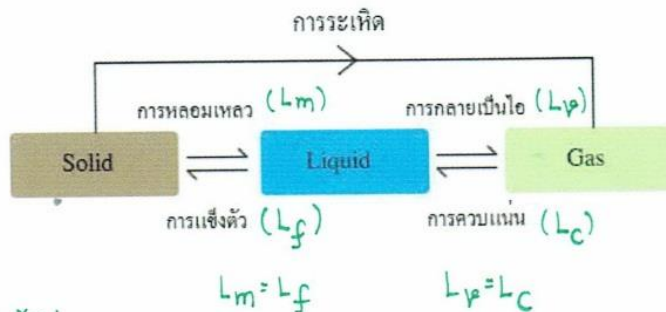
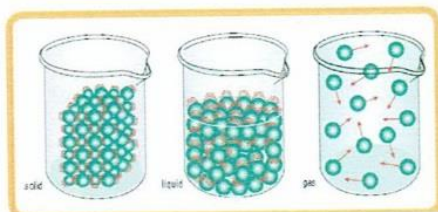


Chapter : Thermal and Thermodynamics

- Concepts**
- 1) การคำนวณความร้อน, สมดุลความร้อน, พลังงานกับความร้อน
 - 2) กฎของแก๊ส, การคำนวณแก๊ส 2 สภาวะ, ทฤษฎีจลน์ของแก๊ส
 - 3) พลังงานภายใน, งานที่แก๊สทำ, เทอร์โมไดนามิกส์เบื้องต้น

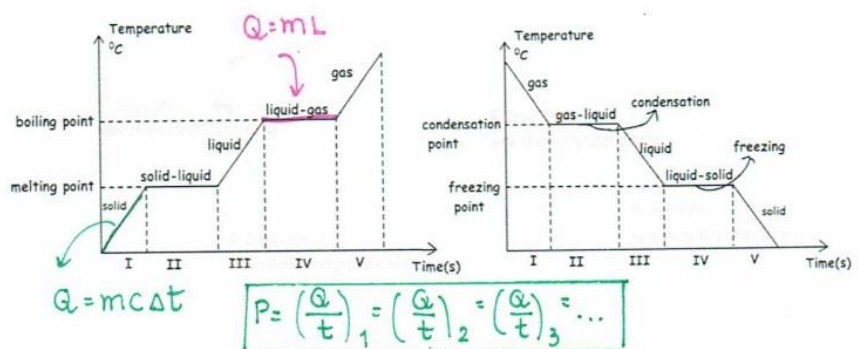
A) Heat and Thermal Equilibrium

A-1) Phases (States) of Matter

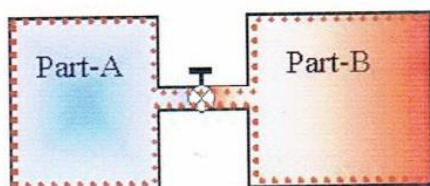


- ความจุความร้อน
- 1) $Q = mc\Delta t = C\Delta t$ ใช้คำนวณหา ความร้อนที่ใช้ในการเปลี่ยน Temp
 - 2) $Q = mL$ → ความร้อนแฝงจำเพาะ: ใช้คำนวณหา ความร้อนที่ใช้ในการเปลี่ยนสถานะ (มวลที่เปลี่ยนสถานะ)

A-2) Temperature VS. time graph

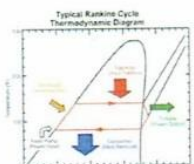


A-3) Thermal Equilibrium and The Zeroth law of Thermodynamics



เพิ่ม
 t_{comb}

$$\Delta Q_{เพิ่ม} = \Delta Q_{ลด}$$



A-4) Thermal energy and Energy

$$Q = \begin{cases} Pt \\ W_f = fs \\ mgh \\ \left| \frac{1}{2}mv^2 - \frac{1}{2}mu^2 \right| \\ nhf, mc^2 \end{cases}$$

