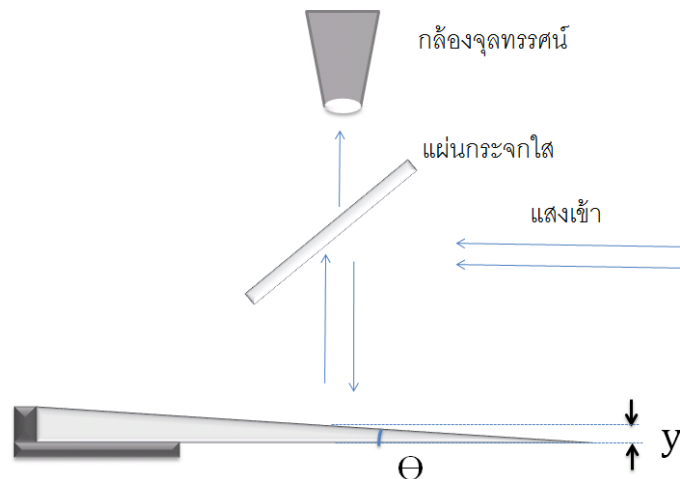


เฉลยข้อสอบภาคทฤษฎี

ข้อที่ 1

1.1) แสงกระทบลิ้นไส



ก) ความต่างเฟสของคลื่นที่สะท้อนจากลิ้นไสที่ผิวด้านบนและด้านล่างที่ความสูง y จะเป็นจำนวนเต็มคูณ 2π สำหรับการแทรกสอดแบบเสริมกัน

$$2\pi\left(\frac{2ny}{\lambda}\right) - \pi = 2N\pi$$

โดยคำนึงถึงการกลับเฟส π ที่ผิวบน และ optical path = ระยะ $\times$ ดัชนีหักเห

จะได้เงื่อนไข $2ny = \left(N + \frac{1}{2}\right)\lambda$ (1)

ข) ให้ x เป็นระยะแนวราบจากปลายลิ้นไสถึงจุดที่ส่องดูรีวแทรกสอด

จะได้ว่า $y = x \tan \theta$

แทนค่าใน (1) จะได้ $2nx \tan \theta = \left(N + \frac{1}{2}\right)\lambda$ (2)

สำหรับจำนวนที่รีวเปลี่ยนไป ΔN ได้ระยะที่เปลี่ยนไป Δx

(2) จะได้เป็น $2n\Delta x \tan \theta = \lambda \Delta N$ (3)

สำหรับ $\Delta N = 1$ $\Delta x_1 = \frac{\lambda}{2n \tan \theta}$

ค) การขยายตัวเชิงความร้อน $\Delta L = \alpha L_0 \Delta T$ จะได้ระยะที่เปลี่ยนไป $\Delta x = \Delta L$

(คิดการขยายตัวในแนวแกนใดก็ได้ แต่แกน x มีข้อมูลขนาดระยะต่างๆที่แน่นอน)

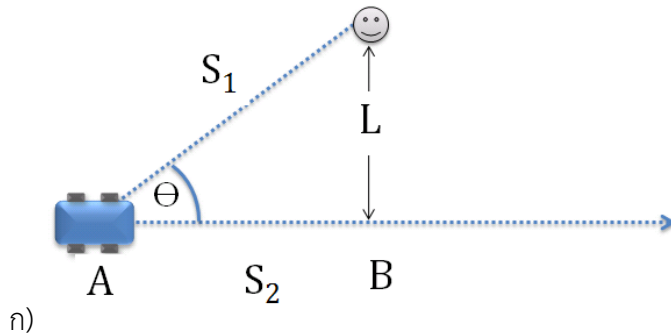
$$\begin{aligned}\Delta N &= \frac{2n}{\lambda} \Delta x \tan \theta \\ &= \frac{2n}{\lambda} \Delta L \tan \theta \\ &= \frac{2n}{\lambda} (\alpha L_0 \Delta T) \tan \theta\end{aligned}$$

จะได้ $\alpha = \frac{\lambda \Delta N}{2n L_0 \Delta T \tan \theta}$ (4)

ง) จาก (4) $\Delta N = \frac{2n}{\lambda} (\alpha L_0 \Delta T) \tan \theta$

เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น ΔN เป็นบวก ลิมจะยืดออกไปทางด้านที่บางจะเห็นลำดับริ้วสูงขึ้นหรือด้านที่หนาขึ้น
ฉะนั้นริ้วเดิมจะเลื่อนไปด้านที่บางกว่า

