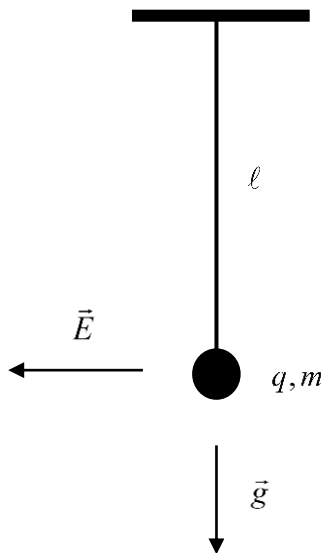


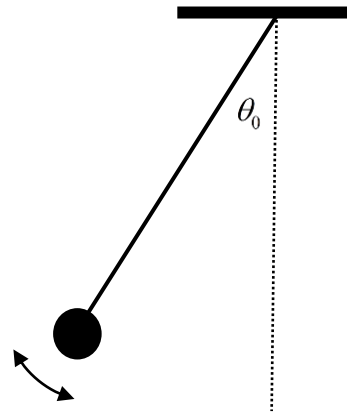
ข้อที่ 1 [10.0 คะแนน]

ข้อที่ 1.1 ประจุแกว่งในสนามไฟฟ้า [6.0 คะแนน]

ประจุ q มวล m ติดอยู่ที่ปลายเชือกเบายาว ℓ ในแนวดิ่ง และ ระบบนี้อยู่ในสนามไฟฟ้าคงที่ $\vec{E}$ และความโน้มถ่วง $\vec{g}$



รูป ก.



รูป ข.

- เริ่มต้นจัดให้เชือกอยู่ในแนวดิ่ง ดังแสดงในรูป ก. จงหาค่าของมุมสูงสุด θ_m ที่ประจุแกว่งขึ้นไปได้ หลังจากปล่อย [2.2 คะแนน]
- หลังจากนั้นจะเกิดการสั่น เมื่อมีการสูญเสียพลังงานไป ประจุจะสั่นด้วยแอมพลิจูดเล็กๆ รอบมุม θ_0 ซึ่งเป็นตำแหน่งสมดุลเชิงมุม ดังแสดงในรูป ข. จงหาค่า θ_0 [1.3 คะแนน]
- จงหาความถี่ของการสั่นของประจุ ในข้อนี้ไม่ต้องคำนึงถึงแรงต้านจากอากาศ [2.5 คะแนน]

กำหนดให้

$$\frac{1 - \cos \theta}{\sin \theta} = \tan \frac{\theta}{2}$$

$$\sin(A + B) = \sin A \cos B + \cos A \sin B$$

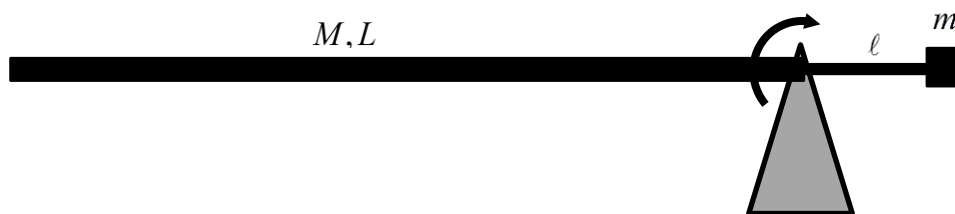
$$\cos(A + B) = \cos A \cos B - \sin A \sin B$$



ข้อที่ 1.2 คานกั้รรถไฟ [4.0 คะแนน]

ที่กั้รรถไฟประกอบด้วยคานยาว L มวล M และตุ้มถ่วงขนาดเล็กมวล m ซึ่งอยู่ที่ระยะ ℓ จากจุดหมุน โดยที่แกนยาว ℓ นี้มีมวลน้อยมาก กำหนดให้เครื่องยนต์ที่จุดหมุนสามารถสร้างทอร์กขนาดคงที่ τ และความโน้มถ่วงเท่ากับ g

- ก) จงหาระยะ ℓ ที่ทำให้สามารถหมุนคานขึ้นได้เร็วที่สุด [3.0 คะแนน]
- ข) จากการสังเกต พบว่าก่อนที่จะนำมวล m มาถ่วงนั้น เครื่องยนต์มีกำลังน้อยและหมุนคานได้อย่างช้าๆ หลังจากนำมวล m มาถ่วงแล้ว จงประมาณค่าของ ℓ ในรูปของ m , M และ L ที่ทำให้คานหมุนได้เร็วที่สุด [1.0 คะแนน]



