



หน่วยการเรียนรู้ที่ 8

สมบัติทาง เทอร์โมไดนามิกส์ เบื้องต้น

▲สาระสำคัญ▲

เทอร์โมไดนามิกส์เป็นวิชาที่ว่าด้วยการเคลื่อนที่ของความร้อน โดยในการคำนวณเกี่ยวกับเทอร์โมไดนามิกส์จะต้องมีความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับสมบัติทางเทอร์โมไดนามิกส์ก่อน ซึ่งสมบัติทางเทอร์โมไดนามิกส์เบื้องต้นที่ควรรู้ ได้แก่ ความหมายของเทอร์โมไดนามิกส์ อุณหภูมิ ความดัน ความร้อน สารทำงาน สภาวะ ระบบ กระบวนการ และวัฏจักร

▲ *สาระการเรียนรู้* ▲

- | | |
|---------------------|--------------|
| 1. เทอร์โมไดนามิกส์ | 2. อุณหภูมิจ |
| 3. ความดัน | 4. ความร้อน |
| 5. สารทำงาน | 6. สภาวะ |
| 7. ระบบ | 8. กระบวนการ |
| 9. วัฏจักร | |

สมรรถนะรายวิชา

1. เข้าใจนิยามของเทอร์โมไดนามิกส์
2. เข้าใจนิยามของอุณหภูมิจ
3. เข้าใจนิยามของความดัน
4. เข้าใจนิยามของความร้อน
5. เข้าใจนิยามของสารทำงาน
6. เข้าใจนิยามของสภาวะ
7. เข้าใจนิยามของระบบ
8. เข้าใจนิยามของกระบวนการ
9. เข้าใจนิยามของวัฏจักร

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. อธิบายนิยามของเทอร์โมไดนามิกส์ได้
2. อธิบายนิยามของอุณหภูมิได้
3. อธิบายนิยามของความดันได้
4. อธิบายนิยามของความร้อนได้
5. อธิบายนิยามของสารทำงานได้
6. อธิบายนิยามของสภาวะได้
7. อธิบายนิยามของระบบได้
8. อธิบายนิยามของกระบวนการได้
9. อธิบายนิยามของวัฏจักรได้
10. คำนวณอุณหภูมิได้
11. คำนวณความดันได้
12. คำนวณความร้อนได้

ปัจจัย การเรียนรู้

สมบัติทางเทอร์โมไดนามิกส์เบื้องต้น

เทอร์โมไดนามิกส์

อุณหภูมิต

ความดัน

ความร้อน

สารทำงาน

สภาวะ

ระบบ

กระบวนการ

วัฏจักร

1. เทอร์โมไดนามิกส์

เทอร์โมไดนามิกส์ (Thermodynamics) หมายถึง การเคลื่อนที่ของความร้อน ซึ่งนับว่าเป็นพลังงานอีกรูปแบบหนึ่งที่สามารถเคลื่อนที่ได้ โดยความร้อนจะเคลื่อนที่จากบริเวณที่มีอุณหภูมิสูงไปยังบริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำ ตัวกลางในการเคลื่อนที่ของความร้อนมี 3 ชนิดคือ ของแข็ง ของเหลว และอากาศ ในปัจจุบันมีการประยุกต์ใช้หลักการทางเทอร์โมไดนามิกส์มาใช้ในการออกแบบ เช่น การออกแบบเครื่องจักรกล การออกแบบรถยนต์ การออกแบบหลอดไฟฟ้า การออกแบบหม้อน้ำรถยนต์ ซึ่งการออกแบบต่างๆ ที่กล่าวมานี้ล้วนเกี่ยวข้องกับความร้อนทั้งสิ้น หากการออกแบบไม่ดีหรือไม่คำนึงถึงความร้อนที่เกิดขึ้นอาจทำให้ชิ้นส่วนต่างๆ เสียหายได้ โดยในการเคลื่อนที่ของความร้อนนั้นจะมีความเกี่ยวข้องกับอุณหภูมิ ความดัน ความร้อน สารทำงาน สภาวะ ระบบ กระบวนการ และวัฏจักร

2. อุณหภูมิ

อุณหภูมิ (Temperature)

