

บทที่ 18 ความร้อน

18.1 ความร้อน

ความร้อน เป็นพลังงานรูปหนึ่งที่สามารถทำงานได้ และเปลี่ยนเป็นพลังงานรูปอื่นได้ ความร้อนอาจจะเปลี่ยนรูปมาจากพลังงานรูปอื่นได้ เช่น พลังงานเคมี พลังงานไฟฟ้า ฯลฯ

ความร้อน เป็นพลังงานซึ่งสามารถถ่ายเทจากวัตถุที่มีอุณหภูมิสูงไปสู่วัตถุที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า ความร้อนจะถ่ายเทให้กันจนกระทั่งอุณหภูมิเท่ากัน

หน่วยของพลังงานความร้อน(ที่ใช้โดยทั่วไป)

1. จูล (joule, J) เป็นหน่วยของพลังงานกลที่ใช้ในระบบเอสไอ
2. แคลอรี (calorie, cal) เป็นหน่วยหนึ่งของพลังงานความร้อน (โดยที่ $1 \text{ cal} = 4.186 \text{ J}$)
1 แคลอรี คือ พลังงานความร้อนที่ทำให้ให้น้ำที่มีมวล 1 กรัม มีอุณหภูมิเพิ่มขึ้น 1 องศาเซลเซียส ($^{\circ}\text{C}$) (ในช่วง 14.5°C ถึง 15.5°C) ที่ความดัน 1 บรรยากาศ
3. บีทียู (British thermal unit หรือ Btu) คือ พลังงานความร้อนที่ทำให้ให้น้ำที่มีมวล 1 ปอนด์ มีอุณหภูมิเพิ่มขึ้น 1 องศาฟาเรนไฮต์ ($^{\circ}\text{F}$) (ในช่วง 63°F ถึง 64°F) ที่ความดัน 1 บรรยากาศ ($1 \text{ Btu} = 252 \text{ cal} = 1,055 \text{ J}$)

18.1.1 อุณหภูมิ

อุณหภูมิ คือ ปริมาณที่ใช้บอกระดับความร้อน

ก. เครื่องมือวัดอุณหภูมิ เทอร์มอมิเตอร์เป็นเครื่องมือวัดอุณหภูมิ ซึ่งสร้างขึ้นจากการอาศัยสมบัติบางอย่างทางฟิสิกส์ที่เปลี่ยนไปตามความร้อนที่เปลี่ยนแปลง

ข. หน่วยของอุณหภูมิ อุณหภูมิวัดในหน่วย องศาเซลเซียส องศาฟาเรนไฮต์เคลวิน และโรเมอร์ แต่ที่ใช้ในระบบ SI คือ เคลวิน

เมื่อ K แทน ค่าอุณหภูมิในหน่วยเคลวิน F แทน ค่าอุณหภูมิในหน่วยองศาฟาเรนไฮต์

C แทน ค่าอุณหภูมิในหน่วยองศาเซลเซียส R แทน ค่าอุณหภูมิในหน่วยองศาโรเมอร์

จะได้ว่า
$$\frac{C}{5} = \frac{F - 32}{9} = \frac{R}{4} = \frac{K - 273}{5}$$

18.1.2 การขยายตัวของวัตถุเนื่องจากความร้อน

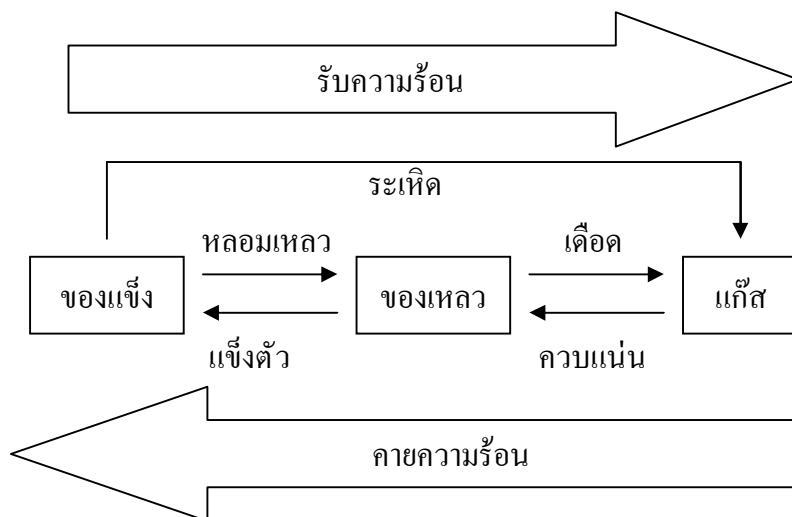
วัตถุโดยทั่วไปเมื่อได้รับความร้อนจะขยายตัว ซึ่งทำให้ความยาวหรือพื้นที่หน้าตัดหรือปริมาตรของวัตถุเพิ่มขึ้น ในทางกลับกันถ้าวัตถุสูญเสียความร้อนหรือคายความร้อนวัตถุก็จะหดตัวทำให้มีความยาวหรือพื้นที่หน้าตัดหรือปริมาตรลดลง

สมบัติสำคัญที่เกี่ยวกับการขยายตัวของของแข็งที่ควรทราบ ได้แก่

1. ของแข็งต่างชนิดกันถ้าเดิมมีความยาวเท่ากัน เมื่อร้อนขึ้นเท่ากันจะมีส่วนขยายตัวเพิ่มขึ้นไม่เท่ากัน
2. ของแข็งชนิดเดียวกัน ถ้าเดิมมีความยาวเท่ากัน เมื่อร้อนขึ้นเท่ากัน จะขยายตัวเพิ่มขึ้นเท่ากัน
3. สมบัติของการขยายตัวและหดตัวของวัตถุเมื่ออุณหภูมิเปลี่ยน เป็นเรื่องที่วิศวกรต้องคำนึงถึงเวลานำวัตถุนำใช้งาน

18.1.3 ความจุความร้อน สถานะและการเปลี่ยนสถานะของสาร

1. สถานะของสารโดยทั่วไปแบ่งได้เป็น 3 สถานะ คือ ของแข็ง ของเหลว และแก๊ส การเปลี่ยนแปลงสถานะเนื่องจากของแข็ง เมื่อได้รับความร้อนจะกลายเป็นของเหลว ถ้าร้อนมากขึ้นจะกลายเป็นแก๊ส เขียนแผนผังได้ดังนี้



2. การเปลี่ยนแปลงจากของแข็งเป็นของเหลว หรือจากของเหลวเป็นแก๊ส เรียกว่าการเปลี่ยนแปลงสถานะ

3. การเปลี่ยนแปลงสถานะจากของแข็งเป็นของเหลว และจากของเหลวเป็นของแข็ง ในขณะที่วัตถุกำลังเปลี่ยนสถานะ อุณหภูมิของวัตถุจะคงที่อยู่ตลอดเวลา การเปลี่ยนแปลงสถานะจากของแข็งเป็นของเหลว เรียกว่าการหลอมเหลว หรือการกลายเป็นของเหลว ส่วนการเปลี่ยนสถานะจากของเหลวเป็นของแข็ง เรียกว่า การกลายเป็นของแข็ง หรือเยือกแข็ง

4. จุดหลอมเหลว (melting point) คือ อุณหภูมิในขณะที่ของแข็งกำลังเปลี่ยนสถานะเป็นของเหลวภายใต้ความดันปกติ

5. จุดเยือกแข็ง (Freezing point) คือ อุณหภูมิในขณะที่ของเหลวกำลังเปลี่ยนสถานะเป็นของแข็งภายใต้ความดันปกติ

6. ความร้อนแฝงจำเพาะ (Specific Latent Heat, L) หมายถึง ความร้อนที่ทำให้วัตถุมวล 1 หน่วยเปลี่ยนสถานะทั้งหมด โดยอุณหภูมิไม่เปลี่ยนแปลง

$$L = \frac{\Delta Q}{m} \dots\dots\dots(18.1)$$

มีหน่วยเป็น kJ/kg หรือ J/g หรือ J/kg

ความร้อนแฝงจำเพาะของสารมี 2 ชนิดคือ

6.1. ความร้อนแฝงจำเพาะของการหลอมเหลว คือปริมาณความร้อนที่ทำให้สารนั้นหนึ่งหน่วยเปลี่ยนสถานะจากของแข็งเป็นของเหลว โดยที่อุณหภูมิไม่เปลี่ยนแปลง ความร้อนแฝงจำเพาะของการหลอมเหลวของน้ำ เท่ากับ 80 cal/g หรือ 333 kJ/kg หรือ 333×10^3 J/kg

6.2 ความร้อนแฝงจำเพาะของการกลายเป็นไอ คือ ปริมาณความร้อนที่ให้สารนั้นหนึ่งหน่วยเปลี่ยนสถานะจากของเหลวกลายเป็นไอ โดยที่อุณหภูมิไม่เปลี่ยนแปลง ความร้อนแฝงจำเพาะของการกลายเป็นไอของน้ำ เท่ากับ 540 cal/g หรือ 536 cal/g หรือ 2,256 kJ/kg หรือ $2,256 \times 10^3$ J/kg

7. หลักการคำนวณเกี่ยวกับความร้อนแฝงจำเพาะ ใช้สูตรดังนี้

$$\Delta Q = mL \dots\dots\dots(18.2)$$

เมื่อ ΔQ คือ ปริมาณความร้อน (cal หรือ J)

m คือ มวลสาร (g หรือ kg)

L คือ ความร้อนแฝงจำเพาะของสาร (cal/g หรือ kJ/kg หรือ J/kg)

สิ่งที่ควรทราบเพิ่มเติม

1. ความจุความร้อน (Heat Capacity, C) หมายถึง ปริมาณความร้อนที่ทำให้ระบบมีอุณหภูมิเปลี่ยนไป 1 หน่วย

$$C = \frac{\Delta Q}{\Delta T} \dots\dots\dots(18.3)$$

เมื่อ ΔQ คือ ปริมาณความร้อนหรือพลังงานความร้อน (cal หรือ J)

C คือ ความจุความร้อน (cal/°C หรือ cal/K หรือ J/°C หรือ J/K)

ΔT คือ อุณหภูมิที่เปลี่ยนไป (K)

2. ความจุความร้อนจำเพาะ (Specific heat Capacity , c) หมายถึง ปริมาณความร้อนที่ทำให้วัตถุ 1 หน่วย มีอุณหภูมิเปลี่ยนไป 1 หน่วย

$$c = \frac{C}{m} = \frac{\Delta Q}{m \Delta T} \dots\dots\dots(18.4)$$

เมื่อ ΔQ คือ ปริมาณความร้อนหรือพลังงานความร้อน (cal หรือ J)

C คือ ความจุความร้อน (cal/°C หรือ cal/K หรือ J/°C หรือ J/K)

C คือ ความจุความร้อนจำเพาะ (cal/ kg°C , cal/kgK , J/ kg°C , J/kgK)

m คือ มวลของวัตถุ (g หรือ kg)

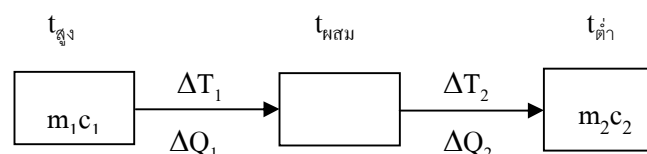
ΔT คือ อุณหภูมิที่เปลี่ยนไป (K)

ดังนั้น สูตรที่ใช้ในการคำนวณเกี่ยวกับปริมาณความร้อน หรือพลังงานความร้อน คือ

$$\Delta Q = mc\Delta T \dots\dots\dots(18.5) \text{ เมื่อ } T \text{ เป็นองศาเคลวิน}$$

$$\Delta Q = mc\Delta t \dots\dots\dots(18.6) \text{ เมื่อ } t \text{ เป็นองศาเซลเซียส}$$

เพิ่มเติม 1. เมื่ออุณหภูมิผสมกัน



จะได้ว่า $\Delta Q_{\text{เพิ่ม}} = \Delta Q_{\text{ลด}}$

$$m_1 c_1 \Delta T_1 = m_2 c_2 \Delta T_2$$

$$m_1 c_1 (t_{\text{สูง}} - t_{\text{ผสม}}) = m_2 c_2 (t_{\text{ผสม}} - t_{\text{ต่ำ}})$$

2. พลังงานศักย์เปลี่ยนเป็นพลังงานความร้อน

จะได้ว่า $mgh = mc\Delta T$

3. พลังงานไฟฟ้าเปลี่ยนเป็นพลังงานความร้อน

จะได้ว่า $Pt = mc\Delta T$

18.1.4 การถ่ายโอนความร้อน

ความร้อนจะถ่ายโอนจากสิ่งที่มีอุณหภูมิสูง ไปสู่สิ่งที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าเสมอ เราพอจะแบ่งการถ่ายโอนความร้อนได้ดังนี้

