



ข้อสอบภาคทฤษฎี
การแข่งขันฟิสิกส์โอลิมปิก สอวน. ครั้งที่ 6

The Sixth POSN-Physics Olympiad

ณ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

4 พฤษภาคม 2550 (8:00-12:00 น.)

คำแนะนำ

1. ให้เวลาทำข้อสอบ 4 ชั่วโมง
2. ใช้ปากกาสีน้ำเงินหรือสีดำเท่านั้น
3. ใช้เฉพาะด้านหน้ากระดาษคำตอบภายในกรอบที่กำหนดให้เท่านั้น
4. เขียนทุกสิ่งที่คุณคิดว่าจำเป็นในการแสดงวิธีทำและต้องการให้ตรวจลงบนกระดาษคำตอบและในการตอบคำถามที่เป็น ตัวเลขต้องตอบให้มีจำนวนเลขน้อยสำคัญที่สุดคล้อยกับข้อมูลที่ให้มาพร้อมหน่วย
5. ต้องใส่หมายเลขประจำตัวนักเรียนในช่องที่หัวกระดาษคำตอบทุกแผ่นที่ใช้ นอกจากนั้นบนกระดาษที่ใช้สำหรับคำถามแต่ละข้อให้เขียนเลขข้อคำถามและส่วนของข้อที่กำลังตอบและเลขหน้าที่ด้านบนกระดาษคำตอบแต่ละแผ่นที่ใช้ทุกแผ่นให้ชัดเจน ถ้าแผ่นใดใช้หมดหรือไม่ต้องการให้ตรวจให้ขีดกากบาทตลอดหน้านั้นและไม่ต้องนับรวม
6. เมื่อทำเสร็จแล้วให้จัดเรียงกระดาษสรุปจำนวนหน้าและข้อคำตอบไว้บนสุด ตามด้วยกระดาษที่แสดงวิธีทำ กระดาษคำถาม กระดาษเปล่าที่เหลือไว้ว่างสุด เย็บกระดาษทั้งหมดเข้าด้วยกันและวางไว้บนโต๊ะสอบ

ห้ามนำกระดาษใด ๆ ออกนอกห้องสอบโดยเด็ดขาด

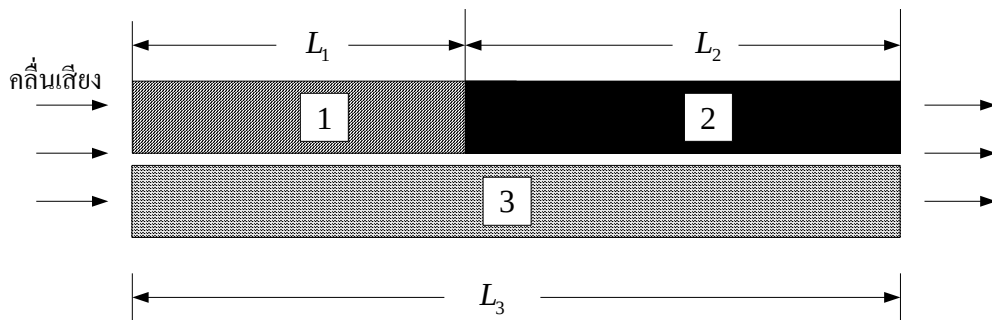
ข้อที่ 1

1.1) แท่งโลหะ 3 ชนิด ยาว L_1 , L_2 และ L_3 ดังรูปที่ 1.1 โดยที่ $L_3 = L_1 + L_2$ และอัตราเร็วของเสียง v ในแท่งโลหะมีสมการเป็น

$$v = \sqrt{\frac{Y}{\rho}}$$

เมื่อ Y คือ ค่ามอดูลัสของยังของโลหะ

ρ คือ ความหนาแน่นของโลหะ



รูปที่ 1.1 แสดงทิศทางการเคลื่อนที่ของคลื่นเสียงผ่านแท่งโลหะ

กำหนดให้

ค่ามอดูลัสของยังของโลหะชนิดที่ 1 และ 2 มีค่าเป็น $1/3$ เท่า และ 2 เท่าของค่ามอดูลัสของยังของโลหะชนิดที่ 3 ตามลำดับ ค่าความหนาแน่นของโลหะชนิดที่ 1 และ 2 มีค่าเป็น 3 เท่า และ $1/2$ เท่าของค่าความหนาแน่นของโลหะชนิดที่ 3 ตามลำดับ

