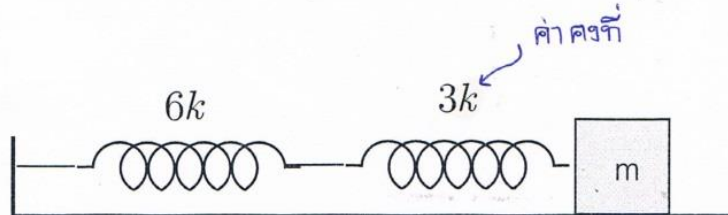


Pre Flight Final Physics 1-2559

ข้อ 1 ดึงมวล 0.5 kg ที่ยึดกับสปริงแล้วปล่อยให้เกิดการเคลื่อนที่แบบ SHM บนพื้นเกลี้ยงในแนวราบ พบว่าที่เวลาต้น ($t = 0$ sec) มวลมี $x(0) = 8.0$ cm แอมพลิจูด = 0.10 m และ $a(0) = -45.0$ m/s² จงหา ค่าคงที่ k ความถี่เชิงมุม ความเร็ว ณ เวลา $t=0$ มุมเฟสเริ่มต้น พลังงานรวมของการสั่น

(10 คะแนน)



$$k_T = \frac{(6k)(3k)}{9k} = 2k$$

1) $x = A \sin(\omega t + \phi_0)$
 $v = \omega A \cos(\omega t + \phi_0)$
 $a = -\omega^2 A \sin(\omega t + \phi_0)$

$t=0$; $0.08 = A \sin \phi_0$
 $\sin \phi_0 = \frac{0.08}{0.1} = 0.8$

 $\phi_0 = 53^\circ, 180^\circ - 53^\circ$
 $= 53^\circ, 127^\circ$

จาก $a = -\omega^2 A \sin \phi_0$
 $-45 = -\omega^2 (0.08)$
 $\therefore \boxed{\omega = 23.72 \text{ rad/s}}$

2) $\omega = \sqrt{\frac{k_T}{m}}$
 $23.72^2 = \frac{2k}{0.5}$
 $\therefore \boxed{k = 140.7 \text{ N/m}}$

3) $t=0$; $v(0) = \omega A \cos \phi_0$ ↖ มี 2 ค่า
 $= 23.72 (0.1) \cos \phi_0$
 $\therefore \boxed{v(0) = 1.43, -1.43 \text{ m/s}}$

4) $\phi_0 = 53^\circ, 127^\circ$

5) $E_T = \frac{1}{2} k_T A^2 = \frac{1}{2} m \omega^2 A^2$
 $= \frac{1}{2} [2(140.7)] (0.1)^2$

$\boxed{E_T = 1.407 \text{ J}}$

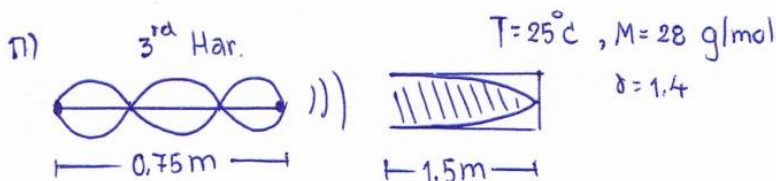
ข้อ 4 เส้นเชือกมวล 9 g เกิดคลื่นนิ่งอาร์มอนิกที่ 1 มีฟังก์ชันคลื่นเป็น $y = 1.4 \sin 8\pi t \sin 0.05\pi x$ โดยที่ x, y มีหน่วยเป็น cm และ t เป็นวินาที จงหา แอมพลิจูด เลขคลื่น ความยาวคลื่น คาบ ความถี่ อัตราเร็วของคลื่น ความยาวของเส้นเชือก และความตึงในเส้นเชือก (15 คะแนน)

ข้อ 5 สายกีตาร์มวล 2.5 g ยาว 75 cm เกิดคลื่นนิ่งฮาร์โมนิกส์ที่ 3 สั่นพ้องกับอากาศในท่อปลายปิดข้างหนึ่งซึ่งยาว 1.5 m ถ้าอุณหภูมิอากาศขณะนั้นเป็น 25°C มวลโมเลกุลเฉลี่ยของอากาศเป็น 28.0 และ $\gamma = 1.4$ จงหา

- ความยาวคลื่น อัตราเร็ว และ ความถี่ ของเสียงกีตาร์ ในอากาศ
- ความยาวคลื่น อัตราเร็ว ของคลื่นในสายกีตาร์
- ความตึงของสายกีตาร์