1. การนำ เกิดในของแข็ง โมเลกุลส่งพลังงานความร้อนต่อ ๆ กันไปเป็นทอด ๆ
2. การพา เกิดในของเหลวและแก๊ส โมเลกุลของตัวกลางพาความร้อนไป
3. การแผ่รังสี ไม่ต้องอาศัยตัวกลาง

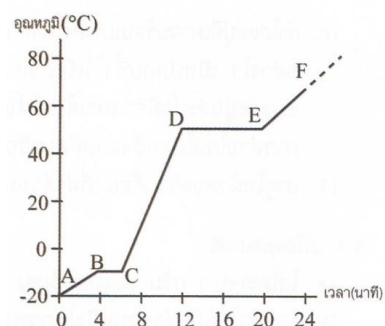
แบบฝึกหัด 18.1

- 1.1 จงหาพลังงานความร้อนที่ทำให้เหล็กมวล 200 กรัม ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส มีอุณหภูมิสูงขึ้นเป็น 70 องศาเซลเซียส (ความจุความร้อนจำเพาะของเหล็ก = $450 \text{ J/kg}^\circ\text{C}$)
- 1.2 จงหาปริมาณความร้อนที่ทำให้น้ำแข็งมวล 250 กรัม อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส กลายเป็นน้ำ หมด และสุดท้ายนี้ 110 กรัมเดือดกลายเป็นไอ (เมื่อ c ของน้ำ = $4.2 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C}$)
- 1.3 จงหาปริมาณความร้อนที่ทำให้น้ำแข็งมวล 300 กรัม อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส เดือดจนกลายเป็นไหมด (เมื่อ c ของน้ำ = $4.2 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C}$)
- 1.4 น้ำตกแห่งหนึ่งสูง 50 เมตร ถ้าพลังงานศักย์ของน้ำ ตกเปลี่ยนรูปเป็นพลังงานความร้อนทั้งหมด อุณหภูมิของน้ำ ที่ปลายน้ำ ตกจะมีค่าสูงขึ้นเท่าใด
- 1.5 นำหลอดทำความร้อนมีกำลัง 1000 วัตต์ จุ่มลงในน้ำ มวล 500 กรัม อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ถ้ามีการสูญเสียความร้อนไป 30 % อีกนานเท่าใดน้ำ จึงจะเริ่มเดือด
- 1.6 เครื่องทำน้ำแข็งเครื่องหนึ่งดึงความร้อนจากน้ำ 10 องศาเซลเซียส ด้วยอัตรา 500 จูลต่อวินาที ถ้าต้องการทำน้ำแข็ง 2 กิโลกรัม จากน้ำ ที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส ต้องใช้เวลาเท่าใด
- 1.7 ใส่ น้ำแข็งมวล 50 กรัม อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส ลงในน้ำ 200 กรัม ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส จะได้อุณหภูมิสุดท้ายเท่าใด
- 1.8 ใส่ลูกเหล็กมวล 20 กิโลกรัม อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส ลงในน้ำ มวล 2 กิโลกรัม อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส แล้วให้ความร้อนแก่ระบบจนมีอุณหภูมิผสมที่สมดุลเป็น 50 องศาเซลเซียส ถ้าถือว่าไม่มีการสูญเสียความร้อนแก่ภาชนะและสิ่งแวดล้อม ความร้อนที่เข้าระบบเป็นเท่าใด

- 2.1 เมื่อใช้ก้อนตอกตะปูจะพบว่าตะปูร้อนขึ้น เมื่อสับลมเข้ายางรถจักรยานจะพบว่ากระบอกสูบร้อนขึ้นกว่าเดิม เมื่อใช้สว่านเจาะเนื้อไม้จะพบว่าบริเวณเนื้อไม้ที่ถูกเจาะและดอกสว่านร้อนขึ้น พลังงานความร้อนที่เกิดขึ้นในแต่ละกรณีเปลี่ยนมาจากพลังงานใด
- 2.2 สารชนิดหนึ่งมีความร้อนจำเพาะ 1000 จูลต่อกิโลกรัม เคลวิน มีความหมายอย่างไร
- 2.3 แท่งเหล็กมวล 1 กิโลกรัม และ 2 กิโลกรัม มีความจุความร้อนและความร้อนจำเพาะเท่ากันหรือต่างกันอย่างไร
- 2.4 บริเวณชายหาด ทั้งพื้นทรายและพื้นน้ำ ได้รับปริมาณแสงอาทิตย์เท่ากัน เพราะเหตุใดทรายจึงร้อนกว่าน้ำทะเลเสมอ
- 2.5 น้ำกับพาราฟินมีมวลเท่ากัน น้ำต้องการให้อุณหภูมิเพิ่มขึ้นเท่ากันสารใดต้องได้รับความร้อนมากกว่ากัน
- 2.6 น้ำมีความร้อนแฝงจำเพาะของการกลายเป็นไอเท่ากับ 2.256×10^6 จูลต่อกิโลกรัมมีความหมายว่าอย่างไร
- 2.7 ถ้าต้องการหลอมเหลวน้ำแข็งมวล 1 กิโลกรัม ที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส ให้เป็นน้ำหมดที่อุณหภูมิเดิมต้องใช้ ความร้อนเท่าใด
- 2.8 ในการทำให้น้ำ 100 องศาเซลเซียสมวล 1 กิโลกรัม กลายเป็นไอน้ำที่อุณหภูมิเดิมต้องใช้ความร้อนเท่าใด
- 2.9 น้ำมีจุดควบแน่นอยู่ที่อุณหภูมิเท่าใด และมีความร้อนแฝงจำเพาะของการควบแน่นเป็นเท่าใด
- 2.10 น้ำที่แข็งตัวเป็นน้ำแข็งกับไอน้ำที่ควบแน่นเป็นหยดน้ำ ในปริมาณที่เท่ากัน กระบวนการใดมีค่าความร้อนมากกว่ากัน
- 2.11 ก่อนฝนตก เหตุใด เราจึงรู้สึกที่อากาศรอบตัวเราร้อนกว่าปกติ
- 2.12 ถ้าเอาน้ำแข็งใส่แก้วตั้งไว้ในห้อง น้ำแข็งจะเปลี่ยนแปลงอย่างไร และถ้าตั้งทิ้งไว้เป็นเวลาพอสมควร อุณหภูมิของน้ำแข็งในตอนแรกและหลังจากละลายหมดแล้ว จะเปลี่ยนแปลงอย่างไร

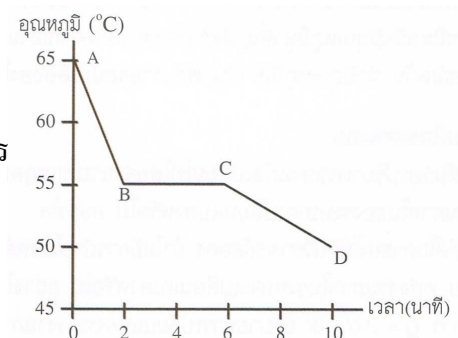
- 2.13 กราฟการเปลี่ยนสถานะของสารชนิดหนึ่งเป็น ดังรูป

- ก. กราฟช่วง AB BC CD DE EF สารอยู่ในสถานะใด
- ข. จงอธิบายการเปลี่ยนแปลงในกราฟช่วง CD
- ค. จุดเดือดของสารมีค่าเท่าใด
- ง. จุดหลอมเหลวของสารมีค่าเท่าใด



- 2.14 กราฟการเย็นตัวของสารชนิดหนึ่งที่กำลังเปลี่ยนสภาวะจากของเหลวเป็นของแข็งเป็นดังรูป

- ก. กราฟช่วง AB BC และ CD สารในสถานะใด
- ข. จุดหลอมเหลวของสารมีค่าเท่าใด
- ค. ความร้อนแฝงที่ใช้ในกราฟช่วง BC มีชื่อเรียกว่าอะไร

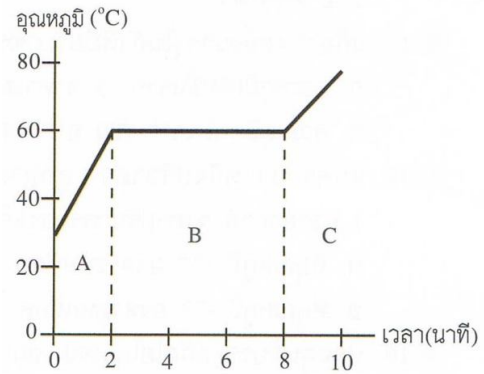


2.15 สาร x มีสมบัติดังตาราง

จุดหลอมเหลว (°C)	จุดเดือด (°C)	ความร้อนแฝงจำเพาะของ การหลอมเหลว(J/kg)	ความร้อนแฝงจำเพาะของ การกลายเป็นไอ (J/kg)
-114	79	1.04×10^5	8.54×10^5

- ก. ที่อุณหภูมิห้อง สาร x มีสถานะใด
- ข. ที่จุดเดือดของน้ำ สาร x จะมีสถานะใด
- ค. ถ้าสาร x มีมวล 1 กิโลกรัม ความร้อนที่ทำให้สาร x ที่อุณหภูมิ 79 องศาเซลเซียส เปลี่ยนสถานะหมด โดยที่อุณหภูมิไม่เปลี่ยนมีค่าเท่าใด
- 2.16 ถ้าใส่ตะปูที่เผาจนร้อนแดงลงในแก้วที่มีน้ำ พอสมควร อุณหภูมิของน้ำ และตะปูจะเปลี่ยนแปลงอย่างไร เมื่อปล่อยให้ทิ้งไว้เป็นเวลานานพอ อุณหภูมิควรมีค่าอย่างไร พลังงานความร้อนของตะปูและน้ำ มีการถ่ายโอนให้แก่กันหรือไม่ และพลังงานความร้อนของตะปูและน้ำ มีการถ่ายโอนให้แก่สิ่งแวดล้อมหรือไม่
- 2.17 เหตุใดผ้าห่มหรือเสื้อที่ทำด้วยเส้นใยหนาๆ ช่วยทำให้ร่างกายอบอุ่นในฤดูหนาว
- 3.1 จงเปลี่ยนอุณหภูมิต่อไปนี้
- ก. 27°C , -155°C , และ -78.5°C เป็นอุณหภูมิในหน่วยเคลวิน
- ข. 450 K , 89 K , 172 K และ 4.2 K เป็นอุณหภูมิในหน่วยองศาเซลเซียส
- 3.2 เมื่อให้ความร้อนกับตะกั่ว 1500 จูล พบว่า อุณหภูมิของก้อนตะกั่วสูงขึ้น 2 องศาเซลเซียส ความจุความร้อนของตะกั่วก้อนนี้เป็นเท่าใด (25 J/K)
- 3.3 สระน้ำแห่งหนึ่งมีน้ำ 1.0×10^6 กิโลกรัม ในตอนกลางวันได้รับพลังงานจากดวงอาทิตย์ ทำให้อุณหภูมิเฉลี่ยของสระน้ำสูงขึ้น 2 องศาเซลเซียส น้ำ ดูดกลืนพลังงานความร้อนไว้เท่าใด ($8.37 \times 10^9\text{ J}$)
- 3.4 จงหาพลังงานความร้อนที่ทำให้ให้น้ำ ทราย และทองแดง ซึ่งมีมวลอย่างละ 5.0 กิโลกรัม มีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นเท่ากัน คือ 10 องศาเซลเซียส ($1.67 \times 10^5\text{ J}$, $0.32 \times 10^5\text{ J}$ และ $0.156 \times 10^5\text{ J}$)
- 3.5 เมื่อให้พลังงานความร้อนจำนวน 10^4 จูล กับโลหะชนิดหนึ่งที่มีมวล 2 กิโลกรัม พบว่าอุณหภูมิของโลหะเพิ่มขึ้น 10 องศาเซลเซียส จงหาความร้อนจำเพาะของโลหะ (500 J/kg K)
- 3.6 ความร้อนปริมาณหนึ่งทำให้อะลูมิเนียมมวล m มีอุณหภูมิเพิ่มขึ้น 60 องศาเซลเซียส ความร้อนปริมาณนี้จะทำให้ทองแดงมวล m เช่นกัน มีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นเท่าใด (138.5°C)
- 3.7 ใส่ก้อนอะลูมิเนียมมวล 80 กรัม อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ลงในน้ำ มวล 200 กรัม อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ซึ่งอยู่ในภาชนะฉนวนปิดมิดชิด เมื่อถึงสมดุลความร้อน อุณหภูมิของสารทั้งสองจะเป็นเท่าใด และพลังงานความร้อนที่ถูกถ่ายโอนจากก้อนอะลูมิเนียมเป็นเท่าใด (35.54 , 2621 J)
- 3.8 ในการทำให้น้ำแข็งมวล 2.0 กิโลกรัม อุณหภูมิ -5 องศาเซลเซียส เป็นไอน้ำเดือดหมดที่ 100 องศาเซลเซียส ต้องใช้ความร้อนทั้งหมดเท่าใด ($6.04 \times 10^6\text{ J}$)