$W = ItV = I^2Rt = \frac{V^2}{R}t$

$\rightarrow$ Hz
กิโลวัตต์

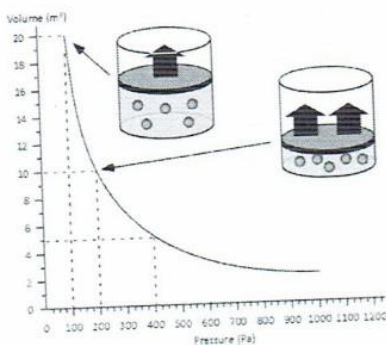
Note

$$Q = \frac{x}{100} (\text{Energy})$$

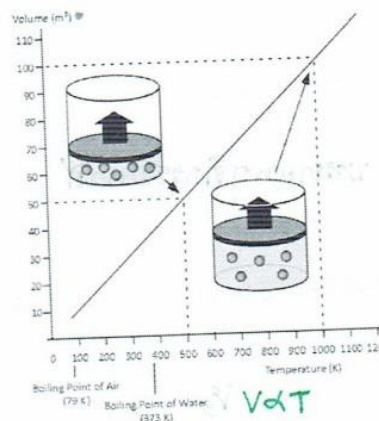
u, v
Q
Pa, m³, K
P, V, T

B) Law of Gases

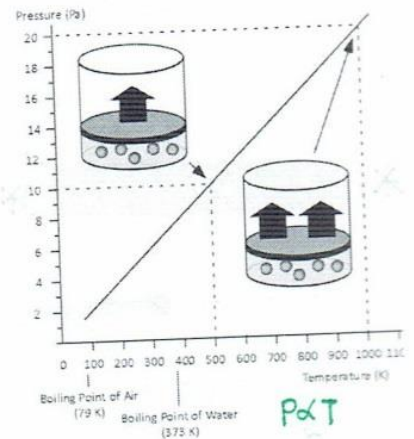
B-1) Boyle's Law



Charles's Law



Gay-Lussac's Law



B-2) Equations of gases

- กฎคำนวณ gas สภาวะเดียว (สมการสถานะ)

$$PV = nRT$$

$$PV = Nk_B T$$

โดย $R = 8.314 \text{ J/mol} \cdot \text{K}$ และ $k_B = 1.38 \times 10^{-23} \text{ J/K}$

$\hookrightarrow$ Boltzmann constant

$$n = \frac{m}{M} = \frac{N}{N_A}$$

kg
kg/mol
 6.02×10^{23}

- กฎรวม gas ใช้คำนวณแก๊สเปลี่ยนสภาวะ

$$1) \frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2} \quad (\text{gas ไม่รู้})$$

$$2) \frac{P_1 V_1}{x_1 T_1} = \frac{P_2 V_2}{x_2 T_2} \quad (\text{gas รู้})$$

$$\textcircled{1} \rightarrow \textcircled{2}$$

$$\textcircled{1} \rightarrow \textcircled{2} \quad x_1 \rightarrow x_2 \quad \Delta x$$

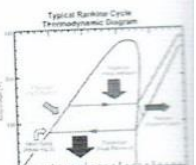
ที่เปลี่ยนสถานะ

O₂ มี $M = 32 \text{ g/mol}$
 $= 32 \times 10^{-3} \text{ kg/mol}$

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

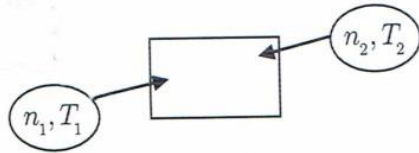
รู้ or ไม่รู้

เมื่อ $x = n, N, m$ และ ปริมาณที่รู้ออกไปใช้ : $\Delta x = x_1 - x_2$



- การหา P_{comb} and T_{comb}

Case 1



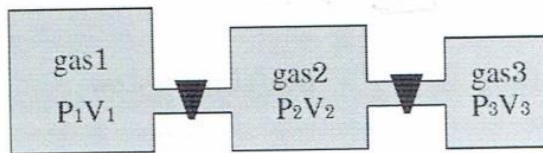
$$n_{comb} = n_1 + n_2 + n_3 + \dots$$

or $P_c V = n_c R T_c$

$$P_{comb} = \sum P_i = P_1 + P_2 + P_3 + \dots$$

$$T_{comb} = \frac{\sum n_i T_i}{\sum n_i}$$

Case 2



$$P_{comb} \neq P_1 + P_2 + P_3 + \dots$$

$$P_{comb} = \frac{\sum P_i V_i}{\sum V_i}$$

$$T_{comb} = T_{initial}$$

* C) Kinetics theory of gas * บรรยายพฤติกรรมแก๊ส

C-1) การหาค่า อัตราเร็วรากที่สองกำลังสองเฉลี่ย (root-mean-square speed, rms speed : v_{rms})

จากสูตร $PV = \frac{1}{3} Nm \langle v^2 \rangle$

* คำนวณ $v_{av} = 0$

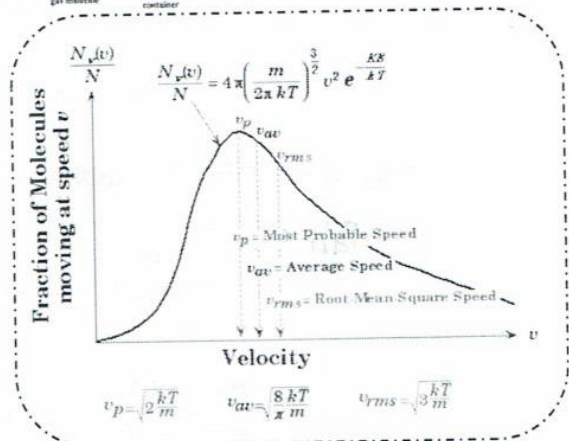
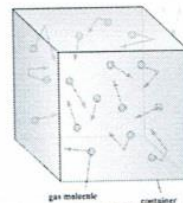


