

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

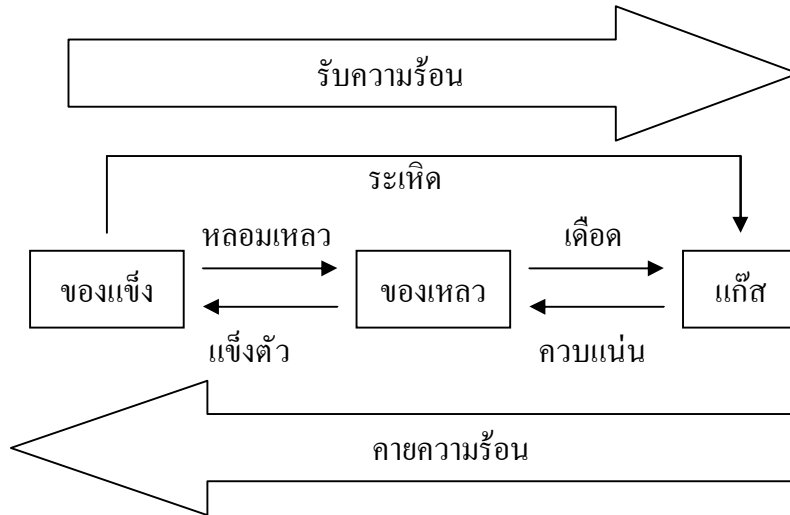
วัตถุโดยทั่วไปเมื่อได้รับความร้อนจะขยายตัว ซึ่งทำให้ความยาวหรือพื้นที่หน้าตัดหรือปริมาตรของวัตถุเพิ่มขึ้น ในทางกลับกันถ้าวัตถุสูญเสียความร้อนหรือคายความร้อนวัตถุก็จะหดตัวทำให้มีความยาวหรือพื้นที่หน้าตัดหรือปริมาตรลดลง

สมบัติสำคัญที่เกี่ยวกับการขยายตัวของของแข็งที่ควรทราบ ได้แก่

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

18.1.3 ความจุความร้อน สถานะและการเปลี่ยนสถานะของสาร

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



2. การเปลี่ยนแปลงจากของแข็งเป็นของเหลว หรือจากของเหลวเป็นแก๊ส เรียกว่าการเปลี่ยนแปลงสถานะ

3. การเปลี่ยนแปลงสถานะจากของแข็งเป็นของเหลว หรือจากของเหลวเป็นของแข็ง ในขณะที่วัตถุกำลังเปลี่ยนสถานะ โดยอุณหภูมิของวัตถุจะคงที่อยู่ตลอดเวลา

การเปลี่ยนแปลงสถานะจากของแข็งเป็นของเหลว เรียกว่าการหลอมเหลว หรือการกลายเป็นของเหลว

การเปลี่ยนสถานะจากของเหลวเป็นของแข็ง 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 คือปริมาณความร้อนที่ทำให้สารนั้น หนึ่งหน่วยเปลี่ยนสถานะจากของแข็งเป็นของเหลว 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 แทน ปริมาณความร้อน (cal หรือ J)

m แทน มวลสาร (g หรือ kg)

L แทน 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 แทน ปริมาณความร้อนหรือพลังงานความร้อน (cal หรือ J)

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

ΔT แทน อุณหภูมิที่เปลี่ยนไป (K)

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

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

เมื่อ ΔQ แทน ปริมาณความร้อนหรือพลังงานความร้อน (cal หรือ J)

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

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

m แทน มวลของวัตถุ (g หรือ kg)

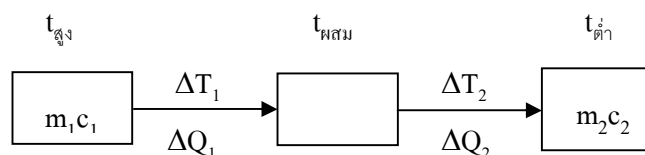
ΔT คือ อุณหภูมิที่เปลี่ยนไป (K)

