

รหัสวิชา 72 ความถนัดทางวิทยาศาสตร์ (PAT 2)

หมวดวิชา ฟิสิกส์

แบบปรนัย 4 ตัวเลือก เลือก 1 คำตอบที่ถูกต้องที่สุด จำนวน 23 ข้อ

ค่าคงตัวต่าง ๆ (ใช้ประกอบการคำนวณในข้อที่เกี่ยวข้อง)

กำหนดให้

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

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

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

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

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

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

$$\sqrt{2} = 1.414$$

$$\sqrt{5} = 2.236$$

$$\ln 2 = 0.693$$

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

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

$$\pi = 3.14$$

$$\sqrt{3} = 1.732$$

$$\sqrt{7} = 2.646$$

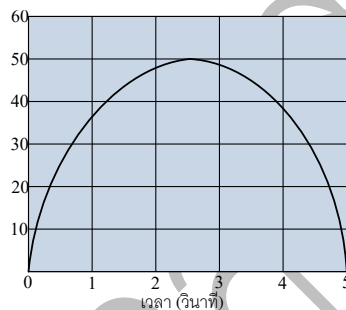
ข้อ 1. [ข้อสอบเข้ามหาวิทยาลัย / PAT 2 ก.ค. 2553]

ถ้าเราปล่อยก้อนหิน A ให้ตกแบบเสรี ส่วนก้อนหิน B ถูกโยนขึ้นตามแนวดิ่งด้วยความเร็วต้นค่าหนึ่ง หลังจากที่ก้อนหินทั้งสองเคลื่อนที่ออกจากมือไปแล้วจงเปรียบเทียบความเร่งของก้อนหินทั้งสองนี้ (ไม่ต้องคิดผลของแรงต้านของอากาศ)

1. ก้อนหินทั้งสองมีความเร่งเท่ากัน
2. ก้อนหิน A มีขนาดของความเร่งมากกว่าก้อนหิน B
3. ก้อนหิน B มีขนาดของความเร่งน้อยกว่าก้อนหิน B
4. ก้อนหินทั้งสองมีขนาดของความเร่งเท่ากัน แต่มีทิศทางตรงกันข้าม

ข้อ 2. [ข้อสอบเข้ามหาวิทยาลัย / PAT 2 ก.ค. 2553]

ปาลูกบอลขึ้นไปในแนวดิ่งจากตาวดวงหนึ่งที่มีความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงที่ไม่เท่ากับโลก พบว่าความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของลูกบอลในแนวดิ่งกับเวลาเป็นดังกราฟ ความเร็วต้นของลูกบอลเป็นกี่เมตรต่อวินาที



1. 20
2. 30
3. 40
4. 50

ข้อ 3. [ข้อสอบเข้ามหาวิทยาลัย / PAT 2 ก.ค. 2553]

นักเรียนคนหนึ่งออกแรงผลักกรรเชียงให้เคลื่อนที่ไปข้างหน้า ข้อใดสรุปเกี่ยวกับขนาดของแรงที่รถเข็นกระทำกับนักเรียนได้ถูกต้อง

1. มากกว่าขนาดของแรงที่นักเรียนกระทำกับรถเข็นตลอดเวลา
2. เท่ากับขนาดของแรงที่นักเรียนกระทำกับรถเข็นตลอดเวลา
3. น้อยกว่าขนาดของแรงที่นักเรียนกระทำกับรถเข็นตลอดเวลา
4. มากกว่าขนาดของแรงที่นักเรียนกระทำกับรถเข็นเมื่อยังไม่เคลื่อนที่ แต่น้อยกว่าขนาดของแรงที่

นักเรียนกระทำกับรถเข็นเมื่อเคลื่อนที่ไปแล้ว

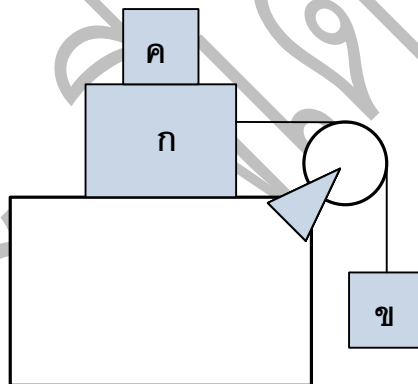
ข้อ 4. [ข้อสอบเข้ามหาวิทยาลัย / PAT 2 ก.ค. 2553]

แดงกับดำยืนอยู่บนตึกสูง ถ้าแดงปาก่อนหิน A ขึ้นในแนวตั้งด้วยความเร็วต้น 10 เมตรต่อวินาทีพร้อมกันกับที่ดำปาก่อนหิน B ลงในแนวตั้งด้วยความเร็วเท่ากัน ข้อใดต่อไปนี้สรุปได้ถูกต้อง (ไม่ต้องคิดผลของแรงต้านของอากาศ)

1. ก้อนหิน A มีขนาดความเร็วเฉลี่ยมากกว่าของก้อนหิน B
2. ก้อนหินทั้งสองตกกระทบพื้นด้วยความเร็วเท่ากัน
3. ก้อนหินทั้งสองมีความเร็วเฉลี่ยเท่ากัน
4. มีคำตอบถูกมากกว่า 1 ข้อ

ข้อ 5. [ข้อสอบเข้ามหาวิทยาลัย / PAT 2 ก.ค. 2553]

กล่อง ก และ ข มีน้ำหนัก 40 นิวตัน และ 20 นิวตันตามลำดับ กล่อง ค ต้องมีน้ำหนักน้อยที่สุดกี่นิวตันจึงจะไม่ทำให้กล่อง ก ไกล ถ้าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานสถิตระหว่างพื้นโต๊ะกับกล่อง ก เป็น 0.2



1. 20
2. 40
3. 60
4. 80

ข้อ 6. [ข้อสอบเข้ามหาวิทยาลัย / PAT 2 ก.ค. 2553]

หย่อนลูกเหล็กขนาดเล็กลงในท่อแก้วสูงที่บรรจุสารละลายชนิดหนึ่ง ปรากฏว่าเมื่อถึงจุด ๆ หนึ่ง ลูกเหล็กเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงตัว ณ จุดนี้ควรใช้หลักฟิสิกส์ใดอธิบายเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น

1. แรงโน้มถ่วงของโลก
2. แรงดึงดูดระหว่างมวล
3. การตกอิสระ
4. สมดุลของแรง

ข้อ 7. [ข้อสอบเข้ามหาวิทยาลัย / PAT 2 ก.ค. 2553]

นำโลหะความหนาแน่น ρ ปริมาตร v ไปชั่งในของเหลวชนิดหนึ่งที่มีความหนาแน่น ρ_1 น้ำหนักของโลหะในของเหลวนี้เป็นเท่าใด

1. $(\rho - \rho_1) Vg$
2. $(\rho + \rho_1) Vg$
3. $\left(\frac{\rho^2}{\rho_1} \right) Vg$
4. $\left(\frac{\rho_1^2}{\rho} \right) Vg$

ข้อ 8. [ข้อสอบเข้ามหาวิทยาลัย / PAT 2 ก.ค. 2553]

ถังทรงกระบอกใบหนึ่งบรรจุน้ำเต็มถึง ถ้าเจาะรูที่ข้างถึงเป็นระยะ h จากผิวน้ำความสัมพัทธ์ระหว่างอัตราเร็วของน้ำ v ที่พุ่งออกข้างถึงกับระยะ h เป็นดังข้อใด