หมายถึงระดับความร้อนของวัตถุ โดยในชีวิตประจำวันผู้เรียนจะมีความเกี่ยวข้องกับอุณหภูมิอยู่เสมอ เช่น เมื่อผู้เรียนเติมน้ำในกระทะไฟฟ้าแล้วเสียบปลั๊ก เมื่อทิ้งไว้สักพัก จะพบว่าน้ำในกระทะเริ่มเดือด หากผู้เรียนเอามือไปใกล้ๆ หรือสัมผัสกับน้ำจะรู้สึกว่าร้อน แต่ยังไม่สามารถระบุได้ว่าร้อนเท่าไร ในปัจจุบันมีอุปกรณ์บอกระดับความร้อนของน้ำที่เดือดเรียกว่าเทอร์โมมิเตอร์ ซึ่งเทอร์โมมิเตอร์นี้จะบอกระดับความร้อนหรืออุณหภูมิเป็นองศา 2 รูปแบบ คือองศาเซลเซียส ($^{\circ}\text{C}$) และองศาฟาเรนไฮต์ ($^{\circ}\text{F}$)

2. อุณหภูมิ

การคำนวณเกี่ยวกับเทอร์โมไดนามิกส์จะเกี่ยวข้องกับอุณหภูมิ 4 รูปแบบคือ

- 1) สเกลอุณหภูมิที่ใช้ในระบบ SI คือ องศาเซลเซียส ($^{\circ}\text{C}$)
- 2) สเกลอุณหภูมิที่ใช้ในระบบอังกฤษ คือ องศาฟาเรนไฮต์ ($^{\circ}\text{F}$)
- 3) สเกลอุณหภูมิสัมบูรณ์ในระบบ SI คือ สเกลเคลวิน (K)
- 4) สเกลอุณหภูมิสัมบูรณ์ในระบบอังกฤษ คือ แร็งคิน (R)

2. อุณหภูมิ

$$\frac{^{\circ}\text{C}}{5} = \frac{^{\circ}\text{F} - 32}{9}$$

1

จัดรูปใหม่เพื่อหา องศาเซลเซียส จะได้

$$^{\circ}\text{C} = 5 \left(\frac{^{\circ}\text{F} - 32}{9} \right)$$

2

จัดรูปใหม่เพื่อหา องศาฟาเรนไฮต์ จะได้

$$^{\circ}\text{F} = (1.8 \times ^{\circ}\text{C}) + 32$$

3

สำหรับเคลวิน K และแรงคิน R หาได้จาก

$$\text{K} = ^{\circ}\text{C} + 273.15$$

4

$$\text{R} = ^{\circ}\text{F} + 459.67$$

5

2. อุณหภูมิ

ตัวอย่างที่ 1

เทอร์โมมิเตอร์วัดอุณหภูมิน้ำได้ 50°C จะมีค่ากึ่งองศาฟาเรนไฮต์ ($^{\circ}\text{F}$)

โจทย์กำหนดให้

$$^{\circ}\text{C} = 50$$

หาองศาฟาเรนไฮต์ ($^{\circ}\text{F}$) จากสมการที่ 3 จะได้

$$\begin{aligned}^{\circ}\text{F} &= (1.8 \times 50) + 32 \\ &= 122\end{aligned}$$

ดังนั้น 50°C เท่ากับ 122°F

2. อุณหภูมิ

ตัวอย่างที่ 2

เทอร์โมมิเตอร์วัดอุณหภูมิห้องได้ 20°C จะมีค่ากี่เคลวิน (K)

โจทย์กำหนดให้

$$^{\circ}\text{C} = 20$$

หาเคลวิน (K) จากสมการที่ 4 จะได้

$$\text{K} = 20 + 273.15$$

$$= 293.15$$

ดังนั้น 20°C เท่ากับ 293.15 K

3. ความดัน

ความดัน (Pressure) หมายถึง แรงที่กระทำต่อหน่วยพื้นที่ โดยในชีวิตประจำวันของผู้เรียนจะเกี่ยวข้องกับความดัน เช่น เมื่อผู้เรียนเติมลมยางรถจักรยานยนต์ โดยเวลาผ่านไปสักระยะจะพบว่า ยางรถจักรยานยนต์เริ่มแข็ง เพราะมีความดันเพิ่มขึ้นในยางรถจักรยานยนต์ แต่ไม่สามารถระบุได้ว่าในยางรถจักรยานยนต์มีความดันเท่าไร ในปัจจุบันมีอุปกรณ์บอกระดับความดันซึ่งใช้อยู่ทั่วไป แบ่งออกเป็น 3 แบบ คือ แมนอมิเตอร์ (manometer) บารอมิเตอร์ (barometer) และบูร์ดองเกจ (bourdon gauge)