1.2) ความถี่เสียงของแหล่งกำเนิดวิ่งผ่านหน้า



ในขณะที่แหล่งกำเนิดอยู่ที่ B ($x = 0$) เสียงที่ได้ยินปล่อยออกมาในช่วงเวลาก่อนหน้านี้ไป t เมื่อรถอยู่ที่จุด A
จะได้ว่า

$$S_1 = vt \text{ และ } S_2 = ut$$

และ

$$S_2 = S_1 \cos \theta$$

ดังนั้น

$$\cos \theta = \frac{S_2}{S_1} = \frac{u}{v}$$

สำหรับปรากฏการณ์ดอปเพลอร์ $f_L = \frac{v + v_L}{v + v_s} f_s \rightarrow \frac{v}{v - v_s} f_s$

ในกรณีนี้แหล่งกำเนิดเคลื่อนเข้าหาจะมีส่วนของ u ตามแนว S_1 จะได้ $v_s = -u \cos \theta$

$$f = \frac{v}{v - u \cos \theta} f_0$$

$$f = \frac{v}{v - \frac{u^2}{v}} f_0$$

แทน $\cos \theta$ จะได้

$$= f_0 \frac{v^2}{v^2 - u^2}$$

ข) จะได้ยินเสียงความถี่เดียวกับแหล่งกำเนิดเมื่อเสียงออกจากตำแหน่งที่ตั้งฉากกับการเคลื่อนที่ คือ B

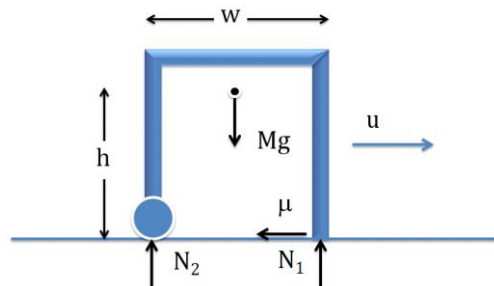
จากนั้นรถจะเลื่อนไปทางขวา คือ ได้ยินเมื่อเห็นรถเคลื่อนผ่านหน้าไปแล้วด้วยเวลา $t_2 = \frac{L}{v}$

รถจะเดินทางไปได้ไกล $S_3 = ut_2 = \frac{uL}{v}$

ผู้สังเกตได้ยินเสียงความถี่เดียวกันเมื่อแหล่งกำเนิดจะไปอยู่ที่ตำแหน่ง $x = +\frac{uL}{v}$

หรือห่างออกไป $= \sqrt{L^2 + S_3^2} = \sqrt{L^2 + \frac{u^2 L^2}{v^2}} = \frac{L\sqrt{u^2 + v^2}}{v}$ เลยไปทางด้านขวา

ข้อที่ 2 โตะมีล้อด้านเดียว



(2.1)

สมดุลแรงแนวตั้ง

$$N_1 + N_2 = Mg \quad (1)$$

แรงแนวราบ

$$\Sigma F = Ma$$

$$\mu_1 N_1 + \mu_2 N_2 = Ma \quad (2)$$

คิดทอร์กจุดหมุน เช่น รอบทางด้านหน้า N_1 โดยมีแต่ความเร่งเชิงเส้น a ของจุดศูนย์กลางมวล

$$\vec{\tau} = \vec{\tau}_{cm} + \vec{R} \times \vec{F}$$

$$Mg \frac{w}{2} - N_2 w = Mah$$

$$2Mah = Mgw - 2N_2 w \quad (3)$$

(1) $\times \mu_1$ จะได้ว่า

$$\mu_1 N_1 + \mu_1 N_2 = \mu_1 Mg \quad (4)$$

(4) - (2);

$$(\mu_1 - \mu_2) N_2 = \mu_1 Mg - Ma \quad (5)$$

แทน (5) ลงใน (3)