ก. ถือว่าเกิดครึ่งแรก

(10 คะแนน)



Air

S1 $\frac{\lambda}{4} = 1.5 \rightarrow \lambda_{\text{air}} = 6 \text{ m} \#$

S2 $v = f\lambda$

$\sqrt{\frac{\gamma RT}{M}} = f\lambda \rightarrow v_{\text{air}} = 352 \text{ m/s} \#$

$\sqrt{\frac{1.4(8.314)(273+25)}{28 \times 10^{-3}}} = f(6)$

$f_{\text{air}} = 58.66 \text{ Hz} \#$

string

ข) $\frac{3\lambda}{2} = 0.75$
 $\lambda = 0.5 \text{ m} \rightarrow \lambda_{\text{string}} = 0.5 \text{ m} \#$

$v = f\lambda$
 $= 58.66(0.5) = 29.33 \frac{\text{m}}{\text{s}} \#$

ค) $v = \sqrt{\frac{F}{\mu}}$
 $F = v^2 \mu = 29.33 \left(\frac{2.5 \times 10^{-3}}{0.75} \right)$
 $F = 9.78 \times 10^{-2} \text{ N} \#$

ข้อ 6 หลอดแก้วควอดร์ บรรจุอากาศอุณหภูมิ 23 °C นำแท่งทองแดงยาว 1 เมตรตึงไว้ที่ 0.25 เมตร เมื่อทำให้เกิดคลื่นตามยาวในแท่งทองแดงจะเกิดการสั่นพ้องกับอากาศในหลอดแก้วควอดร์ ทำให้ทองขี้สั่นในหลอดแก้วควอดร์ห่างกันช่วงละ 2.5 เซนติเมตร จงหา

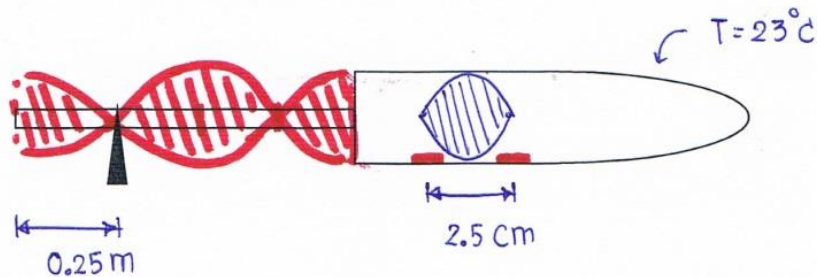
ก. อัตราเร็วของคลื่นตามยาวในทองแดง

ข. มวลโมเลกุลของแก๊สในหลอดแก้วควอดร์

ค. ในหลอดแก้วควอดร์เป็นแก๊สชนิดใด

(10 คะแนน)

กำหนดให้อัตราเร็วเสียงในอากาศเป็น 330 เมตร/วินาที, $R = 8.315 \text{ J/mol} \cdot \text{K}$ และ $\gamma = 1.4$



ก)

Air

(S1) $\frac{\lambda}{2} = 2.5$
 $\lambda_{\text{air}} = 5 \text{ cm} = 0.05 \text{ m}$

(S2) $v = f\lambda$
 $330 = f(0.05)$
 $f = 6600 \text{ Hz}$

Cu

(S1) $\frac{\lambda}{4} = 0.25$
 $\lambda_{\text{Cu}} = 1 \text{ m}$

(S2) $v = f\lambda$
 $v_{\text{Cu}} = 6600(1)$
 $\therefore v_{\text{Cu}} = 6600 \text{ m/s} \quad \#$

ข)