1. $v \propto \frac{1}{h}$

2. $v \propto h$

3. $v \propto \sqrt{\frac{1}{h}}$

4. $v \propto \sqrt{h}$

ข้อ 9. [ข้อสอบเข้ามหาวิทยาลัย / PAT 2 ก.ค. 2553]

พิจารณาข้อความต่อไปนี้

ก. ที่อุณหภูมิคงตัว ปริมาตรแปรผันตามความดัน

ข. ที่ความดันคงตัว อุณหภูมิแปรผันตามปริมาตร

ค. ในระบบปิด ผลคูณของความดันกับปริมาตรแปรผันตามอุณหภูมิ

ข้อใดเป็นสมบัติของแก๊สอุดมคติ

1. ก และ ข

2. ก และ ค

3. ข และ ค

3. ก ข และ ค

ข้อ 10. [ข้อสอบเข้ามหาวิทยาลัย / PAT 2 ก.ค. 2553]

ลูกตุ้มอย่างง่ายมวล m_A, m_B, m_C , และ m_D ถ้า $m_A = 2m_B, m_B = 0.5m_C, m_C = 3m_D$ โดยความยาวของเชือกที่ผูกกับมวลแต่ละก้อนเท่ากัน คาบการแกว่งของมวลแต่ละก้อนเป็น T_A, T_B, T_C , และ T_D ตามลำดับ ข้อใดถูกต้อง

1. $T_A = T_B = T_C = T_D$

2. $T_A > T_B, T_B < T_C, T_C < T_D$

3. $T_A < T_B, T_B > T_C, T_C < T_D$

4. $T_A < T_B, T_B < T_C, T_C < T_D$

ข้อ 11. [ข้อสอบเข้ามหาวิทยาลัย / PAT 2 ก.ค. 2553]

เรือลำหนึ่งเคลื่อนที่เข้าหน้าผาด้วยความเร็วคงตัว 20 เมตรต่อวินาที เมื่ออยู่ห่างจากหน้าผาระยะหนึ่งก็ปัดนปิดหวูด 1 ครั้ง และได้ยินเสียงสะท้อนกลับของเสียงหวูดเมื่อเวลาผ่านไป 2 วินาที ขณะที่เปิดหวูดเรืออยู่ห่างจากหน้าผากี่เมตร กำหนดให้อัตราเร็วเสียงในอากาศเท่ากับ 340 เมตรต่อวินาที

1. 360

2. 540

3. 680

4. 960

ข้อ 12. [ข้อสอบเข้ามหาวิทยาลัย / PAT 2 ก.ค. 2553]

ฮีเลียม-นีออนเลเซอร์ให้แสงที่มีความยาวคลื่น 630 นาโนเมตร เมื่อฉายผ่านสลิตเดี่ยวที่กว้าง 200 ไมโครเมตร จะเกิดริ้วการเลี้ยวเบนบนฉากที่อยู่ห่างจากสลิตเป็นระยะ 2.0 เมตร ความกว้างของแถบสว่างที่เกิดขึ้นบนฉากนี้เป็นกี่มิลลิเมตร

- | | |
|---------|---------|
| 1. 0.63 | 2. 1.26 |
| 3. 6.30 | 4. 12.6 |

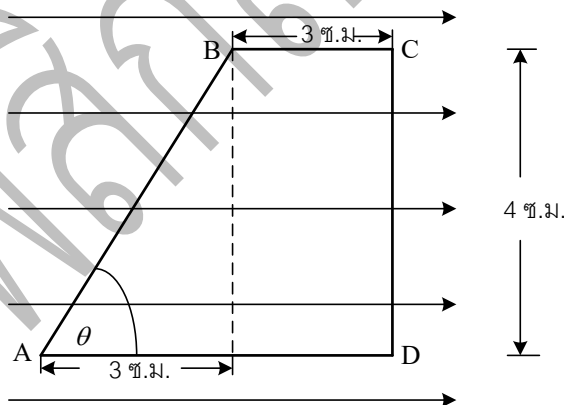
ข้อ 13. [ข้อสอบเข้ามหาวิทยาลัย / PAT 2 ก.ค. 2553]

กัลวานอมิเตอร์มีความต้านทาน 2,000 โอห์ม เมื่อมีกระแสผ่าน 100 มิลลิแอมป์ทำให้เข็มตีเต็มสเกลถ้าต้องการดัดแปลงให้เป็นแอมมิเตอร์เพื่อให้วัดกระแสสูงสุดได้ 2.5 แอมแปร์ จะต้องนำชิ้นตัวขนาดกี่โอห์มมาต่อกับกัลวานอมิเตอร์นี้

- | | |
|---------|---------|
| 1. 59.1 | 2. 65.2 |
| 3. 71.4 | 4. 83.3 |

ข้อ 14. [ข้อสอบเข้ามหาวิทยาลัย / PAT 2 ก.ค. 2553]

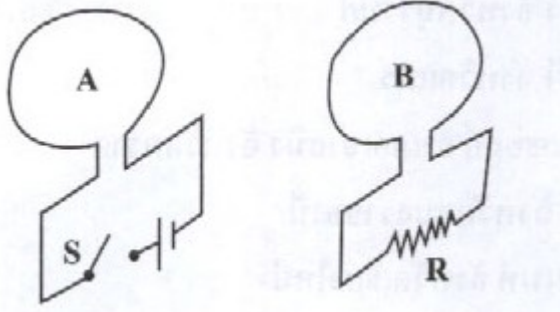
เคลื่อนที่ประจุ -2 ไมโครคูลอมป์ จากจุด A ไปตามเส้นทาง $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D$ ในสนามไฟฟ้าสม่ำเสมอ ขนาด 8 โวลต์ต่อเมตร งานในการเคลื่อนที่ประจุตลอดเส้นทางและความต่างศักย์ระหว่างจุด B กับจุด D มีค่าเท่าใด ตามลำดับ



- | | |
|--|--|
| 1. -0.96 ไมโครจูล และ 240 มิลลิโวลต์ | 2. -2.96 ไมโครจูล และ 400 มิลลิโวลต์ |
| 3. 0.96 ไมโครจูล และ 240 มิลลิโวลต์ | 4. 2.96 ไมโครจูล และ 400 มิลลิโวลต์ |

ข้อ 15. [ข้อสอบเข้ามหาวิทยาลัย / PAT 2 ก.ค. 2553]

ทันทีที่สับสวิตช์ S ที่เชื่อมกับลวดตัวนำ A จะเกิดอะไรขึ้นบนลวดตัวนำ B



1. ไม่มีอะไรเปลี่ยนแปลง
2. ลวด B ถูกดูดเข้าหาลวด A
3. เกิดกระแสบนลวด B ในทิศทางเข็มนาฬิกา
4. ไม่มีข้อใดถูก

ข้อ 16. [ข้อสอบเข้ามหาวิทยาลัย / PAT 2 ก.ค. 2553]

ตัวเหนี่ยวนำ 0.04 เฮนรี นำมาต่อกับแบตเตอรี่กระแสตรง 12 โวลต์ความต้านทานภายใน 2 โอห์ม มีกระแสในวงจร 2 แอมแปร์ ถ้าเปลี่ยนแบตเตอรี่กระแสตรงเป็นกระแสสลับที่มีแรงเคลื่อนไฟฟ้า $50 \sin(100t)$ จะมีกระแสยังผลในวงจรกี่แอมแปร์