3.9 ให้ความร้อนกับสารที่เป็นของแข็งมวล 0.2 กิโลกรัม ในอัตรา 100 จูลต่อวินาที กราฟระหว่างอุณหภูมิและเวลาเป็นดังรูป



- ก. บริเวณ A B และ C สารมีสถานะใด (-)
- ข. จุดหลอมเหลวของสารมีค่าเท่าใด (60°C)
- ค. จงหาความร้อนจำเพาะของสาร ขณะที่เป็นของแข็ง ($2\,000\text{ J/kg K}$)
- ง. จงหาความร้อนแฝงจำเพาะของการหลอมเหลวของสาร ($180\,000\text{ J/kg}$)

3.10 จงหาพลังงานความร้อนที่ทำให้ น้ำแข็งมวล 50 กรัม อุณหภูมิ -20°C องศาเซลเซียส หลอมเหลวเป็น น้ำ หมดและ น้ำ มีอุณหภูมิสูงจนเดือดเป็น ไอน้ำที่อุณหภูมิ 100°C องศาเซลเซียส ที่ความดัน 1 บรรยากาศ (ความร้อนจำเพาะของน้ำแข็งเท่ากับ 12.1×10^3 จูลต่อกิโลกรัม เคลวิน) ($152\,480\text{ J}$)

3.11 ใส่อัลลอย (ค่าความร้อนจำเพาะเท่ากับ 500 จูลต่อกิโลกรัม เคลวิน) ซึ่งมีมวล 120 กรัม อุณหภูมิ 150°C องศาเซลเซียส ลงใน น้ำ มวล 250 กรัม อุณหภูมิ 98°C องศาเซลเซียส ซึ่งอยู่ในภาชนะฉนวนการผสมนี้ จะทำให้น้ำเดือดกลายเป็นไอน้ำ กี่กรัม (40 g)

3.12 ใส่ก้อนโลหะมวล 300 กรัม ที่มีอุณหภูมิ 400°C องศาเซลเซียส ลงใน น้ำ แข็งปนที่มีมวล 300 กรัม อุณหภูมิ 0°C องศาเซลเซียส ซึ่งอยู่ในภาชนะที่ถูกหุ้มรอบด้วยฉนวนความร้อน ในที่สุด น้ำ แข็งหลอมเหลวหมดกลายเป็น น้ำ ที่มีอุณหภูมิ 5.0°C องศาเซลเซียส

- ก. ความร้อนแยกจากก้อนโลหะเท่าใด (106179 J)
- ข. ความร้อนจำเพาะของโลหะที่ได้จากการทดลองนี้เป็นเท่าใด (896 J/kg K)

4.1 (มข.50) เหรียญทองแดงมวล 5 กรัม ตกลงมาจากตึกสูง 300 เมตร ถ้าความเร็วปลายของเหรียญนี้เท่ากับ 45 เมตร/วินาที และพลังงานกลส่วนที่เหลือถูกเปลี่ยนเป็นพลังงานความร้อนของเหรียญทองแดง จงหาอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นของเหรียญทองแดงถึงตกถึงพื้น (กำหนดให้ค่าความจุความร้อนจำเพาะของทองแดงเท่ากับ 387 J/kg)

- 1. 2°C
- 2. 5°C
- 3. 9°C
- 4. 12°C

4.2 (มข.50) เมื่อเราสัมผัสวัตถุหนึ่งแล้วรู้สึกเย็น ข้อใดต่อไปนี้เป็นไปได้ถูกต้อง

- 1. สภาพนำความร้อนของวัตถุมีค่าน้อยกว่าสภาพนำความร้อนของมือเรา
- 2. วัตถุมีพลังงานความร้อนน้อยกว่าพลังงานความร้อนของมือเรา
- 3. วัตถุมีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิของมือเรา
- 4. ถูกทั้ง 2. และ 3.

4.3 (มข.51) น้ำ แข็งมวล 140 กรัม อุณหภูมิ 0°C องศาเซลเซียส ใส่ลงไปใต้น้ำ ร้อน 80°C องศาเซลเซียส จงหาปริมาณน้ำ ร้อนที่ทำให้ น้ำ แข็งละลายหมดพอดีกำหนดให้ ความจุความร้อนจำเพาะของน้ำ เท่ากับ $4.2\text{ kJ/kg}^{\circ}\text{C}$ และความร้อนแฝงจำเพาะของการหลอมเหลวของน้ำ แข็ง เท่ากับ 300 kJ/kg

- 1. 100 กรัม
- 2. 125 กรัม
- 3. 200 กรัม
- 4. 250 กรัม

4.4 (มข.52) กระป๋องโลหะมีมวล 200 กรัม ประกอบด้วยเหล็กและอลูมิเนียมในสัดส่วน 60: 40 โดยน้ำหนัก จงหาความจุความร้อนของกระป๋องใบนี้ (กำหนดให้ค่าความจุความร้อนจำเพาะของเหล็กและอลูมิเนียมเท่ากับ 450 และ 900 J/kg K)

1. 126 J/k 2. 63 J/k 3. 1.26 J/kg.K 4. 0.63 J/kg.K

4.5 (มข.53) จงหาปริมาณความร้อนที่ทำให้ น้ำแข็ง 2 กิโลกรัม อุณหภูมิ 0 °C กลายเป็น น้ำ อุณหภูมิ 50°C ทั้งหมด กำหนดให้ความร้อนแฝงจำเพาะของการหลอมเหลวของน้ำเท่ากับ 333 กิโลจูล/กิโลกรัม และความจุความร้อนจำเพาะของน้ำ เท่ากับ 4.2 กิโลจูล/(กิโลกรัม-เคลวิน)

1. 753 กิโลจูล 2. 876 กิโลจูล 3. 1086 กิโลจูล 4. 3372 กิโลจูล

4.6 (มข.53) ยางรถยนต์มีความดันยาง 199 กิโลปาสกาล ที่อุณหภูมิ 27 °C ถ้าอุณหภูมิลมยางเพิ่มเป็น 47 °C โดยปริมาตรภายในยางคงที่ ความดันภายในยางตอนหลังเป็นเท่าใด (กำหนดให้ 1 บรรยากาศ เท่ากับ 101 กิโลปาสกาล)

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

4.7 (มข.54) ใส่ก้อนอะลูมิเนียมมวล 50 กรัม อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ลงในน้ำ น้ามวล 100 กรัม อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ซึ่งอยู่ในภาชนะฉนวนปิดมิดชิด เมื่อถึงสมดุลความร้อน อุณหภูมิของสารทั้งสอง มีค่าเป็นเท่าใด (กำหนดให้ ความจุจำเพาะของน้ำ และอะลูมิเนียมมีค่าเท่ากับ 000 จูลต่อ (กิโลกรัมเซลเซียส) และ 1000 จูลต่อ (กิโลกรัมเซลเซียส) ตามลำดับ

1. 33 °C 2. 34 °C 3. 35 °C 4. 36 °C

4.8 (มข.55) จากกฎข้อที่ศูนย์ของเทอร์โมไดนามิกส์กล่าวว่า “ ถ้าวัตถุ A และ B อยู่ในสมดุลความร้อนต่อวัตถุ C แล้ววัตถุ A จะอยู่ในสมดุลความร้อนต่อวัตถุ B ด้วย” คำว่า สมดุลทางความร้อนหมายถึงอะไร

1. ปริมาณความร้อนเท่ากัน 2. มีความจุความร้อนเท่ากัน
3. มีความจุความร้อนจำเพาะเท่ากัน 4. มีระดับความร้อนเท่ากัน

4.9 (มข.55) แท่งเหล็ก 5 kg และ 15 kg ทำให้มีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นเท่ากัน ข้อความใดถูกต้อง

1. เหล็กทั้งสองมีความจุความร้อนเท่ากัน 2. ต้องให้ความร้อนแก่เหล็กทั้งสองเท่ากัน
3. ต้องให้ความร้อนแก่เหล็ก 5kg มากกว่า 4. ต้องให้ความร้อนแก่เหล็ก 15kg มากกว่า

4.10 (มข.55) น้ำอุ่น 80°C มวล 200 กรัม บรรจุในถ้วยอลูมิเนียมมวล 300 กรัม เมื่อนำก้อนน้ำแข็ง 5 °C มวล 100 กรัม หย่อนลงไป ในน้ำ อุ่น จงคำนวณหาอุณหภูมิสุดท้าย กำหนดให้ $c_{น้ำแข็ง} = 2000 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$
 $c_{น้ำ} = 4000 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ $c_{Al} = 900 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ $L_{fusion} = 3.3 \times 10^5 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1}$ $L_{vapor} = 2.3 \times 10^6 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1}$

1. 30.90 2. 35.10 3. 50.66 4. 57.55

4.11 (มข.56) จงหาปริมาณความร้อนที่ทำให้ น้ำแข็ง 2kg ที่อุณหภูมิ 0 °C กลายเป็น น้ำ อุณหภูมิ 50°C ทั้งหมด (กำหนดความร้อนแฝงของการหลอมเหลว $L_m = 333 \text{ kJ/kg}$ และค่าความจุความร้อนจำเพาะของน้ำ $c = 4.2 \text{ kJ/kg.K}$)

1. 87.6 kJ 2. 753 kJ 3. 876 kJ 4. 1,086 kJ

18.2 แก๊สอุดมคติ

สมบัติทางกายภาพของแก๊สที่สามารถทำการทดลองวัดได้โดยตรงด้วยวิธีการที่ไม่ยุ่งยากซับซ้อน เช่น มวล ปริมาตร ความดัน และอุณหภูมิ สมบัติของเหล่านี้ได้จากการทดลอง

18.2.1 กฎของบอยล์

บอยล์เป็นนักวิทยาศาสตร์ชาวอังกฤษ ได้ทำการทดลองพบว่า “สำหรับแก๊สที่มีอุณหภูมิคงที่ ความดันของแก๊สจะเป็นปฏิภาคผกผันกับปริมาตรของแก๊ส”

$$P \propto \frac{1}{V}$$

$$P = \frac{K}{V} \quad (K = \text{ค่าคงที่})$$

$$PV = K$$

$$P_1 V_1 = P_2 V_2 \dots\dots\dots(18.7) \text{ เมื่อ } T \text{ คงที่}$$

แบบฝึกหัด 18.2.1

1. แก๊สชนิดหนึ่งมีปริมาตร 0.6 ลูกบาศก์เมตร ที่ความดัน 1.8 บรรยากาศ จงหาว่าปริมาตรของแก๊ส ถ้าความดันของแก๊สเปลี่ยนเป็น 0.9 บรรยากาศ ที่อุณหภูมิเดียวกัน
2. แก๊สชนิดหนึ่งมีมวลที่กินเนื้อที่ปริมาตร 0.20 ลูกบาศก์เมตร ที่ความดัน 1.5 บรรยากาศ จงหาว่า ปริมาตรจะเปลี่ยนแปลงไปเท่าใด ถ้าความดันของแก๊สเปลี่ยนเป็น 0.75 บรรยากาศ ที่อุณหภูมิเดียวกัน
3. (Ent) สุนัขอัดแก๊สเข้าไปในบอลลู่นจนมีปริมาตร 6 ลิตร มีความดัน 900 กิโลพาสคัล หลังจากปล่อย ให้บอลลู่นลอยขึ้นไปจากความดันแก๊สเหลือ 700 กิโลพาสคัล โดยถือว่าอุณหภูมิไม่เปลี่ยนแปลง จงหา ปริมาตรของแก๊สในบอลลู่น (7.71 ลิตร)

เพิ่มเติม ถ้า P น้อยลง V เพิ่มขึ้น และถ้า P เพิ่มขึ้น V จะน้อยลง เมื่อ T คงที่

18.2.2 กฎของชาร์ล จากการทดลองพบว่า “สำหรับแก๊สที่มีมวลคงที่จำนวนหนึ่ง เมื่อให้ความดันของมันคงที่ปริมาตรของแก๊สจะเป็นปฏิภาคโดยตรงกับอุณหภูมิ”

$$V \propto T$$

$$\frac{V}{T} = K \text{ คงที่}$$

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} \dots\dots\dots(18.8) \text{ เมื่อ } P \text{ คงที่}$$

*** อุณหภูมิ 0 เคลวิน หรือ -273 องศาเซลเซียส อ่านว่า อุณหภูมิศูนย์สัมบูรณ์ เป็นอุณหภูมิต่ำสุด แก๊สทุกชนิดก่อนถึงอุณหภูมินี้จะเป็นของเหลว

