บทที่ 3

พื้นฐานและคำจำกัดความทางอุณหพลศาสตร์

Introduction and Basic concepts of Thermodynamics

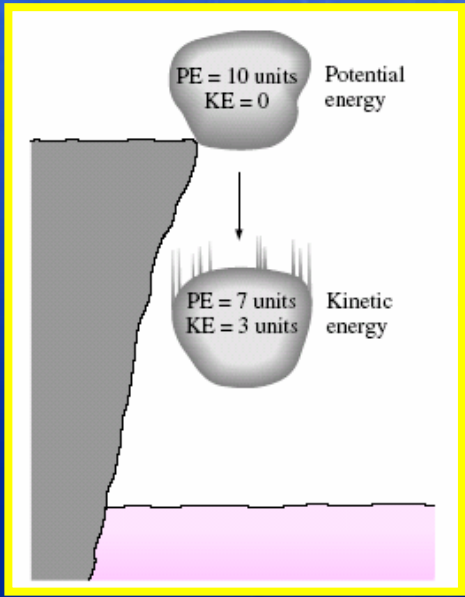
3.1 นิยามของ “เทอร์โมไดนามิกส์” (Definition of “ Thermodynamics”)

Thermodynamics (อุณหพลศาสตร์) = Therme + dynamis

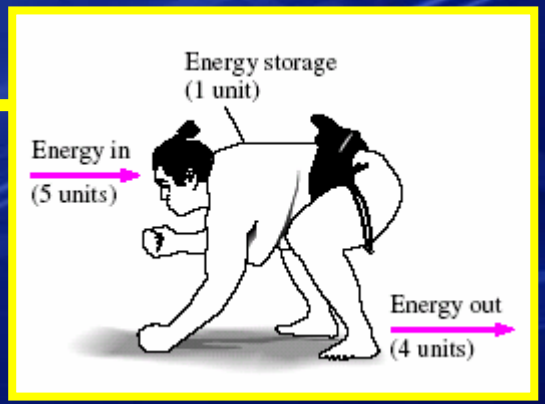
(ความร้อน) (พลศาสตร์)

: ศาสตร์ของการเปลี่ยนความร้อน → งาน (Work) , กำลังงาน(Power)

: วิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนรูปของพลังงาน



พลังงานไม่สามารถถูกสร้างขึ้นหรือทำลาย แต่พลังงานสามารถเปลี่ยนรูป จากพลังงานรูปแบบหนึ่งไปสู่อีกรูปแบบ โดยปริมาณพลังงานทั้งหมดจะคงเดิม



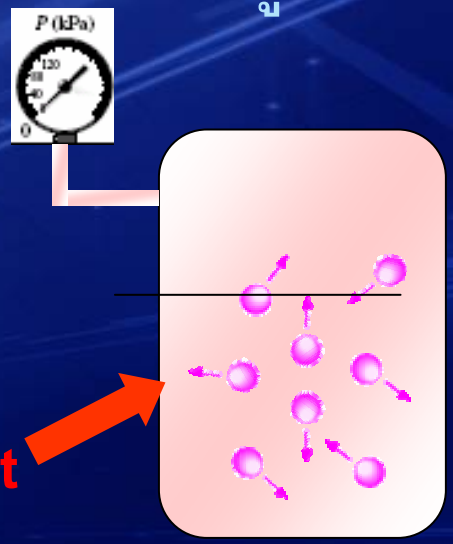
สาขาของเทอร์โมไดนามิกส์

1. **สแตติสติคอลเทอร์โมไดนามิกส์ (Statistical Thermodynamics)**

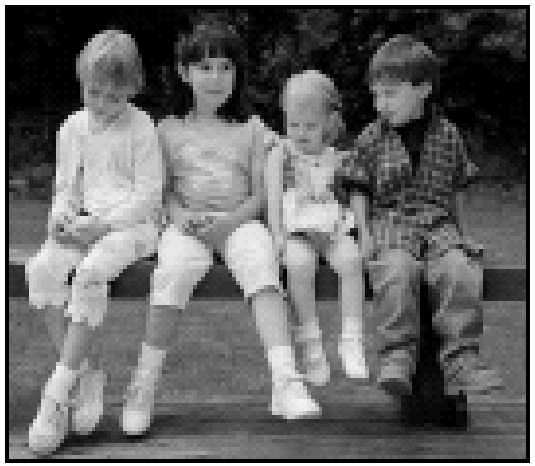
   ปรากฏการณ์เทอร์โมไดนามิกส์ การเคลื่อนที่และพฤติกรรมของอนุภาค หรือเรียกอีกอย่างว่า เทอร์โมไดนามิกส์ทางเคมี (Chemical Thermodynamics)