1. 4.14
2. 6.25
3. 8.84
4. 17.7

ข้อ 17. [ข้อสอบเข้ามหาวิทยาลัย / PAT 2 ก.ค. 2553]

ธาตุกัมมันตรังสี A สลายตัวเป็นธาตุ B ซึ่งเสถียรโดยมีครึ่งชีวิตเป็น T จะต้องใช้เวลานานเท่าใด ธาตุ B จึงจะมีจำนวนเป็น 2 เท่าของธาตุ A

1. T
2. $T \frac{\ln 3}{\ln 2}$
3. $T \ln \frac{3}{2}$
4. $T \ln 2$

ตอนที่ 2 : แบบอัตนัย ระบายคำตอบที่คำนวณได้ลงในกระดาษคำตอบ ให้ตอบละเอียดถึงทศนิยม 2 ตำแหน่ง จำนวน 6 ข้อ

หมายเหตุ : ถ้าทศนิยมตำแหน่งที่สามเท่ากับ 5 หรือมากกว่าให้ปัดขึ้นเป็น 1 ของหลักทางซ้ายมือ ถ้าทศนิยมตำแหน่งที่สามน้อยกว่า 5 ให้ปัดทิ้ง

ตัวอย่าง : $1.414 \times 2 = 2.828$ ให้ตอบเป็น 2.83

$1.414 \times 4 = 4.242$ ให้ตอบเป็น 4.24

$9.8 \times 5 = 49.0$ ให้ตอบเป็น 49.0

ให้ค่าคงตัวในหน้า 25 ในการคำนวณ

ข้อ 1. [ข้อสอบเข้ามหาวิทยาลัย / PAT 2 ก.ค. 2553]

ชาย 2 คน ต้องการขนย้ายวัตถุขนาดใหญ่จากที่หนึ่งไปอีกที่หนึ่ง โดยชายคนแรกออกแรงดึง 32 นิวตัน ทำมุม 60° กับแนวระดับ ส่วนชายคนที่สองออกแรงผลัก 20 นิวตันอีกด้านหนึ่งของวัตถุในแนวระดับโดยพื้นมีแรงเสียดทานกระทำต่อวัตถุขนาด 5 นิวตันและวัตถุมีความเร่ง 0.5 เมตรต่อวินาที² มวลของวัตถุก่อนหน้านี้มีค่ากี่กิโลกรัม

ข้อ 2. [ข้อสอบเข้ามหาวิทยาลัย / PAT 2 ก.ค. 2553]

นำเชือกเบา และเหนียวมากเส้นหนึ่งยาว 50 เซนติเมตร ผูกลูกตุ้มมวล 1.0 กิโลกรัมที่ปลายข้างหนึ่ง ถ้าจับปลายเชือกอีกข้างหนึ่งกว้างให้ลูกตุ้มเคลื่อนที่เป็นวงกลมในระนาบตั้งด้วยอัตราเร็วคงตัว 3.0 เมตรต่อวินาที แรงตึงในเส้นเชือกมีค่าต่ำสุดกี่นิวตัน

ข้อ 3. [ข้อสอบเข้ามหาวิทยาลัย / PAT 2 ก.ค. 2553]

กระบอกสูบบรรจุแก๊สอุดมคติ 2 โมล ถ้าอุณหภูมิภายในกระบอกสูบเพิ่มขึ้น 100 เคลวิน โดยไม่มีการถ่ายเทความร้อนที่กระบอกสูบ งานที่ให้กับกระบอกสูบเป็นกี่จูล

ข้อ 4. [ข้อสอบเข้ามหาวิทยาลัย / PAT 2 ก.ค. 2553]

ชายผู้หนึ่งเห็นวัตถุได้ชัดเจนที่ระยะไกลสุด 2.75 เมตร เขาจะต้องสวมแว่นตาที่มีความยาวโฟกัสเท่าใดเพื่อให้มองเห็นได้เหมือนคนปกติ (ตอบเฉพาะตัวเลข ไม่ต้องระบุเครื่องหมาย)

ข้อ 5. [ข้อสอบเข้ามหาวิทยาลัย / PAT 2 ก.ค. 2553]

แผ่นโลหะโค้งขนานกัน ดังรูป มีศูนย์กลางร่วมกันที่จุด O ที่จุดห่างจากศูนย์กลางรัศมี 2 เมตร (ตามแนวเส้นประ) มีสนามไฟฟ้าขนาด 1 นิวตันต่อคูลอมบ์ มีทิศชี้เข้าหา O อนุภาคที่มีประจุ $+1 \times 10^{-6}$ คูลอมบ์ต้องวิ่งด้วยพลังงานจลน์เท่าไรจึงจะเคลื่อนที่ตามแนวเส้นประ (ตอบในหน่วยไมโครจูล) หมายเหตุ ไม่ต้องคิดแรงโน้มถ่วงของโลก

ข้อ 6. [ข้อสอบเข้ามหาวิทยาลัย / PAT 2 ก.ค. 2553]

เมื่อฉายแสงที่มีพลังงานค่าหนึ่งตกกระทบโลหะชนิดหนึ่ง ซึ่งมีฟังก์ชันงาน 2.0 อิเล็กตรอนโวลต์ พบว่าอิเล็กตรอนที่เกิดขึ้นมีพลังงานจลน์สูงสุดเท่ากับ 9.0 อิเล็กตรอนโวลต์ โมเมนตัมของอิเล็กตรอนที่เกิดขึ้นเป็นกี่เท่าของโมเมนตัมของแสงที่ตกกระทบกำหนดให้มวลอิเล็กตรอนเท่ากับ $0.5 \text{ MeV} / c^2$

เฉลยข้อสอบ PAT 2

ข้อ 1. เฉลยข้อ 1

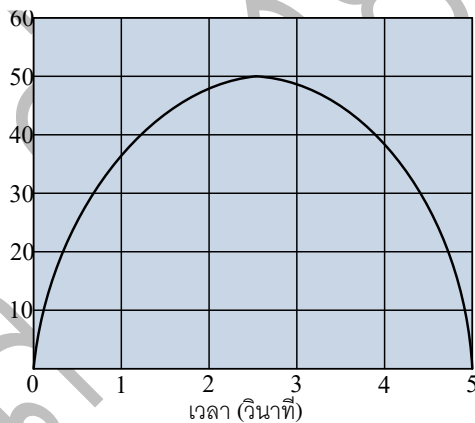
ถ้าเราปล่อยก้อนหิน A ให้ตกแบบเสรี ส่วนก้อนหิน B ถูกโยนขึ้นตามแนวดิ่งด้วยความเร็วต้นค่าหนึ่ง หลังจากที่ก้อนหินทั้งสองเคลื่อนที่ออกจากมือไปแล้วจึงเปรียบเทียบความเร่งของก้อนหินทั้งสองนี้ (ไม่ต้องคิดผลของแรงต้านของอากาศ)

ตัวเลือกข้อ 1. ก้อนหินทั้งสองมีความเร่งเท่ากัน

ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลกมีทิศเดียวคือทิศลงเสมอ

ข้อ 2. เฉลยข้อ 3

ปาลูกบอลขึ้นไปในแนวดิ่งจากดาวดวงหนึ่งที่มีความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงที่ไม่เท่ากับโลก พบว่าความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของลูกบอลในแนวดิ่งกับเวลาเป็นดังกราฟ ความเร็วต้นของลูกบอลเป็นกี่เมตรต่อวินาที



$$s = \left(\frac{u + v}{2} \right) t$$
$$50 = \left(\frac{u + 0}{2} \right) 2.5$$
$$u = \frac{50 \times 2}{2.5} = 40$$

ข้อ 3. ตอบข้อ 2.