$$2Mah = Mgw - 2w \left(\frac{\mu_1 Mg - Ma}{\mu_1 - \mu_2} \right)$$

$$2ah = w \left(g - 2 \left(\frac{\mu_1 g - a}{\mu_1 - \mu_2} \right) \right)$$

$$= w \left(\frac{\mu_1 g - \mu_2 g - 2\mu_1 g + 2a}{\mu_1 - \mu_2} \right)$$

$$= \frac{w}{\mu_1 - \mu_2} (2a - (\mu_1 + \mu_2)g)$$

$$= \frac{2wa}{\mu_1 - \mu_2} - wg \frac{\mu_1 + \mu_2}{\mu_1 - \mu_2}$$

$$a \left(\frac{2w}{\mu_1 - \mu_2} - 2h \right) = \frac{wg(\mu_1 + \mu_2)}{\mu_1 - \mu_2}$$

$$\frac{2a}{\mu_1 - \mu_2} (w - (\mu_1 - \mu_2)h) = \frac{wg(\mu_1 + \mu_2)}{\mu_1 - \mu_2}$$

จะได้สำหรับกรณีทั่วไปว่า

$$a = \frac{wg(\mu_1 + \mu_2)}{2(w - (\mu_1 - \mu_2)h)} \quad (6)$$

ในกรณีแรก โต๊ะเคลื่อนไปด้านหน้า ล้ออยู่ข้างหลัง $\mu_2 = 0$ จะได้

$$a_1 = \frac{wg\mu}{2(w-\mu h)}$$

ระยะทางที่เคลื่อนไปได้

$$u^2 = 2a_1s_1$$

$$s_1 = \frac{u^2}{wg\mu}(w-\mu h)$$

(2.2) โต๊ะจะยังไม่ล้มเมื่อ $N_2 > 0$

จาก (3) จะได้ว่า

$$Mgw - 2Mah > 0$$

$$a < \frac{wg}{2h}$$

สำหรับโต๊ะเคลื่อนไปได้หน้า

$$a = a_1 = \frac{wg\mu}{2(w-\mu h)}$$

$$\frac{wg\mu}{2(w-\mu h)} < \frac{wg}{2h}$$

$$\mu h < w - \mu h$$

$$2\mu h < w$$

$$\mu < \frac{w}{2h}$$

(2.3) ในกรณีแรก โต๊ะเคลื่อนไปด้านหลัง $\mu_1 = 0$ จะได้ (ใช้รูปเดิมใน 2.1) แต่สลับให้ล้อหน้าเป็น N_1

$$a_2 = \frac{wg\mu}{2(w+\mu h)}$$

$$u^2 = 2as$$

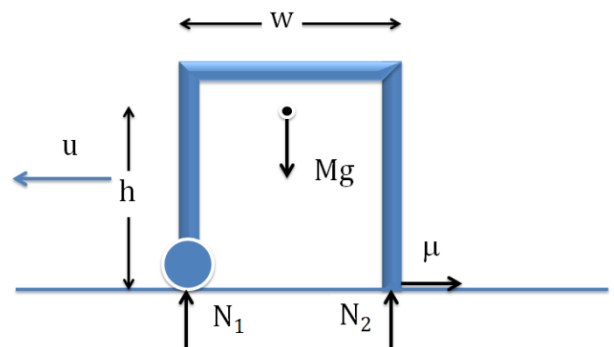
$$a_1s_1 = a_2s_2$$

จากโจทย์

$$n = \frac{s_2}{s_1} = \frac{a_1}{a_2} = \frac{w+\mu h}{w-\mu h}$$

$$w + \mu h = nw - n\mu h$$

$$\mu = \frac{w(n-1)}{h(n+1)}$$





วิธีทำแบบที่ 2 สำหรับข้อ 2.1) และ 2.3)

(2.1) สมดุลแรงแนวตั้ง $N_1 + N_2 = Mg$ (1)

แรงแนวราบ $\Sigma F = Ma$

ที่ลื่น $\mu = 0$ จะได้ $\mu N_1 = Ma_1$ (2)

เมื่อความเร่งเชิงเส้น a_1 ของจุดศูนย์กลางมวล

คิดทอร์คจุดหมุน เช่น รอบจุด CM

$$\vec{\tau}_{cm} = 0$$

$$N_2 \frac{w}{2} - N_1 \frac{w}{2} + \mu N_1 h = 0$$

$$N_2 = N_1 \frac{w - 2\mu h}{w} \quad (3)$$

N_1 จาก (2) จะได้ว่า $N_2 = \left(\frac{Ma_1}{\mu}\right) \left(\frac{w - 2\mu h}{w}\right)$ (4)

$$\frac{Ma_1}{\mu} + \left(\frac{Ma_1}{\mu}\right) \left(\frac{w - 2\mu h}{w}\right) = Mg$$