แบบฝึกหัด 18.2.2

1. ปริมาตรของแก๊สชนิดหนึ่งเท่ากับ 0.42 ลูกบาศก์เมตร ที่ 27 องศาเซลเซียส ถ้าแก๊สนี้มีปริมาตร 0.56 ลูกบาศก์เมตร ที่ความดันเดียวกัน จะมีอุณหภูมิเท่าใด
2. ปริมาตรของแก๊สชนิดหนึ่งเท่ากับ 0.31 ลูกบาศก์เมตร ที่ 37 องศาเซลเซียส ถ้าแก๊สนี้มีปริมาตร 0.60 ลูกบาศก์เมตร ที่ความดันเดียวกัน จะมีอุณหภูมิเท่าใด
3. (Ent) ถ้าให้ความดันของก๊าซของก๊าซในกระบอกสูบหนึ่งคงที่ และให้อุณหภูมิของก๊าซภายในกระบอกสูบเปลี่ยนจาก 27 °C เป็น 77 °C อัตราส่วนของปริมาตรใหม่ต่อปริมาตรเดิมเป็นเท่าใด
4. (Ent) ก๊าซชนิดหนึ่งถูกบังคับให้มีความดันคงที่และอุณหภูมิของก๊าซถูกทำให้เพิ่มขึ้นจาก 27°C เป็น 127 °C อัตราส่วนของปริมาตรใหม่ต่อปริมาตรเดิมเป็นเท่าใด

18.2.3 กฎของแก๊ส (Gas Law)

หรือสมการของสถานะ (Equation of State) ผลที่ได้จากการทดลองกฎของบอยล์และกฎของชาร์ลหรือเกย์ลุสแซค นักวิทยาศาสตร์ได้นำมารวมเป็นสูตรเดียวกัน แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความดัน ปริมาตร และอุณหภูมิ ของแก๊สที่กำหนดมวลมาให้ เราเรียกสมการนี้ว่า Equation of State

$$\frac{PV}{T} = \text{ค่าคงที่} \dots\dots\dots(18.9)$$

กฎของแก๊ส (กรณีแก๊สไม่รั่ว)

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2} \dots\dots\dots(18.10)$$

กฎของก๊าซ (ในกรณีบอกจำนวนโมลมา)

$$\begin{aligned} \text{จาก} \quad \frac{PV}{T} &\propto n \\ \frac{PV}{nT} &= K = R \end{aligned}$$

$$\text{จะได้} \quad PV = nRT \dots\dots\dots(18.11)$$

เมื่อ n คือ จำนวน โมลของแก๊ส (โมล, mol)

R คือ ค่าคงที่ของแก๊ส (Gas Constant) เท่ากับ 8.31 J/mol K

*แก๊ส 1 โมลมีจำนวนโมเลกุล 6.02×10^{23} โมเลกุล สรุปได้ว่า

$$N = nN_A \dots\dots\dots(18.12)$$

เมื่อ N คือ จำนวนโมเลกุลของแก๊สทั้งหมด

N_A คือ เลขอโวกาโดร ($N_A = 6.02 \times 10^{23}$)

จาก $PV = nRT$ จะได้

$$PV = NK_B T \dots\dots\dots(18.13)$$

เมื่อ $K_B =$ ค่าคงที่ของ Boltzmann ($K_B = \frac{R}{N_A} 1.83 \times 10^{-23} \text{ J/K}$)

กฎของแก๊ส (กรณีแก๊สรั่ว)

จาก $PV = nRT$

$$\frac{PV}{nT} = K$$

จะได้ $\frac{P_1 V_1}{n_1 T_1} = \frac{P_2 V_2}{n_2 T_2} \dots\dots\dots(18.14)$

เมื่อ n_1 แทน โมลตอนแรก

n_2 แทน โมลตอนหลัง (ที่เหลือ)

จาก $n = \frac{g}{m}$ แทนในสมการ (18.14)

จะได้ $\frac{P_1 V_1}{\frac{g_1}{m} T_1} = \frac{P_2 V_2}{\frac{g_2}{m} T_2}$

นั่นคือ $\frac{P_1 V_1}{g_1 T_1} = \frac{P_2 V_2}{g_2 T_2} \dots\dots\dots(18.15)$

g_1 แทน มวลตอนแรก

g_2 แทน มวลตอนหลัง (ที่เหลือ)

จากสูตร $n = \frac{N}{N_A}$ แทนในสมการ (18.14)

จะได้ $\frac{P_1 V_1}{\frac{N_1}{N_A} T_1} = \frac{P_2 V_2}{\frac{N_2}{N_A} T_2}$

นั่นคือ $\frac{P_1 V_1}{N_1 T_1} = \frac{P_2 V_2}{N_2 T_2} \dots\dots\dots(18.16)$

จาก ความหนาแน่น $\rho = \frac{m}{V}$

จากสมการที่ (18.15) $\frac{P_1 V_1}{g_1 T_1} = \frac{P_2 V_2}{g_2 T_2} \quad \left(\frac{P_1 V_1}{m_1 T_1} = \frac{P_2 V_2}{m_2 T_2} \right)$

ย้ายปริมาตรลงไปหามวล $\frac{P_1}{\frac{g_1}{V_1} T_1} = \frac{P_2}{\frac{g_2}{V_2} T_2}$

นั่นคือ $\frac{P_1}{\rho_1 T_1} = \frac{P_2}{\rho_2 T_2} \dots\dots\dots(18.17)$

เพิ่มเติม หน่วยของความดัน (P)

1. บอกเป็นบรรยากาศ (atmosphere = atm.) เช่น ความดัน 1 บรรยากาศ
2. บอกเป็นความสูงของปรอทในบารอมิเตอร์ เช่น ความดัน 760 มม.ของปรอท
3. บอกเป็นแรงต่อพื้นที่ เช่น ความดัน 1.01×10^5 นิวตันต่อตารางเมตร

แบบฝึกหัด 18.2.3

- 1.1 ถ้าให้ความดันของแก๊สในกระบอกสูบหนึ่งคงที่และให้อุณหภูมิของแก๊สภายในกระบอกสูบเปลี่ยนจาก 7 องศาเซลเซียส เป็น 87 องศาเซลเซียส อัตราส่วนของปริมาตรใหม่ต่อปริมาตรเดิมเป็นเท่าใด
- 1.2 ถ้าปริมาตรของแก๊สเพิ่มขึ้นเป็น 3 เท่า และอุณหภูมิลดลงครึ่งหนึ่ง ถ้าวัดความดันของแก๊สครั้งหลังจะเป็นกี่เท่าของเดิม
- 1.3 แก๊สชนิดหนึ่งมีความหนาแน่น 1 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ที่อุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส ความดัน 2 บรรยากาศ จะต้องอัดแก๊สนี้ให้มีความดันเท่าไร จึงจะมีความหนาแน่น 3 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตรที่ 77 องศาเซลเซียส
- 1.4 แก๊สในถังที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ความดัน 5 บรรยากาศ มีมวล 10 กิโลกรัมเมื่อปล่อยแก๊สออกมาใช้เสียบ้าง ความดันจะลดลงเหลือ 2 บรรยากาศ วัดที่ 27 องศาเซลเซียส ถ้าวัดแก๊สที่เหลือมีมวลกี่กิโลกรัม (4.04 kg)
- 1.5 (ข้อสอบเข้ามหาวิทยาลัย) แก๊สชนิดหนึ่งมีปริมาตร 1×10^{-3} ลูกบาศก์เมตร ที่ 27°C ความดันบรรยากาศ ถ้าแก๊สขยายตัวกระทั่งปริมาตร 1.5×10^{-3} และความดันเป็น 1.1 บรรยากาศอุณหภูมิเป็นกี่องศาเซลเซียส (222°C)
- 1.6 (ข้อสอบเข้ามหาวิทยาลัย) ถ้าความดันบรรยากาศเท่ากับ 10^5 N/m^2 ตลอดเวลาอากาศเข้าไปในยางรถยนต์คันหนึ่งถ้าพบว่ามีเทอร์โมมิเตอร์วัดความดันเกจอ่านค่า 2×10^5 อุณหภูมิของอากาศในยางขณะนั้นเท่ากับ 27°C ถ้าอุณหภูมิของอากาศในยางเปลี่ยนไปเป็น 67°C อยากทราบว่ามิเตอร์วัดความดันเกจจะอ่านค่าได้เท่าใด (ให้ถือว่าปริมาตรของยางเปลี่ยนแปลงไปน้อยมาก)
 1. $3.6 \times 10^5 \text{ N/m}^2$
 2. $3.4 \times 10^5 \text{ N/m}^2$
 3. $2.6 \times 10^5 \text{ N/m}^2$
 4. $2.4 \times 10^5 \text{ N/m}^2$
- 1.7 (ข้อสอบเข้ามหาวิทยาลัย) ยางรถยนต์มีความดันเกจ 2.0 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ที่อุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส ถ้าขณะที่รถวิ่งทางไกล ยางรถมีอุณหภูมิ 57 องศาเซลเซียส ความดันเกจของยางเป็นเท่าใด กำหนดให้ความดันบรรยากาศเป็น 1.0 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร
 1. 2.1 kg/cm²
 2. 2.2 kg/cm²
 3. 2.3 kg/cm²
 4. 2.4 kg/cm²
- 2.1 (มข.51) เมื่อออกแรงกดลูกสูบซึ่งบรรจุแก๊สชนิดหนึ่ง ทำให้ปริมาตรของแก๊สลดลงโดย อุณหภูมิคงที่ และไม่มีแก๊สรั่วออกมา จงพิจารณาข้อความต่อไปนี้
 - (ก) ความดันเพิ่มขึ้น
 - (ข) อัตราเร็ว v_{rms} ของโมเลกุลแก๊สลดลง
 - (ค) พลังงานภายในเพิ่มขึ้น
 - (ง) พลังงานภายในคงที่
 จากข้อความข้างบน มีข้อสรุปใดบ้างที่ถูกต้อง
 1. ข้อ(ก) และข้อ (ง)
 2. ข้อ (ก) และข้อ (ค)
 3. ข้อ(ข) และข้อ (ง)
 4. ข้อ(ก),(ข) และข้อ (ง)
- 2.2 (มข.51) เมื่อทำให้ความดันของแก๊สอุดมคติชนิดหนึ่งเพิ่มขึ้นเป็นสองเท่า และมีปริมาตรลดลงครึ่งหนึ่งของเดิม พลังงานจลน์ของแก๊สจะเปลี่ยนแปลงอย่างไร
 1. เพิ่มขึ้น 4 เท่า
 2. ลดลง 4 เท่า
 3. ลดลง 4 เท่า
 4. เท่าเดิม

2.3 (มข.51) อัดก๊าซเข้าไปในบอลลูนอย่างช้าๆจนปริมาตร 5 ลิตร มีความดัน 3.0×10^5 นิวตันต่อตารางเมตร หลังจากปล่อยให้บอลลูนลอยขึ้นจนความดันก๊าซลดลงเหลือ 2.0×10^5 นิวตันต่อตารางเมตร โดยที่อุณหภูมิมีค่าคงที่ จงหาปริมาตรของก๊าซในบอลลูนมีค่าเท่าไร

1. 6.0 ลิตร 2. 7.5 ลิตร 3. 9.0 ลิตร 4. 12.0 ลิตร

2.4 (มข.52) ถ้าให้แก๊สทุกชนิดในโลกเป็นแก๊สอุดมคติค่ากล่าวต่อไปนี้ข้อใดถูกต้อง

1. ที่อุณหภูมิเดียวกัน อะตอมของแก๊สทุกชนิดมีพลังงานจลน์เท่ากัน
2. ที่อุณหภูมิเดียวกัน โมเลกุลของแก๊สทุกชนิดมีพลังงานจลน์เท่ากัน
3. ที่อุณหภูมิเดียวกัน อะตอมของแก๊สทุกชนิดมีความเร็วเท่ากัน
4. ที่อุณหภูมิเดียวกัน โมเลกุลของแก๊สทุกชนิดมีความเร็วเท่ากัน

2.5 (มข.54) บอลลูนที่ภายในบรรจุแก๊สไฮโดรเจน ขณะอยู่ที่พื้นมีอุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส มีปริมาตร 1.8×10^{-2} ลูกบาศก์เมตร และมีความดัน 1.0×10^5 พาสคัล ถ้าบอลลูนถูกปล่อยลอยสูงขึ้น จนอุณหภูมิของแก๊สภายในลดลงเหลือ 17 องศาเซลเซียส ความดันลดลงเหลือ 0.8×10^5 พาสคัล ลูกบอลลูนจะมีปริมาตรเท่าใด

1. 1.42×10^{-2} ลูกบาศก์เมตร 2. 1.75×10^{-2} ลูกบาศก์เมตร
3. 2.18×10^{-2} ลูกบาศก์เมตร 4. 2.55×10^{-2} ลูกบาศก์เมตร

2.6 (มข.54) แก๊สปริมาณหนึ่งอยู่ในกระบอกสูบถูกอัดจนมีความดันเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่าของความดันเดิม โดยมีอุณหภูมิกงตัว ข้อความต่อไปนี้ ข้อใดถูกต้อง