นักเรียนคนหนึ่งออกแรงผลักรถเข็นให้เคลื่อนที่ไปข้างหน้า ข้อใดสรุปเกี่ยวกับขนาดของแรงที่รถเข็นกระทำกับนักเรียนได้ถูกต้อง

กฎการเคลื่อนที่ข้อที่สามของนิวตัน

เมื่อวัตถุหนึ่งออกแรงกระทำต่ออีกวัตถุหนึ่ง วัตถุนั้นก็จะออกแรงกระทำโต้ตอบในทิศตรงกันข้ามกับแรงที่มันกระทำ ณ ตำแหน่งเดียวกัน ในเวลาเดียวกันเสมอ โดยขนาดของแรงโต้ตอบจะมีขนาดเท่ากับขนาดของแรงที่มันกระทำ เราเรียกแรงที่กระทำว่า **แรงกิริยา (Action)** และเรียกแรงโต้ตอบว่า **แรงปฏิกิริยา (Reaction)**

เนื่องจากแรงที่คนผลักกล่ อกั บแรงที่กล่ อกั ผลักคน จะเป็นแรงคู่ กิริยาซึ่งกั นและกั นแรงทั้งสองนี้จะมีค่าเท่ากั นแต่มีทิศตรงกั นข้ามตลอดเวลาดังรูป

ข้อ 4. ตอบข้อ ไม่มีข้อถูก

แดงกับดำยืนอยู่บนตึกสูง ถ้าแดงปาก่อนหิน A ขึ้นในแนวดิ่งด้วยความเร็วต้น 10 เมตรต่อวินาทีพร้อมกันกับที่ดำปาก่อนหิน B ลงในแนวดิ่งด้วยความความเร็วเท่ากัน ข้อใดต่อไปนี้เป็นข้อสรุปได้ถูกต้อง (ไม่ต้องคิดผลของแรงต้านของอากาศ)

ตัวเลือกข้อ1. ก้อนหิน A มีขนาดความเร็วเฉลี่ยมากกว่าของก้อนหิน B

ผิด เนื่องจากว่า ตู A และ B จะเคลื่อนที่ได้การกระจัด (ระยะจากจุด เริ่มต้นถึงจุดสุดท้าย) เท่ากั น($s = h$) แต่ A จะใช้ เวลาในการเคลื่อนที่ (t) มากกว่าB ดังนั้น จาก $v = s/t$ จะได้ว่าความเร็วเฉลี่ยของ A มีขนาดน้อยกว่าความเร็วเฉลี่ยของ B

ตัวเลือกข้อ2. ก้อนหินทั้งสองตกกระทบพื้นด้วยความเร็วเท่ากัน

ผิด ถ้าแดงปาก่อนหิน A ขึ้นในแนวดิ่งด้วยความเร็วต้น 10 เมตรต่อวินาที

ขณะกระทบพื้นก็จะมีขนาดของความเร็วเท่ากับซ้ำขึ้น

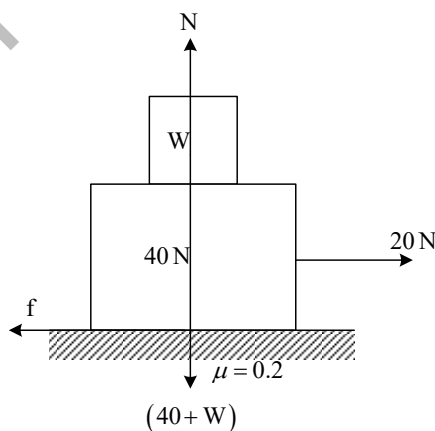
ดำปาก่อนหิน B ลงในแนวดิ่งด้วยความความเร็วเท่ากัน

$$v^2 = u^2 + 2gh$$
$$v = \sqrt{u^2 + 2gh}$$

ตัวเลือกข้อ3. ก้อนหินทั้งสองมีความเร็วเฉลี่ยเท่ากัน

ผิด เนื่องจากว่า ตู A และ B จะเคลื่อนที่ได้การกระจัด (ระยะจากจุด เริ่มต้นถึงจุดสุดท้าย) เท่ากั น($s = h$) แต่ A จะใช้ เวลาในการเคลื่อนที่ (t) มากกว่าB ดังนั้น จาก $v = s/t$ จะได้ว่าความเร็วเฉลี่ยของ A มีขนาดน้อยกว่าความเร็วเฉลี่ยของ B

ข้อ 5. เฉลยข้อ 3



$$\sum F = ma$$

$$20 - f = 0$$

$$20 = f$$

$$20 = \mu N$$

$$20 = \mu(40 + mg)$$

$$20 = 0.2(40 + mg)$$

$$mg = \frac{20}{0.2} - 40 = 60$$

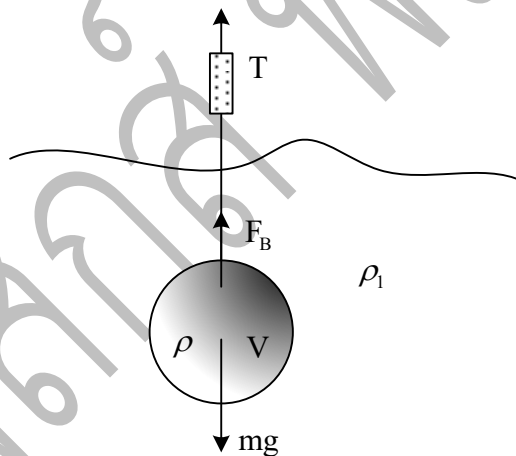
ข้อ 6. เฉลยข้อ 4

หย่อนลูกเหล็กขนาดเล็กลงในท่อแก้วสูงที่บรรจุสารละลายชนิดหนึ่ง ปรากฏว่าเมื่อถึงจุด ๆ หนึ่ง ลูกเหล็กเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงตัว ณ จุดนี้ควรใช้หลักฟิสิกส์ใดอธิบายเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น

สมดุล หรือ สมดุล (Equilibrium) คือ การที่มีแรงลัพธ์มากระทำกับวัตถุแล้ววัตถุคงสภาพการเคลื่อนที่หรือหยุดนิ่งอย่างว่าไม่มีการเปลี่ยนสภาพการเคลื่อนที่ กล่าวคือ ถ้าวัตถุอยู่นิ่งก็ยังคงสภาพนิ่งหรือ ถ้าเคลื่อนที่ก็จะเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงตัว ซึ่งเป็นไปตามกฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน ข้อที่ 1

ข้อ 7. เฉลยข้อ 1

นำโลหะความหนาแน่น ρ ปริมาตร V ไปชั่งในของเหลวชนิดหนึ่งที่มีความหนาแน่น ρ_1 น้ำหนักของโลหะในของเหลวนี้เป็นเท่าใด



สมดุลแรงขึ้นเท่ากับแรงลง

$$T + F_B = mg$$

$$T + \rho_1 V g = \rho V g$$

$$T = \rho V g - \rho_1 V g$$

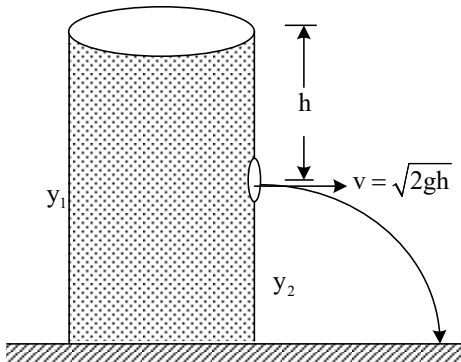
$$\text{ซึ่งในของเหลวได้ } T = (\rho - \rho_1) V g$$