$$v_{\text{air}} = \sqrt{\frac{\gamma RT}{M}}$$

$$M = \frac{\gamma RT}{v^2} = \frac{1.4(8.315)(273+23)}{330^2}$$

$$= 32 \times 10^{-3} \text{ kg/mol} \quad \#$$

ค) แก๊สในหลอดแก้ว คือ O_2



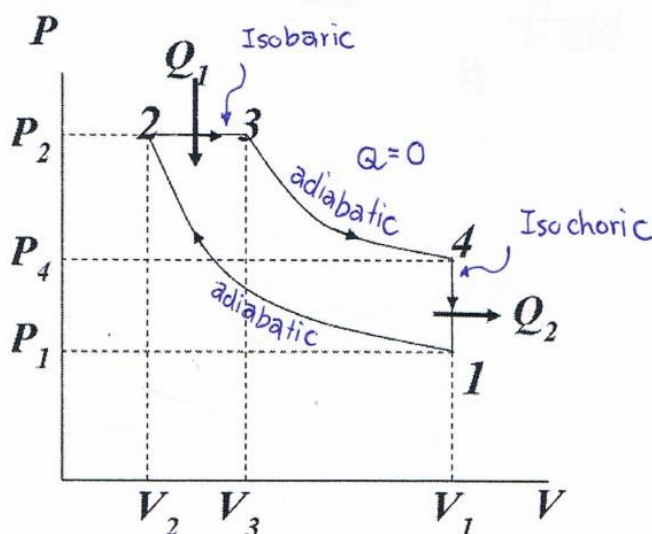
Pre Flight Final Physics 1-2559 (Add)

ข้อ 1 เครื่องยนต์ดีเซล 4 ลูกสูบสันดาปภายใน ทำงานโดยอัดไอน้ำมันผสมอากาศปริมาตร 2 ลิตร และทำงานด้วยอัตรารอบ 3000 rpm ให้ค่าอัตราส่วนการอัด (compression ratio) เป็น $r = \frac{V_1}{V_2} = 22.0$ และการเปลี่ยนแปลงปริมาตรในขณะที่มีความดันคงที่ (cutoff ratio) จาก $2 \rightarrow 3$ เป็น $r_c = \frac{V_3}{V_2} = 2.00$ และกำหนดเริ่มต้นระบบอยู่ ณ อุณหภูมิ 27°C ปริมาตร 2 ลิตร ความดัน 100 kPa ด้วยกระบวนการความร้อนคงที่ ตามเส้นทาง $1 \rightarrow 2$ แล้วจุดระเบิดไอน้ำมันผสมอากาศด้วยกระบวนการความดันคงที่ ทำให้ลูกสูบเคลื่อนที่ตามเส้นทาง $2 \rightarrow 3$ แล้วไอน้ำมันผสมอากาศขยายตัวจาก $3 \rightarrow 4$ ด้วยกระบวนการความร้อนคงที่จนมีปริมาตรเพิ่มขึ้น แล้วปล่อยไอเสียด้วยกระบวนการปริมาตรคงที่จาก $4 \rightarrow 1$ ทำให้ปริมาตรเป็น 2 ลิตร เท่าเดิมเป็นครบ 1 วัฏจักร จงหา

- ปริมาณ ความดันและอุณหภูมิที่จุด 1, 2, 3 และ 4
- พลังงานความร้อนจากการสันดาปของเชื้อเพลิงตามเส้นทาง $2 \rightarrow 3 = mC_P(T_3 - T_2)$
- พลังงานความร้อนที่ปล่อยสู่ภายนอกตามเส้นทาง $4 \rightarrow 1 = mC_V(T_1 - T_4)$
- ประสิทธิภาพใน 1 วัฏจักร แนะนำ ประสิทธิภาพ (η) = ความร้อนที่ใช้ทำงาน/ความร้อนที่ได้จากเชื้อเพลิง
- กำลังทั้งหมดที่ทำโดยทั้ง 4 ลูกสูบ (P_{net})

กำหนด ให้คิดว่าไอน้ำมันผสมอากาศเป็นแก๊สในอุดมคติมี $\gamma = \frac{C_P}{C_V} = 1.4$

มีค่า $C_V = 0.718 \text{ kJ/kg}$, $m = 100 \text{ g}$ (1 กระบอกสูบ)



จาก $\frac{C_P}{C_V} = 1.4$
 $C_V \rightarrow V$ คงที่
 $C_P = 1.4 \times 0.718$
 $= 1.0052 \text{ kJ/kg}$

$$\begin{aligned}
 \text{ข) } Q_{23} &= m C_p (T_3 - T_2) \\
 &= \frac{100}{1000} (1.0052 \times 10^3) (2066 - 1033) \\
 &= 1.04 \times 10^5 \text{ J} \quad \# \quad \text{ดูด}
 \end{aligned}
 \left. \vphantom{\begin{aligned} Q_{23} &= m C_p (T_3 - T_2) \\ &= \frac{100}{1000} (1.0052 \times 10^3) (2066 - 1033) \\ &= 1.04 \times 10^5 \text{ J} \end{aligned}} \right\} Q_H = Q_1$$