3. ความดัน

ความดัน (Pressure) หมายถึง แรงที่กระทำต่อหน่วยพื้นที่ โดยในชีวิตประจำวันของผู้เรียนจะเกี่ยวข้องกับความดัน เช่น เมื่อผู้เรียนเติมลมยางรถจักรยานยนต์ โดยเวลาผ่านไปสักระยะจะพบว่า ยางรถจักรยานยนต์เริ่มแข็ง เพราะมีความดันเพิ่มขึ้นในยางรถจักรยานยนต์ แต่ไม่สามารถระบุได้ว่าในยางรถจักรยานยนต์มีความดันเท่าไร ในปัจจุบันมีอุปกรณ์บอกระดับความดันซึ่งใช้อยู่ทั่วไป แบ่งออกเป็น 3 แบบ คือ แมนอมิเตอร์ (manometer) บารอมิเตอร์ (barometer) และบูร์ดองเกจ (bourdon gauge)

3. ความดัน

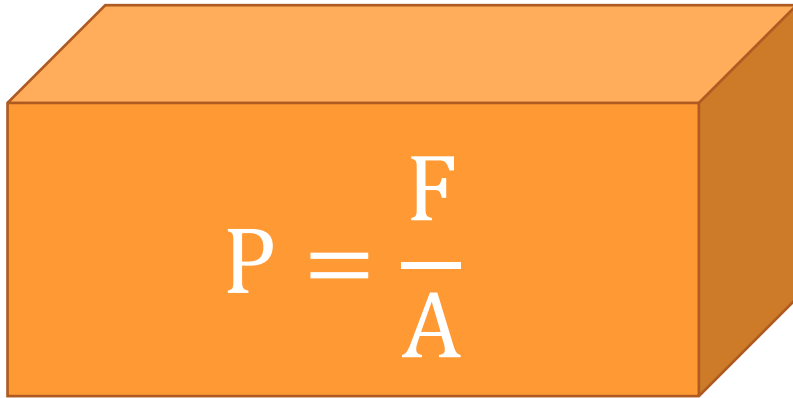
ในการคำนวณเกี่ยวกับเทอร์โมไดนามิกส์จะใช้หน่วยวัดความดัน ดังตาราง

	ปาสคาล (Pa)	บาร์ (bar)	บรรยากาศมาตรฐาน (atm)	ปอนด์ต่อตารางนิ้ว (psi)
1 Pa	= 1	= 10^{-5}	$\approx 9.8692 \times 10^{-6}$	$\approx 1.450377 \times 10^{-4}$
1 bar	= 10^5	= 1	≈ 0.98682	≈ 14.50377
1 atm	= 1.01325×10^5	= 1.01325	= 1	≈ 14.69595
1 psi	$\approx 6.8949 \times 10^3$	$\approx 6.8949 \times 10^{-2}$	$\approx 6.8949 \times 10^{-2}$	= 1

หมายเหตุ (1 Pa = 1 N/m²)

3. ความดัน

จากนิยามของความดัน (P) คือแรง (F) ที่กระทำต่อหน่วยพื้นที่ (A)
การคำนวณความดัน สามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้


$$P = \frac{F}{A}$$

6

เมื่อ

P = ความดัน มีหน่วยเป็น นิวตันต่อตารางเมตร (N/m²)

F = แรง มีหน่วยเป็น นิวตัน (N)

A = พื้นที่ มีหน่วยเป็น ตารางเมตร (m²)

ตัวอย่างที่ 3

ปั๊มลมเครื่องหนึ่งมีลูกสูบขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 100 mm
ปั๊มลมจนลมมีความดัน เท่ากับ $50,000 \text{ N/m}^2$ จงคำนวณหา
แรงดันของลม

3. ความดัน

โจทย์กำหนดให้

$$d = 100 \text{ mm} = 0.1 \text{ m} \text{ หรือมีรัศมี } r = 0.05 \text{ m}$$

$$P = 50,000 \text{ N/m}^2$$

หาพื้นที่ (A) ของลูกสูบ

$$A = \pi r^2$$

$$= \pi \times (0.05 \text{ m})^2$$

$$= 7.85 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

ตัวอย่างที่ 4

ปั๊มลมเครื่องหนึ่งมีลูกสูบขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 95 mm
ปั๊มลมจนลมมีความดันเท่ากับ 50,000 N/m² จงคำนวณหา
แรงดันของลม

โจทย์กำหนดให้

$$d = 95 \text{ mm} = 0.095 \text{ m} \text{ หรือ มีรัศมี } r = 0.0475 \text{ m}$$

$$P = 50,000 \text{ N/m}^2$$

หาพื้นที่ (A) ของลูกสูบ

$$\begin{aligned} A &= \pi r^2 \\ &= \pi \times (0.0475 \text{ m})^2 \\ &= 7.088 \times 10^{-3} \text{ m}^2 \end{aligned}$$