ข้อ 8. เฉลยข้อ 4

ถังทรงกระบอกใบหนึ่งบรรจุน้ำเต็มถัง ถ้าเจาะรูที่ข้างถังเป็นระยะ h จากผิวน้ำความสัมพันธ์ระหว่างอัตราเร็วของน้ำ v ที่พุ่งออกข้างถังกับระยะ h เป็นดังข้อใด

ถังทรงกระบอกใบหนึ่งบรรจุน้ำเต็มถัง ถ้าเจาะรูที่ข้างถังเป็นระยะ h จากผิวน้ำความสัมพันธ์ระหว่างอัตราเร็วของน้ำ v ที่พุ่งออกข้างถังกับระยะ h คือ $v \propto \sqrt{h}$
เรื่องนี้เป็นเรื่องอัตราการไหลตามสมการของแบร์นูลี หรือที่เรียกว่า ทฤษฎีบทของ

Torricelli ซึ่งพิสูจน์ได้ดังนี้



สมมติภาชนะใหญ่มากมีรูอยู่ด้านข้างขนาดเล็ก น้ำที่พุ่งออกจากรูมี

อัตราเร็ว v_2 ขณะที่น้ำด้านในลดลงช้า ๆ ด้วยอัตราเร็ว v_1 ถ้าผิวบนของระดับน้ำเป็นจุดที่ 1 และรูด้านข้างเป็นจุดที่ 2 จากสมการของแบร์นูลี

$$P_1 + \frac{1}{2} \rho v_1^2 + \rho g y_1 = P_2 + \frac{1}{2} \rho v_2^2 + \rho g y_2$$

เนื่องจากทั้งสองตำแหน่งอยู่ในบรรยากาศ $\therefore P_1 = P_2$

$$\frac{1}{2} \rho (v_2^2 - v_1^2) = \rho g (y_1 - y_2)$$

$$v_2^2 - v_1^2 = 2g(y_1 - y_2)$$

ดังนั้น ถ้า $v_2 \gg v_1$ ประมาณได้ว่า

$$\frac{1}{2} v_2^2 = 2gh$$

$$h = (y_1 - y_2)$$

$$v_2 = \sqrt{2gh}$$

ข้อ 9. เฉลยข้อ 3

พิจารณาข้อความต่อไปนี้

ก. ที่อุณหภูมิกคงตัว ปริมาตรแปรผันตามความดัน

ผิดที่ถูกคือ กฎของบอยล์ กล่าวว่า "เมื่ออุณหภูมิและมวลของแก๊สคงที่ ปริมาตรของแก๊สจะแปรผกผันกับความดันของแก๊สนั้น"

ข. ที่ความดันคงตัว อุณหภูมิแปรผันตามปริมาตร

ถูก กฎของชาร์ลส์ กล่าวว่า "เมื่อความดัน และมวลของแก๊สคงที่ ปริมาตรของแก๊สใดๆ จะแปรผันตรงกับอุณหภูมิเคลวิน"

ค. ในระบบปิด ผลคูณของความดันกับปริมาตรแปรผันตามอุณหภูมิ

$$\text{ถูก} \quad \therefore PV \propto T$$

ข้อ 10. เฉลยข้อ 1

ลูกตุ้มอย่างง่ายมวล m_A, m_B, m_C , และ m_D ถ้า $m_A = 2m_B, m_B = 0.5m_C, m_C = 3m_D$ โดยความยาวของเชือกที่ผูกกับมวลแต่ละก้อนเท่ากัน คาบการแกว่งของมวลแต่ละก้อนเป็น T_A, T_B, T_C , และ T_D ตามลำดับ ข้อใดถูกต้อง

คาบการแกว่งของลูกตุ้มอย่างง่ายไม่ขึ้นกับมวลแต่จะขึ้นกับความยาวของเชือกที่ผูก

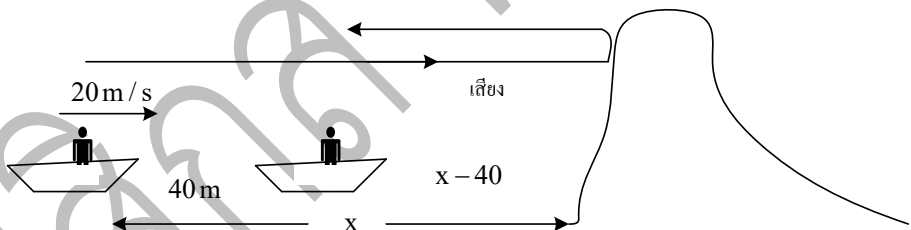
ถ้าความยาวเชือกเท่ากัน คาบการแกว่งจะเท่ากัน

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

ข้อ 11. เฉลยข้อ 1

เรือลำหนึ่งเคลื่อนที่เข้าหน้าผาด้วยความเร็วคงตัว 20 เมตรต่อวินาที เมื่ออยู่ห่างจากหน้าผาระยะหนึ่งก็ปัดนปิดหวูด 1 ครั้ง และได้ยินเสียงสะท้อนกลับของเสียงหวูดเมื่อเวลาผ่านไป 2 วินาที ขณะที่เปิดหวูดเรืออยู่ห่างจากหน้าผากี่เมตร กำหนดให้อัตราเร็วเสียงในอากาศเท่ากับ 340 เมตรต่อวินาที

สมมติตอนเปิดหวูด, เรือห่างหน้าผา x เมตร



หา $S_{\text{เรือ}}$ ใน 2 วินาที

$$S_{\text{เรือ}} = vt = 20 \times 2 = 40 \text{ เมตร}$$

หา $S_{\text{เสียง}}$ ใน 2 วินาที

$$S_{\text{เสียง}} = vt = 340 \times 2 = 680 \text{ เมตร}$$

ระยะที่เสียงเดินทางทั้งหมด

$$\therefore x + (x - 40) = 680$$

$$2x = 720$$

$$x = \frac{720}{2} = 360 \text{ เมตร}$$

ข้อ 12. เฉลยข้อ 4

ฮีเลียม-นีออนเลเซอร์ให้แสงที่มีความยาวคลื่น 630 นาโนเมตร เมื่อฉายผ่านสลิตเดี่ยวที่กว้าง 200 ไมโครเมตร จะเกิดริ้วการเลี้ยวเบนบนฉากที่อยู่ห่างจากสลิตเป็นระยะ 2.0 เมตร ความกว้างของแถบสว่างที่เกิดขึ้นบนฉากนี้เป็นกี่มิลลิเมตร