$$\begin{aligned}
 \text{ค) } Q_{41} &= m C_v (T_1 - T_4) \\
 &= 0.1 (0.718 \times 10^3) (300 - 792) \\
 &= -3.53 \times 10^4 \text{ J} \quad \# \quad \text{คาย}
 \end{aligned}
 \left. \vphantom{\begin{aligned} Q_{41} &= m C_v (T_1 - T_4) \\ &= 0.1 (0.718 \times 10^3) (300 - 792) \\ &= -3.53 \times 10^4 \text{ J} \end{aligned}} \right\} Q_C = Q_2$$

$$\begin{aligned}
 \text{ง) } \eta &= \frac{W}{Q_1} = \frac{Q_H - Q_C}{Q_H} \\
 &= \frac{1.04 \times 10^5 - |-3.53 \times 10^4|}{1.04 \times 10^5} = 0.6606 = 66.06\% \quad \#
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{จ) } P &= \frac{W}{t} = \frac{Q_H - Q_C}{t} \quad (\text{1 ลูกสูบ}) \\
 P_{\text{net}} &= (1.04 \times 10^5 - |-3.53 \times 10^4|) \times \overset{\text{ลูกสูบ}}{4} \times \frac{3000}{60} \times \frac{1}{2} \\
 &= 6.87 \times 10^6 \text{ Watt} \quad \#
 \end{aligned}$$

II) ข้อ. 1 : $P_1 = 100 \text{ kPa}$, $V_1 = 2 \text{ lit}$, $T_1 = 27^\circ\text{C}$

พิจารณา 1 ลูกสูบ $V_1 = \frac{2 \times 10^{-3}}{4} = 0.5 \times 10^{-3} \text{ m}^3$

ข้อ. 2 : $P_2 = ?$, $V_2 = \frac{V_1}{22} = 2.273 \times 10^{-5} \text{ m}^3$, $T_2 = ?$

Comp. ratio

1 → 2 (adiabatic)

$$P_1 V_1^\gamma = P_2 V_2^\gamma$$

$$P_2 = P_1 \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^\gamma = 100 (22)^{1.4} = 7.58 \times 10^3 \text{ kPa}$$

$$T_1 V_1^{\gamma-1} = T_2 V_2^{\gamma-1}$$

$$T_2 = T_1 \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^{\gamma-1} = (273 + 27) (22)^{1.4-1} = 1033 \text{ K}$$

ข้อ. 3 : $P_3 = P_2 = 7.58 \times 10^3 \text{ kPa}$, $\frac{V_3}{V_2} = 2$, $T_3 = ?$
 $V_3 = 2(2.273 \times 10^{-5}) = 4.55 \times 10^{-5} \text{ m}^3$

2 → 3 (Isobaric)

$$\frac{P_2 V_2}{T_2} = \frac{P_3 V_3}{T_3}$$

$$T_3 = T_2 \left(\frac{V_3}{V_2} \right) = 1033 \times 2 = 2066 \text{ K}$$

ข้อ. 4 : $P_4 = ?$, $V_4 = V_1 = 0.5 \times 10^{-3} \text{ m}^3$, $T_4 = ?$

3 → 4 (adiabatic)

$$P_3 V_3^\gamma = P_4 V_4^\gamma$$

$$P_4 = P_3 \left(\frac{V_3}{V_4} \right)^\gamma = 7.58 \times 10^3 \left(\frac{4.55 \times 10^{-5}}{0.5 \times 10^{-3}} \right)^{1.4} = 2.64 \times 10^2 \text{ kPa}$$

$$T_3 V_3^{\gamma-1} = T_4 V_4^{\gamma-1}$$

$$T_4 = T_3 \left(\frac{V_3}{V_4} \right)^{\gamma-1} = 2066 \left(\frac{4.55 \times 10^{-5}}{0.5 \times 10^{-3}} \right)^{1.4-1} = 792 \text{ K}$$

ข้อ. 1	P (kPa)	V (m ³)	T (K)
1	100	0.5×10^{-3}	300
2	7.58×10^3	2.27×10^{-5}	1033
3	7.58×10^3	4.55×10^{-5}	2066
4	2.64×10^2	0.5×10^{-3}	792