- ก. ปริมาตรของแก๊สในสภาวะใหม่มีค่าเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่าของปริมาตรเดิม
 - ข. ปริมาตรของแก๊สในสภาวะใหม่มีค่าลดลงครึ่งหนึ่งของปริมาตรเดิม
 - ค. จำนวนโมลของแก๊สในสภาวะใหม่มีค่าเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่าของจำนวนโมลเดิม
 - ง. จำนวนโมลของแก๊สในสภาวะใหม่มีค่าเท่ากับของจำนวนโมลเดิม
1. ข้อ ก และ ข้อ ค 2. ข้อ ข และ ข้อ ค
3. ข้อ ก และ ข้อ ง 4. ข้อ ข และ ข้อ ง

เพิ่มเติม

1. การหาอุณหภูมิของแก๊สผสม

$$T_{\text{ผสม}} = \frac{N_1 T_1 + N_2 T_2 + N_3 T_3 + \dots}{N_1 + N_2 + N_3 + \dots} \dots\dots\dots (18.18)$$

$$\text{หรือ } T_{\text{ผสม}} = \frac{n_1 T_1 + n_2 T_2 + n_3 T_3 + \dots}{n_1 + n_2 + n_3 + \dots} \dots\dots\dots (18.19)$$

2. การหาความดันของแก๊สผสม

$$P_{\text{ผสม}} = \frac{P_1 V_1 + P_2 V_2 + P_3 V_3 + \dots}{V_1 + V_2 + V_3 + \dots} \dots\dots\dots (18.20)$$

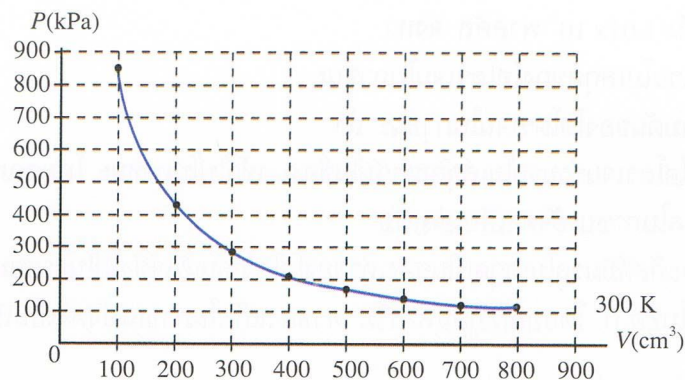
แบบฝึกหัด 18.2.4

1. แก๊สออกซิเจนหนัก 64 กรัม บรรจุในกระบอกซึ่งมีลูกสูบอยู่ข้างใน ทำให้เกิดความดัน $\times 10^5$ นิวตันต่อตารางเมตร และอุณหภูมิ 77 องศาเซลเซียส ปริมาตรของแก๊สออกซิเจนในขณะนั้นเป็นเท่าใด
2. แก๊สออกซิเจนหนัก 128 กรัม บรรจุในกระบอกซึ่งมีลูกสูบอยู่ข้างใน ทำให้เกิดความดัน 4×10^5 นิวตันต่อตารางเมตร และอุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส ปริมาตรของแก๊สออกซิเจนในขณะนั้นเป็นเท่าใด
3. ผสมแก๊สฮีเลียม 2 โมล อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส กับแก๊สอาร์กอน 1 โมล อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส จงหาว่าอุณหภูมิผสมเป็นเท่าใด
4. ผสมแก๊สฮีเลียม 4 โมล อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส กับแก๊สอาร์กอน 6 โมล อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส จงหาว่าอุณหภูมิผสมเป็นเท่าใด
5. อุณหภูมิของแก๊สในถังลดลงจาก 27 องศาเซลเซียส เป็น -3 องศาเซลเซียส ความดันจะเพิ่มขึ้นหรือลดลงจากเดิมกี่เปอร์เซ็นต์

แบบฝึกหัด 18.2

- 1.1 ไฮโดรเจน 1 กรัม และออกซิเจน 1 กรัม แก๊สใดมีโมเลกุลมากกว่ากัน
- 1.2 การทำให้แก๊สจำนวนหนึ่งในกระบอกสูบ ซึ่งผนังเป็นต้นนำความร้อนมีความดันเพิ่มขึ้นโดยอุณหภูมิไม่เปลี่ยนแปลง จะทำได้อย่างไร
- 2.1 บอลูนปริมาตร 4 ลิตรความดัน 300 กิโลพาสคัล ปล่อยให้บอลูนลอยขึ้น จนความดันแก๊สลดลงเหลือ 200 กิโลพาสคัลโดยอุณหภูมิไม่เปลี่ยนแปลง จงหาปริมาตรของแก๊สในบอลูน (6 L)
- 2.2 ภายใต้ความดันคงตัวที่อุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส แก๊สชนิดหนึ่งที่มีปริมาตร 60 ลูกบาศก์เมตร ถ้าวัดอุณหภูมิของแก๊สลงจนถึง -73 องศาเซลเซียส จงหาปริมาตรของแก๊ส (40 m^3)
- 2.2 ถ้าอากาศภายในห้องที่มีขนาด 50 ลูกบาศก์เมตร ร้อนขึ้นจากอุณหภูมิ 7 องศาเซลเซียส เป็น 35 องศาเซลเซียส โดยความดันยังคงเป็น 1 บรรยากาศเท่าเดิม จะมีอากาศออกไปจากห้องกี่กิโลกรัม กำหนดให้ความหนาแน่นของอากาศที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส ที่ความดันปกติเท่ากับ 1.14 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (5.7 kg)
- 2.3 แก๊สจำนวนหนึ่งบรรจุอยู่ในภาชนะปิด วัดอุณหภูมิได้ 07 องศาเซลเซียส ความดัน 620 กิโลพาสคัล จงหาความดันของแก๊สเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นเป็น 307 องศาเซลเซียส เมื่อปริมาตรคงตัว (946.2 kPa)
- 2.4 แก๊สจำนวนหนึ่งบรรจุในถังที่มีปริมาตรคงตัว จะมีความดันเป็นกี่เท่าของความดันเดิม เมื่อ
 - ก. อุณหภูมิเพิ่มขึ้นจาก -5 องศาเซลเซียส เป็น 35 องศาเซลเซียส (1.15)
 - ข. อุณหภูมิลดลงจาก 100 องศาเซลเซียส เป็น 25 องศาเซลเซียส (0.80)
- 2.5 แก๊สจำนวนหนึ่งปริมาตร 1 ลูกบาศก์เมตร ที่อุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส ความดัน 1 บรรยากาศ จงหาปริมาตรของแก๊สจำนวนนี้
 - ก. ที่อุณหภูมิ 127 องศาเซลเซียส และความดัน 0.5 องศาเซลเซียส (2.67 m^3)
 - ข. ที่อุณหภูมิ -73 องศาเซลเซียส และความดัน 2 บรรยากาศ (0.33 m^3)

- 2.6 บอลลูกเหล็กที่บรรจุแก๊สไฮโดรเจน ขณะอยู่ที่พื้นมีอุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส มีปริมาตร 1.8×10^{-2} ลูกบาศก์เมตรและมีความดัน 1.0×10^5 พาสคัล ถ้าบอลลูกนี้ ลอยสูงขึ้นจนอุณหภูมิ แก๊สภายในลดลงเหลือ 8 องศาเซลเซียส ความดันลดลงเหลือ 0.8×10^5 พาสคัล ขณะนั้นบอลลูกนี้มีปริมาตรเท่าใด ($2.18 \times 10^{-2} \text{ m}^3$)
- 2.7 แก๊สจำนวนหนึ่งอยู่ในกระบอกสูบ เมื่อความดันของแก๊สเพิ่มขึ้นเป็นเท่า ปริมาตรของแก๊ส จะลดลงเหลือครึ่งหนึ่งของเดิมอัตราส่วนระหว่างอุณหภูมิสัมบูรณ์ของแก๊ส ซึ่งหลังกับครั้งแรกมีค่าเท่าใด (3:2)
- 2.8 แก๊สชนิดหนึ่งมีปริมาตร 2×10^{-3} ลูกบาศก์เมตร อุณหภูมิ 17 องศาเซลเซียส ความดัน 2 บรรยากาศ แก๊สนี้มีกี่โมล (0.17 mol)
- 2.9 จากรูป เป็นกราฟระหว่างความดันและปริมาตรของแก๊สหนึ่ง ที่อุณหภูมิ 300 เคลวิน ซึ่งอยู่ในกระบอกสูบที่ไม่มีความเสียดทานจำนวนโมลของแก๊สในกระบอกสูบ (0.034 mol)



- 2.10 จงหามวลและจำนวนโมลโมเลกุลของออกซิเจน 0.1 กิโลโมล และถ้าแก๊สนี้มีอุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส ความดัน 1 บรรยากาศ จะมีปริมาตรเท่าใด กำหนดให้มวลโมเลกุลของออกซิเจนเท่ากับ 32 (3.2 kg , 6.02×10^{25} โมเลกุล, 2.46 m^3)
- 2.11 ความดัน P และปริมาตร V ของแก๊สจำนวนหนึ่งที่มีมวลและอุณหภูมิคงตัวมีความสัมพันธ์ดังในตาราง
- ก. จงเขียนกราฟระหว่างความดัน P และส่วนกลับของปริมาตร $\frac{1}{V}$ โดยให้ P อยู่บนแกนตั้งและ $\frac{1}{V}$ อยู่บนแกนนอน
- ข. จากข้อมูลในก. ถ้ามวลของแก๊สลดลงครึ่งหนึ่ง จงเขียนกราฟระหว่างความดัน P และส่วนกลับของปริมาตร $\frac{1}{V}$

$P (\times 10^5 \text{ Pa})$	$V (\times 10^{-3} \text{ m}^3)$
10	0.4
8	0.5
6	0.7
4	1.0
2	2.0
1	4.0

2.12 แก๊สชนิดหนึ่งมีความหนาแน่น 1 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียสและความดัน 2 บรรยากาศ จะต้องอัดแก๊สนี้ให้มีความดันเป็นเท่าใด จึงจะมีความหนาแน่นเป็น 8 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส (6.93 atm)

2.13 แก๊สไฮโดรเจนบรรจุในภาชนะปิดปริมาตร 207 ลูกบาศก์เดซิเมตร ที่อุณหภูมิ 303 เคลวิน ความดัน 1.01×10^5 พาสคัล จงหา

ก. จำนวนโมเลกุลของไฮโดรเจนในภาชนะ (5.0×10^{24} โมเลกุล)

ข. ความดันของไฮโดรเจนในภาชนะ ถ้า

I) เติมนไฮโดรเจนจำนวนโมเลกุลเท่ากับในข้อ ก. เข้าไปในภาชนะ โดยอุณหภูมิและปริมาตรของแก๊สในภาชนะยังคงเป็นเช่นเดิม (2.02×10^5 Pa)

II) เติมนแก๊สที่มีมวลโมเลกุลเป็นสองเท่าของไฮโดรเจนเพิ่มเข้าไปในภาชนะด้วยจำนวนโมเลกุลเท่ากับในข้อ ก. โดยอุณหภูมิและปริมาตรของแก๊สในภาชนะยังคงเป็นเช่นเดิม (2.02×10^5 Pa)

18.3 ทฤษฎีจลน์ของแก๊ส

18.3.1 แบบจำลองของแก๊สอุดมคติ

แบบจำลองของแก๊ส (Model of Gasses) แก๊ส ประกอบด้วยอนุภาคขนาดเล็ก ๆ จำนวนมากต่างก็เคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูงอย่างไม่เป็นระเบียบไปชนกัน ความเร็วประมาณ 10^3 เมตรต่อวินาที อนุภาคแก๊สมีโมเลกุลขนาด 10^{-10} เมตร

แบบจำลอง (Model) มีลักษณะดังต่อไปนี้

1. แก๊สประกอบด้วยอนุภาคเล็ก ๆ เรียกว่า โมเลกุล
2. โมเลกุลมีการเคลื่อนที่แบบ random แต่เป็นไปตามกฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน โมเลกุลจะเคลื่อนที่ทุกทิศทุกทางด้วยอัตราเร็วต่างกัน
3. โมเลกุลมีจำนวนมากมหาศาล ทิศทางและอัตราเร็วของการเคลื่อนที่ของโมเลกุลแต่ละตัวจะมีการเปลี่ยนแปลงอย่างทันทีทันใด ถ้าวชนกับผนังภาชนะหรือโมเลกุลตัวอื่น ทางเดินโมเลกุลจึงเป็นรูปซิกแซก
4. โมเลกุลทุกโมเลกุลเมื่อรวมกันแล้ว จะมีปริมาตรน้อยมากเมื่อเทียบกับปริมาตรของภาชนะ เราจะได้ดีเมื่อแก๊สถูกควบแน่นเป็นของเหลว ปริมาตรจะเล็กลงเป็นพัน ๆ เท่า ของปริมาตรเดิม แสดงว่าปริมาตรของโมเลกุลที่ประกอบกันเป็นแก๊สเล็กมาก เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาตรแก๊ส
5. โมเลกุลทุกโมเลกุลจะไม่มีแรงกระทำต่อกัน ยกเว้นชั่วขณะที่ชนกัน
6. การชนของโมเลกุลเป็นการชนแบบยืดหยุ่นและช่วงเวลาที่ยึดเหนี่ยวกันมากไม่ว่าจะชนกันเองหรือชนกับภาชนะ (พลังงานจลน์ก่อนชน = พลังงานจลน์หลังชน)
7. พลังงานจลน์เฉลี่ยของแก๊สเป็นปฏิภาคโดยตรงกับอุณหภูมิ