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 $\Delta Q \text{ ลด} = \Delta Q \text{ เพิ่ม}$

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

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

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. จงหาพลังงานความร้อนที่ทำให้เหล็กมวล 200 กรัม ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส มีอุณหภูมิสูงขึ้นเป็น 70 องศาเซลเซียส (ความจุความร้อนจำเพาะของเหล็ก = $450 \text{ J/kg}^\circ\text{C}$)
2. จงหาปริมาณความร้อนที่ทำให้ น้ำแข็งมวล 250 กรัม อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส กลายเป็น น้ำ หมด และสุดท้าย น้ำ 10 กรัมเดือดกลายเป็นไอ (เมื่อ c ของน้ำ = $4.2 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C}$)
3. จงหาปริมาณความร้อนที่ทำให้ น้ำแข็งมวล 300 กรัม อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส เดือดจนกลายเป็นไอหมด (เมื่อ c ของน้ำ = $4.2 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C}$)
4. น้ำตกแห่งหนึ่งสูง 50 เมตร ถ้าพลังงานศักย์ของน้ำ ตกเปลี่ยนรูปเป็นพลังงานความร้อนทั้งหมด อุณหภูมิของน้ำ ที่ปลายน้ำ ตกจะมีค่าสูงขึ้นเท่าใด
5. นำลวดทำความร้อนมีกำลัง 1000 วัตต์ จุ่มลงใน น้ำ มวล 500 กรัม อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ถ้ามีการสูญเสียความร้อนไป 30 % อีกนานเท่าใด น้ำ จึงจะเริ่มเดือด
6. เครื่องทำน้ำแข็งเครื่องหนึ่งดึงความร้อนจากน้ำ 0 องศาเซลเซียส ด้วยอัตรา 500 จูลต่อวินาที ถ้าต้องการทำน้ำ แข็ง 2 กิโลกรัม จากน้ำ ที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส ต้องใช้เวลาเท่าใด
7. ใส่ น้ำ แข็งมวล 50 กรัม อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส ลงใน น้ำ 200 กรัม ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส จะได้ อุณหภูมิสุดท้ายเท่าใด
8. ใส่ ลูกเหล็กมวล 20 กิโลกรัม อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส ลงใน น้ำ มวล 2 กิโลกรัม อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส แล้วให้ความร้อนแก่ระบบจนมีอุณหภูมิผสมที่สมดุลเป็น 50 องศาเซลเซียส ถ้าถือว่าไม่มีการสูญเสียความร้อนแก่ภาชนะและสิ่งแวดล้อม ความร้อนที่เข้าระบบเป็นเท่าใด