ข้อ 2 จงแสดงการหาคำตอบในข้อที่กำหนดต่อไปนี้

2.1

น้ำไหลอิสระออกจากก๊อกดังรูป ถ้าพื้นที่หน้าตัด A_0 เป็น 1.0 cm^2 และ A เป็น 0.25 cm^2 โดยวัดห่างกัน $h = 20 \text{ cm}$ จงหาอัตราการไหลเชิงปริมาตรของน้ำ (สมมติให้การไหลเป็นแบบลามินาร์)

$$Q = \dot{A}V_2 \quad \text{--- ①}$$

จาก $A_1V_1 = A_2V_2$

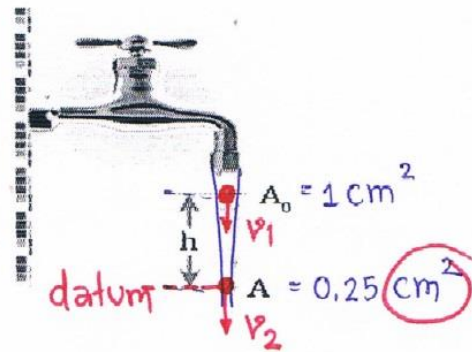
$$1V_1 = 0.25V_2$$

$$V_2 = 4V_1 \quad \text{--- *}$$

จาก $P_1 + \frac{1}{2}\rho V_1^2 + \rho gh_1 = P_2 + \frac{1}{2}\rho V_2^2 + \rho gh_2$

$$\rho gh_1 = \frac{1}{2}\rho(V_2^2 - V_1^2) \quad \text{--- **}$$

$$2(9.81)0.2 = V_2^2 - \left(\frac{V_2}{4}\right)^2$$



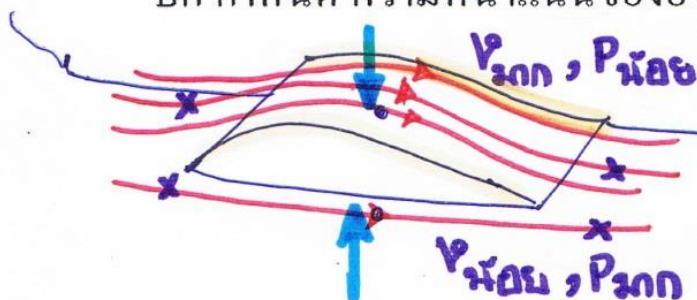
$$0.4(9.81) = \frac{15}{16}V_2^2$$

$$V_2 = 2.05 \text{ m/s}$$

$$\therefore Q = (0.25 \times 10^{-4}) 2.05 = 5.13 \times 10^{-5} \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \quad \#$$

2.2

เครื่องบินหนัก 4000 N มีพื้นที่ปีก 2.0 m^2 ถ้าอัตราเร็วลมใต้ปีก = 250 m/s จงหาผลต่างความดันที่ปีกและอัตราเร็วลมเหนือปีก กำหนด ความหนาแน่นของอากาศ = 1.3 kg/m^3



$$\Delta P = \frac{1}{2}\rho(V_{\text{บน}}^2 - V_{\text{ล่าง}}^2)$$

$$2000 = \frac{1}{2}(1.3)(V_{\text{บน}}^2 - 250^2)$$

$$V_{\text{บน}} = 256.08 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad \#$$

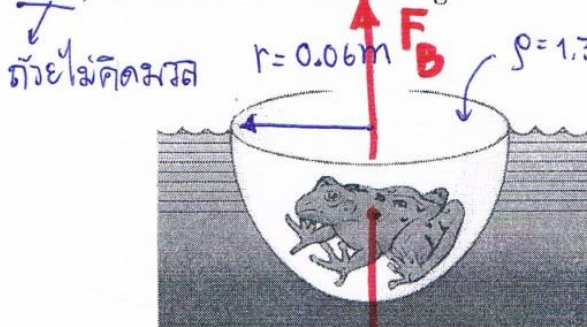
$$F = \Delta P A$$

$$4000 = \Delta P (2)$$

$$\Delta P = 2000 \text{ Pa} \quad \#$$

2.3

A frog in a hemispherical pod (Fig. P14.34) just floats without sinking into a sea of blue-green ooze with density 1.35 g/cm^3 . If the pod has radius 6.00 cm and negligible mass, what is the mass of the frog?