18.3.2 ความดันและพลังงานจลน์เฉลี่ยของแก๊ส

ทฤษฎีจลน์ของแก๊ส (Kinetic Theory of Gas) เราถือว่าแก๊สประกอบด้วยอนุภาคที่เล็กมากเรียกว่า โมเลกุล ซึ่งเคลื่อนที่แบบไร้ระเบียบ โมเลกุลเหล่านี้อยู่ห่างกันมาก และจะไม่เกิดแรงดึงดูดระหว่างกัน เราให้โมเลกุลของแก๊สเป็นทรงกลมที่เล็กมาก มีพลังงานจลน์มากกว่าพลังงานศักย์มากจนเกือบถือได้ว่ามี แต่พลังงานจลน์

ความดันตามทฤษฎีจลน์ของแก๊ส อนุภาคของแก๊สเมื่อชนกับผนังภาชนะมีผลเกิดขึ้นดังนี้

1. ความเร็ว (v) เปลี่ยนค่า เพราะมีแรงกระทำจากผนัง
2. โมเมนตัม (P) เปลี่ยนค่าตามค่าของความเร็ว ($P = mv$) แต่ m มีค่าคงที่
3. พลังงานจลน์ คงที่ เพราะเป็นการชนแบบยืดหยุ่น

ผลที่ได้จากทฤษฎีจลน์ของแก๊ส

$$PV = \frac{1}{3}Nm\overline{v^2} = NK_B T = nRT$$

$$\frac{3}{2}PV = \frac{1}{2}Nm\overline{v^2} = \frac{3}{2}NK_B T = \frac{3}{2}nRT$$

$$E_K = \frac{1}{2}m\overline{v^2} = \frac{3}{2}K_B T$$

เมื่อ $\overline{v}$ คือ อัตราเร็วเฉลี่ยของโมเลกุลของแก๊ส

m คือ มวลของแก๊ส

E_K คือ พลังงานจลน์เฉลี่ยของโมเลกุลแก๊ส

แบบฝึกหัด 18.3.2

1. แก๊สจำนวน 100 โมเลกุล มีความเร็วเท่า ๆ กันที่ 10 เมตรต่อวินาที อยู่ในภาชนะทรงกลมปริมาตร 1

ลูกบาศก์เมตร ถ้าแต่ละโมเลกุลมีมวล 3×10^{-20} กิโลกรัม ความดันของแก๊สในขณะนั้นมีค่าเท่าใด

2. แก๊สชนิดหนึ่งบรรจุไว้ในถังขนาด 0.5 ลูกบาศก์เมตร มีความดัน 1 บรรยากาศ จงหาพลังงานจลน์

เฉลี่ยของแต่ละโมเลกุลของแก๊สนี้ ถ้าแก๊สนี้ 1 ลูกบาศก์เมตรมีจำนวนโมเลกุลเท่ากับ 2.5×10^{25} โมเลกุล

18.3.3 อัตราเร็วของโมเลกุลของแก๊ส

การหาค่าอัตราเร็วกำลังสองเฉลี่ยของโมเลกุลของแก๊ส (Root-mean-square-speed, $v_{r.m.s.}$)

$$v_{r.m.s.} = \sqrt{\frac{v_1^2 + v_2^2 + v_3^2 + \dots + v_n^2}{n}}$$

$$v_{r.m.s.} = \sqrt{\frac{3RT}{M}} \quad \text{เมื่อ } M \text{ เป็นมวลของ 1 โมล (kg/mol)}$$

$$v_{r.m.s.} = \sqrt{\frac{3P}{\rho}} \quad \text{เมื่อ } \rho \text{ เป็นความหนาแน่น (kg/m}^3\text{)}$$

$$v_{r.m.s.} = \sqrt{\frac{3K_B T}{m}} \quad \text{แก๊สโมเลกุลอะตอมเดี่ยว (Monoatomic Gas)}$$

$$v_{r.m.s.} = \sqrt{\frac{5K_B T}{m}} \quad \text{แก๊สโมเลกุลอะตอมคู่ (Diatomic Gas)}$$

แบบฝึกหัด 18.3.3

- ถ้ามีโมเลกุลของแก๊สที่มีอัตราเร็ว v หนึ่งโมเลกุล $2v$ สองโมเลกุล $3v$ หนึ่งโมเลกุล อัตราเร็วรากที่สองของกำลังสองเฉลี่ยของโมเลกุลของแก๊สทั้งหมดมีค่าเท่าไร
- ถ้ามีโมเลกุลของแก๊สที่มีอัตราเร็ว 30 เมตรต่อวินาที หนึ่งโมเลกุล 10 เมตรต่อวินาที สองโมเลกุล 20 เมตรต่อวินาที หนึ่งโมเลกุล อัตราเร็วรากที่สองของกำลังสองเฉลี่ยของโมเลกุลของแก๊สทั้งหมดมีค่าเท่าไร
- ในบรรยากาศมีแก๊สไนโตรเจนและออกซิเจนเป็นส่วนใหญ่ มีแก๊สไฮโดรเจนปนอยู่บ้างแต่ในสัดส่วนน้อยมาก ถ้าวัดอัตราเร็วรากที่สองของกำลังสองเฉลี่ยของโมเลกุลไฮโดรเจนเป็นกี่เท่าของออกซิเจน (กำหนดให้มวลโมเลกุลของไฮโดรเจนและออกซิเจนเป็น 2 และ 32 กรัมต่อโมลตามลำดับ)
- แก๊สชนิดหนึ่งบรรจุอยู่ในกระบอกสูบ ถ้าแก๊สจำนวนนี้ถูกทำให้ความดันเพิ่มขึ้นเป็นสองเท่า พบว่าค่าเฉลี่ยของกำลังสองของอัตราเร็วโมเลกุลจะเพิ่มขึ้นเป็น $\frac{4}{3}$ เท่า ความหนาแน่นของแก๊สจะเป็นกี่เท่าของความหนาแน่นเดิม

แบบฝึกหัด 18.3

- เหตุใดแก๊สจึงพุ่งกระจายเต็มภาชนะที่บรรจุ และสามารถบีบอัดให้มีปริมาตรน้อยลงกว่าเดิมได้มาก
- เมื่ออัดแก๊สให้มีปริมาตรลดลง ความดันของแก๊สจะเพิ่มขึ้นเพราะเหตุใด
- เมื่อแก๊สชนิดหนึ่งมีอุณหภูมิสูงขึ้น อัตราเร็วของโมเลกุลของแก๊สจะเปลี่ยนแปลงอย่างไร
- แก๊สต่างชนิดกัน ถ้ามีอุณหภูมิเท่ากัน พลังงานจลน์เฉลี่ยของโมเลกุลเท่ากันหรือไม่
- ภาชนะรูปลูกบาศก์ที่มีความยาวด้านละ 0.2 เมตร บรรจุแก๊ส 1.0×10^{24} โมเลกุล แต่ละโมเลกุลมีมวล 2.0×10^{-26} กิโลกรัมและเคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็ว 600 เมตรต่อวินาที ถ้าผนังแต่ละด้านมีโมเลกุลพุ่งชนในทิศทางตั้งฉากกับผนังเป็นจำนวนหนึ่งในสามของโมเลกุลทั้งหมด จงหา
 - โมเมนตัมที่เปลี่ยนไปของแต่โมเลกุลที่เข้าชนผนัง (-2.4×10^{-23} kg.m/s)
 - แรงเนื่องจากโมเลกุลในข้อ ก ตัวยึดที่เข้าชนผนังแต่ละด้าน (3.6×10^{-20} N)
 - ความดันบนผนังแต่ละด้าน (3.0×10^5 Pa)
- พลังงานจลน์เฉลี่ยของแก๊สในภาชนะปิดเท่ากับ 6.3×10^{21} จูล และจำนวนโมเลกุลต่อปริมาตรของแก๊สเท่ากับ 2.4×10^{25} โมเลกุลต่อลูกบาศก์เมตร จงหาความดันของแก๊สนี้ (1.008×10^5 N/m²)
- จงหาพลังงานจลน์เฉลี่ยของโมเลกุลออกซิเจนที่อุณหภูมิและความดันปกติ (อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส และความดัน 1 บรรยากาศ) (5.65×10^{21} J)
- แก๊สชนิดหนึ่งบรรจุในภาชนะปิดที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส จะต้องทำให้แก๊สนี้มีอุณหภูมิเป็นเท่าใดจึงมีพลังงานจลน์เฉลี่ยต่อโมเลกุลเป็น 2 เท่าของค่าเดิม (546.3 K)
- แก๊สปริมาณหนึ่งอยู่ในกระบอกสูบถูกอัดจนมีความดันเพิ่มขึ้นเป็นสองเท่าของความดันเดิมโดยมีอุณหภูมิกงตัวจงหาอัตราส่วนระหว่างปริมาณต่อไปนี้ในสภาวะใหม่กับสภาวะเดิม

ก. ปริมาตร (0.5)	ข. ความหนาแน่น (2)
ค. จำนวนโมเลกุลต่อปริมาตร (2)	ง. พลังงานจลน์เฉลี่ยของโมเลกุลของแก๊ส (1)

- 2.6 จงหาอัตราเร็วอาร์เอ็มเอส (v_{rms}) ของโมเลกุลไนโตรเจนที่อุณหภูมิ 280 เคลวินและพลังงานจลน์ของโมเลกุลไนโตรเจนที่อุณหภูมิ (499.3 m/s , $5.8 \times 10^{-21} \text{ J}$)
- 2.7 จงหาอัตราเร็วอาร์เอ็มเอส (v_{rms}) ของอะตอมนีออนที่อุณหภูมิ 450 เคลวินและพลังงานจลน์เฉลี่ยของอะตอมนีออนที่อุณหภูมินี้ (745 m/s , $9.32 \times 10^{-21} \text{ J}$)
- 2.8 ก๊าซขนาด $0.1 \text{ เมตร} \times 0.1 \text{ เมตร} \times 0.2 \text{ เมตร}$ ภายในมีอนุภาค 20 ตัว แต่ละอนุภาคมีมวล $1.0 \times 10^{-3} \text{ กรัม}$ เท่ากันและมีอัตราเร็วในหน่วยเมตรต่อวินาทีดังนี้ 5.0 5.0 6.0 1.0 3.0 4.0 4.0 2.0 7.0 4.0 5.0 6.0 2.0 4.0 5.0 3.0 8.0 4.0 5.0 5.0 จงหา
- ก. อัตราเร็วเฉลี่ยของอนุภาคในกล่อง (4.3 m/s)
- ข. อัตราเร็วอาร์เอ็มเอส (4.6 m/s)
- ค. พลังงานจลน์เฉลี่ยของแต่ละอนุภาค ($1.065 \times 10^{-5} \text{ J}$)
- ง. ความดันเฉลี่ยที่ผนังกล่องถ้าการชนผนังของอนุภาคเป็นการชนแบบยืดหยุ่น (0.071 Pa)

18.4 พลังงานภายในของระบบ

พลังงานภายในระบบคือ ผลรวมของพลังงานจลน์และพลังงานศักย์ของโมเลกุลในระบบ ถ้าให้ U เป็นพลังงานภายในของระบบที่ประกอบด้วยแก๊ส N โมเลกุล จะได้

$$U = NE_K = \frac{3}{2}NK_B T$$

กฎอนุรักษ์พลังงาน (กฎข้อที่ 1 ของเทอร์โมไดนามิกส์)

กฎข้อที่ 1 ของเทอร์โมไดนามิกส์ กล่าวไว้ว่า พลังงานความร้อนทั้งหมดที่ให้แก่ระบบจะต้องมีค่าเท่ากับผลรวมของพลังงานภายในระบบที่เพิ่มขึ้นกับงานที่ทำโดยระบบนั้น สามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$\Delta Q = \Delta U + \Delta W$$

