอนุภาค 2 และ 3 มีค่าประจุต่อมวลเท่ากัน อนุภาค 2 มีอัตราเร็วน้อยกว่าอนุภาค 3

ผิด เพราะทำนองเดียวกับตัวเลือก 2) $R = \frac{mv}{qB}$ ถ้าอนุภาค 2 และอนุภาค 3

มีอัตราประจุต่อมวลเท่ากัน $R \propto V$ ดังนั้น อนุภาค 2 จึงมีอัตราเร็วมากกว่าอนุภาค 3 เพราะรัศมีความโค้งมากกว่า

ตัวเลือกข้อ 4. ถ้าอนุภาคทั้งสามมีมวลและเคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วเท่ากันอนุภาค 2 มีจำนวนประจุน้อยกว่า

อนุภาค3 ถูก เพราะจาก $R = \frac{mv}{qB}$ ถ้าอนุภาคมีมวลเท่ากันและอัตราเร็วเท่ากัน อนุภาค

ที่มีประจุมากจะมี R น้อยส่วนอนุภาคที่มีประจุน้อยจะมี R มาก ดังนั้น อนุภาค 2 มีประจุน้อยกว่าอนุภาค 3

ข้อ21. เฉลยข้อ 2

ตัวเลือกข้อ1. อุปกรณ์นี้ใช้กับไฟฟ้ากระแสสลับที่มีความต่างศักย์สูงสุด 220 โวลต์

ผิด เพราะข้อความ 220 VAC 50 Hz บอกว่า อุปกรณ์นี้ใช้กับไฟฟ้าที่มีค่าราก

ที่สองของกำลังสองเฉลี่ยเท่ากับ 220 โวลต์ ส่วนค่าสูงสุดเท่ากับ $220\sqrt{2}$ โวลต์

ตัวเลือกข้อ2. อุปกรณ์นี้ใช้กับไฟฟ้ากระแสสลับที่มีการกลับทิศการไหลของกระแสไฟฟ้า 100 ครั้งในหนึ่งวินาที

ถูก เพราะความหมายของ 50 Hz คือ เป็นไฟฟ้ากระแสสลับที่มีการกลับทิศของ

กระแสไฟฟ้า 100 ครั้งใน 1 วินาที เพราะมีการปรับทิศกระแสจาก + เป็น - ในทุก ๆ รอบ

(2 ครั้ง / รอบ) ดังนั้น 50 รอบจึงเท่ากับ $50 \times 2 = 100$ ครั้ง

ตัวเลือกข้อ3. อุปกรณ์นี้ใช้กับไฟฟ้ากระแสสลับที่มีค่ารากที่สองของค่าเฉลี่ยของกำลังสองของความต่างศักย์เท่ากับ $220/\sqrt{2}$

ผิด เพราะข้อความที่เขียน "220 VAC 50 Hz" แสดงว่าไฟฟ้านี้มีค่ารากที่สอง

ของค่าเฉลี่ยกำลังสองของความต่างศักย์เท่ากับ 220 โวลต์

ตัวเลือกข้อ4. ถ้าอุปกรณ์นี้ให้กำลังไฟฟ้า 2,200 วัตต์ กระแสไฟฟ้าสูงสุดของอุปกรณ์นี้คือ 10 แอมแปร์

ผิด เพราะจาก $I_{ms} = \frac{P}{V_{ms}} = \frac{2200}{220} = 10A$ จะได้ว่า

กระแสสูงสุด $I_{max} = 10 \times \sqrt{2} = 10\sqrt{2} A$

ข้อ 22. เฉลยข้อข้อ 2

กระจกเว้าบานหนึ่งให้ภาพหัวตั้งขนาดเป็น 2 เท่าของวัตถุ เมื่อระยะวัตถุเป็น 30 เซนติเมตร ความยาวโฟกัสของกระจกเว้าบานนี้เท่ากับกี่เซนติเมตร

$$m = \frac{f}{s - f}$$

$$-2 = \frac{f}{30 - f}$$

$$-2(30 - f) = f$$

$$-60 + 2f = f$$

$$-60 = -f$$

$$f = 60 \text{ cm}$$

ภาพเป็นภาพหัวตั้ง (ภาพเสมือน) มีค่ากำลังขยายเป็นลบ

สูตรที่ใช้คำนวณการเกิดภาพโดยกระจกเว้า และ กระจกนูน

$$m = \frac{s'}{s} = \frac{y'}{y} = \frac{f}{s - f} = \frac{s' - f}{f} \quad \text{โดยที่} \quad R = 2f$$