9. (มข.50) เหยี่ยงทองแดงมวล 5 กรัม ตกลงมาจากตึกสูง 300 เมตร ถ้าความเร็วปลายของเหยี่ยงนี้เท่ากับ 45 เมตร/วินาที และพลังงานกลส่วนที่เหลือถูกเปลี่ยนเป็นพลังงานความร้อนของเหยี่ยงทองแดง จงหาอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นของเหยี่ยงทองแดงถึงตกถึงพื้น (กำหนดให้ค่าความจุความร้อนจำเพาะของทองแดงเท่ากับ 387 J/kg)
1. 2°C 2. 5°C 3. 9°C 4. 12°C
10. (มข.50) เมื่อเราสัมผัสวัตถุหนึ่งแล้วรู้สึกเย็น ข้อใดต่อไปนี้เป็นไปได้ถูกต้อง
1. สภาพนำความร้อนของวัตถุมีค่าน้อยกว่าสภาพนำความร้อนของมือเรา
 2. วัตถุมีพลังงานความร้อนน้อยกว่าพลังงานความร้อนของมือเรา
 3. วัตถุมีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิของมือเรา 4. ถูกทั้ง 2. และ 3.
11. (มข.51) น้ำแข็งมวล 140 กรัม อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส ใสลงไปใต้น้ำร้อน 80 องศาเซลเซียส จงหาปริมาณน้ำร้อนที่ทำให้ให้น้ำแข็งละลายหมดพอดีกำหนดให้ ความจุความร้อนจำเพาะของน้ำเท่ากับ $4.2 \text{ kJ/kg}\cdot^\circ\text{C}$ และความร้อนแฝงจำเพาะของการหลอมเหลวของน้ำแข็ง เท่ากับ 300 kJ/kg
1. 100 กรัม 2. 125 กรัม 3. 200 กรัม 4. 250 กรัม
12. (มข.52) กระจกโลหะมีมวล 200 กรัม ประกอบด้วยเหล็กและอลูมิเนียมในสัดส่วน 60 : 40 โดยน้ำหนัก จงหาความจุความร้อนของกระจกใบนี้ (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
13. (มข.53) จงหาปริมาณความร้อนที่ทำให้ให้น้ำแข็ง 2 กิโลกรัม อุณหภูมิ 0°C กลายเป็นน้ำอุณหภูมิ 50°C ทั้งหมดกำหนดให้ความร้อนแฝงจำเพาะของการหลอมเหลวของน้ำเท่ากับ 333 กิโลจูล/กิโลกรัม และความจุความร้อนจำเพาะของน้ำเท่ากับ 4.2 กิโลจูล/(กิโลกรัม-เคลวิน)
1. 753 กิโลจูล 2. 876 กิโลจูล 3. 1086 กิโลจูล 4. 3372 กิโลจูล
14. (มข.53) ยางรถยนต์มีความดันคง 199 กิโลปาสคาล ที่อุณหภูมิ 27°C ถ้าอุณหภูมิลมยางเพิ่มขึ้นเป็น 47°C โดยปริมาตรภายในยางคงที่ ความดันภายในยางตอนหลังเป็นเท่าใด (กำหนดให้ 1 บรรยากาศเท่ากับ 101 กิโลปาสคาล)
1. 219 kPa 2. 320 kPa 3. 421 kPa 4. 500 kPa
15. (มข.54) ใส่ง่อนอะลูมิเนียมมวล 50 กรัม อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ลงใต้น้ำมวล 100 กรัม อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ซึ่งอยู่ในภาชนะฉนวนปิดมิดชิด เมื่อถึงสมดุลความร้อน อุณหภูมิของสารทั้งสอง มีค่าเป็นเท่าใด(กำหนดให้ ความจุจำเพาะของน้ำและอะลูมิเนียมมีค่าเท่ากับ 000 จูลต่อ (กิโลกรัม-เซลเซียส) และ 1000 จูลต่อ (กิโลกรัม-เซลเซียส) ตามลำดับ
1. 33°C 2. 34°C 3. 35°C 4. 36°C
16. (มข.55) จากกฎข้อที่ศูนย์ของเทอร์โมไดนามิกส์กล่าวว่า ‘ถ้าวัตถุ A และ B อยู่ในสมดุลความร้อนต่อวัตถุ C แล้ววัตถุ A จะอยู่ในสมดุลความร้อนต่อวัตถุ B ด้วย’ คำว่า สมดุลทางความร้อนหมายถึงอะไร
1. ปริมาณความร้อนเท่ากัน 2. มีความจุความร้อนเท่ากัน
 3. มีความจุความร้อนจำเพาะเท่ากัน 4. มีระดับความร้อนเท่ากัน