ถ้าไม่คิดมวล

$$\rho = 1.35 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} = 1.35 \times 10^3 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$F_B = mg$$

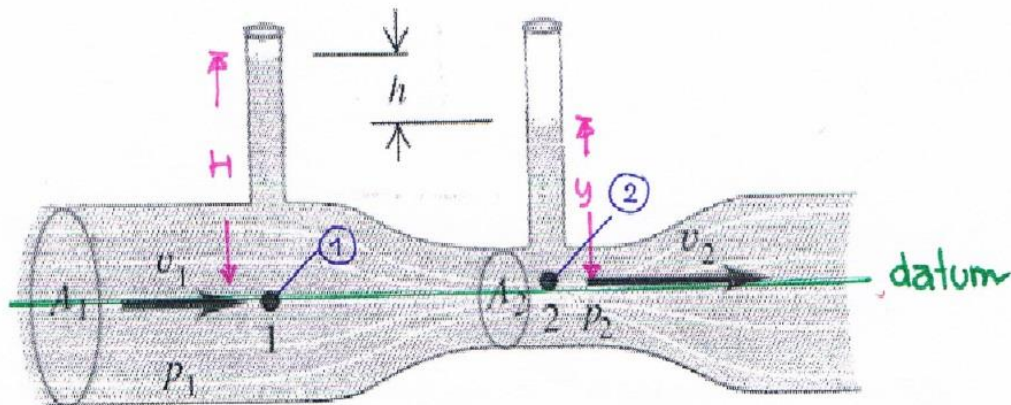
$$(\rho V_L)g = (mg)_{\text{กบ}}$$

$$\therefore m = 10^3 \left(\frac{1}{2} \times \frac{4}{3} \pi r^3 \right) = 0.45 \text{ kg} \quad \#$$

ข้อ 3

ของเหลวชนิดหนึ่งไหลอย่างต่อเนื่องโดยไม่มีการหมุนไปตามท่อกลมซึ่งมีพื้นที่หน้าตัดไม่สม่ำเสมอตลอดความยาวท่อดังแสดงในรูปข้างล่าง ให้หาค่าความสูง d ที่แสดงในรูปในหน่วยของเซนติเมตร ถ้า A_1 / A_2 เท่ากับ $5/3$ และ V_1 เท่ากับ 60 เซนติเมตร/วินาที

$$d = h$$



$$A_1 V_1 = A_2 V_2$$

$$(V_1) \frac{A_1}{A_2} = V_2$$

$$V_2 = 60 \left(\frac{5}{3} \right) = 100 \text{ cm/s}$$

$$= 1 \text{ m/s}$$

$$P_1 + \frac{1}{2} \rho V_1^2 + \rho g h_1 = P_2 + \frac{1}{2} \rho V_2^2 + \rho g h_2$$

$$\rho g H - \rho g y = \frac{1}{2} \rho [V_2^2 - V_1^2]$$

$$2g(H - y) = V_2^2 - V_1^2$$

$$2(9.81) h = 1^2 - 0.6^2$$

$$h = 0.03262 \text{ m}$$

$$= 3.26 \text{ cm} \quad \#$$

ข้อ 4 จงแสดงการหาคำตอบในข้อที่กำหนดต่อไปนี้

- 4.1 ภาชนะรูปทรงกระบอกบรรจุ ก๊าซออกซิเจน 12 ลิตร ที่อุณหภูมิ 20 °C และ 15 atm จากนั้น อุณหภูมิเพิ่มขึ้นเป็น 35°C และปริมาตรลดลงเป็น 8.5 L ความดันสุดท้ายของก๊าซเป็นเท่าไรที่อุณหภูมิห้อง สมมติว่าเป็นก๊าซในอุดมคติ

$$V_1 = 12 \text{ lit} \rightarrow 8.5 \text{ lit}$$

$$T_1 = 20^\circ\text{C} \rightarrow 35^\circ\text{C}$$

$$P_1 = 15 \text{ atm} \rightarrow P_2 = ?$$

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$$

$$\frac{15 (12)}{273+20} = \frac{P_2 (8.5)}{273+35}$$

$$\therefore P_2 = 22.26 \text{ atm} \#$$

Note $P_2 = 22.26 \times 1.013 \times 10^5 \text{ Pa} \#$

- 4.2 จงหาพลังงานจลน์และอัตราเร็วเฉลี่ยของอะตอมไนโตรเจนที่อุณหภูมิ 300 K กำหนดให้ มวลอะตอมของไนโตรเจน = 14 g/mol

$E_{k, \text{trans}}$ 1 ตัว

$$\langle E_k \rangle = \frac{3}{2} kT = \frac{3}{2} (1.38 \times 10^{-23}) 300 = 6.21 \times 10^{-21} \text{ J} \#$$