เมื่อ f = ความยาวโฟกัส y = ขนาดวัตถุ R = รัศมีความโค้งกระจก

S = ระยะวัตถุ y' = ขนาดภาพ

S' = ระยะภาพ m = กำลังขยาย

เงื่อนไขการใช้สมการ

1) หากเป็นกระจกเว้า ต้องใช้ f มีค่าเป็น + หากเป็นกระจกนูน ต้องใช้ f มีค่าเป็น -

- 2) หากภาพที่เกิดเป็นภาพจริง ต้องใช้ S', y', m มีค่าเป็น +
หากภาพที่เกิดเป็นภาพเสมือน ต้องใช้ S', y', m มีค่าเป็น -

ข้อ 23.เฉลยข้อ ไม่มีคำตอบ

ถ้าทำการทดลองการเลี้ยวเบนของแสงผ่านสลิตเดี่ยวในน้ำเปรียบเทียบกับที่ทดลองในอากาศ ข้อใดถูก

ในน้ำ ความยาวคลื่นของแสงมีค่าสั้นลง

$$\lambda_w = \frac{\lambda_0}{n_w}$$

เมื่อ λ_0 คือ ความยาวคลื่นแสงในอากาศ

λ_w คือ ความยาวคลื่นแสงในน้ำ

n_w คือ ดัชนีหักเหของน้ำ

การเลี้ยวเบนผ่านช่องแคบเดี่ยวที่มีความกว้าง d สมการของแถบมืด คือ

$$d \sin \theta = n\lambda \quad (n = \pm 1, \pm 3, \pm 5, \dots)$$

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

$$\text{ดังนั้น ในน้ำ} \quad \sin \theta_w = \frac{n}{d} \frac{\lambda_0}{n_w} = \frac{\sin \theta_0}{n_w}$$

เนื่องจาก $n_w > 1$ ดังนั้น ค่า $\sin \theta_w$ จะน้อยกว่า $\sin \theta_0$ หรือ

$$\theta_w = \theta_0$$

ดังนั้น แถบสว่างกลางจะแคบลง ระยะห่างระหว่างแถบมืดบนฉากจะลดลง สีของแถบ

สว่างบนฉากจะคงเดิม

ข้อ 24.เฉลยข้อข้อ 3

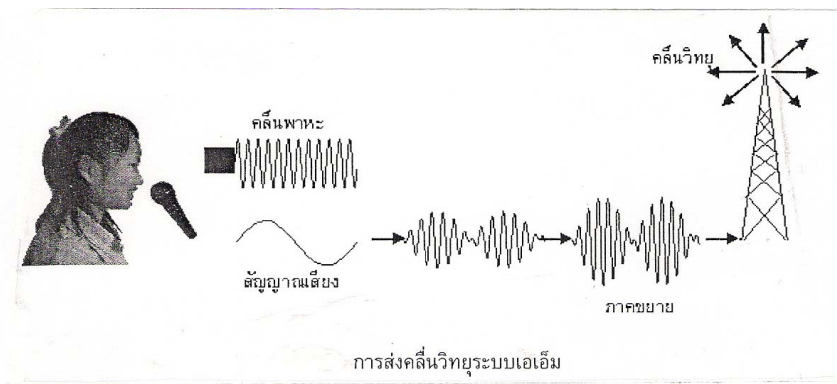
1. คลื่นวิทยุ เป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความถี่อยู่ในช่วง 106-109 เฮิรตซ์

ระบบเอเอ็ม (Amplitude Modulation : A.M.) ความถี่อยู่ในช่วง 530-1600 กิโลเฮิรตซ์ จะเป็นการผสม