17. (มข.55) แท่งเหล็ก 5 kg และ 15 kg ทำให้มีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นเท่ากัน ข้อความใดถูกต้อง
1. เหล็กทั้งสองมีความจุความร้อนเท่ากัน
 2. ต้องให้ความร้อนแก่เหล็กทั้งสองเท่ากัน
 3. ต้องให้ความร้อนแก่เหล็ก 5 kg มากกว่า
 4. ต้องให้ความร้อนแก่เหล็ก 15kg มากกว่า
18. (มข.55) น้ำอุ่น 80°C มวล 200 กรัม บรรจุในถ้วยอลูมิเนียมมวล 300 กรัม เมื่อนำก้อนน้ำแข็ง 5 °C มวล 100 กรัม หย่อนลงไป ในน้ำอุ่น 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
19. (มข.56) จงหาปริมาณความร้อนที่ทำให้ให้น้ำแข็ง 2kg ที่อุณหภูมิ 0 °C กลายเป็นน้ำอุณหภูมิ 50°C ทั้งหมด (กำหนดความร้อนแฝงของการหลอมเหลว $L_m = 333 \text{ kJ/kg}$ และค่าความจุความร้อนจำเพาะของน้ำ $c = 4.2 \text{ kJ/kg}\cdot\text{K}$)
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 ได้ทำการทดลองพบว่าสำหรับแก๊สที่มีอุณหภูมิคงที่ ความดันของแก๊สจะเป็นปฏิภาคผกผันกับปริมาตรของแก๊ส

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

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

$$PV = K$$

$$P_1V_1 = P_2V_2 \dots\dots\dots(18.7) \text{ เมื่อ } T \text{ คงที่}$$

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 หลังจากปล่อยให้บอลลู่นลอยขึ้นไปจากความดันแก๊สเหลือ 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 เมื่อให้ความดันของมันเป็นคงที่ปริมาตรของแก๊สจะเป็นปฏิภาคโดยตรงกับอุณหภูมิ ”

$$V \propto T$$

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

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

*** 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) ผลที่ได้จากการทดลองกฎของบอยล์และกฎของชาร์ลหรือเกย์ลัสแซค 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)

จาก $\frac{PV}{T} \propto n$
 $\frac{PV}{nT} = K = R$

จะได้ $PV = nRT \dots\dots\dots(18.11)$

เมื่อ n แทน จำนวน โมลของแก๊ส (โมล, mol)

R แทน 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 แทน จำนวนโมเลกุลของแก๊สทั้งหมด

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

จาก $PV = nRT$ จะได้

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

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

กฎของแก๊ส (กรณีแก๊สร่วม)

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. ถ้าให้ความดันของแก๊สในกระบอกสูบหนึ่งคงที่และให้อุณหภูมิของแก๊สภายในกระบอกสูบเปลี่ยนจาก 7 องศาเซลเซียส เป็น 87 องศาเซลเซียส อัตราส่วนของปริมาตรใหม่ต่อปริมาตรเดิมเป็นเท่าใด
2. ถ้าปริมาตรของแก๊สเพิ่มขึ้นเป็น 3 เท่า และอุณหภูมิลดลงครึ่งหนึ่ง ถามว่าความดันของแก๊สครั้งหลังจะเป็นกี่เท่าของเดิม
3. แก๊สชนิดหนึ่งมีความหนาแน่น 1 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ที่อุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส ความดัน 2 บรรยากาศ จะต้องอัดแก๊สนี้ให้มีความดันเท่าไร จึงจะมีความหนาแน่น 3 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตรที่ 77 องศาเซลเซียส
4. แก๊สในถังที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ความดัน 5 บรรยากาศ มีมวล 10 กิโลกรัมเมื่อปล่อยแก๊สออกมาใช้เสียบ้าง ความดันจะลดลงเหลือ 2 บรรยากาศวัดที่ 27 องศาเซลเซียส ถามว่าแก๊สที่เหลือมีมวลกี่กิโลกรัม (4.04 kg)
5. (ข้อสอบเข้ามหาวิทยาลัย) แก๊สชนิดหนึ่งมีปริมาตร 1×10^{-3} ลูกบาศก์เมตร ที่ 27°C ความดันบรรยากาศ ถ้าแก๊สขยายตัวกระทั่งปริมาตร 1.5×10^{-3} และความดันเป็น 1.1 บรรยากาศอุณหภูมิเป็นกี่องศาเซลเซียส (222°C)
6. (ข้อสอบเข้ามหาวิทยาลัย) ถ้าความดันบรรยากาศเท่ากับ 10^5 N/m^2 ตลอดเวลาอากาศเข้าไปในยางรถยนต์คันหนึ่งถ้าพบว่ามิเตอร์วัดความดันเกจอ่านค่า 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. $2.4 \times 10^5 \text{ N/m}^2$
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