การเลี้ยวเบนของคลื่นใด ๆ จะเกิดได้ดีก็ต่อเมื่อความกว้างของช่องแคบมีขนาดเล็กกว่าความยาวคลื่น (λ) สำหรับคลื่นแสง หากความกว้างช่องแคบมีขนาดใหญ่กว่าความยาวคลื่นจะทำให้เกิดแนวมืด เรียกแนวบัพ (N) สมการเกี่ยวกับการเลี้ยวเบน

$$d \frac{x}{D} = n\lambda$$

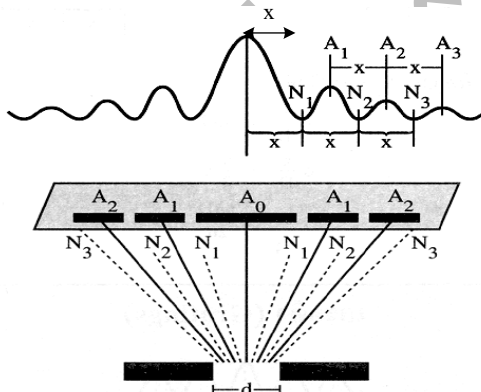
เมื่อ λ = ความยาวคลื่น

n = ลำดับที่ของแถบมืด

d = ความกว้างของช่องสลิตเดี่ยว

x = ระยะจากแนวกลางถึงแถบมืดที่ n

D = ระยะจากสลิตถึงฉากรับ



ฮีเลียม-นีออนเลเซอร์ให้แสงที่มีความยาวคลื่น 630 นาโนเมตร เมื่อฉายผ่านสลิตเดี่ยวที่กว้าง 200 ไมโครเมตร จะเกิดริ้วการเลี้ยวเบนบนฉากที่อยู่ห่างจากสลิตเป็นระยะ 2.0 เมตร ความกว้างของแถบสว่างที่เกิดขึ้นบนฉากนี้เป็นกี่มิลลิเมตร

$$d \frac{x}{D} = n\lambda$$

$$(200 \times 10^{-6}) \frac{x}{2} = (1)(630 \times 10^{-9})$$

$$x = \frac{(1)(630 \times 10^{-9}) \times 2}{(200 \times 10^{-6})}$$

$$x = \frac{(1)(630 \times 10^{-9}) \times 2}{(200 \times 10^{-6})}$$

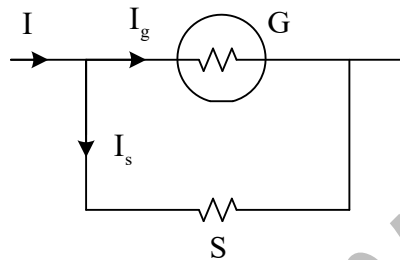
$$x = 6.3 \times 10^{-3}$$

ความกว้างของแถบสว่างที่เกิดขึ้นบนฉากนี้เป็นกี่มิลลิเมตร

$$2x = 2 \times 6.3 \times 10^{-3} = 12.6 \times 10^{-3} = 12.6 \text{ mm}$$

ข้อ 13. เฉลยข้อ 4

กัลวานอมิเตอร์มีความต้านทาน 2,000 โอห์ม เมื่อมีกระแสผ่าน 100 มิลลิแอมป์ทำให้เข็มตีเต็มสเกลถ้าต้องการ
ดัดแปลงให้เป็นแอมมิเตอร์เพื่อให้วัดกระแสสูงสุดได้ 2.5 แอมแปร์ จะต้องนำชิ้นขนาดกี่โอห์มมาต่อกับกัลวา
นอมิเตอร์นี้



จะเห็นว่า

$$I_{\max} = I_g + I_s$$

และ

$$I_g G = I_s S$$

$$I_g G = (I_{\max} - I_g) S$$

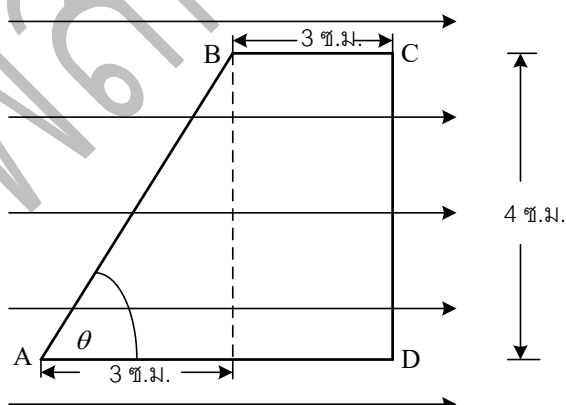
$$(100 \times 10^{-3})(2000) = (2.5 - 100 \times 10^{-3}) S$$

$$200 = (2.5 - 0.1) S$$

$$S = \frac{200}{2.4} = 83.33$$

ข้อ 14. เฉลยข้อ 3

เคลื่อนที่ประจุ -2 ไมโครคูลอมป์ จากจุด A ไปตามเส้นทาง $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D$ ในสนามไฟฟ้าสม่ำเสมอ
ขนาด 8 โวลต์ต่อเมตร งานในการเคลื่อนที่ประจุตลอดเส้นทางและความต่างศักย์ระหว่างจุด B กับจุด D มีค่า
เท่าใด ตามลำดับ



งานในการเคลื่อนที่ประจุตลอดเส้นทาง $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D = A \rightarrow D$

$$W = \pm q(V_D - V_A)$$

$$W = \pm q(-Ed)$$

$$W = (-2 \times 10^{-6})(-8 \times 6 \times 10^{-2})$$

$$W = 96 \times 10^{-8}$$

$$W = 0.96 \mu\text{J}$$

ความต่างศักย์ระหว่างจุด B กับจุด D มีค่าเท่า $V_B - V_D = ED = 8 \times 3 \times 10^{-2}$

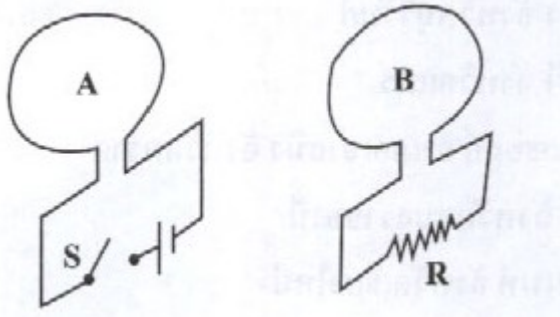
$$= 24 \times 10^{-2} \times \frac{10^{-3}}{10^{-3}}$$

$$= 24 \times 10^{-2} \times \frac{10^{-1}}{10^{-1}}$$

$$= 240\text{mV}$$

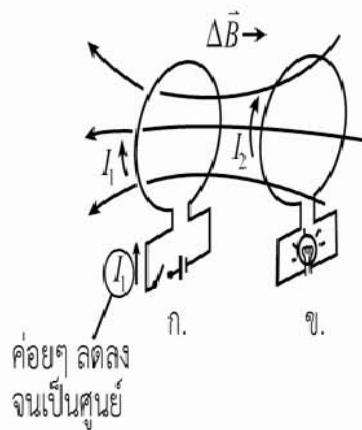
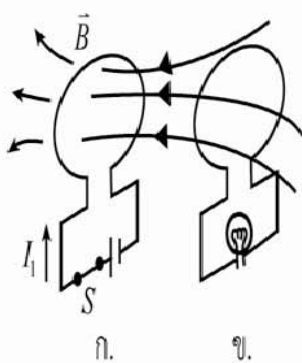
ข้อ 15. เฉลยข้อ 3

ทันทีที่สับสวิตช์ S ที่เชื่อมกับลวดตัวนำ A จะเกิดอะไรขึ้นบนลวดตัวนำ B



ก่อนเปิดสวิตช์

หลังเปิดสวิตช์



ตัวเลือกข้อ3. เกิดกระแสบนลวด B ในทิศทวนเข็มนาฬิกา

กระแสเหนี่ยวนำ

หากเราเคลื่อนลวดตัวนำ หรือ ขดลวดตัวนำตัดสนามแม่เหล็ก หรือเคลื่อนฟลักซ์แม่เหล็กตัดขดลวดตัวนำจะทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าไหลในตัวนำนั้น เรียกปรากฏการณ์นี้ว่าเป็น การเหนี่ยวนำทางไฟฟ้า (electromagnetic induction)