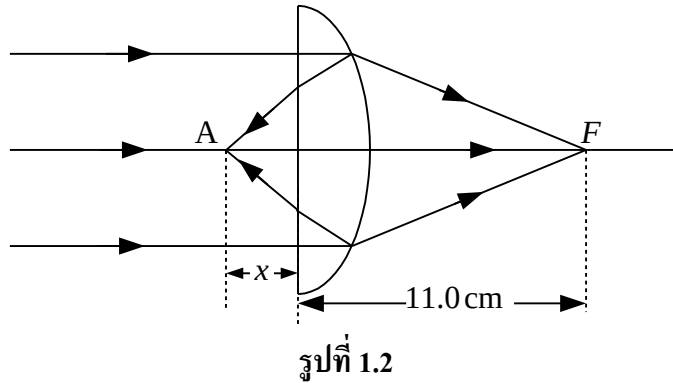
ถ้าคลื่นเสียงความถี่ f เคลื่อนที่ผ่านส่วนบน (ผ่านโลหะชนิดที่ 1 และ 2) ใช้เวลาเท่ากับที่ผ่านโลหะชนิดที่ 3

1.1.1 จงหาว่า L_1 มีค่าเป็นกี่เท่าของ L_2 [1.2 คะแนน]

1.1.2 ถ้าเฟสของคลื่นเสียงที่เข้าส่วนบน (ผ่านโลหะชนิดที่ 1 และ 2) และส่วนล่าง (โลหะชนิดที่ 3)

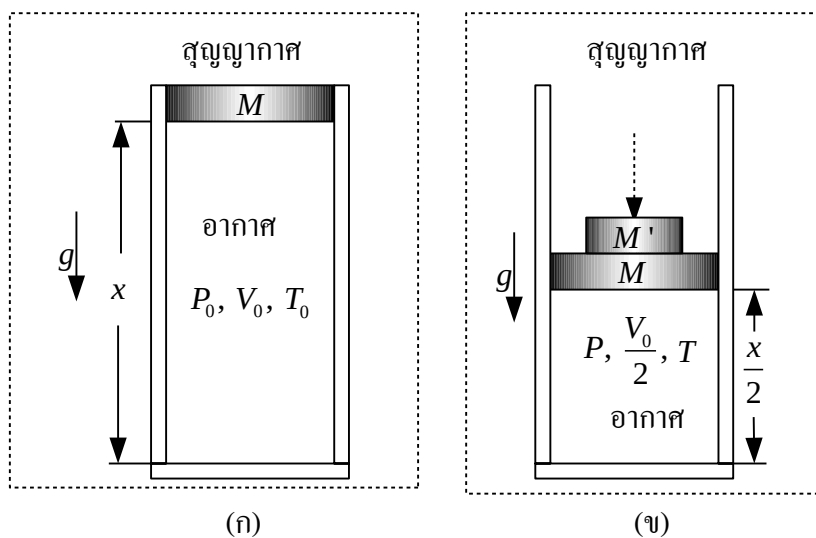
ตรงกัน จงหาว่าเฟสที่ผ่านออกปลายอีกด้านหนึ่งมีค่าต่างกันเท่าใด [0.8 คะแนน]

- 1.2) เลนส์นูนแกมมะราบ มีความหนาตรงกลาง 1.0 เซนติเมตร มีผิวโค้งเป็นส่วนหนึ่งของทรงกลมและค่าดัชนีหักเห $n=1.5$ ถูกใช้ในการโฟกัสลำแสงเลเซอร์ไปตกยังหลังเลนส์เป็นระยะ 11.0 เซนติเมตรวัดจากผิวด้านราบของเลนส์ แต่จะมีแสงเล็กน้อยบางส่วนสะท้อนกลับจากผิวโค้งของเลนส์และไปรวมกันอยู่หน้าเลนส์ที่จุด A ดังรูปที่ 1.2 (รูปไม่เป็นไปตามสัดส่วนที่ถูกต้องและลำแสงมีขนาดเล็กมากเมื่อเทียบกับขนาดของเลนส์) จงหาว่าระยะทาง x มีค่าเท่าไร [3.5 คะแนน]