8. (มข.51) อัดก๊าซเข้าไปในบอลลอนอย่างช้าๆจนปริมาตร 5 ลิตร มีความดัน 3.0×10^5 นิวตันต่อตารางเมตร หลังจากปล่อยให้บอลลอนลอยขึ้นจนความดันก๊าซลดลงเหลือ 2.0×10^5 นิวตันต่อตารางเมตร โดยที่อุณหภูมิมีค่าคงที่ จงหาปริมาตรของก๊าซในบอลลอนมีค่าเท่าไร
1. 6.0 ลิตร
 2. 7.5 ลิตร
 3. 9.0 ลิตร
 4. 12.0 ลิตร
9. (มข.52) ถ้าให้แก๊สทุกชนิดในโลกเป็นแก๊สอุดมคติค่ากล่าวต่อไปนี้ ข้อใดถูกต้อง
1. ที่อุณหภูมิเดียวกัน อะตอมของแก๊สทุกชนิดมีพลังงานจลน์เท่ากัน
 2. ที่อุณหภูมิเดียวกัน โมเลกุลของแก๊สทุกชนิดมีพลังงานจลน์เท่ากัน
 3. ที่อุณหภูมิเดียวกัน อะตอมของแก๊สทุกชนิดมีความเร็วเท่ากัน
 4. ที่อุณหภูมิเดียวกัน โมเลกุลของแก๊สทุกชนิดมีความเร็วเท่ากัน
10. (มข.54) บอลลอนที่ภายในบรรจุแก๊สไฮโดรเจน ขณะอยู่ที่พื้นมีอุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส มีปริมาตร 1.8×10^{-2} ลูกบาศก์เมตร และมีความดัน 1.0×10^5 พาสคัล ถ้าบอลลอนถูกปล่อยให้ลอยสูงขึ้น จนอุณหภูมิของแก๊สภายในลดลงเหลือ 17 องศาเซลเซียส ความดันลดลงเหลือ 0.8×10^5 พาสคัล ลูกบอลลอนจะมีปริมาตรเท่าใด
1. 1.42×10^{-2} ลูกบาศก์เมตร
 2. 1.75×10^{-2} ลูกบาศก์เมตร
 3. 2.18×10^{-2} ลูกบาศก์เมตร
 4. 2.55×10^{-2} ลูกบาศก์เมตร
11. (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

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

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 3×10^5 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 กับแก๊สออกอร์น 1 โมล อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส จงหาว่าอุณหภูมิผสมเป็นเท่าใด
4. ผสมแก๊สฮีเลียม 4 โมล อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส กับแก๊สออกอร์น 6 โมล อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส จงหาว่าอุณหภูมิผสมเป็นเท่าใด

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. โมเลกุลมีจำนวนมากมายมหาศาล ทิศทางและอัตราเร็วของการเคลื่อนที่ของโมเลกุลแต่ละตัวจะมีการเปลี่ยนแปลงอย่างทันทีทันใด ถ้าชนกับผนังภาชนะหรือโมเลกุลตัวอื่น ทางเดินโมเลกุลจึงเป็นรูปซิกแซก
4. โมเลกุลทุกโมเลกุลเมื่อรวมกันแล้ว จะมีปริมาตรน้อยมากเมื่อเทียบกับปริมาตรของภาชนะ เราจะได้ดีเมื่อแก๊สถูกควมแน่นเป็นของเหลว 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 คงที่เพราะเป็นการชนแบบยืดหยุ่น