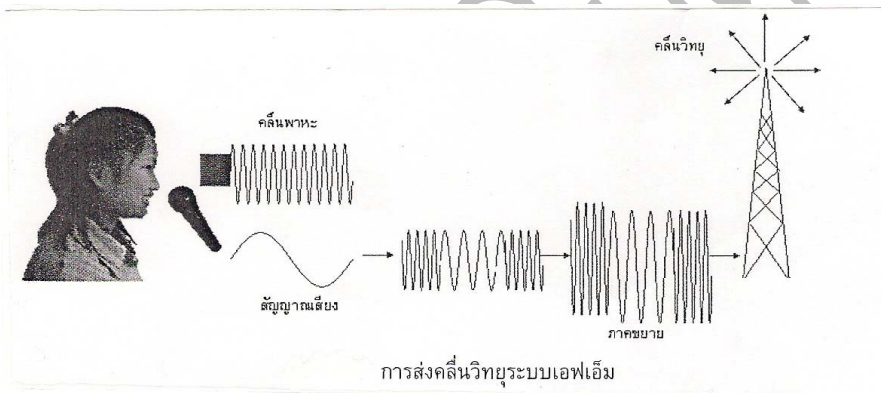
(Modulate) สัญญาณเสียงเข้ากับคลื่นวิทยุ (คลื่นพาหะ) โดยสัญญาณเสียงจะบังคับให้คลื่นพาหะมีแอมพลิจูด

เปลี่ยนแปลงไปตามสัญญาณเสียง คลื่นวิทยุในช่วงความถี่นี้จะสามารถสะท้อนได้ดีที่บรรยากาศชั้นไอโอโนสเฟียร์ข้อดี คือ ทำให้สามารถสื่อสารได้ไกลเป็นพันๆ กิโลเมตร (คลื่นฟ้า) ข้อเสีย คือ จะถูกคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

จากแหล่งอื่นๆ แทรกเข้ามารบกวนได้ง่าย



ระบบเอฟเอ็ม (Frequency Modulation : F.M.) ความถี่อยู่ในช่วง 80-108 เมกะเฮิร์ตซ์ เป็นการผสม (Modulate) สัญญาณเสียงเข้ากับคลื่นวิทยุ (คลื่นพาหะ) โดยสัญญาณเสียงจะบังคับให้คลื่นพาหะมีความถี่เปลี่ยนไปตามสัญญาณเสียง **ข้อดี** คือ ทำให้คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจากแหล่งอื่นรบกวนได้ยาก **ข้อเสีย** คือ สะท้อนบรรยากาศชั้นไอโอโนสเฟียร์ได้น้อยมาก ทำให้การส่งกระจายเสียงต้องใช้สถานีถ่ายทอดเป็นระยะๆ (คลื่นดิน)



ข้อ 25. เฉลยข้อข้อ 1

ปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริก คือ ปรากฏการณ์ที่โลหะปลดปล่อยอิเล็กตรอนทำให้เกิด กระแสโฟโตอิเล็กตรอน ซึ่งจะเกิดขึ้นเมื่อความถี่ของแสงสูงกว่าความถี่เฉพาะค่าหนึ่ง เรียกว่า ความถี่ขีดเริ่ม หากความถี่ต่ำกว่านี้ จะไม่เกิดโฟโตอิเล็กตรอน ไม่ว่าความเข้มแสงจะมีค่ามากเท่าใดก็ตาม

ข้อต้องทราบเกี่ยวกับปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริก

1. เมื่อให้พลังงานแสงแก่อิเล็กทริก ในช่วงคาบอดอิเล็กตรอนจะเสียพลังงานปริมาณหนึ่งเท่ากับพลังงานที่โลหะใช้ยึดอิเล็กตรอนไว้ พลัง

งานนี้เรียก **พลังงานยึดเหนี่ยวหรือ(Work function)** แทนด้วยสัญลักษณ์ W และพลังงานส่วนที่เหลือก็จะเปลี่ยนเป็นพลังงานจลน์ของอิเล็กตรอนที่เคลื่อนที่ออกไปจึงได้ว่า

