ทฤษฎีจลน์ของแก๊ส

พลังงานจลน์เฉลี่ยของแก๊ส

$E_k = \frac{3}{2} k_B T$ และถ้าใช้ $\frac{PV}{N} = k_b T$ จะได้ $E_k = \frac{3}{2}\frac{PV}{N} = \frac{3}{2}\frac{nRT}{N}$ ด้วย

- E_k คือ พลังงานจลน์เฉลี่ยของแก๊ส *ต่อ 1 โมเลกุล*
- จุดสำคัญ: E_k (หรือ $\overline{E}_k$) คือพลังงานจลน์ *เฉลี่ย* ของโมเลกุลเดี่ยว ๆ สังเกตว่ามันขึ้นอยู่กับอุณหภูมิสัมบูรณ์ (T) เท่านั้น ถ้าอุณหภูมิเท่ากัน แก๊สคนละชนิดก็มีพลังงานจลน์เฉลี่ยต่อโมเลกุลเท่ากัน

อัตราเร็วของแก๊ส

$v = \sqrt{\frac{3k_B T}{m}}$ หรือ $v = \sqrt{\frac{3RT}{M}} = \sqrt{\frac{3P}{\rho}}$

- **คือ** อัตราเร็วรากที่สองของกำลังสองเฉลี่ย (root-mean-square speed, v_{rms})
- ตัวแปร:
  - m = มวลของแก๊ส 1 โมเลกุล (kg)
  - M = มวลต่อโมล (kg/mol)
  - ρ = ความหนาแน่นของแก๊ส (kg/m³)

พลังงานภายในระบบ

$U = NE_K = \frac{3}{2}PV = \frac{3}{2}Nk_B T = \frac{3}{2}nRT$

- **คือ** : พลังงานภายในระบบ (Internal Energy, U)
- จุดสำคัญ: U คือ พลังงานจลน์ *ทั้งหมด* ของโมเลกุลแก๊สทั้งระบบ (สำหรับแก๊สอุดมคติอะตอมเดี่ยว พลังงานภายในจะเท่ากับพลังงานจลน์รวม)
- ความสัมพันธ์: $U = N \times E_k$ (พลังงานทั้งหมด = จำนวนโมเลกุล × พลังงานเฉลี่ยต่อโมเลกุล)

อุณหพลศาสตร์

$$W = P\Delta V$$

- **คืออะไร: งานที่ทำโดยแก๊ส (Work done by gas)**
- **เมื่อไหร่ใช้:** สมการนี้ใช้สำหรับกระบวนการที่ **ความดันคงที่ (Isobaric process)** เท่านั้น
- ΔV = ปริมาตรที่เปลี่ยนไป ($V_2 - V_1$)
  - ถ้า $\Delta V > 0$ (แก๊สขยายตัว) $W > 0$ (ระบบทำงาน)
  - ถ้า $\Delta V < 0$ (แก๊สหดตัว) $W < 0$ (ระบบถูกทำงาน)
- **หมายเหตุ:** ถ้าความดันไม่คงที่ งาน (W) จะเท่ากับพื้นที่ใต้กราฟ P-V

$$Q = \Delta U + W$$

- **คืออะไร: กฎข้อที่ 1 ของอุณหพลศาสตร์ (First Law of Thermodynamics)**
- **ความหมาย:** พลังงานที่ให้เข้าระบบในรูปความร้อน (Q) จะถูกเปลี่ยนไปเป็น 1. พลังงานภายในที่เพิ่มขึ้น (ΔU) และ 2. งานที่ระบบทำออกมา (W)
- **ข้อควรระวังเรื่องเครื่องหมาย (สำคัญมาก!):**
  - Q **(ความร้อน):** Q เป็นบวก (+) เมื่อความร้อน *ไหลเข้า* ระบบ
    Q เป็นลบ (-) เมื่อความร้อน *ไหลออก* จากระบบ
  - ΔU **(พลังงานภายใน):** ΔU เป็นบวก (+) เมื่ออุณหภูมิ *สูงขึ้น*
    ΔU เป็นลบ (-) เมื่ออุณหภูมิ *ลดลง*
  - W **(งาน):** W เป็นบวก (+) เมื่อระบบ *ทำงาน* (แก๊สขยายตัว)
    W เป็นลบ (-) เมื่อระบบ *ถูกทำงาน* (แก๊สหดตัว)