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} แทน อัตราเร็วเฉลี่ยของโมเลกุลของแก๊ส

m แทน มวลของแก๊ส

E_K แทน 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 จงหาพลังงานจลน์เฉลี่ยของแต่ละโมเลกุลของแก๊สนี้ ถ้าแก๊สนี้ 1 ลูกบาศก์เมตรมีจำนวนโมเลกุลเท่ากับ 2.5×10^{25} โมเลกุล

18.3.3 อัตราเร็วของโมเลกุลของแก๊ส

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

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

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

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

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

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

แบบฝึกหัด 18.3.3

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

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 กล่าวว่า พลังงานความร้อนทั้งหมดที่ให้กระบบจะต้องมีค่าเท่ากับผลรวมของพลังงานภายในระบบที่เพิ่มขึ้นกับงานที่ทำโดยระบบนั้น สามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

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

เมื่อ ΔQ แทน พลังงานความร้อนที่ให้แก่ระบบ

ΔU แทน พลังงานภายในระบบที่เพิ่มขึ้น

ΔW แทน งานที่ระบบทำ

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)	-
	พลังงานภายในระบบคงที่ (อุณหภูมิกงตัว)	0
ΔW	งานที่ทำโดยระบบ (ปริมาตรเพิ่มขึ้น)	+
	งานที่สิ่งแวดล้อมทำให้ระบบ (ปริมาตรลดลง)	-
	ไม่มีการเปลี่ยนแปลงปริมาตร	0

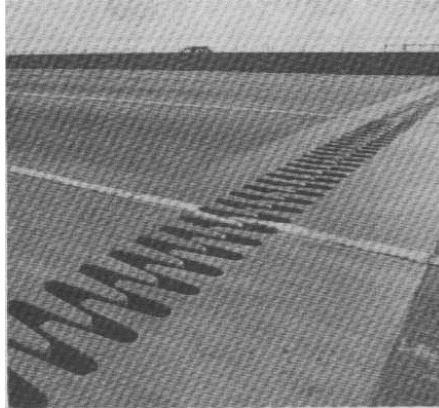
แบบฝึกหัด 18.4

- ถังเก็บเก็บแก๊สไบนหนึ่งมีปริมาตร 1 ลูกบาศก์เมตร ภายในบรรจุแก๊สไว้ ถ้าแก๊สดูดกลืนปริมาณความร้อนเข้าไป 40 จูล และทำให้ความดันเพิ่มขึ้น 30 นิวตันต่อตารางเมตร พลังงานภายในของแก๊สเปลี่ยนแปลงไปเท่าใด
- ขดลวดความร้อนขนาด 10 วัตต์ อันหนึ่งให้พลังงานความร้อนกับแก๊สอะตอมเดี่ยวจำนวน 1 โมล ซึ่งบรรจุในถังที่ปิดสนิท อยากทราบว่า จะใช้เวลาเท่าใด อุณหภูมิของแก๊สจึงจะเปลี่ยนจาก 27 องศาเซลเซียส ไปเป็น 67 องศาเซลเซียส
- แก๊สฮีเลียม 1 โมล บรรจุอยู่ในคนโทแก้วที่ปิดไว้อย่างดีและถือว่าปริมาตรคงที่ตลอดเวลาเมื่ออุณหภูมิของแก๊สเปลี่ยนจาก 27 องศาเซลเซียส ไปเป็น 67 องศาเซลเซียส จะต้องให้ความร้อนเข้าไปเท่าใด
- จะต้องให้ความร้อนเท่าใดแก่แก๊สฮีเลียมจำนวน 1 โมล ที่บรรจุอยู่ในกระบอกสูบ แล้วทำให้แก๊สนั้นดันให้ลูกสูบทำงาน 20 จูล และอุณหภูมิเพิ่มขึ้น 10 เคลวิน
- เมื่อให้ความร้อน 69.9 จูล แก่แก๊ส 1 โมล ที่บรรจุในกระบอกสูบ แก๊สทำงาน 20 จูล ดันลูกสูบให้เคลื่อนที่ อุณหภูมิของแก๊สจะเพิ่มขึ้นเท่าใด
- กระบอกสูบอันหนึ่งบรรจุแก๊สฮีเลียม 2 กิโลโมล และความดันแก๊สเท่ากับ 1.05×10^5 นิวตันต่อตารางเมตร ปรากฏว่า เมื่อให้ความร้อนกับแก๊ส 10^5 จูล ปริมาตรของแก๊สในกระบอกสูบเพิ่มขึ้น 0.4 ลูกบาศก์เมตร โดยที่ความดันแก๊สคงที่ อยากทราบว่า อุณหภูมิของแก๊สจะเพิ่มขึ้นเท่าใด
- ถ้าทำให้แก๊สฮีเลียม 1 โมล ร้อนขึ้นจาก 0 องศาเซลเซียส เป็น 100 องศาเซลเซียส ภายใต้ความดันคงที่ 1.0×10^5 นิวตันต่อตารางเมตร พลังงานภายในของแก๊สฮีเลียมนี้ จะเพิ่มขึ้นเท่าไร
- ให้ความร้อนจำนวนหนึ่งแก่ฮีเลียมที่บรรจุในกระบอกสูบ เมื่อแก๊สขยายตัวภายใต้กระบวนการความดันคงที่ จงหาว่าแก๊สใช้ความร้อนในการเพิ่มพลังงานภายในร้อยละเท่าใดของปริมาณความร้อนที่ได้รับ