รูปที่ 1.2

- 1.3) ลูกสูบจนวนมวล M อยู่ในกระบอกสูบจนวนก้นอากาศไว้ในสถานะสมดุลดังรูปที่ 1.3(ก) ลูกสูบนี้นเคลื่อนที่ได้คล่องโดยปราศจากความเสียดทาน ระบบนี้ล้อมรอบด้วยสุญญากาศ ต่อมาวางมวล M' ลงบนลูกสูบแล้วปล่อยทันที ทำให้มวลทั้งคู่เคลื่อนลงอัดอากาศ เนื่องจากไม่มีการถ่ายเทความร้อนระหว่างอากาศกับสิ่งแวดล้อม กระบวนการนี้จึงเป็นแบบเอดิเยแบติก ซึ่งในการเปลี่ยนแปลงแบบนี้ค่า PV^γ มีค่าคงที่ ในกรณีนี้ $\gamma=1.4$ ถ้าขณะที่ลูกสูบเคลื่อนลงไปอยู่ที่ตำแหน่งต่ำสุด อากาศภายในกระบอกสูบมีปริมาตรครึ่งหนึ่งของปริมาตรเดิม จงหาอัตราส่วน M'/M (สำหรับอากาศ n โมล ถ้าอุณหภูมิเพิ่มขึ้น ΔT พลังงานภายในจะเพิ่มขึ้น $\frac{5}{2}nR\Delta T$) [4.5 คะแนน]

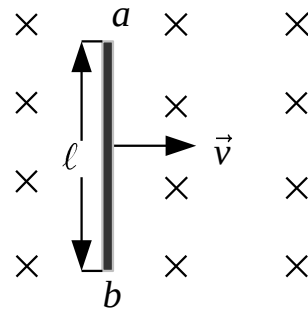


รูปที่ 1.3

ข้อที่ 2

- 2.1) แท่งตัวนำความยาว ℓ เคลื่อนที่ตัดผ่านสนามแม่เหล็ก $\vec{B}$ สมำเสมอ ในทิศทางตั้งฉาก ด้วยความเร็ว $\vec{v}$ ดังรูปที่ 2.1 จงหาความต่างศักย์ ($V_a - V_b$) ระหว่างปลายทั้งสองข้างของแท่งตัวนำ (ให้แสดงวิธีคิด)

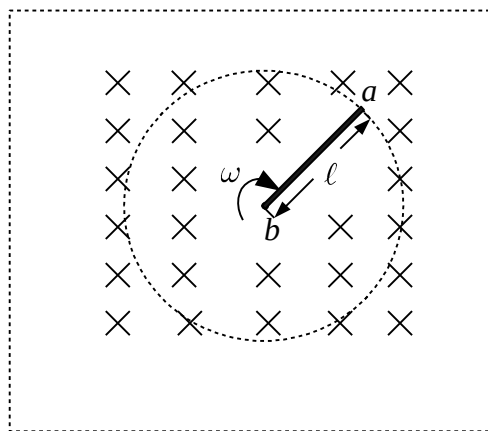
[2 คะแนน]



รูปที่ 2.1

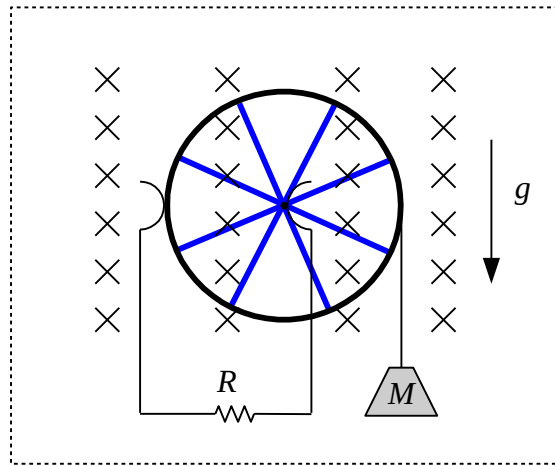
- 2.2) แท่งตัวนำความยาว ℓ หมุนรอบจุดที่ปลายหนึ่งด้วยความเร็วเชิงมุม ω ตัดผ่านสนามแม่เหล็ก $\vec{B}$ สมำเสมอ ซึ่งมีทิศตั้งฉากกับระนาบของการหมุน ดังรูปที่ 2.2 จงหาค่าความต่างศักย์ ($V_a - V_b$) ระหว่างปลายทั้งสองข้างของแท่งตัวนำ (ให้แสดงวิธีคิด)

[2 คะแนน]



รูปที่ 2.2

- 2.3) วงลวดตัวนำ รัศมี r_0 ยึดติดกับแกนหมุนตรงกลางด้วยแท่งตัวนำตรงหลายแท่ง ดังรูปที่ 2.3 อยู่ในสนามแม่เหล็ก $\vec{B}$ สมมุติทิศทางตั้งฉากกับระนาบของวงลวดตัวนำ ต่อตัวต้านทาน R โดยที่ปลายข้างหนึ่งสัมผัสกับขอบวงลวดตัวนำ และอีกข้างหนึ่งสัมผัสกับแกนของวงลวดตัวนำ (แรงเสียดทานระหว่างผิวสัมผัสมีค่าน้อยมาก และไม่คิดความต้านทานของวงลวดกับแท่งตัวนำ)