3. ความดัน

ตัวอย่างที่ 4

ปั๊มลมเครื่องหนึ่งมีลูกสูบขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 95 mm
ปั๊มลมจนลมมีความดันเท่ากับ 50,000 N/m² จงคำนวณหา
แรงดันของลม

หาแรงดัน (F) โดยจัดรูปสมการที่ 6 ใหม่ แทนค่าต่าง ๆ จะได้

$$\begin{aligned} F &= PA \\ &= 50,000 \text{ N/m}^2 \times 7.088 \times 10^{-3} \text{ m}^2 \\ &= 354.41 \text{ N} \end{aligned}$$

ดังนั้น แรงดันของลมเท่ากับ 354.41 นิวตัน

3. ความดัน

3. ความดัน

จากตัวอย่างที่ 3 และ 4 จะเห็นว่าเมื่อขนาดของความดันที่เท่ากัน ปัมลมเครื่องที่มีลูกสูบขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางมากกว่าจะมีแรงดันของลมมากกว่า เพราะปัมลมเครื่องที่มีลูกสูบขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางมากกว่ามีพื้นที่มากกว่า

ความร้อน (Heat) หมายถึงพลังงานรูปหนึ่งที่สามารถถ่ายโอนจากระบบหนึ่งไปยังอีกระบบหนึ่ง อันเนื่องมาจากระบบทั้งสองมีอุณหภูมิที่ต่างกัน ซึ่งในการถ่ายโอนนี้ระบบที่มีอุณหภูมิสูงกว่าจะถ่ายโอนความร้อนไปยังระบบที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า โดยในทางคำนวณปริมาณความร้อนจะใช้สัญลักษณ์เป็น Q

4. ความร้อน

การคำนวณหาปริมาณความร้อน สามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

เมื่อ

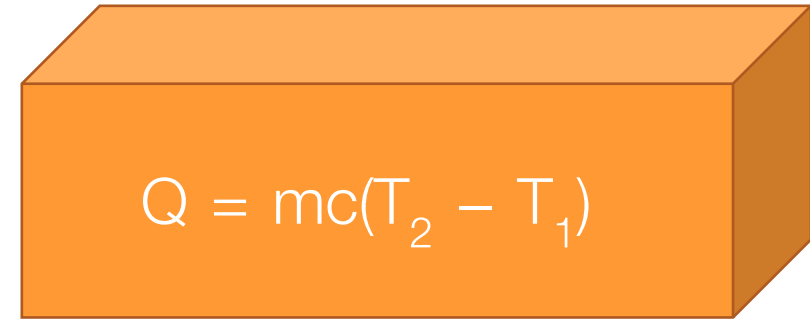
Q = ปริมาณความร้อน มีหน่วยเป็น จูล (J)

m = มวลของสาร มีหน่วยเป็น กิโลกรัม (kg)

c = ความร้อนจำเพาะของสาร มีหน่วยเป็น จูลต่อกิโลกรัมเคลวิน ($\text{J/kg}\cdot\text{K}$)

T_1 = อุณหภูมิเริ่มต้นของสาร มีหน่วยเป็น เคลวิน (K)

T_2 = อุณหภูมิสุดท้ายของสาร มีหน่วยเป็น เคลวิน (K)


$$Q = mc(T_2 - T_1)$$

7

4. ความร้อน

ตัวอย่างที่ 5 น้ำ 3 kg มีอุณหภูมิเริ่มต้น 30°C ทำให้ร้อนขึ้นจนถึง 100°C จงคำนวณหาปริมาณความร้อนที่ต้องใช้ เมื่อกำหนดให้ความร้อนจำเพาะของน้ำเท่ากับ $4,180 \text{ J/kg}\cdot\text{K}$

โจทย์กำหนดให้ $m = 3 \text{ kg}$

$$T_1 = 30^{\circ}\text{C} = 30 + 273.15 = 303.15 \text{ K}$$

$$T_2 = 100^{\circ}\text{C} = 100 + 273.15 = 373.15 \text{ K}$$

$$c = 4,180 \text{ J/kg}\cdot\text{K}$$

หาปริมาณความร้อน (Q) จากสมการที่ **7**

$$Q = 3 \text{ kg} \times 4,180 \text{ J/kg}\cdot\text{K} \times (373.15 \text{ K} - 303.15 \text{ K})$$

$$= 877,800 \text{ J หรือ } 877.8 \text{ kJ}$$

ดังนั้น หากต้องการให้น้ำที่มีอุณหภูมิเริ่มต้น 30°C มีอุณหภูมิ 100°C ต้องใช้ปริมาณความร้อน เท่ากับ 877.8 กิโลจูล