เมื่อ ΔQ แทนพลังงานความร้อนที่ให้แก่ระบบ

ΔU แทนพลังงานภายในระบบที่เพิ่มขึ้น

ΔW แทนงานที่ระบบทำ

ในการเปลี่ยนแปลงของระบบ อาจมีกรณีอื่น ๆ ด้วย ดังนั้นในความสัมพันธ์จากกฎข้อที่ 1 ของเทอร์โมไดนามิกส์ จะต้องคิดเครื่องหมายด้วย ดังนี้

$$\pm \Delta Q = (\pm \Delta U) + (\pm \Delta W)$$

เมื่อ
$$\Delta U = \frac{3}{2} \Delta PV = \frac{3}{2} nR \Delta T = \frac{3}{2} NK_B \Delta T$$

$$\Delta W = P \Delta V = nR \Delta T = NK_B \Delta T$$

หลักการคิดเครื่องหมาย

ปริมาณ	ลักษณะ	เครื่องหมาย
ΔQ	พลังงานความร้อนไหลเข้าสู่ระบบ	+
	พลังงานความร้อนไหลออกจากระบบ	-
	ไม่มีพลังงานความร้อนไหลเข้าหรือออกจากระบบ	0
ΔU	พลังงานภายในระบบเพิ่มขึ้น (อุณหภูมิเพิ่มขึ้น)	+
	พลังงานภายในระบบลดลง (อุณหภูมิลดลง)	-
	พลังงานภายในระบบคงตัว (อุณหภูมิคงตัว)	0
ΔW	งานที่ทำโดยระบบ (ปริมาตรเพิ่มขึ้น)	+
	งานที่สิ่งแวดล้อมทำให้ระบบปริมาตรลดลง)	-
	ไม่มีการเปลี่ยนแปลงปริมาตร	0

แบบฝึกหัด 18.4

- 1.1 ถังเก็บเก็บแก๊สในหนึ่งมีปริมาตร 1 ลูกบาศก์เมตร ภายในบรรจุแก๊สไว้ ถ้าแก๊สดูดกลืนปริมาณความร้อนเข้าไป 40 จูล และทำให้ความดันเพิ่มขึ้น 30 นิวตันต่อตารางเมตร พลังงานภายในของแก๊สเปลี่ยนแปลงไปเท่าใด
- 1.2 ขดลวดความร้อนขนาด 10 วัตต์ อันหนึ่งให้พลังงานความร้อนกับแก๊สอะตอมเดี่ยวจำนวน โมล ซึ่งบรรจุในถังที่ปิดสนิท อยากทราบว่า จะใช้เวลาเท่าใด อุณหภูมิของแก๊สจึงจะเปลี่ยนจาก 27 องศาเซลเซียส ไปเป็น 67 องศาเซลเซียส
- 1.3 แก๊สฮีเลียม 1 โมล บรรจุอยู่ในคนโทแก้วที่ปิดไว้อย่างดีและถือว่าปริมาตรคงที่ตลอดเวลาเมื่ออุณหภูมิของแก๊สเปลี่ยนจาก 27 องศาเซลเซียส ไปเป็น 67 องศาเซลเซียส จะต้องให้ความร้อนเข้าไปเท่าใด
- 1.4 จะต้องให้ความร้อนเท่าใดแก่แก๊สฮีเลียมจำนวน 1 โมล ที่บรรจุอยู่ในกระบอกสูบ แล้วทำให้แก๊สนั้นดันให้ลูกสูบทำงาน 20 จูล และอุณหภูมิเพิ่มขึ้น 10 เคลวิน
- 1.5 เมื่อให้ความร้อน 69.9 จูล แก่แก๊ส 1 โมล ที่บรรจุในกระบอกสูบ แก๊สทำงาน 20 จูล ดันลูกสูบให้เคลื่อนที่ อุณหภูมิของแก๊สจะเพิ่มขึ้นเท่าใด
- 1.6 กระบอกสูบอันหนึ่งบรรจุแก๊สฮีเลียม 2 กิโลโมล และความดันแก๊สเท่ากับ 1.05×10^5 นิวตันต่อตารางเมตร ปรากฏว่า เมื่อให้ความร้อนกับแก๊ส 10^5 จูล ปริมาตรของแก๊สในกระบอกสูบเพิ่มขึ้น 0.4 ลูกบาศก์เมตร โดยที่ความดันแก๊สคงที่ อยากทราบว่า อุณหภูมิของแก๊สจะเพิ่มขึ้นเท่าใด
- 1.7 ถ้าทำให้แก๊สฮีเลียม 1 โมล ร้อนขึ้นจาก 0 องศาเซลเซียส เป็น 100 องศาเซลเซียส ภายใต้ความดันคงตัว 1.0×10^5 นิวตันต่อตารางเมตร พลังงานภายในของแก๊สฮีเลียมนี้จะเพิ่มขึ้นเท่าไร
- 1.8 ให้ความร้อนจำนวนหนึ่งแก๊สฮีเลียมที่บรรจุในกระบอกสูบ เมื่อแก๊สขยายตัวภายใต้กระบวนการความดันคงที่ จงหาว่าแก๊สใช้ความร้อนในการเพิ่มพลังงานภายในร้อยละเท่าใดของปริมาณความร้อนที่ได้รับ

- 2.1 ถ้าความดันและปริมาตรของแก๊สเปลี่ยนไปโดยจำนวนโมเลกุลและอุณหภูมิคงตัว พลังงานความร้อนภายในของระบบจะเปลี่ยนแปลงหรือไม่ อย่างไร
- 2.2 เมื่ออัดแก๊สในภาชนะให้มีปริมาตรน้อยลง ถ้าไม่มีการถ่ายโอนพลังงานความร้อนเข้าหรือออกจากระบบพลังงานภายในระบบจะเปลี่ยนแปลงหรือไม่ อย่างไร
- 3.3 จงใช้สมการ $\Delta Q = \Delta U + \Delta W$ อธิบายการเปลี่ยนแปลงพลังงานภายในระบบในกรณีต่อไปนี้
- แก๊สในกระป๋องสเปรย์ ขณะถูกเผาไฟ
 - ไอน้ำในหีบอบไอน้ำ ความดันสูงขณะที่ได้รับหรือคายความร้อน
 - ไอน้ำในหม้อต้มน้ำของเครื่องจักรไอน้ำ ขณะเครื่องจักรกำลังทำงาน
- 3.1 พลังงานของแก๊สอาร์กอนจำนวน 1 โมล ที่ 27 องศาเซลเซียสมีค่าเท่าใด (3,741.4 J)
- 3.2 ถ้าผสมแก๊สฮีเลียม 1 โมลที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสกับแก๊สอาร์กอน 2 โมลที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส จงหาว่าอุณหภูมิผสมเป็นเท่าใด (40 องศาเซลเซียส)
- 3.3 แก๊สอุดมคติมวล 20 กรัม บรรจุในขวดปิดมิดชิดมีอุณหภูมิ 293 เคลวิน ถ้าอุณหภูมิของแก๊สในขวดเพิ่มขึ้น 20 เคลวิน พลังงานภายในจะเพิ่มขึ้นเท่าใด ให้มวลโมลาร์ของแก๊สนี้เท่ากับ 20 กรัมต่อโมล (249.3 J)
- 3.4 แก๊สในกระบอกสูบรับความร้อนจากภายนอก 142 จูล ขณะที่แก๊สขยายตัวทำงาน 160 จูล พลังงานภายในของแก๊สเพิ่มขึ้นหรือลดลงเท่าใดและอุณหภูมิของแก๊สเพิ่มขึ้นหรือลดลง (8 จูล)
- 3.5 จงหาพลังงานภายในที่เปลี่ยนไปของแก๊สจำนวนหนึ่งที่บรรจุภายในกระบอกสูบเมื่อแก๊สในกระบอกสูบ
- ได้รับพลังงานความร้อน 2100 จูล ในขณะเดียวกันให้งานออกมา 400 จูล (1700 J)
 - ได้รับพลังงานความร้อน 1260 จูล ในขณะเดียวกันทำงานให้แก่แก๊สในกระบอกสูบ 420 จูล (1680 J)
 - ให้พลังงานความร้อนออกมา 5000 จูล ในขณะที่ปริมาตรของแก๊สคงตัว (5000 J)
- 3.6 ในการอัดแก๊สอาร์กอน 1 กิโลโมล จากปริมาตร 22.4 ลูกบาศก์เมตร ที่ 0 องศาเซลเซียส ความดัน 1.01×10^5 ปาสคัล ให้มีปริมาตรเป็น 14.0 ลูกบาศก์เมตรที่ความดันเดียวกัน จงหา
- งานที่ใช้ในการอัดแก๊ส (8.48×10^5 J)
 - อุณหภูมิของแก๊สหลังการอัด (170.15 K)
 - พลังงานภายในของแก๊สที่เปลี่ยนไป (1.28×10^6 J)
 - พลังงานความร้อนที่แก๊สปลดปล่อยออกมา (2.13×10^6 J)
- 4.1 (มข.50) จงหางานที่เกิดขึ้นเนื่องจากก๊าซหุงต้มในถังบรรจุขนาด 5 ลิตร มีความดันเพิ่มขึ้นจาก 1 บรรยากาศเป็น 3 บรรยากาศ
1. 0 จูล
 2. 500 จูล
 3. 1000 จูล
 4. 1500 จูล

4.2 (มข.50) ถ้าระบบในภาชนะปิดที่มีผนังของภาชนะเป็นฉนวนความร้อนมีพลังงานภายในลดลง 800 จูล ข้อความใดต่อไปนี้สรุปได้ถูกต้อง

1. ระบบสูญเสียพลังงานในรูปของความร้อนให้กับสิ่งแวดล้อมประมาณ 800 จูล
2. ระบบดูดกลืนพลังงานจากสิ่งแวดล้อมในรูปของความร้อนประมาณ 800 จูล
3. ระบบทำงานให้กับสิ่งแวดล้อมประมาณ 800 จูล
4. สิ่งแวดล้อมระบบทำงานให้กับระบบประมาณ 800 จูล

4.3 (มข.52) ถ้าเรามีแก๊สอุดมคติอยู่ในระบบปิด (closed system) คำกล่าวต่อไปนี้ข้อใดไม่ถูกต้อง

1. ถ้ามีความร้อนไหลเข้าสู่ระบบโดยความดันของระบบมีค่าคงที่แก๊สจะต้องขยายตัว
2. ถ้ามีความร้อนไหลเข้าสู่ระบบโดยปริมาตรของระบบมีค่าคงที่แก๊สจะต้องมีพลังงานภายในระบบเพิ่มขึ้น
3. ถ้ามีความร้อนไหลเข้าสู่ระบบโดยอุณหภูมิมีค่าคงที่แก๊สจะต้องขยายตัว
4. ถ้ามีความร้อนไหลออกจากระบบโดยอุณหภูมิมีค่าคงที่แก๊สจะต้องขยายตัว

4.4 (มข.53) ยางรถยนต์มีความดันเกจ 199 กิโลปาสคาล ที่อุณหภูมิ 27 °C ถ้าอุณหภูมิลมยางเพิ่มเป็น 47 °C โดยปริมาตรภายในยางคงที่ ความดันเกจภายในยางตอนหลังเป็นเท่าใด (กำหนดให้ 1 บรรยากาศเท่ากับ 101 กิโลปาสคาล)

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

4.5 (มข.54) แก๊สในกระบอกสูบรับความร้อนจากภายนอก 142 จูล ขณะที่แก๊สขยายตัวทำงานต่อระบบภายนอก 160 จูล พลังงานภายในของแก๊สเพิ่มขึ้นหรือลดลงเท่าใด และอุณหภูมิของแก๊สเพิ่มขึ้นหรือลดลง

1. พลังงานภายในของแก๊สลดลง 18 จูล และอุณหภูมิของแก๊สลดลง
2. พลังงานภายในของแก๊สเพิ่มขึ้น 18 จูล และอุณหภูมิของแก๊สลดลง
3. พลังงานภายในของแก๊สลดลง 18 จูล และอุณหภูมิของแก๊สเพิ่มขึ้น
4. พลังงานภายในของแก๊สเพิ่มขึ้น 18 จูล และอุณหภูมิของแก๊สเพิ่มขึ้น

4.6 (มข.55) การเปลี่ยนแปลงทางเทอร์โมไดนามิกส์ของก๊าซในกระบอกสูบ ระบบมีพลังงานภายในลดลง 100 J และมีการคายความร้อน 300 J จงคำนวณหางานที่เกิดขึ้น

1. ระบบทำงาน 200 J
2. ระบบถูกทำงาน 200 J
3. ระบบทำงาน 400 J
4. ระบบถูกทำงาน 400 J

4.7 (มข.56) แก๊สจำนวนหนึ่งบรรจุภายในกระบอกสูบเมื่อทำงานให้แก่ระบบ 3000 J ทำให้พลังงานภายในเพิ่มขึ้น 2000 J ความร้อนของระบบและสิ่งแวดล้อมจะเปลี่ยนอย่างไรด้วยปริมาณเท่าไร