$$v_{rms} = \sqrt{\langle v^2 \rangle} \rightarrow \frac{v_1^2 + v_2^2 + v_3^2 + \dots}{N}$$

$$v_{rms} = \sqrt{\frac{3P}{\rho}}$$

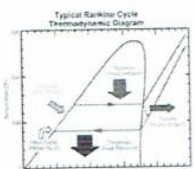
$$v_{rms} = \sqrt{\frac{3RT}{M}} \rightarrow \text{kg/mol}$$

$$v_{rms} = \sqrt{\frac{3k_B T}{m}} \rightarrow \text{มวล gas 1 โมเลกุล (kg)}$$



โดย v_{rms} = root-mean-square speed of a gas molecule

M = molar mass



C-2) พลังงานจลน์ของระบบ gas

1) พลังงานจลน์เฉลี่ยของแก๊สแต่ละโมเลกุล

$$\overline{E_k} = \langle E_k \rangle = \frac{3}{2} k_B T$$

$\langle E_k \rangle \propto T$
 ไม่ขึ้นกับชนิด gas

2) พลังงานจลน์ของแก๊สทั้งระบบ

$$E_k = N \langle E_k \rangle = \frac{3}{2} PV$$

$$PV = nRT$$

$$PV = Nk_B T$$



D) The First Law of Thermodynamics

D-1) พลังงานภายในระบบ (Internal Energy) และการเปลี่ยนแปลงพลังงานภายในระบบ

(The change in internal energy)

ดูจาก T $\begin{matrix} \uparrow + \\ \downarrow - \end{matrix}$

$$U = E_k = \frac{3}{2} PV$$

$$P_2 V_2 - P_1 V_1$$

$$\Delta U = \frac{3}{2} nR \Delta T = \frac{3}{2} Nk_B \Delta T = \frac{3}{2} (\Delta PV) \quad \text{for ideal monatomic gas}$$

$$\Delta U = \frac{5}{2} nR \Delta T = \frac{5}{2} Nk_B \Delta T = \frac{5}{2} (\Delta PV) \quad \text{for ideal diatomic gases}$$

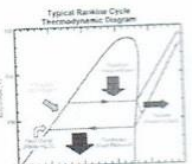
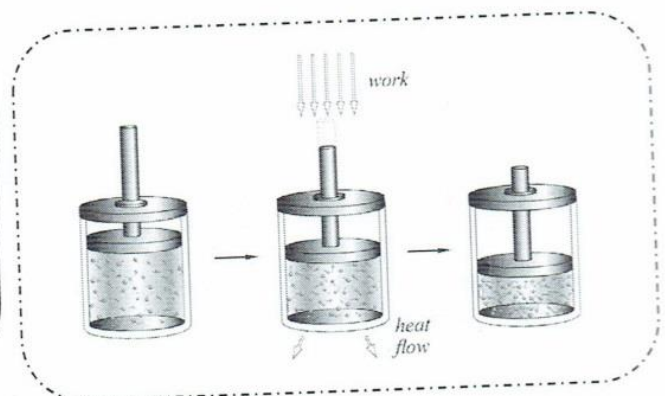
D-2) งานที่ทำโดย (Work done)

ดูจาก V $\begin{matrix} \uparrow + \\ \downarrow - \end{matrix}$

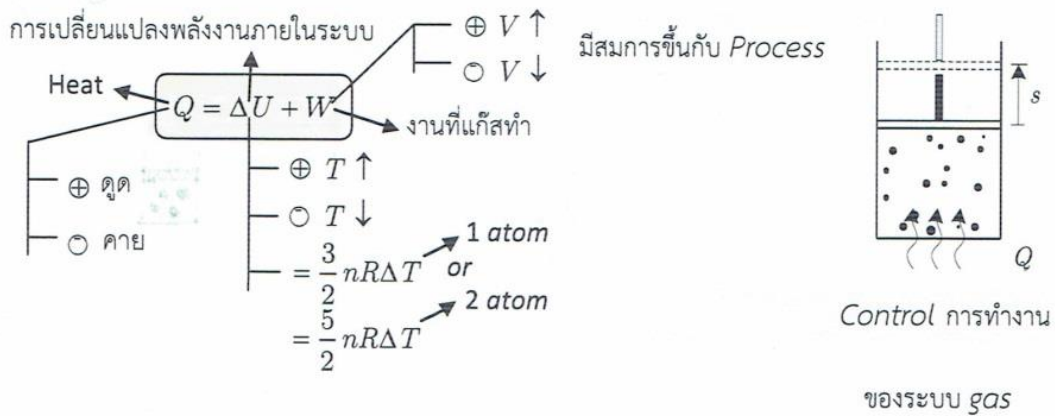
$$\Delta W = P \Delta V \quad (P \text{ คงที่})$$