4. ความร้อน

ตัวอย่างที่ 5

อะลูมิเนียมมีมวล 1.5 kg มีอุณหภูมิเริ่มต้น 20°C ทำให้ร้อนขึ้นจนถึง 130°C จงคำนวณหาปริมาณความร้อนที่ต้องใช้ เมื่อกำหนดให้ความร้อนจำเพาะของอะลูมิเนียม เท่ากับ $900 \text{ J/kg} \cdot \text{K}$

โจทย์กำหนดให้ $m = 1.5 \text{ kg}$

$$T_1 = 20^{\circ}\text{C} = 20 + 273.15 = 293.15 \text{ K}$$

$$T_2 = 130^{\circ}\text{C} = 130 + 273.15 = 403.15 \text{ K}$$

$$c = 900 \text{ J/kg} \cdot \text{K}$$

หาปริมาณความร้อน (Q) จากสมการที่ **7**

$$Q = 1.5 \text{ kg} \times 900 \text{ J/kg} \cdot \text{K} \times (403.15 \text{ K} - 293.15 \text{ K})$$

$$= 148,500 \text{ J หรือ } 148.5 \text{ kJ}$$

ดังนั้น หากต้องการให้อะลูมิเนียมที่มีอุณหภูมิเริ่มต้น 20°C มีอุณหภูมิ 130°C ต้องใช้ปริมาณความร้อน เท่ากับ 148.5 กิโลจูล