1. **สมมติว่าสามารถทดลองวัดค่าอัตราเร็วของโมเลกุล แต่ละตัวได้ทั้งหมด 5 โมเลกุล ซึ่งมีอัตราเร็วโมเลกุลเป็น 3 , 3 , 4 , 4 และ 5 เมตร / วินาที ตามลำดับ จงหาค่ารากที่สองของกำลังสองเฉลี่ยของอัตราเร็ว**

   1. 3.5 m/s

   2. 3.9 m/s

   3. 4.2 m/s

   4. 4.5 m/s

2. **จงหาอัตราเร็วของโมเลกุลแก๊สไฮโดรเจน (H_2) ที่อุณหภูมิ 27°C**

   1. 1564 m/s

   2. 1796 m/s

   3. 1825 m/s

   4. 1934 m/s

3. **บรรจุแก๊สในถังที่มีปริมาตร 0.2 เมตร^3 ที่ความดัน 10^4 นิวตัน/เมตร^2 ภายใต้ภาวะนี้แก๊สมี 0.6×10^{22} โมเลกุล พลังงานจลน์เฉลี่ยของแต่ละ โมเลกุลของแก๊สมีค่าเท่าใด**

   1. 1.38×10^{-19} จูล
   2. 2.07×10^{-19} จูล
   3. 5×10^{-19} จูล
   4. 6×10^{-19} จูล

4. **พลังงานภายในของแก๊สฮีเลียม 10 โมล จะเปลี่ยนไปเท่าใด เมื่ออุณหภูมิของแก๊สฮีเลียมเปลี่ยนไป 20 องศาเซลเซียส**

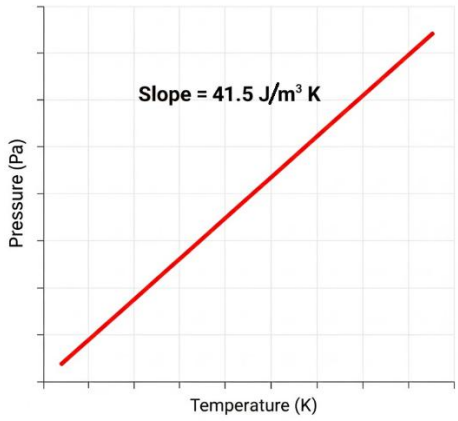
    1. 6400 จูล

    2. 5820 จูล

    3. 3593 จูล

    4. 2493 จูล

5. **แก๊สอุดมคติบรรจุอยู่ในภาชนะปิดปริมาตรคงตัว 0.5 ลูกบาศก์เมตร วัดความดันของแก๊สขณะที่แก๊สมีอุณหภูมิต่างๆ แล้วนำข้อมูลที่วัดได้ไปเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความดันของแก๊สและอุณหภูมิของแก๊ส ได้ผลดังกราฟ**



กำหนดให้:

ค่าคงตัวแก๊ส R = 8.3 J/(mol K)

ค่าคงตัวอาโวกาโดร N_A = 6.0 x 10^{23} mol^{-1}

ค่าคงตัวโบลซ์มันน์ k_B = 1.4 x 10^{-23} J/K

คำถาม: แก๊สภายในภาชนะมีจำนวนกี่โมล (วิชาสามัญ 65)