$$= \bar{P} \Delta V = \left(\frac{P_1 + P_2}{2} \right) \Delta V \quad (P \text{ ไม่คงที่})$$

$$= nR \Delta T = Nk_B \Delta T$$

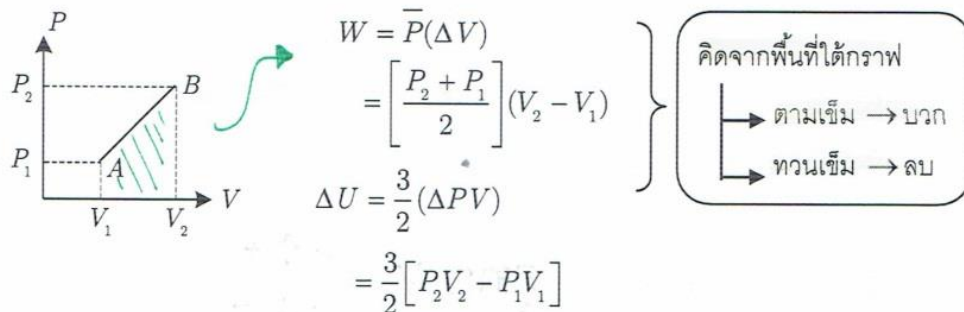


D-3) The First Law of Thermodynamics

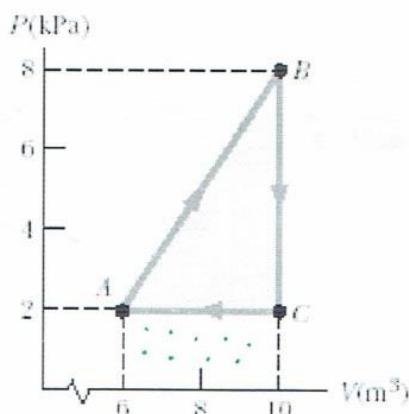


- Note
- 1) กระบวนการ ปริมาตรคงที่ (Isovolumetric) : $W = 0$
 - 2) กระบวนการ ความร้อนคงที่ (Adiabatic) : $Q = 0$
 - 3) กระบวนการ อุณหภูมิคงที่ (Isothermal) : $\Delta u = 0$
 - 4) กระบวนการ ความดันคงที่ (Isobaric) :

ตัวอย่าง



D-4) P-V Diagram



จากแผนภาพที่กำหนดให้ (แก๊ส 1 อะตอม)

จงหา

- 1) $W_{AB}, W_{BC}, W_{CA}, W_{ABCA}$
- 2) $\Delta U_{AB}, \Delta U_{BC}, \Delta U_{CA}, \Delta U_{ABCA}$
- 3) $Q_{AB}, Q_{BC}, Q_{CA}, Q_{ABCA}$

1) $W_{AB} = \frac{1}{2} (2+8) k (4) = 20 \text{ kJ} \# \text{ Area ทรานซิชัน}$

$W_{BC} = 0 \text{ J} \#$

$W_{CA} = -8 \text{ kJ} \#$

$W_{ABCA} = \text{Area } \Delta = \frac{1}{2} (4) 6 k = 12 \text{ kJ} \#$

Facebook (like) : phymath.pjue , Facebook : juenypovsky

2) $\Delta U_{AB} = \frac{3}{2} (P_2 V_2 - P_1 V_1) = \frac{3}{2} (80 - 12) k = 102 \text{ kJ}$

3) $Q_{AB} = \Delta U_{AB} + W_{AB}$

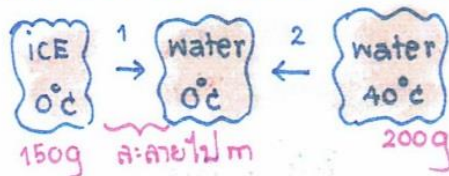


Problems

- 1) น้ำแข็ง 150 กรัม อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส ใส่ลงในน้ำ 200 กรัม อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส จะเกิดผลตามข้อใด กำหนดให้ความร้อนแฝงของการหลอมเหลวของน้ำแข็งเท่ากับ 80 แคลอรีต่อกรัม และความจุความร้อนจำเพาะของน้ำเท่ากับ 1 แคลอรีต่อกรัม เคลวิน

1. อุณหภูมิสุดท้ายเท่ากับ -11.4 องศาเซลเซียส กลายเป็นน้ำแข็งทั้งหมด
2. อุณหภูมิสุดท้ายเป็น 0 องศาเซลเซียส มีน้ำแข็งเหลือ 100 กรัม
3. อุณหภูมิสุดท้ายเท่ากับ 20 องศาเซลเซียส กลายเป็นน้ำทั้งหมด
4. อุณหภูมิสุดท้ายเป็น 0 องศาเซลเซียส มีน้ำแข็งเหลือ 50 กรัม