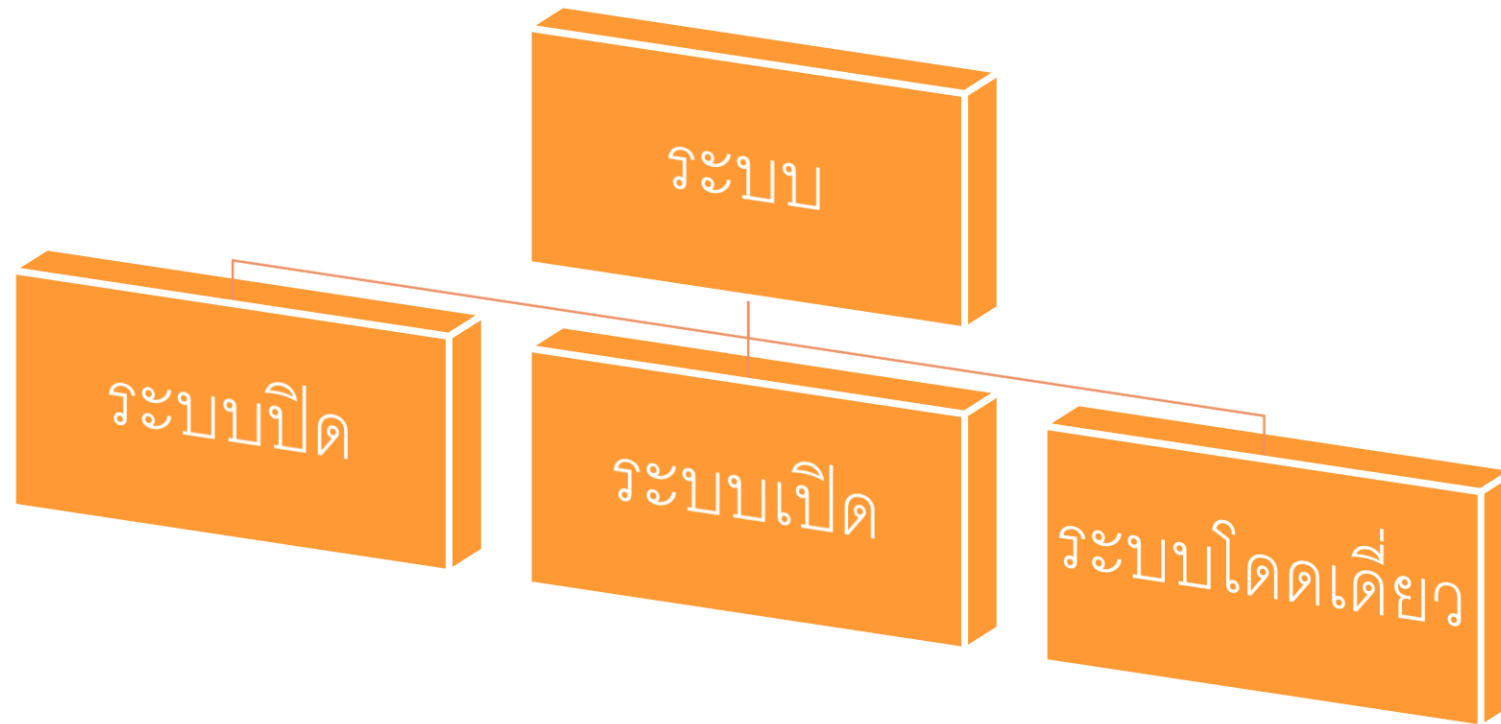
4. ความร้อน

สารทำงาน (Working substance) หมายถึงสารที่ทำหน้าที่ในการเปลี่ยนแปลงพลังงานจากรูปหนึ่ง ไปเป็นอีกรูปหนึ่งในทางเทอร์โมไดนามิกส์ สารทำงานจะมีสถานะเป็นแก๊สหรือของเหลว เช่น ลมที่ไหลผ่าน กังหันลมเป็น สารทำงานที่ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานงานลมเป็นพลังงานไฟฟ้า หรือน้ำที่ออก จากเขื่อน ไหลผ่านกังหันเป็นสารทำงานที่ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานน้ำเป็น พลังงานไฟฟ้า