กำหนดให้

$$\text{โมเมนต์ความเฉื่อยของคานมวล } M \text{ ยาว } L \text{ รอบแกนตั้งฉากที่ผ่านจุดศูนย์กลางมวล} = \frac{1}{12} ML^2$$



ข้อที่ 2 [11.0 คะแนน]

ข้อที่ 2.1 ชั้นน้ำที่ผนังภาชนะปิดทรงกลม [5.0 คะแนน]

ภาชนะปิดทรงกลมมีปริมาตรด้านในคงตัว V มีก๊าซอยู่ข้างในเล็กน้อย ความดันเริ่มต้น P_0 ที่อุณหภูมิ T_0 และที่ผนังด้านในมีชั้นฟิล์มของน้ำเคลือบอยู่บาง ๆ อย่างสม่ำเสมอทั่วผนัง ให้ประมาณว่าความดันเริ่มต้นในภาชนะปิดเกิดจากก๊าซเพียงอย่างเดียว

กำหนดให้

- ก๊าซภายในภาชนะปิดเป็นก๊าซในอุดมคติ
- R เป็นค่าคงตัวของก๊าซ
- M_w เป็นมวลต่อโมลของน้ำ

ก) เมื่อเพิ่มอุณหภูมิไปถึงระดับ T_1 จงหาว่าหากคิดเพียงความดันก๊าซโดยไม่คำนึงถึงน้ำ ความดันภายในภาชนะปิด P_G จะเป็นเท่าไร [0.5 คะแนน]

ข) เมื่อคำนึงถึงชั้นฟิล์มน้ำที่เคลือบอยู่ การเพิ่มอุณหภูมิไปถึงระดับ T_1 จนน้ำระเหยออกจากผนังได้หมด จะทำให้ความดันภายในภาชนะปิดมีค่าเป็น P_1 จงประมาณความหนาของชั้นฟิล์มน้ำที่เคลือบอยู่เดิม กำหนดให้น้ำที่เคลือบผิวอยู่มีความหนาแน่นสม่ำเสมอเป็น ρ [2.7 คะแนน]

ค) จงประมาณอัตราส่วนของเวลา t_B / t_A โดยที่ t_A เป็นเวลาที่ต้องใช้ในการให้ความร้อนในกรณี (ก) ซึ่งไม่มีน้ำเกาะที่ผนัง และ t_B เป็นของกรณี (ข) ที่ผนังมีน้ำเกาะอยู่ [1.8 คะแนน]

กำหนดให้

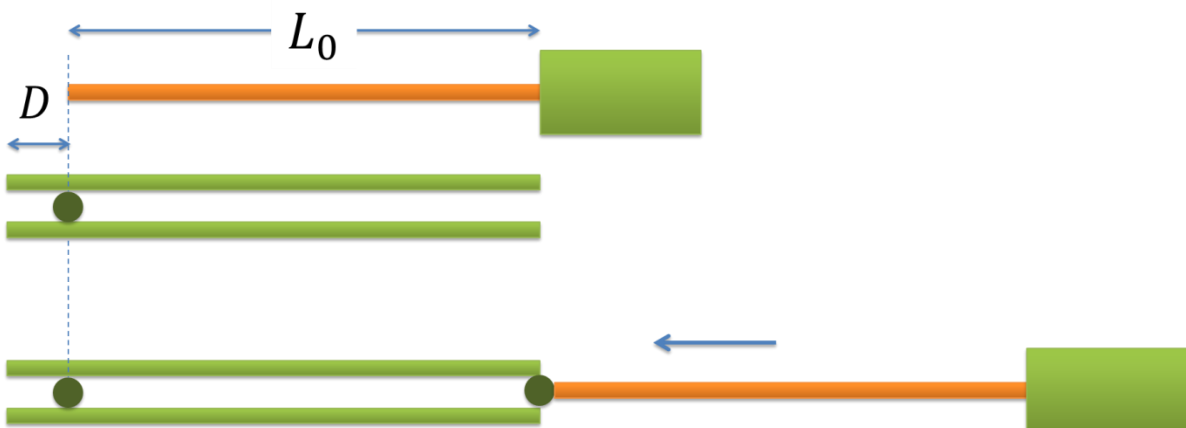
- c_{VG} เป็นความจุความร้อนจำเพาะของก๊าซต่อโมลที่ปริมาตรคงตัว
- c_{VW} เป็นความจุความร้อนจำเพาะของไอน้ำต่อโมลที่ปริมาตรคงตัว
- กระบวนการให้ความร้อนมีอัตราการให้ความร้อนคงตัว W
- L เป็นความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอต่อโมลของน้ำ
- ให้ประมาณว่าการกลายเป็นไอของน้ำ เกิดขึ้นที่อุณหภูมิใกล้เคียงกับ T_0 เกือบทั้งหมด