9. (มข.50) จงหางานที่เกิดขึ้นเนื่องจากก๊าซหนึ่งตันในถังบรรจุขนาด 5 ลิตร มีความดันเพิ่มขึ้นจาก 1 บรรยากาศเป็น 3 บรรยากาศ
1. 0 จูล
 2. 500 จูล
 3. 1000 จูล
 4. 1500 จูล
10. (มข.50) ถ้าระบบในภาชนะปิดที่มีผนังของภาชนะเป็นฉนวนความร้อนมีพลังงานภายในลดลง 800 จูล ข้อความใดต่อไปนี้สรุปได้ถูกต้อง
1. ระบบสูญเสียพลังงานในรูปของความร้อนให้กับสิ่งแวดล้อมปริมาณ 800 จูล
 2. ระบบดูดกลืนพลังงานจากสิ่งแวดล้อมในรูปของความร้อนปริมาณ 800 จูล
 3. ระบบทำงานให้กับสิ่งแวดล้อมปริมาณ 800 จูล
 4. สิ่งแวดล้อมระบบทำงานให้กับระบบปริมาณ 800 จูล
11. (มข.52) ถ้าเรามีแก๊สอุดมคติอยู่ในระบบปิด (closed system) คำกล่าวต่อไปนี้ข้อใดไม่ถูกต้อง
1. ถ้ามีความร้อนไหลเข้าสู่ระบบโดยความดันของระบบมีค่าคงที่แก๊สจะต้องขยายตัว
 2. ถ้ามีความร้อนไหลเข้าสู่ระบบโดยปริมาตรของระบบมีค่าคงที่แก๊สจะต้องมีพลังงานภายในระบบเพิ่มขึ้น
 3. ถ้ามีความร้อนไหลเข้าสู่ระบบโดยอุณหภูมิมีค่าคงที่แก๊สจะต้องขยายตัว
 4. ถ้ามีความร้อนไหลออกจากระบบโดยอุณหภูมิมีค่าคงที่แก๊สจะต้องขยายตัว
12. (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
13. (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
14. (มข.56) แก๊สจำนวนหนึ่งบรรจุภายในกระบอกสูบเมื่อทำงานให้แก่ระบบ 3000 J ทำให้พลังงานภายในเพิ่มขึ้น 2000 J ความร้อนของระบบและสิ่งแวดล้อมจะเปลี่ยนแปลงอย่างไรด้วยปริมาณเท่าไร
1. เข้าสู่ระบบ 5,000 J
 2. เข้าสู่ระบบ 1,000 J
 3. ออกจากระบบ 5,000 J
 4. ออกจากระบบ 1,000 J
15. (มข.56) การจุดระเบิดของเครื่องยนต์ดีเซลเกิดจากอะไร
1. ประกายไฟจากหัวเทียน
 2. แบตเตอรี่
 3. ไอเชื้อเพลิงที่ฉีดเข้ามา
 4. ความดันที่สูงขึ้น