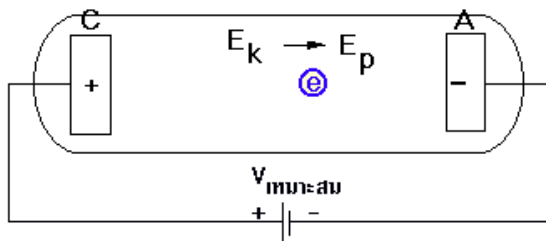
2. หากเราให้แสงที่มีความถี่ต่ำ จะทำให้พลังงานแสงมีค่าน้อย (เพราะ $E = hf$) และหากพลังงานแสงนี้มีค่าน้อยกว่าพลังงานยึดเหนี่ยว (W) อิเล็กตรอนจะไม่หลุดออกมา

จึงต้องเพิ่มความถี่ (f) แสงให้มากขึ้นจนกระทั่งพลังงานมีค่าน้อยเท่ากับพลังงานยึดเหนี่ยวอิเล็กตรอนจึงจะหลุดออกมาได้ความถี่

แสงตรงนี้ เรียก ความถี่ (f_0) และความยาวคลื่นตรงนี้เรียก ความยาวคลื่นขีดเริ่ม (λ_0)

3. หากต้องการทดลองหาพลังงานจลน์ของอิเล็กตรอนให้ต่อความต่างศักย์ที่เหมาะสม โดยต่อขั้วลบเข้ากับอาโนด ขั้วบวกเข้ากับคาโทด ดังรูปเมื่อใช้ความต่างศักย์เหมาะสม อิเล็กตรอนอันมีประจุลบ เมื่อเข้าใกล้ขั้วลบ จะเกิดแรงต้านทำให้อิเล็กตรอนหยุดนิ่งแล้วจะเปลี่ยนพลังงานจลน์ให้กลายเป็นพลังงานศักย์ไฟฟ้า ความต่างศักย์ที่ใช้

หยุดอิเล็กตรอน เรียก ความต่างศักย์ (V_0)



4. พลังงานจลน์ของอิเล็กตรอน (E_k) จะแปรผันตรงกับ พลังงานแสง , ความถี่แสงและจะแปรผกผันกับ พลังงานยึดเหนี่ยว (W)

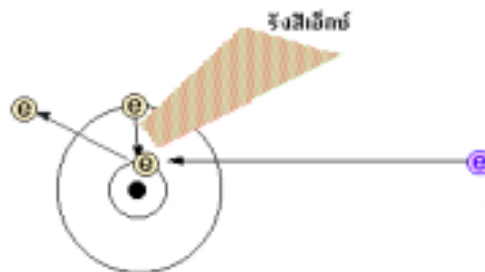
5. พลังงานยึดเหนี่ยว (W) จึงขึ้นกับชนิดของโลหะที่นำมาใช้เป็นคาโทดและไม่เกี่ยวกับขนาดของโลหะขั้วคาโทดนั้น

6. จำนวนโฟโตอิเล็กตรอน จะแปรผันตรงกับความเข้มแสง

ข้อ 26.เฉลยข้อข้อ 2

รังสีเอกซ์มี 2 ลักษณะ คือ

1. รังสีเอกซ์ต่อเนื่อง เกิดจากการที่อิเล็กตรอนที่ยิงเข้าไปที่เป้าโลหะถูกหน่วง แล้วปล่อยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าออกมา คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าสิ้นสุดเกิดเมื่อพลังงานจลน์ทั้งหมดของอิเล็กตรอนกลายเป็นพลังงานของโฟตอนรังสีเอกซ์
2. รังสีเอกซ์ลักษณะเฉพาะ มีเฉพาะบางความยาวคลื่น ขึ้นกับชนิดของเป้า เกิดจากการที่อิเล็กตรอนที่ยิงไปที่อะตอมของเป้าไปชนอิเล็กตรอนวงในสุดของอะตอมของเป้าให้หลุดออกไป อิเล็กตรอนชั้นนอกจึงลดระดับพลังงานลงมาพร้อมทั้งแผ่รังสีเอกซ์ออกมา