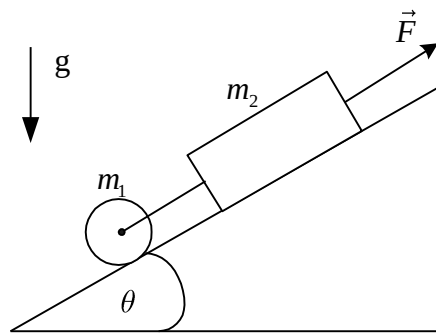


รูปที่ 2.3

- 2.3.1 เมื่อแขวนมวล M กับเส้นเชือกที่พันรอบวงลวดตัวนำ ทำให้เกิดการหมุนโดยไม่ไถล จงหาปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ผ่าน R ในขณะที่วงลวดหมุนด้วยความเร็วเชิงมุม ω ให้ตอบในรูปของตัวแปรต่างๆที่กำหนด [2 คะแนน]
- 2.3.2 ในที่สุดวงลวดตัวนำจะมีความเร็วเชิงมุมสูงสุดและคงที่ ω_f จงหา ω_f ในรูปของตัวแปรต่างๆที่กำหนด [4 คะแนน]

ข้อที่ 3

ทรงกระบอกตันมวล m_1 รัศมี r และมีแกนหมุนลื่นที่มีเชือกผูกติดกับมวล m_2 ทรงสี่เหลี่ยมและวางอยู่บนพื้นเอียงที่ตราบตรงอยู่กับที่ โดยพื้นเอียงทำมุม θ กับแนวระดับ ดังรูปที่ 3.1 โดยมีแรง $\vec{F}$ ดึงมวลในทิศขนานกับพื้นเอียง กำหนดให้ μ_k เป็นสัมประสิทธิ์ความเสียดทานจลน์ และ μ_s เป็นสัมประสิทธิ์ความเสียดทานสถิตย์ ระหว่างผิวของทั้งมวล m_1 และ m_2 กับพื้นเอียง หากไม่มีแรง $\vec{F}$ พบว่า ทรงกระบอกตันและมวล m_2 ทรงสี่เหลี่ยม จะเคลื่อนที่ลง กำหนดให้ โมเมนต์ความเฉื่อยของทรงกระบอกตันมวล m_1 รอบแกน เท่ากับ $\frac{1}{2}m_1r^2$



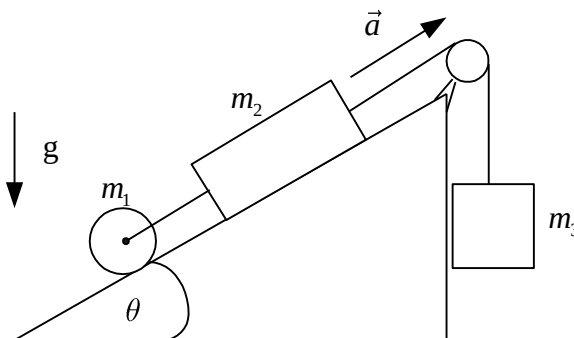
รูปที่ 3.1

ให้ตอบคำถามต่อไปนี้ในรูปของตัวแปรที่กำหนด

3.1 ขนาดแรง $\vec{F}$ **น้อยที่สุด**มีค่าเท่าใดที่จะทำให้ระบบไม่เคลื่อนที่ [2 คะแนน]

3.2 ขนาดแรง $\vec{F}$ **มากที่สุด**มีค่าเท่าใดที่จะทำให้ระบบไม่เคลื่อนที่ [2 คะแนน]

จากนั้น เอาแรง $\vec{F}$ ออกไป แล้วนำมวล m_3 ไปผูกติดกับมวล m_2 โดยผ่านรอกเบาและไม่มีแรงเสียดทาน ดังรูปที่ 3.2 และเมื่อปล่อยให้ระบบเคลื่อนที่ พบว่า m_1 และ m_2 ถูกดึงขึ้นไปตามพื้นเอียงด้วยความเร่ง $\vec{a}$ และทรงกระบอกตันกลิ้งโดยไม่ไถล



รูปที่ 3.2

3.3 ขนาดของ $\vec{a}$ มีค่าเท่าใด [3 คะแนน]

3.4 μ_s ต้องมีค่าเป็นอย่างไรจึงจะทำให้ทรงกระบอกตันกลิ้งขึ้นไปตามพื้นเอียงโดยไม่ไถล ด้วยความเร่ง $\vec{a}$ ในข้อที่ 3.3 [3 คะแนน]