18.5 การประยุกต์(การนำความรู้เกี่ยวกับความร้อนมาใช้ประโยชน์)

18.5.1 การนำความรู้เรื่องความร้อนมาใช้ในการออกแบบรอยต่อของสะพานหรือถนน การสร้างสะพานหรือถนนคอนกรีตจะต้องทำการเทคอนกรีตทีละช่วง ดังนั้นรอยต่อแต่ละช่วงจะต้องเผื่อการขยายตัวของคอนกรีตจึงมีการเชื่อมรอยต่อด้วยเหล็กและอุดรอยต่อด้วยยางมะตอยดังรูปที่ 18.1 แสดงการเชื่อมเหล็กที่รอยต่อของสะพาน



รูปที่ 18.1 รอยต่อของสะพานคอนกรีตจะเชื่อมต่อด้วยเหล็ก โดยมรร่องห่างกันเพื่อการขยายตัวของคอนกรีต

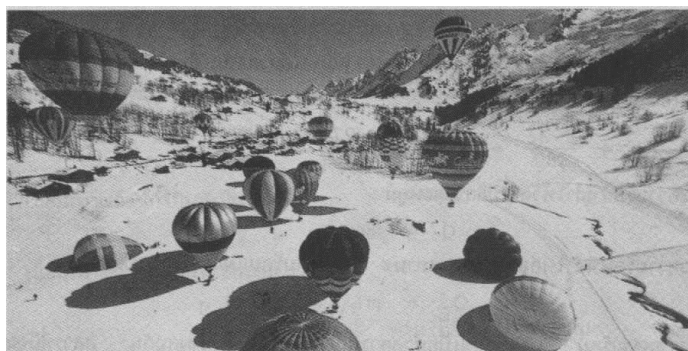
18.5.2 ถูกลมนิรภัยในรถยนต์ การออกแบบรถยนต์ในสมัยใหม่จะมีการติดตั้งถูกลมนิรภัยเพื่อป้องกันอุบัติเหตุอันเนื่องจากการกระแทกของคนที่ขับกับพวงมาลัยรถดังรูปที่ 18.2 เมื่อรถได้รับการกระแทก ก๊าซไนโตรเจนจำนวนหนึ่งจะถูกอัดเข้าไปในถูกลมทำให้ถูกลมพองตัวออกและมีความดันเกิดขึ้นเพื่อป้องกันไม่ให้ศีรษะกระแทกกับพวงมาลัยปริมาณก๊าซที่อัดเข้าไปในถูกลมสามารถคำนวณได้จากสมการ

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



รูปที่ 18.2 แสดงการทำงานของถูกลมนิรภัย

18.5.3 การอัดก๊าซร้อนเข้าไปในบอลูน เพื่อให้บอลูนลอยตัวขึ้นจากคุณสมบัติของก๊าซจะทราบได้ว่าเมื่อก๊าซมีอุณหภูมิสูงขึ้นและบรรจุในภาชนะที่มีปริมาตรและความดันคงที่จะมีน้ำหนักเบากว่าก๊าซที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าจึงทำให้ก๊าซนั้นสามารถลอยตัวขึ้นได้ดังเช่น การลอยตัวของบอลูนในรูปที่ 18.3



รูปที่ 18.3 แสดงการลอยตัวของบอลูน