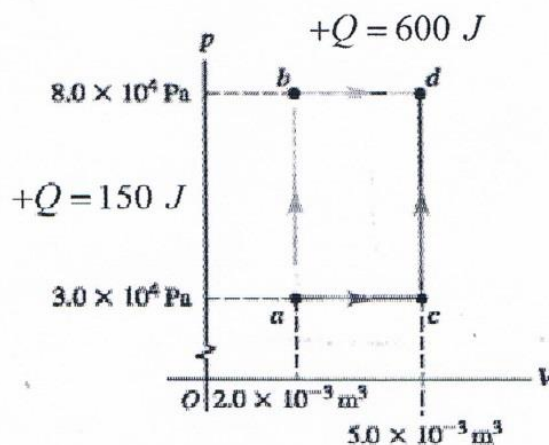
$$v_{\text{rms}} = \sqrt{\frac{3RT}{M}} = \sqrt{\frac{3(8.3145)300}{28 \times 10^{-3}}} = 516.96 \frac{\text{m}}{\text{s}} \#$$

$$= \sqrt{\frac{3kT}{m}}$$

4.3 จากแผนภาพ P-V จงหา 1) ΔU ในกระบวนการ abd และ

2) Q_{total} ในกระบวนการ acd

กฎ thermodynamics



พ.ท.ได้กราฟ

$$1) Q_{abd} = \Delta u_{abd} + W_{abd}$$

$$150 + 600 = \Delta u_{abd} + (5-2) \times 10^{-3} \times 8 \times 10^4$$

$$\Delta u_{abd} = 510 \text{ J} \quad \#$$

เท่ากันไม่จำกันได้นะม

$$2) Q_{acd} = \Delta u_{acd} + W_{acd}$$

$$= 510 + (5-2) \times 10^{-3} \times 3 \times 10^4$$

$$Q_{acd} = 420 \text{ J} \quad \#$$

4.4

A Styrofoam box used to keep drinks cold at a picnic (Fig. 17.25a) has total wall area (including the lid) of 0.80 m^2 and wall thickness 2.0 cm . It is filled with ice, water, and cans of Omni-Cola at 0°C . What is the rate of heat flow into the box if the temperature of the outside wall is 30°C ? How much ice melts in one day?

SOLUTION

IDENTIFY: The first target variable is the heat current H . The second is the amount of ice melted, which depends on the heat current (heat per unit time), the elapsed time, and the heat of fusion.

SET UP: We use Eq. (17.21) to describe the heat current and Eq. (17.20), $Q = mL_f$, to determine the mass m of ice that melts due to the heat flow.

EXECUTE: We assume that the total heat flow is approximately the same as it would be through a flat slab of area 0.80 m^2 and thickness $2.0 \text{ cm} = 0.020 \text{ m}$ (Fig. 17.25b). We find k from Table 17.5. From Eq. (17.21) the heat current (rate of heat flow) is

$$H = kA \frac{T_H - T_C}{L} = (0.010 \text{ W/m} \cdot \text{K})(0.80 \text{ m}^2) \frac{30^\circ\text{C} - 0^\circ\text{C}}{0.020 \text{ m}}$$

$$= 12 \text{ W} = 12 \text{ J/s}$$

The total heat flow Q in one day ($86,400 \text{ s}$) is

$$Q = Ht = (12 \text{ J/s})(86,400 \text{ s}) = 1.04 \times 10^6 \text{ J}$$

The heat of fusion of ice is $3.34 \times 10^5 \text{ J/kg}$, so the quantity of ice melted by this quantity of heat is

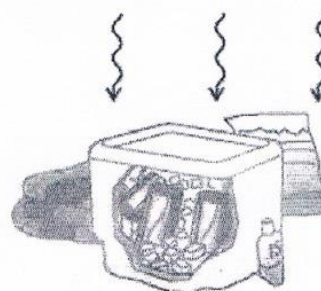
$$m = \frac{Q}{L_f}$$

$$= \frac{1.04 \times 10^6 \text{ J}}{3.34 \times 10^5 \text{ J/kg}} = 3.1 \text{ kg}$$

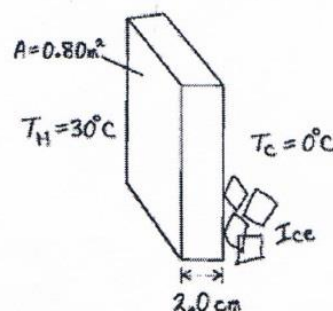
EVALUATE: The low heat current is a result of the low thermal conductivity of Styrofoam. A substantial amount of heat flows in 24 hours, but a relatively small amount of ice melts because the heat of fusion is high.