6. **ระบบหนึ่ง เมื่อได้รับความร้อน 8000 จูล จะทำให้พลังงานภายในระบบเพิ่มขึ้น 6000 จูลอยากทราบว่าในการนี้ต้องทำงานให้แกระบบหรือระบบทำงานเท่าไร**

   1. ระบบทำงาน 1250 จูล

   2. ระบบทำงาน 2000 จูล

   3. ทำงานให้ระบบ 1250 จูล

   4. ทำงานให้ระบบ 2000 จูล

7. **วิชาสามัญ เม.ย. 64) บรรจุแก๊สอาร์กอนและแก๊สฮีเลียมจำนวนเท่ากันในภาชนะปิดใบหนึ่งโดยแก๊สทั้งสองมีสมบัติใกล้เคียงแก๊สอุดมคติ และอยู่ในสมดุลความร้อนที่อุณหภูมิ 300 เคลวินพิจารณาข้อความต่อไปนี้**

   ก. พลังงานจลน์เฉลี่ยของแก๊สอาร์กอนและแก๊สฮีเลียมในภาชนะมีค่าไม่เท่ากัน

   ข. อัตราเร็วเฉลี่ยของแก๊สฮีเลียมมากกว่าอัตราเร็วเฉลี่ยของแก๊สอาร์กอน

   ค.ที่สมดุลความร้อน แก๊สอาร์กอนทุกโมเลกุลในภาชนะมีอัตราเร็วเท่ากัน

ข้อความใดถูกต้อง

   1. ข. เท่านั้น

   2. ค. เท่านั้น

   3. ก. และ ข.

   4. ก. และ ค.

   5. ข. และ ค.

8. **ทรงกระบอกที่มีลูกสูบเคลื่อนที่ได้คล่อง ภายในบรรจุแก๊สอุดมคติ 2 โมล อุณหภูมิ 67 องศาเซลเซียสและมีความดันคงตัวเท่ากับ 10 กิโลพาสคัล กำหนดให้ R เป็นค่าคงตัวแก๊ส ถ้าลดอุณหภูมิของแก๊สลงช้าๆ จนเหลือ 48 องศาเซลเซียส โดยความดันเท่าเดิม งานที่เกิดขึ้นเมื่อลูกสูบเคลื่อนที่มีค่าเท่าใด และระบบมีการเปลี่ยนแปลงปริมาตรอย่างไร**

   1. $3.8R \times 10^{-3}$ และ ปริมาตรลดลง

   2. 38R และ ปริมาตรลดลง

   3. 38R และ ปริมาตรเพิ่มขึ้น

   4. $3.8R \times 10^{5}$ และ ปริมาตรลดลง

   5. $3.8R \times 10^{5}$ และ ปริมาตรเพิ่มขึ้น

9. แก๊สอุดมคติชนิดหนึ่งบรรจุอยู่ในภาชนะปิดใบหนึ่งที่มีปริมาตรคงตัว โดยแก๊สมีอุณหภูมิ T_1 เมื่อทำให้อุณหภูมิของแก๊สเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม พบว่า อัตราเร็วอาร์เอ็มเอสของโมเลกุลแก๊สเท่ากับ 2 เท่า ของค่าเดิม พลังงานจลน์เฉลี่ยของโมเลกุลแก๊สหลังจากเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิดังข้างต้น มีค่าเท่าใดในรูปความสัมพันธ์กับ T_1

กำหนดให้ อุณหภูมิ T_1 เป็นอุณหภูมิสัมบูรณ์

K_B เป็นค่าคงตัวโบลต์ซมันน์

ไม่มีการถ่ายโอนความร้อนระหว่างระบบกับสิ่งแวดล้อม

1. $\frac{3}{8}k_BT_1$
2. $\frac{3}{4}k_BT_1$
3. $3k_BT_1$
4. $6k_BT_1$
5. $12k_BT_1$