ข้อที่ 2.2 ฉับโพง(ของเล่นพื้นบ้าน) [6.0 คะแนน]

ฉับโพง (หรือบังโพงลิ๊ะ) เป็นอุปกรณ์สำหรับยิงลูกปัดด้วยความเร็วสูง ประกอบด้วยกระบอกไม้ไผ่มีรูตรงกลางตลอดลำ ขนาดของรูด้านปลายยิงออกมีขนาดเล็กกว่าอีกปลายที่ใช้เป็นด้ามเล็กน้อย ก้านยิงเป็นไม้ไผ่เหลาให้กลมยาว L_0 สั้นกว่ากระบอกเป็นระยะ D มีด้ามจับ ดังรูป



ภาพจาก http://student.nu.ac.th/coconut_it/IP/karnlalen4.html



การอัดกระสุนลูกปัดจะทำโดยการดันลูกปัดลูกที่หนึ่ง ที่มีขนาดพอดีกับรูกระบอก เข้าไปจนสุดก้านยิง ลูกปัดนี้จะติดอยู่ใกล้ปลายยิงออก โดยกำหนดให้บริเวณนี้มีแรงเสียดทานสถิตสูงสุด F



การยิงลูกป่อจะทำการดันลูกป่อลูกที่สองที่มีลักษณะเหมือนลูกแรกเข้าไปอย่างรวดเร็ว อากาศระหว่างลูกป่อทั้งสองจะดันให้ลูกป่อลูกแรกออกไปจากปลายกระบอก ขณะที่ลูกป่อลูกแรกเริ่มเคลื่อนที่นั้น แรงเสียดทานจะลดลงเป็น f โดยที่ $f \ll F$

กำหนดให้

- ลูกป่อทั้งสองมีมวลลูกละ m
- ลูกป่อมีขนาดเล็กมากเมื่อเทียบกับความยาว L_0 และ D
- rugกระบอกมีพื้นที่หน้าตัด A
- ความดันบรรยากาศเป็น P_a
- c_v เป็นความจุความร้อนจำเพาะของก๊าซต่อโมลที่ปริมาตรคงตัว
- c_p เป็นความจุความร้อนจำเพาะของก๊าซต่อโมลที่ความดันคงตัว

- ก) การอัดตัวของอากาศในกระบอกโดยการดันและยิงลูกป่อนี้เป็นกระบวนการทางอุณหพลศาสตร์แบบใด [0.5 คะแนน]
- ข) ระยะห่างระหว่างลูกป่อทั้งสอง L เป็นเท่าใด เมื่อลูกป่อลูกแรกเริ่มเคลื่อนที่เนื่องจากการดันลูกป่อลูกที่สองเข้าไป [2.2 คะแนน]
- ค) ถ้าอัตราเร็วของลูกป่อลูกแรกมีค่ามากกว่าอัตราเร็วของก้านยิงมาก ลูกป่อจะหลุดออกจากปลายกระบอกด้วยอัตราเร็วเท่าใด [2.4 คะแนน]
- ง) จงหาระยะ D ที่ทำให้ยิงลูกป่อออกไปได้ด้วยอัตราเร็วสูงสุด [0.9 คะแนน]

ข้อที่ 3

การให้ความร้อนด้วยการเหนี่ยวนำแม่เหล็ก [9.0 คะแนน]