สมมติว่า ice ละลายไม่หมด $\rightarrow t_{\text{comb}} = 0^\circ\text{C}$



$$Q_{\uparrow} = Q_{\downarrow}$$

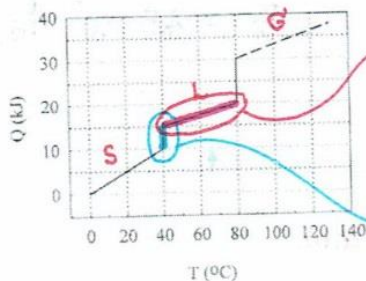
$$(mL)_1 = (mc\Delta T)_2$$

$$m(80) = 200(1)40$$

$$m = 100 \text{ g}$$

$$\therefore \text{เหลือ ice} = 150 - 100 = 50 \text{ g} \quad \#$$

- 2) ก้อนสารมีมวล 0.5 กิโลกรัม เมื่อนำเข้าตู้ปรับอุณหภูมิ ปริมาณความร้อนที่สารดูดกลืนไว้ Q สัมพันธ์กับอุณหภูมิ T ดังรูป จงหาว่าสารมีค่าความร้อนแฝงของการหลอมเหลว L เป็นกี่กิโลจูลต่อกิโลกรัม และค่าความจุความร้อนจำเพาะของสารในสถานะของเหลว c เป็นกี่กิโลจูลต่อกิโลกรัม-องศาเซลเซียส



$$Q = mc\Delta T$$

$$5 \text{ kJ} = 0.5 \text{ C} (80 - 40)$$

$$c = 0.25 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$$

$$Q = mL$$

$$5 \text{ kJ} = 0.5 L$$

$$L = 10 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

1. 10 และ 0.25
2. 15 และ 0.35
3. 20 และ 0.50
4. 30 และ 0.70

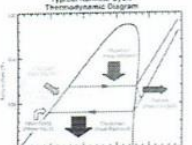
- 3) ลวดทำความร้อนต่อกับความต่างศักย์ 220 โวลต์ จุ่มอยู่ในถ้วยกาแฟที่ทำด้วยฉนวน ถ้วยนี้บรรจุน้ำ 200 กรัม พบว่าทำให้อุณหภูมิของน้ำเปลี่ยนจาก 20 องศาเซลเซียสไปเป็น 70 องศาเซลเซียสในเวลาครึ่งนาที จงหากระแสไฟฟ้าที่ผ่านลวดนี้ (ความจุความร้อนจำเพาะของน้ำเป็น 4.2 กิโลจูลต่อกิโลกรัมเคลวิน) $\rightarrow 30 \text{ second}$

$$W = Q$$

$$ItV = mc\Delta T$$

$$I(30)220 = 0.2(4.2 \times 10^3)(70 - 20)$$

$$I = 6.36 \text{ A} \quad \#$$



- 4) กระสุนปืนมวล 10 กรัม เคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็ว 1000 เมตร/วินาที เข้าไปในซีฟิ่งก้อนหนึ่งมวล 1 กิโลกรัม ซีฟิ่งก้อนนี้จะมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นประมาณกี่องศาเซลเซียส ถ้าถือว่าพลังงาน 80% ของกระสุนปืนเปลี่ยนเป็นพลังงานความร้อนในซีฟิ่ง ความร้อนจำเพาะของซีฟิ่งเป็น 0.6 แคลอรี/กรัม/องศาเซลเซียส และกำหนดให้พลังงานความร้อน 1 แคลอรีเทียบเท่าพลังงานกล 4 จูล

Bullet $\frac{80}{100} \times \frac{1}{2} m |v^2 - u^2| = mc\Delta T$

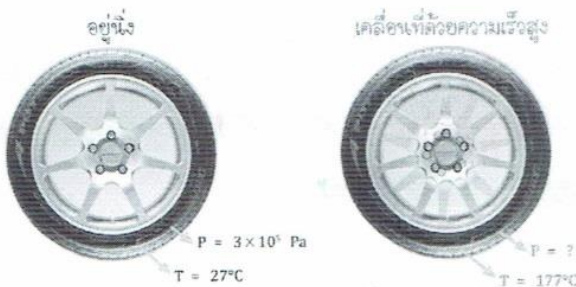
$0.4(0.01) |0 - 1000^2| = \frac{1 \times 0.6 \times 4 \times \Delta T}{10^3}$

$$\Delta T = 1.67^\circ\text{C}$$

or $\frac{0.8 \times \frac{1}{2} m |v^2 - u^2|}{4.2} = 1000(0.6)\Delta T$

$$\Delta T = 1.67^\circ\text{C}$$

- 5) ยางรถยนต์มีความดันลมภายในเท่ากับ 3×10^5 พาสคัล ที่อุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส เมื่อรถยนต์วิ่งด้วยความเร็วสูง อุณหภูมิของลมในยางรถยนต์เพิ่มขึ้นเป็น 177 องศาเซลเซียส ถ้าปริมาตรลมในยางรถยนต์เปลี่ยนแปลงน้อยมากจนถือว่าคงตัว ความดันของลมในยางรถยนต์จะเป็นเท่าไร