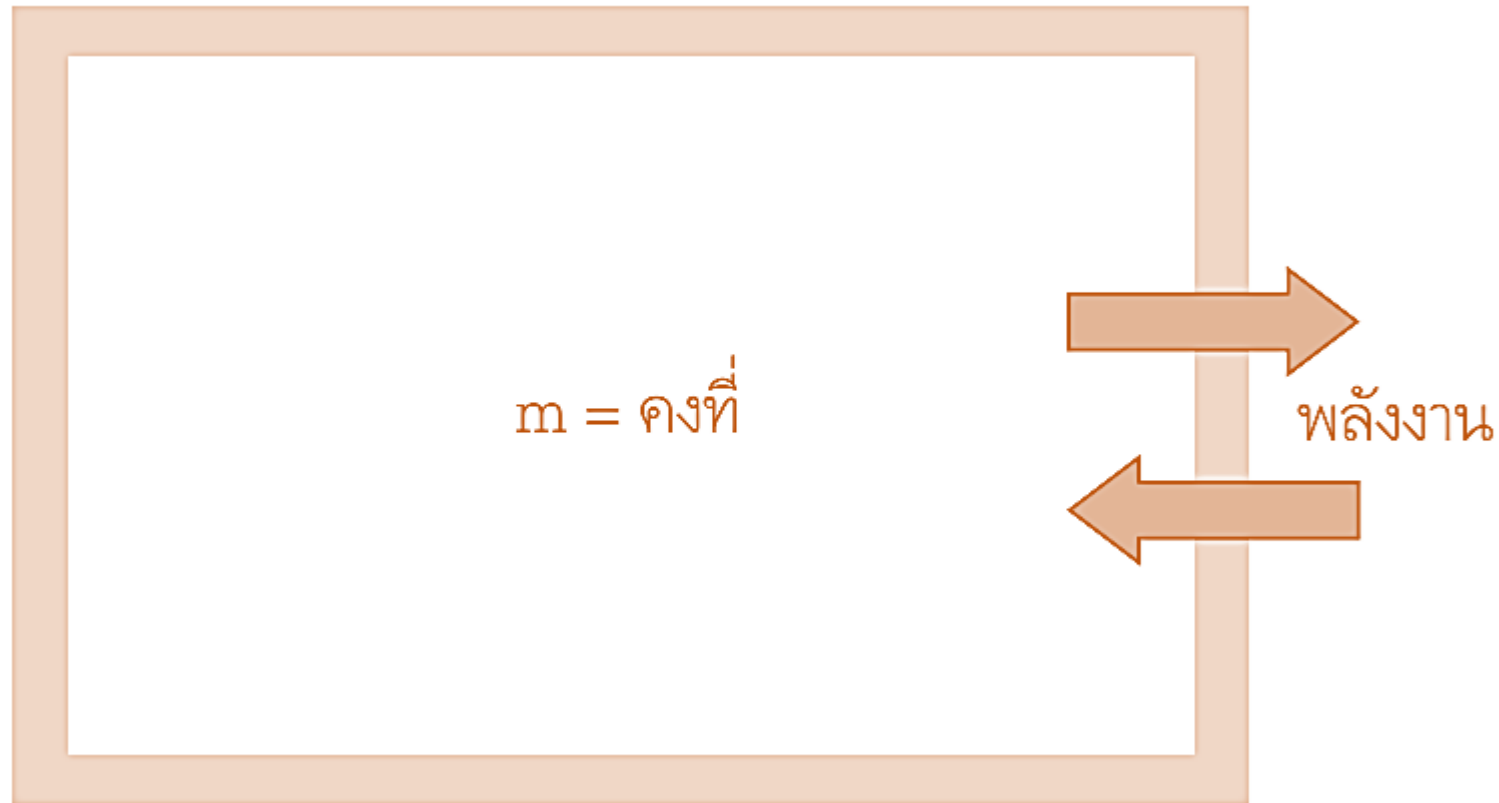
6. สภาพะ

สภาพะ (Condition) หมายถึง สภาพของระบบที่ถูกกำหนดโดยสมบัติของระบบ เช่น ความดัน อุณหภูมิ ปริมาตร ความหนาแน่น และพลังงานของระบบ โดยที่สภาพะหนึ่ง ๆ สมบัติของระบบจะมีค่าคงที่ (สมบัติของระบบ หมายถึง คุณสมบัติต่าง ๆ ของระบบที่สามารถวัดคำนวณหรือสังเกตได้ ขึ้นอยู่กับน้ำหนัก ความหนาแน่น ปริมาตร ความดัน และอุณหภูมิ เป็นต้น) หากมีการเปลี่ยนแปลงสมบัติอย่างใด อย่างหนึ่งจะถือว่าระบบมีการเปลี่ยนแปลงสภาพะทันที

ระบบ (System) หมายถึงขอบเขตหรือบริเวณใดบริเวณหนึ่งที่สนใจจะศึกษา ระบบในทางเทอร์โมไดนามิกส์จะแบ่งออกเป็น 3 ระบบ



ระบบปิด หมายถึงระบบที่มวลของสารทำงานไม่สามารถเคลื่อนที่ข้ามขอบเขตของระบบไปยังสิ่งแวดล้อม หรือจากสิ่งแวดล้อมเข้าสู่ระบบได้ ซึ่งมีเพียงพลังงานเท่านั้นที่สามารถถ่ายโอนข้ามขอบเขตได้



ระบบเปิด หมายถึง ระบบที่มวลของสารทำงาน ปริมาณความร้อน สามารถเคลื่อนที่ข้ามขอบเขตของระบบไปยังสิ่งแวดล้อม หรือจากสิ่งแวดล้อมเข้าสู่ระบบได้ และปริมาตรของระบบสามารถเปลี่ยนแปลงได้ เช่น ปัม ท่อลำ เลียง กังหัน และหัวฉีด