กระแสไฟฟ้าที่เกิดเรียก กระแสเหนี่ยวนำ(induced current)

แรงเคลื่อนไฟฟ้าที่เกิด เรียก แรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำ (induced electromotive force)

หากเราเคลื่อนฟลักซ์แม่เหล็กตัดขดลวด ก็จะทำให้เกิดกระแสไหลเวียนในขดลวดนั้น

เช่นกัน เราสามารถหาทิศการไหลวนของกระแสไฟฟ้าที่เกิดได้โดยใช้กฎมือซ้าย ดังนี้

1) ใช้มือซ้ายกำขดลวดตัวนำ โดยให้นิ้วหัวแม่มือชี้ตามทิศของสนามแม่เหล็ก

2) หากฟลักซ์แม่เหล็กที่ไหลผ่านพื้นที่ขดลวดมีปริมาณเพิ่มขึ้น กระแสเหนี่ยวนำจะมีทิศวนตามนิ้วทั้ง 4 ที่เหลือ แต่หากฟลักซ์มีปริมาณลดลง กระแสเหนี่ยวนำจะมีทิศวนในทิศตรงกันข้ามกับนิ้วทั้ง 4

ข้อ 16. เฉลยข้อ 2

ตัวเหนี่ยวนำ 0.04 เฮนรี นำมาต่อกับแบตเตอรี่กระแสตรง 12 โวลต์ความต้านทานภายใน 2 โอห์ม มีกระแสในวงจร 2 แอมแปร์ ถ้าเปลี่ยนแบตเตอรี่กระแสตรงเป็นกระแสสลับที่มีแรงเคลื่อนไฟฟ้า $50\sin(100t)$ จะมีกระแสยังผลในวงจรกี่แอมแปร์

ตัวเหนี่ยวนำ 0.04 เฮนรี (กำหนดให้มีความต้านเป็น x) นำมาต่อกับแบตเตอรี่กระแสตรง 12 โวลต์ความต้านทานภายใน 2 โอห์ม มีกระแสในวงจร 2 แอมแปร์

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

$$12 = 2(2 + x)$$

$$x = 4$$

ถ้าเปลี่ยนแบตเตอรี่กระแสตรงเป็นกระแสสลับที่มีแรงเคลื่อนไฟฟ้า $50\sin(100t)$ จะมีกระแสยังผลในวงจรกี่แอมแปร์

$$V_{\max} = 50, \quad \omega = 100, \quad X_L = \omega L = 100(0.04) = 4$$

หาค่าความต้านทานเชิงซ้อน

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

$$Z = \sqrt{4^2 + (4)^2} = 4\sqrt{2}$$

หาค่า V_{rms}

$$V_{\text{rms}} = \frac{V_{\max}}{\sqrt{2}} = \frac{50}{\sqrt{2}} = 25\sqrt{2}$$

กระแสยังผลในวงจรกี่แอมแปร์

$$V_{\text{rms}} = I_{\text{rms}} Z$$

$$25\sqrt{2} = I_{\text{rms}} (4\sqrt{2})$$

$$I_{\text{rms}} = \frac{25\sqrt{2}}{4\sqrt{2}} = 6.25$$

ข้อ 17. เฉลยข้อ 2

ธาตุกัมมันตรังสี A สลายตัวเป็นธาตุ B ซึ่งเสถียรโดยมีครึ่งชีวิตเป็น T จะต้องใช้เวลานานเท่าใด ธาตุ B จึงจะมีจำนวนเป็น 2 เท่าของธาตุ A

วิธีทำ โจทย์บอก ครึ่งชีวิตของธาตุ A = T และเมื่อเวลาผ่านไป = t

สมมติ มวลธาตุ B ที่เกิด = $2x$ (ซึ่งมีค่าเป็น 2 เท่าของมวล A ที่เหลือ)

จะได้ มวลธาตุ A ที่เหลือ = x

แสดงว่ามวลธาตุ A ตอนเริ่มต้น = $x + 2x = 3x$

$$N = \frac{N_0}{2^{\frac{t}{T}}}$$

$$2x = \frac{3x}{2^{\frac{t}{T}}}$$

$$2^{\frac{t}{T}} = \frac{3x}{2x}$$

$$2^{\frac{t}{T}} = \frac{3}{2}$$

$$\ln 2^{\frac{t}{T}} = \ln \frac{3}{2}$$

$$\frac{t}{T} \ln 2 = \ln \frac{3}{2}$$

$$\frac{t}{T} = \frac{\ln \frac{3}{2}}{\ln 2}$$

$$t = T \frac{\ln \frac{3}{2}}{\ln 2}$$

ตอนที่ 2 : แบบอัตนัย ระบายคำตอบที่คำนวณได้ลงในกระดาษคำตอบ ให้ตอบละเอียดถึงทศนิยม 2 ตำแหน่ง จำนวน 6 ข้อ

หมายเหตุ : ถ้าทศนิยมตำแหน่งที่สามเท่ากับ 5 หรือมากกว่าให้ปัดขึ้นเป็น 1 ของหลักทางซ้ายมือ ถ้าทศนิยมตำแหน่งที่สามน้อยกว่า 5 ให้ปัดทิ้ง

ตัวอย่าง : $1.414 \times 2 = 2.828$ ให้ตอบเป็น 2.83

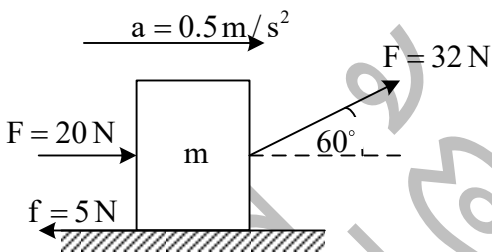
$1.414 \times = 4.242$ ให้ตอบเป็น 4.24

$$9.8 \times = 49.0 \text{ ให้ตอบเป็น } 49.0$$

ให้ค่าคงตัวในหน้า 25 ในการคำนวณ

ข้อ 1. ตอบ 62

ชาย 2 คน ต้องการขนย้ายวัตถุขนาดใหญ่จากที่หนึ่งไปอีกที่หนึ่ง โดยชายคนแรกออกแรงดึง 32 นิวตัน ทำมุม 60° กับแนวระดับ ส่วนชายคนที่สองออกแรงผลัก 20 นิวตันอีกด้านหนึ่งของวัตถุในแนวระดับโดยพื้นมีแรงเสียดทานกระทำต่อวัตถุขนาด 5 นิวตันและวัตถุมีความเร่ง 0.5 เมตรต่อวินาที² มวลของวัตถุก่อนหน้านี้มีค่ากี่กิโลกรัม