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

$$\frac{(3 \times 10^5)}{273 + 27} = \frac{P_2}{273 + 177}$$

$$P_2 = 4.5 \times 10^5 \text{ Pa}$$

- 6) ยางรถยนต์มีความดันแก๊ส 199 กิโลปาสคัล ที่อุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส ถ้าอุณหภูมิลมยางเพิ่มขึ้นเป็น 47 องศาเซลเซียส โดยปริมาตรภายในยางคงที่ ความดันแก๊สภายในยางตอนหลังเป็นเท่าใด (กำหนดให้ 1 บรรยากาศเท่ากับ 101 กิโลปาสคัล)

1. 219 กิโลปาสคัล
2. 320 กิโลปาสคัล
3. 421 กิโลปาสคัล
4. 500 กิโลปาสคัล

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

$$\frac{(199 + 101)}{273 + 27} = \frac{(P_g + 101)}{273 + 47} \rightarrow P_g = 219 \text{ kPa}$$

- 7) รถยนต์จอดในที่ร่ม อุณหภูมิอากาศภายในรถเป็น 27 องศาเซลเซียส แต่เมื่อจอดกลางแดดอุณหภูมิอากาศภายในรถเป็น 77 องศาเซลเซียส มวลอากาศแทรกออกจากรถไปก็เปอร์เซ็นต์เทียบกับมวลเดิม ให้ถือว่าความดันอากาศภายในรถคงเดิม

1. 14.3
3. 83.3

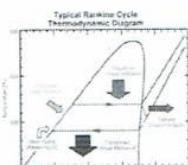
2. 16.7
4. 85.7

$$\frac{P_1 V_1}{m_1 T_1} = \frac{P_2 V_2}{m_2 T_2}$$

$$100(273 + 27) = m_2(273 + 77)$$

$$m_2 = 85.71$$

$$\therefore \Delta m = 100 - m_2 = 14.3 \text{ kg}$$



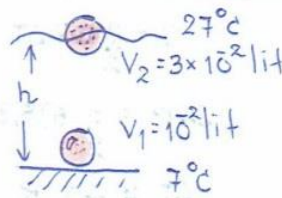
- 8) ฟองอากาศปริมาตร 1×10^{-2} ลิตร ลอยขึ้นจากพื้นผิวดินใต้ท้องทะเลซึ่งมีอุณหภูมิ 7 องศาเซลเซียส เมื่อลอยถึงผิวน้ำซึ่งมีอุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส ปรากฏว่ามีปริมาตร 3×10^{-2} ลิตร ถ้าน้ำทะเลมีความหนาแน่น 1030 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร และความดันบรรยากาศ 1×10^5 พาสคัล จงหาความลึกของน้ำทะเล

1. 27.5 m

2. 17.5 m

3. 14.8 m

4. 9.8 m



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

$$(sgh + P_{atm}) 10^{-2} = \frac{P_{atm} (3 \times 10^{-2})}{\frac{273+27}{273+7}}$$

$$1030 (10) h + 10^5 = \frac{280}{100} \times 10^5$$

- 9) สมมติว่าสามารถทดลองวัดค่าอัตราเร็วของโมเลกุลแต่ละตัวได้ทั้งหมด 5 โมเลกุล ได้การกระจาย อัตราเร็วโมเลกุลดังตาราง จงหาค่ารากที่สองของกำลังสองเฉลี่ยของอัตราเร็ว

อัตราเร็วโมเลกุล (เมตร/วินาที)	3	4	5
จำนวนโมเลกุล	2	2	1

$$v_{rms} = \sqrt{\langle v^2 \rangle}$$

$$= \sqrt{\frac{3^2 + 3^2 + 4^2 + 4^2 + 5^2}{5}}$$

$$= 3.9 \text{ m/s} \quad \#$$

1. 3.5 m/s

2. 3.9 m/s

3. 4.2 m/s

4. 4.5 m/s

- 10) ในบรรยากาศมีแก๊สไนโตรเจนและออกซิเจนเป็นส่วนใหญ่ มีแก๊สไฮโดรเจนปนอยู่บ้างแต่ในสัดส่วนน้อยมาก ถ้าวัดอัตราเร็ว v_{rms} ของโมเลกุลไฮโดรเจนเป็นกี่เท่าของ v_{rms} ของโมเลกุลออกซิเจน (กำหนดให้มวลโมเลกุลของไฮโดรเจนและออกซิเจนเป็น 2 และ 32 กรัมต่อโมล ตามลำดับ)