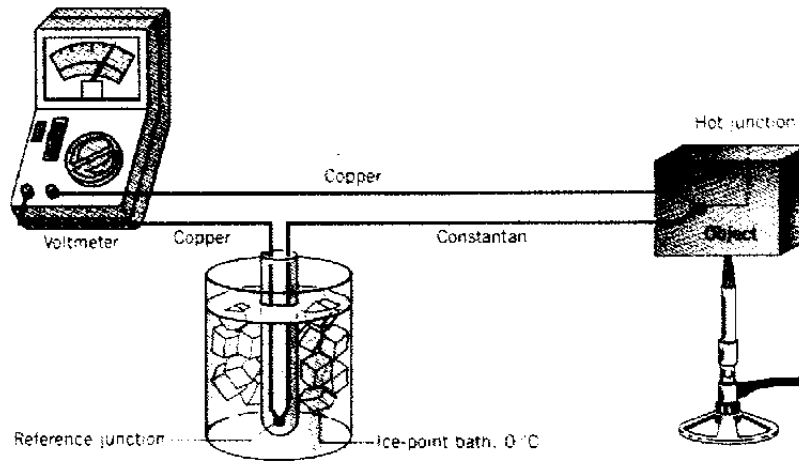
1. เข้าสู่ระบบ 5,000 J
2. เข้าสู่ระบบ 1,000 J
3. ออกจากระบบ 5,000 J
4. ออกจากระบบ 1,000 J

4.8 (มข.56) การจุดระเบิดของเครื่องยนต์ดีเซลเกิดจากอะไร

1. ประกายไฟจากหัวเทียน
2. แบตเตอรี่
3. ไอเชื้อเพลิงที่ฉีดเข้ามา
4. ความดันที่สูงขึ้น

18.5 การประยุกต์(การนำความรู้เกี่ยวกับความร้อนมาใช้ประโยชน์)

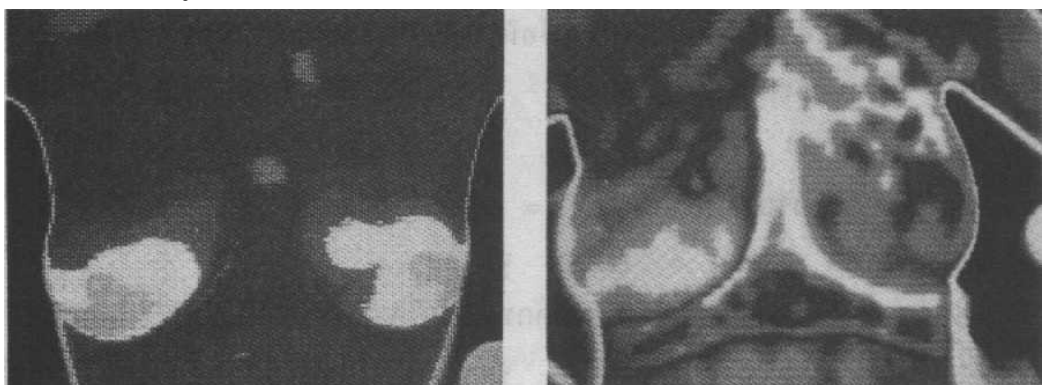
18.5.1 คู่ความความร้อน เป็นแหล่งกำเนิดกระแสไฟฟ้าโดยนำเอาลวดโลหะต่างชนิดกันมาพันต่อเข้าด้วยกัน แล้วให้ความร้อนที่รอยต่อนั้น จะทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าขึ้น



(a)

รูปที่ 18.1 คู่ความความร้อนที่เกิดจากลวดโลหะต่างชนิดกัน

18.5.2 การใช้ความร้อนในการวินิจฉัยโรค วงการแพทย์สามารถตรวจสอบหรือรักษาโรคต่างๆ ได้โดยใช้กล้องถ่ายภาพต่อเข้ากับจอภาพแล้วยิงรังสีอินฟราเรดไปยังร่างกาย เราภาพของร่างกายเราจะปรากฏที่จอภาพเป็นสีต่างๆ เราเรียกสีต่างๆ นี้ว่ากราฟความร้อน (Thermograph) แพทย์จะใช้แถบสีนี้ในการวินิจฉัยโรค เช่นการตรวจมะเร็งที่หน้าอกคนไข้ โดยใช้กราฟความร้อนดังรูปที่ 18.2

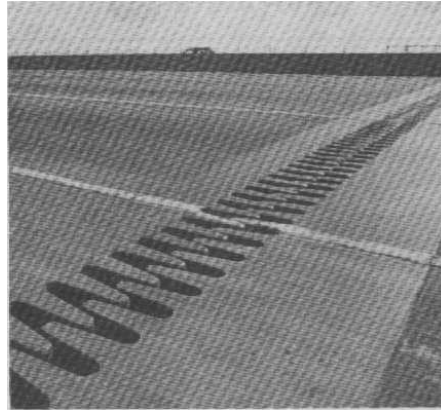


รูปที่ 18.2 สีน้ำเงินในกราฟความร้อนจะแสดงอุณหภูมิที่เย็นที่สุด และสีเหลืองปนขาวจะแสดงอุณหภูมิที่ร้อนที่สุด

รูป (a) แสดงแถบสีบนหน้าอกของคนไข้บนจอภาพ จะเป็นแถบสีฟ้าอมน้ำเงินแสดงว่าอุณหภูมิปกติ

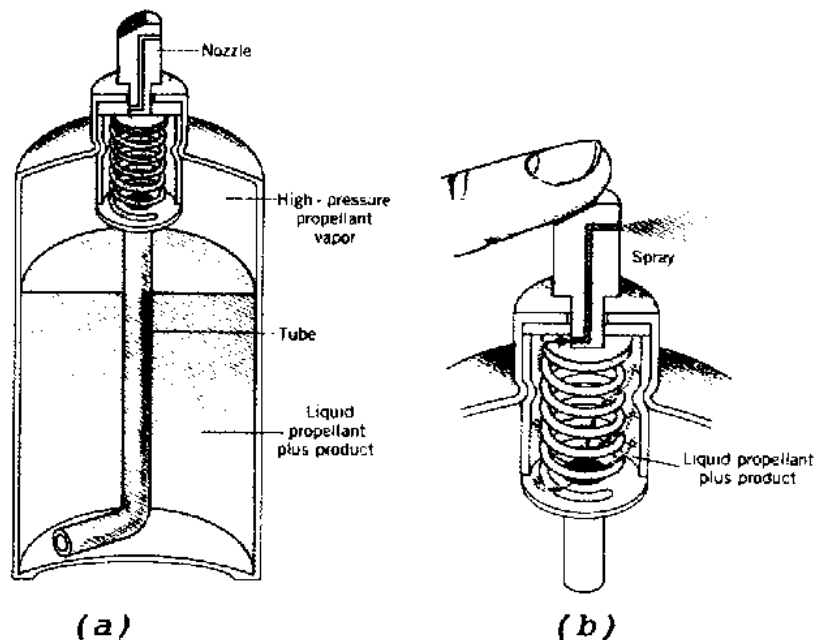
รูป (b) แสดงแถบสีบนหน้าอกของคนไข้ จะเป็นสีเหลืองปนขาว แสดงว่าอุณหภูมิผิดปกติเพราะคนไข้เป็นโรคมะเร็ง

18.5.3 การนำความรู้เรื่องความร้อนมาใช้ในการออกแบบรอยต่อของสะพานหรือถนน การสร้างสะพานหรือถนนคอนกรีตจะต้องทำการเทคอนกรีตทีละช่วง ดังนั้นรอยต่อแต่ละช่วงจะต้องเพื่อการขยายตัวของคอนกรีตจึงมีการเชื่อมรอยต่อด้วยเหล็กและอุดรอยต่อด้วยยางมะตอยดังรูปที่ 18.3 แสดงการเชื่อมเหล็กที่รอยต่อของสะพาน



รูปที่ 18.3 รอยต่อของสะพานคอนกรีตจะเชื่อมต่อด้วยเหล็ก โดยมรร่องห่างกันเพื่อการขยายตัวของคอนกรีต

18.5.4 อาศัยความดันก๊าซในการออกแบบหัวฉีดสเปรย์

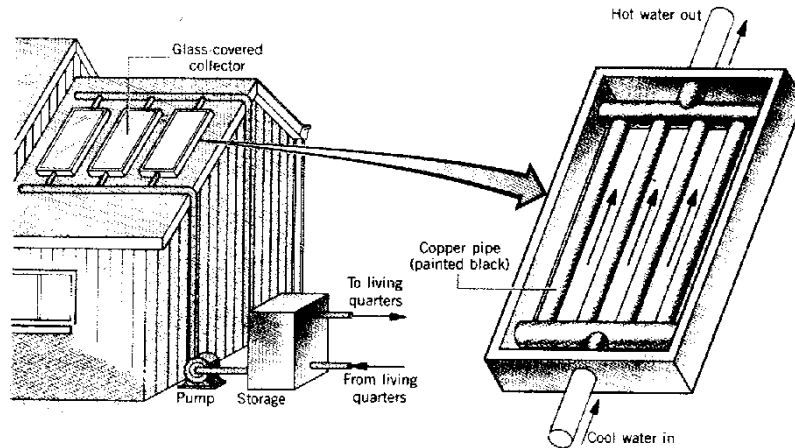


รูปที่ 18.4 แสดงการทำงานของหัวฉีดสเปรย์

ภาชนะดังรูปบรรจุของเหลว และเหนือภาชนะบรรจุก๊าซซึ่งมีความดันสูง สปริงอันหนึ่งอยู่ระหว่างท่อที่จมในของเหลวและหัวฉีดสเปรย์ดังรูป (a) เมื่อออกแรงกดที่หัวฉีดจะทำให้สปริงยุบตัว ก๊าซในภาชนะจะดันของเหลวผ่านท่อไปยังหัวฉีดทำให้ของเหลวผ่านหัวฉีดออกมาเป็นละอองดังรูป(b)

18.5.5 เครื่องทำน้ำร้อนโดยอาศัยพลังงานจากดวงอาทิตย์

เราเรียกว่า solar collector จากรูป 18.5 เครื่องปั้มน้ำ จะส่งน้ำไปยัง solar collector ซึ่งประกอบด้วยท่อทองแดงทาด้วยสีดำจะทำหน้าที่ดูดความร้อนได้ดีและเหนือท่อจะเป็นแผ่นกระจกใสให้ความร้อนผ่านได้ดีเมื่อน้ำผ่านเครื่อง solar collector นี้ จะร้อนขึ้นและจะถูกส่งไปยังแหล่งเก็บน้ำร้อนเพื่อที่จะแจกจ่ายไปยังส่วนต่างๆในบ้าน



รูปที่ 18.5 แสดงการทำงานของเครื่องปั้มน้ำ

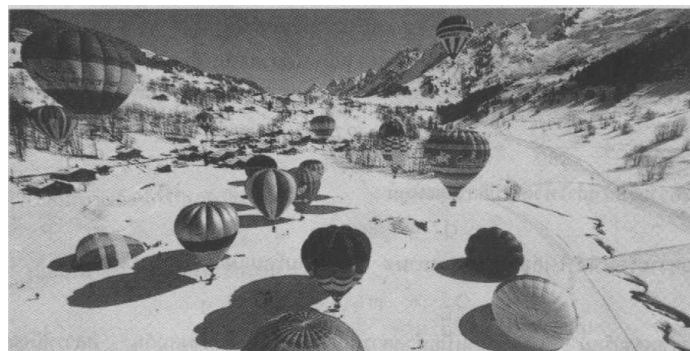
18.5.6 อุณหภูมิจากการแผ่รังสี การออกแบบรถยนต์ในสมัยใหม่จะมีการติดตั้งอุณหภูมิจากการแผ่รังสีเพื่อป้องกันอุบัติเหตุอันเนื่องจากการกระแทกของคนที่ขับกับพวงมาลัยรถดังรูปที่ 8.6 เมื่อรถได้รับการกระแทกก๊าซไนโตรเจนจำนวนหนึ่งจะถูกอัดเข้าไปในถุงลมทำให้ถุงลมพองตัวออกและมีความดันเกิดขึ้นเพื่อป้องกันไม่ให้ศีรษะกระแทกกับพวงมาลัยรถปริมาณก๊าซที่อัดเข้าไปในถุงลมสามารถคำนวณได้จากสมการ

$$n = \frac{PV}{RT}$$



รูปที่ 18.6 แสดงการทำงานของอุณหภูมิจากการแผ่รังสี

18.5.7 การอัดก๊าซร้อนเข้าไปในบอลูน เพื่อให้บอลูนลอยตัวขึ้นจากคุณสมบัติของก๊าซจะทราบได้ว่าเมื่อก๊าซมีอุณหภูมิสูงขึ้นและบรรจุในภาชนะที่มีปริมาตรและความดันคงที่จะมีน้ำหนักรวมของก๊าซที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าจึงทำให้ก๊าซนั้นสามารถลอยตัวขึ้นได้ดังเช่น การลอยตัวของบอลูนในรูปที่ 18.7



รูปที่ 18.7 แสดงการลอยตัวของบอลูน