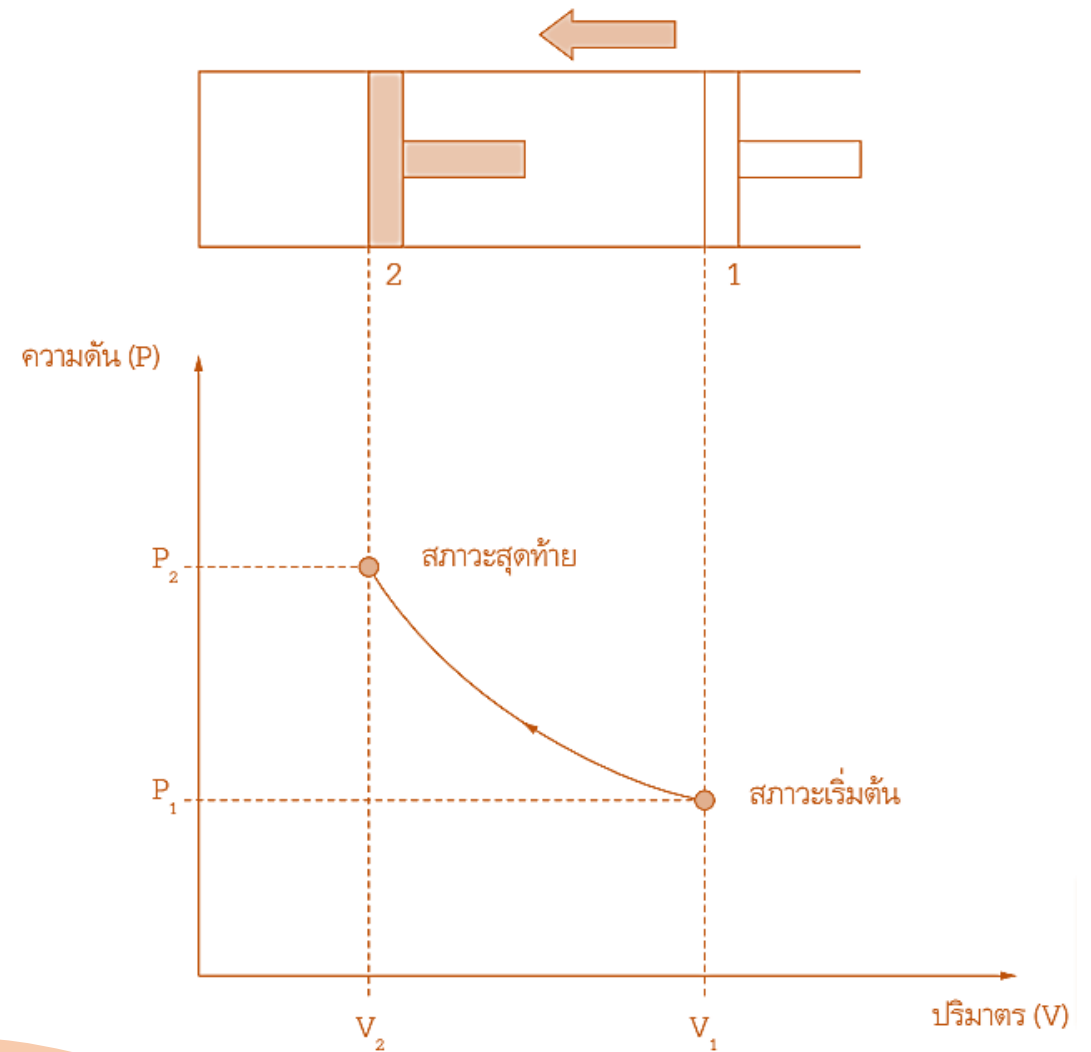
ระบบโดดเดี่ยว หมายถึงระบบที่อยู่ในสภาวะสมดุล มวลของสารทำงานปริมาณความร้อน พลังงานไม่สามารถเคลื่อนที่ข้ามขอบเขตของระบบได้ ซึ่งเป็นระบบที่ถูกแยกออกจากสิ่งแวดล้อมโดยสิ้นเชิง เช่น หลอดบรรจุ แก๊สที่เชื่อมปิดสนิท และมีการหุ้มฉนวนอย่างดี

หุ้มฉนวนอย่างดี

กระบวนการ (Process) หมายถึง การเปลี่ยนแปลงสถานะของระบบจากสถานะหนึ่งไปยังอีก สถานะหนึ่ง เช่น น้ำที่เป็นของเหลวได้รับความร้อนจนระเหยเป็นไอ ซึ่งเมื่อสมบัติอย่างใดอย่างหนึ่ง หรือหลายอย่างของระบบมีการเปลี่ยนแปลง ไม่ว่าจะเป็นการเปลี่ยนแปลงของความดัน อุณหภูมิ ปริมาตร ความหนาแน่น หรือพลังงานของระบบ

8. กระบวนการ

จากภาพ เมื่อลูกสูบเคลื่อนที่จากตำแหน่งที่ 1 ไปยังตำแหน่งที่ 2 จะพบว่า ที่สภาวะเริ่มต้น ของกระบวนการปริมาตร (V_1) และความดัน (P_1) ยังต่ำ แต่เมื่อเพิ่มความดันจนกระทั่งถึง สภาวะสุดท้ายจะพบว่าปริมาตร (V_2) จะลดลง แต่ความดัน (P_2) จะเพิ่มขึ้น



8. กระบวนการ

9. วัฏจักร

วัฏจักร (Cycle) หมายถึง การเกิดกระบวนการจากสภาวะเริ่มต้นโดยระบบดำเนินผ่านสภาวะต่างๆ แล้วสามารถกลับสู่สภาวะเริ่มต้นได้อีกจากภาพ เมื่อลูกสูบเคลื่อนที่ไป-มาระหว่างตำแหน่งที่ 1 และ 2 จะพบว่า กระบวนการ 1 ไป 2 เป็นการอัดตัวทำให้ปริมาตรลดลง แต่ความดันเพิ่มขึ้น กระบวนการ 2 ไป 3 เป็นการรับความร้อน โดยความดันจะเพิ่มขึ้น แต่ปริมาตรจะคงที่ กระบวนการ 3 ไป 4 เป็นการขยายตัวทำให้ปริมาตรเพิ่มขึ้น แต่ความดันลดลง กระบวนการ 4 ไป 1 เป็นการคายความร้อน โดยความดันจะลดลง แต่ปริมาตรจะคงที่