1. 1

2. 2

3. 3

4. 4

$$v_{rms} = \sqrt{\frac{3RT}{M}}$$

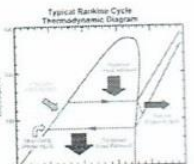
$$\frac{v_{H_2}}{v_{O_2}} = \sqrt{\frac{M_{O_2}}{M_{H_2}}} = \sqrt{\frac{32}{2}} = 4 \quad \#$$

- 11) แก๊สชนิดหนึ่งบรรจุในกระบอกสูบที่มีลูกสูบเลื่อนได้โดยก๊าซไม่รั่ว เมื่อทำให้ความหนาแน่นของก๊าซเพิ่มจากเดิมเป็นสองเท่า โดยความดันของก๊าซคงที่ อัตราเร็วเฉลี่ยของอนุภาคก๊าซจะต้องเปลี่ยนไปเป็นกี่เท่าของค่าเดิม

1. $\frac{1}{\sqrt{2}}$ 2. $\frac{1}{2}$ 3. $\sqrt{\frac{3}{2}}$ 4. $\frac{3}{2}$

$$v_{rms} = \sqrt{\frac{3P}{\rho}}$$

$$\frac{v_2}{v_1} = \sqrt{\frac{\rho_1}{\rho_2}} = \sqrt{\frac{\rho}{2\rho}} = \frac{1}{\sqrt{2}} \quad \#$$



- 12) กระบอกสูบบรรจุแก๊สอุดมคติ จำนวน 5 โมล ถ้ากระบอกสูบได้รับความร้อน 2,493 จูล โดยไม่มีงานใดๆ เกิดขึ้น อุณหภูมิของแก๊สในกระบอกสูบจะเปลี่ยนไปอย่างไร

1. ลดลง 20 เคลวิน
2. ลดลง 40 เคลวิน
3. เพิ่มขึ้น 20 เคลวิน
4. เพิ่มขึ้น 40 เคลวิน

$$Q = \Delta u + W$$

$$Q = \frac{3}{2} n R \Delta T$$

$$2493 = \frac{3}{2} (5) 8.31 \Delta T$$

$$\Delta T = 40 \text{ K}$$

- 13) ถ้าทำให้แก๊สฮีเลียม 1 โมล ร้อนขึ้นจาก 0 องศาเซลเซียส เป็น 100 องศาเซลเซียส ภายใต้ความดันคงตัว 1.0×10^5 นิวตันต่อตารางเมตร พลังงานภายในของแก๊สฮีเลียมนี้ จะเพิ่มขึ้นเท่าใด

1. 415 J
2. 830 J
3. 1245 J
4. 2075 J

$$\Delta u = \frac{3}{2} n R \Delta T$$

$$= \frac{3}{2} (1) 8.31 (100)$$

$$= 1245 \text{ J}$$

- 14) แก๊สในกระบอกสูบมีความดัน 100 kPa และปริมาตร 2 m^3 ถ้าแก๊สนี้ได้รับความร้อน 10 kJ จนมีความดัน 200 kPa และปริมาตร 4 m^3 จงหางานที่กระทำโดยแก๊สในกระบวนการนี้

1. 1 kJ
2. 4 kJ
3. 7 kJ
4. 8 kJ

$$Q = \Delta u + W$$

$$10 \text{ k} = \frac{3}{2} [P_2 V_2 - P_1 V_1] + W$$

$$10 \text{ k} = \frac{3}{2} \text{ k} [800 - 200] + W$$

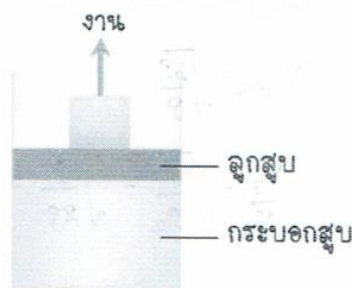
$$W = -890 \text{ kJ}$$

$$W = \left(\frac{P_1 + P_2}{2} \right) V$$

$$= \frac{300}{2}$$

- 15) ก๊าซชนิดหนึ่ง จำนวน 0.25 กิโลกรัม บรรจุในกระบอกสูบที่อุณหภูมิ 25°C ความดันสัมบูรณ์ 100 กิโลปาสคาล ความร้อนได้ให้แก่ก๊าซในกระบอกสูบ ทำให้อุณหภูมิเพิ่มขึ้นเป็น 75°C โดยความดันคงที่ และพลังงานภายในของก๊าซเปลี่ยนแปลงไป 5 กิโลจูล จงคำนวณหางานที่เกิดขึ้นจากการขยายตัวของก๊าซกำหนดให้ความร้อนจำเพาะของก๊าซเท่ากับ $1005 \text{ J/kg}\cdot\text{K}$