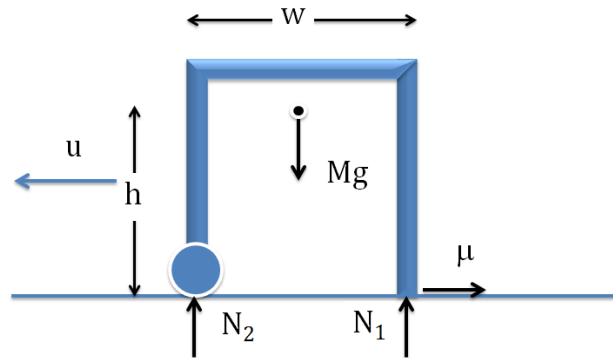
แทน (4) และ (2) ใน (1); $\frac{a_1}{\mu} \left(1 + \frac{w - 2\mu h}{w}\right) = g$ (5)

$$\frac{a_1}{\mu} \left(\frac{2w - 2\mu h}{w}\right) = g$$

$$a_1 = \frac{wg\mu}{2(w - \mu h)}$$

ระยะทางที่เคลื่อนไปได้ $u^2 = 2a_1 s_1$

$$s_1 = \frac{u^2}{wg\mu} (w - \mu h)$$



(2.3) แรงแนวราบ

$$\Sigma F = Ma$$

ที่ลื่น $\mu = 0$ จะได้

$$\mu N_1 = Ma_2 \quad (6)$$

เมื่อความเร่งเชิงเส้น a_2 ของจุดศูนย์กลางมวลในกรณีนี้

คิดทอร์คจุดหมุน เช่น รอบจุด CM

$$\vec{\tau}_{cm} = 0$$

$$N_2 \frac{w}{2} - N_1 \frac{w}{2} - \mu N_1 h = 0$$

$$N_2 = N_1 \frac{w + 2\mu h}{w} \quad (3)$$

 N_1 จาก (2) จะได้ว่า

$$N_2 = \left(\frac{Ma_2}{\mu} \right) \left(\frac{w + 2\mu h}{w} \right) \quad (4)$$

$$\frac{Ma_2}{\mu} + \left(\frac{Ma_2}{\mu} \right) \left(\frac{w + 2\mu h}{w} \right) = Mg$$

แทน (4) และ (2) ใน (1);

$$\frac{a_2}{\mu} \left(1 + \frac{w + 2\mu h}{w} \right) = g \quad (5)$$

$$\frac{a_2}{\mu} \left(\frac{2w + 2\mu h}{w} \right) = g$$

$$a_2 = \frac{wg\mu}{2(w + \mu h)}$$

$$u^2 = 2as$$

$$a_1 s_1 = a_2 s_2$$

จากโจทย์

$$n = \frac{s_2}{s_1} = \frac{a_1}{a_2} = \frac{w + \mu h}{w - \mu h}$$

$$w + \mu h = nw - n\mu h$$

$$\mu = \frac{w(n-1)}{h(n+1)}$$

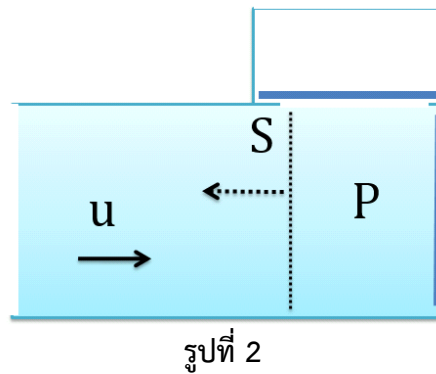
ข้อที่ 3

3.1) ตะบันน้ำ

ก)

ใช้กฎของแบร์นูลลี $P + \frac{1}{2}\rho v^2 + \rho gh = \text{const.}$

$$u = \sqrt{2gh_0}$$



ข)

อัตราการไหล $\frac{dV}{dt} = vA$

เนื่องจากรอยต่อเลื่อนไปด้วยอัตราเร็ว v ปริมาตรน้ำหยุดนิ่งทั้งหมดในเวลา Δt เป็น

$$V' = vA\Delta t$$

ค) ปริมาตรน้ำเดิมต้องคิดจากสองส่วนจากที่น้ำไหลด้วยอัตราเร็ว u และรอยต่อ S ที่เลื่อนด้วยอัตราเร็ว v