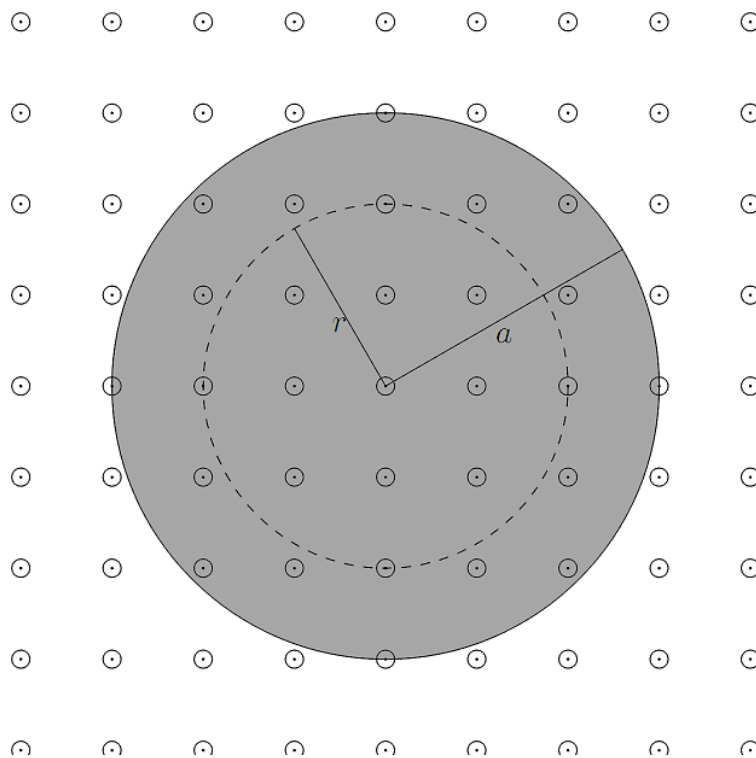
แผ่นทองแดงบางที่มีความหนา z และมีรัศมี a ($a \gg z$) วางอยู่ในสนามแม่เหล็กที่เปลี่ยนแปลงตามเวลาดังสมการ

$$B(t) = B_0 \cos \omega t$$

กำหนดให้

- สนามแม่เหล็กมีทิศตั้งฉากจากระนาบของแผ่นทองแดง
- ทิศพุ่งออกจากกระดาษเป็นบวก
- ค่าสภาพต้านทานของแผ่นทองแดงเป็น ρ
- การเปลี่ยนแปลงสนามแม่เหล็กเป็นอย่างไม่เร็วนัก (ω มีค่าน้อย) ให้ถือว่ากระแสเหนี่ยวนำเกิดจาก

สนามแม่เหล็กภายนอกอย่างเดียว ไม่ต้องคิดสนามแม่เหล็กที่มาจากกระแสไหลวนที่บริเวณอื่น





- ก) ถ้าพิจารณาเฉพาะส่วนของแผ่นทองแดง แผ่นกลมรัศมี r ดังรูป จงหาฟลักซ์แม่เหล็ก $\phi(t)$ ที่ผ่านแผ่นกลมนี้ ที่เวลา t ใดๆ [1.0 คะแนน]
- ข) จงหาแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำ (emf) $\mathcal{E}(t)$ บนเส้นรอบวงของแผ่นกลมรัศมี r นี้ที่เวลา t ใดๆ [1.0 คะแนน]
- ค) จงวาดกราฟของ $B(t)$ และกราฟของ $\mathcal{E}(t)$ ตั้งแต่ $t=0$ ถึง $t=\frac{2\pi}{\omega}$ ลงในกระดาษสรุปคำตอบ โดยระบุค่าสูงสุดและต่ำสุดบนแกน y และระบุช่วงบนกราฟ 2 ช่วง ได้แก่ 1) ช่วงที่กระแสเหนี่ยวนำไหลทวนเข็มนาฬิกา และ 2) ช่วงที่กระแสเหนี่ยวนำไหลตามเข็มนาฬิกา [1.5 คะแนน]
- ง) เมื่อพิจารณาวงแหวนทองแดงรัศมี r ที่มีความกว้าง Δr จงหาค่ากำลังไฟฟ้า ΔP ที่สูญเสียไปในวงแหวนทองแดงนี้ที่เวลา t ใดๆ ให้คำนึงถึงเฉพาะการสูญเสียเนื่องจากความต้านทานไฟฟ้าเท่านั้น [2.5 คะแนน]
- จ) จงหาค่าเฉลี่ยที่สูญเสียไปเนื่องจากกระแสเหนี่ยวนำในแผ่นทองแดงทั้งแผ่น [3.0 คะแนน]

กำหนดให้

$$\int_0^{2\pi} (\sin x)^2 dx = \pi$$