1. 0.756 kJ
2. 7.56 kJ
3. 75.6 kJ
4. 756 kJ

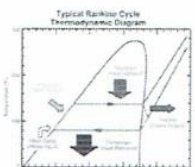


$$Q = \Delta u + W$$

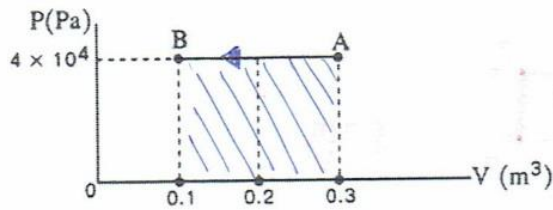
$$m c \Delta T = 5 \text{ k} + W$$

$$0.25 \frac{(1005)(75-25)}{1000} = 5 \text{ k} + W$$

$$W = 7.56 \text{ kJ}$$



- 16) ในการอัดแก๊สอุดมคติจากจุด A ไป B เราต้องทำงานกลเป็นปริมาณกี่จูล



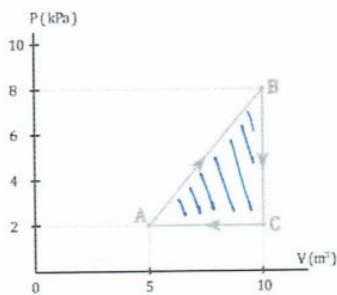
$$W = \text{Area}$$

$$= -4 \times 10^4 \times 0.2$$

$$= -8 \times 10^3 \text{ J}$$

$$\therefore W = 8 \text{ kJ} \#$$

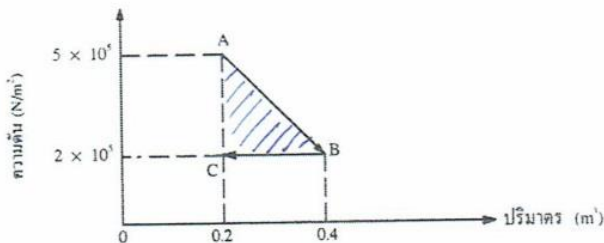
- 17) แก๊สจำนวนหนึ่งบรรจุในกระบอกสูบ ขณะที่อุณหภูมิคงที่ ปริมาตรกับความดันของแก๊สเปลี่ยนแปลงไปตามรูปกราฟ งานที่แก๊สทำในช่วง ABCA มีค่ากี่จูล



$$W_{ABCA} = +\frac{1}{2} (5) (6 \text{ k})$$

$$= +15 \text{ kJ} \#$$

- 18) ระบบหนึ่งประกอบด้วยกระบอกสูบบรรจุแก๊สอุดมคติ ถ้าแก๊สภายในกระบอกสูบมีการเปลี่ยนแปลงความดันและปริมาตร ดังกราฟจาก A → B → C จงหาว่างานที่แก๊สทำในขบวนการนี้ในหน่วยจูล

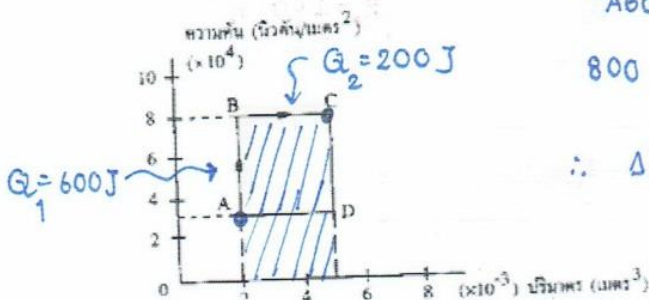


$$W_{ABC} = \frac{1}{2} (0.2) 3 \times 10^5$$

$$= 30 \times 10^3 \text{ J}$$

$$= 30 \text{ kJ} \#$$

- 19) ระบบทางเทอร์โมไดนามิกส์ระบบหนึ่ง แสดงได้ด้วยกราฟดังรูป การเพิ่มความดันจาก A → B ต้องใช้ปริมาณความร้อนเท่ากับ 600 จูล ใส่เข้าไปในระบบ และในการขยายตัวของระบบจาก B → C ต้องการปริมาณความร้อนเพิ่มอีก 200 จูล จงหาว่า พลังงานภายในของระบบที่เปลี่ยนแปลง ในกระบวนการจาก A → B → C มีค่ากี่จูล



$$Q_{ABC} = \Delta U_{ABC} + W_{ABC}$$

$$800 = \Delta U_{ABC} + (8 \times 3) \times 10^4 \times 10^{-3}$$

$$\therefore \Delta U_{ABC} = 800 - 240$$

$$= 560 \text{ J} \#$$