17.25 Conduction of heat across the walls of a Styrofoam cooler.

(a) A cooler at the beach

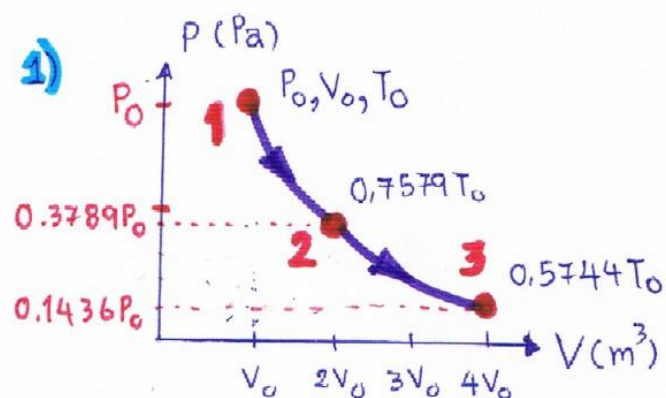


(b) Our sketch for this problem



ข้อ 5 แก๊สอุดมคติชนิดหนึ่งมีความจุความร้อนโมลาร์ที่ปริมาตรคงตัว C_V ตัวอย่างหนึ่งของแก๊สนี้เดิมมีปริมาตร V_0 ที่ความดัน P_0 และอุณหภูมิ T_0 แก๊สขยายตัวแบบแอเดียแบติกจนมีปริมาตร $2V_0$ แล้วขยายตัวต่อแบบแอเดียแบติกจนมีปริมาตรสุดท้าย $4V_0$

1. จงเขียนแผนภาพ PV สำหรับลำดับกระบวนการเหล่านี้
 2. จงหางานทั้งหมดที่แก๊สทำสำหรับลำดับกระบวนการเหล่านี้
 3. จงหาอุณหภูมิสุดท้ายของแก๊ส
 4. จงหาค่าสัมบูรณ์ $|Q|$ ของความร้อนที่ไหลทั้งหมดที่เข้าและออกสำหรับลำดับกระบวนการเหล่านี้และบอกทิศทางการไหลของความร้อน
- กำหนดให้ $W = nC_V(T_2 - T_1)$ (กระบวนการแอเดียแบติก) (ให้ $\gamma = 1.4$)



ต.ท.1	P_0	V_0	T_0
ต.ท.2		$2V_0$	
ต.ท.3		$4V_0$	

1→2: $P_1 V_1^\gamma = P_2 V_2^\gamma \rightarrow P_2 = P_1 \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^\gamma = P_0 \left(\frac{V_0}{2V_0} \right)^{1.4} = 0.3789 P_0$
 $T_1 V_1^{\gamma-1} = T_2 V_2^{\gamma-1} \rightarrow T_2 = T_1 \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^{\gamma-1} = T_0 \left(\frac{V_0}{2V_0} \right)^{1.4-1} = 0.7579 T_0$

2→3: $P_2 V_2^\gamma = P_3 V_3^\gamma \rightarrow P_3 = P_2 \left(\frac{V_2}{V_3} \right)^\gamma = 0.3789 P_0 \left(\frac{2V_0}{4V_0} \right)^{1.4} = 0.1436 P_0$
 $T_2 V_2^{\gamma-1} = T_3 V_3^{\gamma-1} \rightarrow T_3 = T_2 \left(\frac{V_2}{V_3} \right)^{\gamma-1} = 0.7579 T_0 \left(\frac{2V_0}{4V_0} \right)^{0.4} = 0.5744 T_0$

2) $W_T = W_{12} + W_{23}$

$$= nC_V(T_2 - T_1) + nC_V(T_3 - T_2)$$

$$= nC_V T_2 - nC_V T_1 + nC_V T_3 - nC_V T_2$$

$$= nC_V(T_3 - T_1) = nC_V(0.5744 T_0 - T_0) = -0.4256 T_0 nC_V \quad \#$$

ไม่ใช่ พ = $\frac{1}{1-\gamma} [P_2 V_2 - P_1 V_1]$
 เพราะใจนักบุญสุดรก

3) $T_{\text{final}} = 0.5744 T_0 \quad \#$

4) $Q_{12} = \Delta U_{12} + W_{12}$, $Q_{23} = \Delta U_{23} + W_{23} = \frac{3}{2} nR(T_3 - T_2) + nC_V(T_3 - T_2)$

(อะตอมเดี่ยว) $= \frac{3}{2} nR(T_2 - T_1) + nC_V(T_2 - T_1) < 0$