ดังรูป

$$V_0 = (v + u)A\Delta t$$

$$\Delta V = V_0 - V' = uA\Delta t$$

ง) โมเมนตัมของน้ำที่เปลี่ยนไปในช่วงเวลา Δt

$$\Delta q = mu$$

$$= \rho V_0 u$$

$$= \rho(v + u)uA\Delta t$$

$$= \rho v u A \Delta t + \rho u^2 A \Delta t$$

$$\approx \rho v u A \Delta t, \quad v \gg u$$

จ) ผลต่างของความดันทั้งสองของรอยต่อ S

$$\Delta P = \frac{F}{A} = \frac{1}{A} \frac{\Delta q}{\Delta t} = \rho(v+u)u = \rho vu + \rho u^2 \approx \rho vu$$

ฉ) ความสัมพันธ์ของ v กับมอดูลัสเชิงปริมาตร B และความหนาแน่นของน้ำ ρ

$$B = \frac{V_0}{\Delta V} \Delta P \approx \frac{(v+u)}{u} \rho vu \approx \rho v^2$$

$$v = \sqrt{\frac{B}{\rho}} \text{ ซึ่งก็คืออัตราเร็วของเสียงในน้ำ}$$

ช) ความดัน P ของน้ำที่หยุดนิ่งนี้

$$P = P_a + \Delta P$$

$$P = P_a + \rho vu + \rho u^2 \approx P_a + \rho vu$$

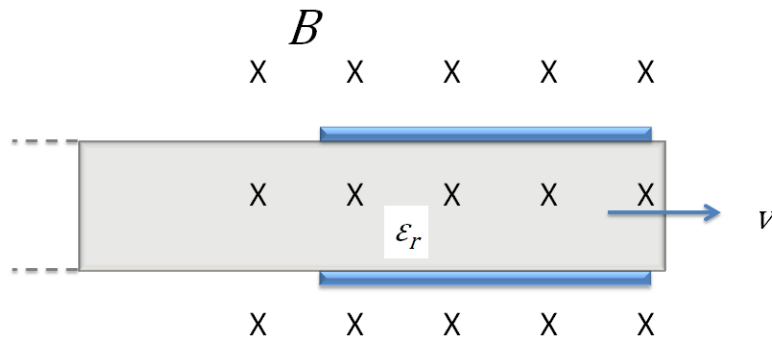
ซ) ระดับความสูงของน้ำสูงที่สุด h' ซึ่งน้ำจะขึ้นไปถึงได้

$$P = P_a + \rho gh'$$

$$h' = \frac{P - P_a}{\rho g} = \frac{\rho vu + \rho u^2}{\rho g} = \frac{vu}{g} + \frac{u^2}{g}$$

$$\text{แทน } u^2 = 2gh \text{ จะได้ } h' = v \sqrt{\frac{2h_0}{g}} + 2h_0 \approx v \sqrt{\frac{2h_0}{g}}$$

3.2) แผ่นไดอิเล็กตริกในสนามแม่เหล็ก



ก) จาก $\vec{F} = q\vec{v} \times \vec{B}$ จะได้ประจุบวกอยู่ผิวบน และประจุลบอยู่ผิวล่าง

ข) สนามไฟฟ้ามีทิศพุ่งขึ้น และขนาดหาได้จาก $\vec{F} = q\vec{v} \times \vec{B}$ และ $\vec{F}_E = q\vec{E}$

$$qE_0 = qvB$$

$$E_0 = vB$$

ค)

$$E_1 = \frac{E_0}{\epsilon_r} = \frac{vB}{\epsilon_r}$$

ง)

$$E_1 = E_0 + E_2$$

$$\frac{vB}{\epsilon_r} = vB + E_2$$

$$E_2 = vB \left(\frac{1}{\epsilon_r} - 1 \right) = -vB \left(1 - \frac{1}{\epsilon_r} \right)$$

นั่นคือมีขนาดเท่ากับ $vB \left(1 - \frac{1}{\epsilon_r} \right)$ และมีทิศชี้ลง

จ)

สำหรับตัวนำแผ่นขนาน $E_2 \approx \frac{emf}{d}$

$$Emf = vBd \left(1 - \frac{1}{\epsilon_r} \right)$$