10. (A-Level 67) แก๊สฮีเลียม (He) มีมวล 12 กรัม ถูกบรรจุไว้ในภาชนะที่มีปริมาตรคงที่ 1 ลิตรเดิมมีอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ต่อมาให้ความร้อนกับแก๊สจนมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นเป็น 20 องศาเซลเซียสจงหาว่าความดันจะเพิ่มขึ้นหรือลดลงเท่าใด ในหน่วยกิโลปาสคาล

กำหนดให้ ค่าคงที่แก๊ส (R) เท่ากับ 8.3 จูลต่อโมลเคลวิน

1. ลดลง 373.5 กิโลปาสคาล
2. ลดลง 747.0 กิโลปาสคาล
3. เพิ่มขึ้น 373.5 กิโลปาสคาล
4. เพิ่มขึ้น 747.0 กิโลปาสคาล
5. ความดันคงที่

10. แก๊สอุดมคติชนิดหนึ่งบรรจุอยู่ในภาชนะปิด โดยแก๊สมีอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส

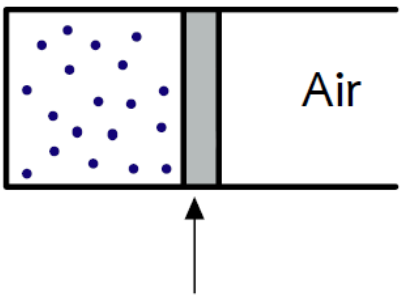
กำหนดให้ k_B เป็นค่าคงตัวโบลต์ซมัน

m เป็นมวลของแก๊ส 1 โมเลกุล

อัตราเร็วอาร์เอ็มเอสของโมเลกุลของแก๊สดังกล่าวมีค่าเป็นเท่าใด

1. $\sqrt{\frac{150k_B}{m}}$
2. $\sqrt{\frac{300k_B}{m}}$
3. $\sqrt{\frac{373k_B}{m}}$
4. $\sqrt{\frac{819k_B}{m}}$
5. $\sqrt{\frac{1{,}119k_B}{m}}$

11. เมื่อตั้งต้นลูกสูบอยู่นิ่งๆ ในกระบอกสูบที่วางตัวในแนวระดับ ต่อมาใส่ความร้อนให้แก๊สเท่ากับ $2Q$ ปริมาตรของแก๊สอุดมคติจะเพิ่มขึ้นจากเดิมเท่าไร และพลังงานภายในเปลี่ยนไปเท่าใด



ความดันบรรยากาศ = P_0

ลูกสูบลื่น พื้นที่ตัดขวาง A

1. $\frac{2Q}{5P_o}, \frac{3Q}{5}$
2. $\frac{2Q}{5P_o}, \frac{6Q}{5}$
3. $\frac{4Q}{5P_o}, \frac{6Q}{5}$
4. $\frac{4Q}{5P_o}, \frac{3Q}{5}$
5. $\frac{3Q}{5P_o}, \frac{3Q}{5}$

12. แก๊สอุดมคติชนิดหนึ่งบรรจุอยู่ในกระบอกสูบที่มีลูกสูบเลื่อนได้โดยแก๊สไม่รั่ว ถ้าทำให้ความหนาแน่นของแก๊สเพิ่มจากเดิมเป็นสองเท่า โดยความดันของแก๊สคงตัว

พิจารณาข้อความต่อไปนี้

ก. อัตราเร็วเฉลี่ยของแก๊สเปลี่ยนไปเป็น $\sqrt{2}$ เท่าของเดิม

ข. อุณหภูมิของแก๊สในกระบอกสูบเปลี่ยนไปเป็น 0.5 เท่าของเดิม

ค. พลังงานจลน์เฉลี่ยของแก๊สเปลี่ยนไปเป็น $\frac{1}{\sqrt{2}}$ เท่าของเดิม

ข้อความใดถูกต้อง

1. ข. เท่านั้น
2. ค. เท่านั้น
3. ก. และ ข.
4. ก. และ ค.
5. ข. และ ค.