สเปกตรัมของรังสีเอกซ์

สเปกตรัมของรังสีเอ็กซ์ มี 2 แบบ

- 1) สเปกตรัมแบบต่อเนื่อง (continuous X - ray) ในหลอดรังสีเอ็กซ์ อเล็กซ์ ทรอนทวิ่งเข้าชนกับอะตอมของเป้าอิเล็กตรอนจะสูญเสียพลังงานจลน์ โดยแผ่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในรูปรังสีเอ็กซ์ออกมาเป็นผลให้ตัวมันเองเคลื่อนที่ช้าลง เนื่องจากจำนวนอิเล็กตรอนที่ชนเป้าหมายมีมากมายและแต่ละตัวมีการสูญเสียพลังงานค่าต่างๆ กัน ดังนั้นรังสีเอ็กซ์ที่แผ่ออกมาจะมีสเปกตรัมแบบต่อเนื่องอิเล็กตรอนบางตัวอาจชนกับอะตอมของเป้าโดยตรงและหยุดลงทันที ในการนี้พลังงานจลน์ทั้งหมดของอิเล็กตรอนจะเปลี่ยนเป็นพลังงานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าซึ่งอยู่ในรูปรังสีเอ็กซ์ที่มีความถี่สูงสุด (f_{\max}) เนื่องจากพลังงานมีค่าสูงสุดได้จากการผ่านความต่างศักย์
- 2) สเปกตรัมแบบเส้น (characteristic X - rays) เกิดจากอิเล็กตรอน ที่ถูกเร่งจนมีพลังงานสูงมากจะสามารถผ่านเข้าชนกับอิเล็กตรอนในวงโคจรชั้นในของอะตอม ทำให้อิเล็กตรอนดังกล่าวหลุดไปอิเล็กตรอนในวงโคจรถัดออกมา ซึ่งมีระดับพลังงานสูงกว่าวงโคจรชั้นในจึงโดดเข้าแทนที่พร้อมกับปล่อยพลังงานส่วนเกินออกมาในรูปรังสีเอ็กซ์การเปลี่ยนแปลงในอะตอมเช่นนี้เป็นในทำนองเดียวกับการเกิดสเปกตรัมของอะตอมไฮโดรเจน รังสีเอ็กซ์ที่เกิดขึ้นจะมีความยาวคลื่นเป็นค่าเฉพาะ และจะแตกต่างกันไปตามชนิดของโลหะที่ใช้ทำเป้า ดังนั้นสเปกตรัมส่วนนี้จึงมีลักษณะเป็นเส้น ซึ่งปรากฏการณ์นี้สนับสนุนทฤษฎีของโบร์ในแง่ที่ว่าอะตอมมีระดับพลังงานเป็นชั้น ๆ

ข้อ 27.เฉลยข้อข้อ 2

ลูกเต๋าศีพิเศษมี 14 หน้า แต่ละหน้ามีหมายเลข 1 ถึง 14 เขียนไว้ เริ่มต้นโยนลูกเต๋านี้จำนวน 1,000

ลูก พร้อมกัน และคัดลูกที่ออกเลข 1 ออกไป แล้วนำลูกเต๋าคัดที่เหลือมาโยนใหม่ และคัดออกโดย

ใช้เกณฑ์เดิม ค่าครึ่งชีวิตของลูกเต๋าคัดจะมีค่าเท่าใด

ค่าครึ่งชีวิตในการทดลองอุปมาอุปไมยของการสลายตัวของสารกัมมันตรังสี คือ จำนวน

ครั้งที่ทอดแล้วลูกเต๋าคัดออกไปจนเหลือเพียงครึ่งหนึ่ง เนื่องจากลูกเต๋ามี 14 หน้า คัดเฉพาะลูกที่

ได้เลข 1 ออกไป ดังนั้น โอกาสที่จะออกเลข 1 คือ $\left(\frac{1}{14}\right)$ โอกาสที่ไม่ออกเลข 1 คือ $\left(\frac{13}{14}\right)$

$$\therefore \lambda = \frac{1}{4}$$

$$\text{จาก ครึ่งชีวิต} \quad (T_{1/2}) = \frac{\ln 2}{\lambda} = \frac{\ln 2}{\left(\frac{1}{14}\right)} = 14 \ln 2$$