$$\sum F = ma$$

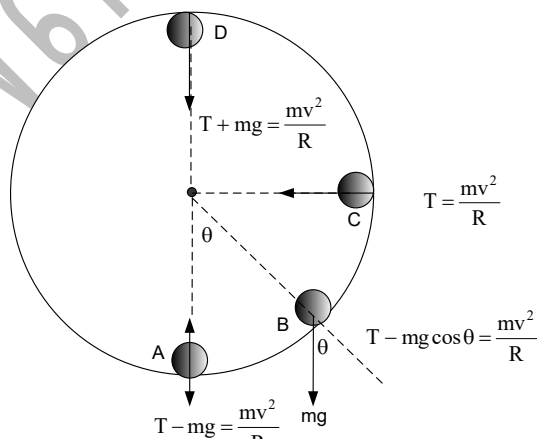
$$20 + 32 \cos 60^\circ - 5 = m(0.5)$$

$$20 + 32\left(\frac{1}{2}\right) - 5 = m(0.5)$$

$$m = 62 \text{ kg}$$

ข้อ 2. ตอบ 8.2

นำเชือกเบา และเหนียวมากเส้นหนึ่งยาว 50 เซนติเมตร ผูกลูกตุ้มมวล 1.0 กิโลกรัมที่ปลายข้างหนึ่ง ถ้าจับปลายเชือกอีกข้างหนึ่งแกว่งให้ลูกตุ้มเคลื่อนที่เป็นวงกลมในระนาบตั้งด้วยอัตราเร็วคงตัว 3.0 เมตรต่อวินาที แรงตึงในเส้นเชือกมีค่าต่ำสุดกี่นิวตัน



$$T + mg = \frac{mv^2}{R}$$

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

$$T - mg \cos \theta = \frac{mv^2}{R}$$

$$T - mg = \frac{mv^2}{R}$$

$$T + mg = \frac{mv^2}{R}$$

$$T + (1)(9.8) = \frac{1(3)^2}{0.5}$$

$$T = 18 - 9.8$$

$$\text{จะได้ } T = 8.2$$

ข้อ 3. ตอบ 1246.5

กระบอกสูบบรรจุแก๊สอุดมคติ 2 โมล ถ้าอุณหภูมิภายในกระบอกสูบเพิ่มขึ้น 100 เคลวิน โดยไม่มีการถ่ายเทความร้อนที่กระบอกสูบ งานที่ให้กับกระบอกสูบเป็นกี่จูล

กฎข้อที่ 1 ของเทอร์โมไดนามิกส์ มีสูตรดังนี้

$$\Delta Q = \Delta U + \Delta W$$

$$\text{เมื่อ } \Delta U = \frac{3}{2}(\Delta P)V = \frac{3}{2}P(\Delta V) = \frac{3}{2}\Delta(PV) = \frac{3}{2}nR\Delta T = \frac{3}{2}Nk_B\Delta T$$

$$\text{และ } \Delta W = P(\Delta V)$$

กระบอกสูบบรรจุแก๊สอุดมคติ 2 โมล ถ้าอุณหภูมิภายในกระบอกสูบเพิ่มขึ้น 100 เคลวิน โดยไม่มีการถ่ายเทความร้อนที่กระบอกสูบ งานที่ให้กับกระบอกสูบเป็นกี่จูล

$$\Delta Q = \Delta U + \Delta W$$

$$0 = \frac{3}{2}nR\Delta T + \Delta W$$

$$\Delta W = -\frac{3}{2}nR\Delta T$$

$$\Delta W = -\frac{3}{2}(8.31)(100) = 1246.5$$

ข้อ 4. ตอบ 2.75

ชายคนหนึ่งเห็นวัตถุได้ชัดเจนที่ระยะไกลสุด 2.75 เมตร เขาจะต้องสวมแว่นตาที่มีความยาวโฟกัสเท่าใดเพื่อให้มองเห็นได้เหมือนคนปกติ (ตอบเฉพาะตัวเลข ไม่ต้องระบุเครื่องหมาย)

วิธีทำ สายตาคอนปกติจะสามารถมองเห็นวัตถุซึ่งอยู่ไกลถึงระยะ ∞ ได้ แต่ ชายคนนี้ทำ วัตถุ อยู่ในระยะ ∞ เขาจะมองไม่เห็น จึงต้องใส่แว่นตา เลนส์เข้าเพื่อสร้างภาพเสมือนขึ้นที่ระยะ 2.50 เมตร ซึ่งเป็นระยะที่เขาสามารถจะเห็นได้

ดังนั้น $S = \infty$, $S_1 = -2.50$ เมตร (เป็นภาพเสมือนต้อง ouse ค่าเป็นลบ) , $f = ?$

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{s} + \frac{1}{s'}$$

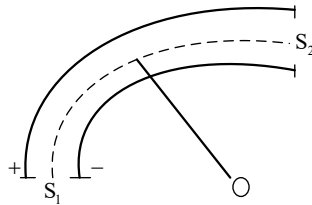
$$\frac{1}{f} = \frac{1}{\infty} + \frac{1}{-2.75}$$

$$\frac{1}{f} = 0 + \frac{1}{-2.75}$$

$$f = -2.75$$

ข้อ 5. ตอบ 1

แผ่นโลหะโค้งขนานกัน ดังรูป มีศูนย์กลางร่วมกันที่จุด O ที่จุดห่างจากศูนย์กลางรัศมี 2 เมตร (ตามแนวเส้นประ) มีสนามไฟฟ้าขนาด 1 นิวตันต่อคูลอมบ์ มีทิศชี้เข้าหา O อนุภาคที่มีประจุ $+1 \times 10^{-6}$ คูลอมบ์ต้องวิ่งด้วยพลังงานจลน์เท่าไรจึงจะเคลื่อนที่ตามแนวเส้นประ (ตอบในหน่วยไมโครจูล) หมายเหตุ ไม่ต้องคิดแรงโน้มถ่วงของโลก



$$F_B = F_C$$

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

$$qvBR = mv^2$$

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

$$\frac{1}{2} qvBR = E_K$$

สนามไฟฟ้า

$$\therefore E = vB$$

$$E_K = \frac{1}{2} (1 \times 10^{-6}) (1) (2) = 1 \mu J$$

ข้อ 6. ตอบ 272.73

เมื่อฉายแสงที่มีพลังงานค่าหนึ่งตกกระทบโลหะชนิดหนึ่ง ซึ่งมีฟังก์ชันงาน 2.0 อิเล็กตรอนโวลต์ พบว่าอิเล็กตรอนที่เกิดขึ้นมีพลังงานจลน์สูงสุดเท่ากับ 9.0 อิเล็กตรอนโวลต์ โมเมนตัมของอิเล็กตรอนที่เกิดขึ้นเป็นก่เท่าของโมเมนตัมของแสงที่ตกกระทบกำหนดให้มวลอิเล็กตรอนเท่ากับ $0.5 \text{ MeV} / c^2$

$$\text{โมเมนตัมของอิเล็กตรอน} \quad E_k = \frac{P^2}{2m} \quad , \quad P_e = \sqrt{2mE_k} \quad . \quad P_e = \sqrt{2m(9\text{eV})}$$

หาโมเมนตัมของแสงที่ตกกระทบ จากปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริก

$$E = W_0 + E_k$$

$$E = 2\text{eV} + 9\text{eV}$$

$$E = 11\text{eV}$$

$$\text{โมเมนตัมของแสงที่ตกกระทบ} \quad P_e = \frac{E}{c} = 11\text{eV} / c$$

โมเมนตัมของอิเล็กตรอนที่เกิดขึ้นเป็นก่เท่าของโมเมนตัมของแสงที่ตกกระทบ

$$\frac{P_e}{P_e} = \frac{\sqrt{2m(9\text{eV})}}{11\text{eV} / c} = \frac{\sqrt{2(0.5 \times 10^6 \text{eV} / c^2)(9\text{eV})}}{11\text{eV} / c} = \frac{3 \times 10^3}{11} = 272.73$$