2. **คลาสสิคอลเทอร์โมไดนามิกส์ (Classical Thermodynamics)**

   ปรากฏการณ์เทอร์โมไดนามิกส์ระดับมหภาค กล่าวถึงการเปลี่ยนรูปของความร้อนและพลังงานต่าง ๆ ของระบบและวัตถุ



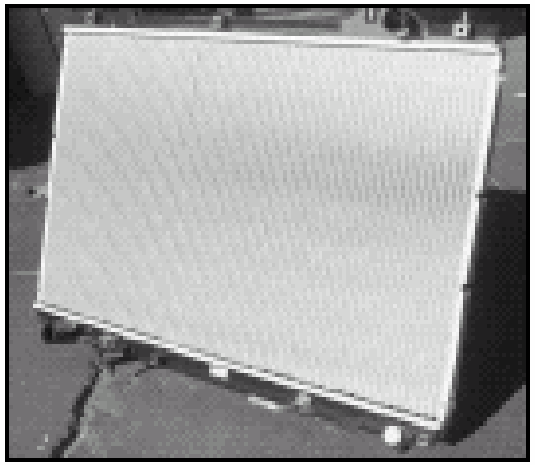
การประยุกต์ใช้วิชาเทอร์โมไดนามิกส์



The human body

Air conditioning systems

Airplanes



Car radiators

Power plants

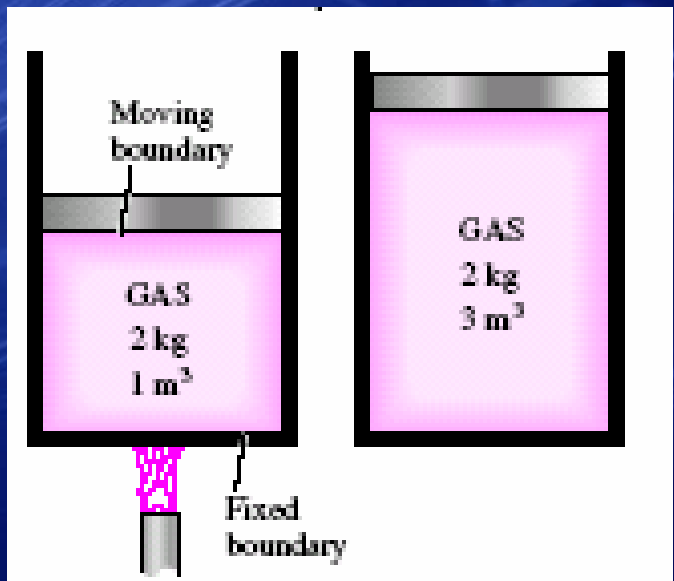
Refrigeration systems

3.2 สารตัวกลาง (Working Substance)

ของไหลที่สามารถดูดซับ และเก็บพลังงานสะสมไว้ในตัว หรือสามารถจ่ายพลังงานที่สะสมไว้ออกมาได้ เช่นเมื่อของไหลได้รับความร้อน ของไหลจะเก็บพลังงานความร้อนส่วนหนึ่งไว้กับตัว สังเกตได้จากอุณหภูมิที่สูงขึ้นของของไหล ส่วนพลังงานความร้อนที่เหลืออาจถูกเปลี่ยนรูปให้กลายเป็นพลังงานกลส่งผ่านออกไปภายนอก

ตัวอย่างสารตัวกลางเช่น

- ไอน้ำในเครื่องกังหันไอน้ำ
- สารทำความเย็นในระบบปรับอากาศ
- เชื้อเพลิงและอากาศในเครื่องยนต์



3.3 สารบริสุทธิ์ (Pure Substance)

สารบริสุทธิ์ หมายถึง สารที่มีคุณสมบัติดังนี้

- สารเดี่ยวที่ประกอบด้วยโมเลกุลที่ไม่เปลี่ยนแปลงโครงสร้าง
- Homogeneous สารละลายที่มีความเป็นเนื้อเดียวกัน
- ส่วนประกอบทางเคมีเหมือนกันทั่วทั้งมวลสาร
- สามารถคงสภาพอยู่ได้หลายสถานะ

ตัวอย่างสารบริสุทธิ์ เช่น

- น้ำ (H_2O)
- อากาศแห้ง (ที่อุณหภูมิสูง)

ตัวอย่างสารไม่บริสุทธิ์ เช่น

- ส่วนผสมของน้ำ และน้ำมัน
- อากาศชื้น

3.4 คุณสมบัติทางเทอร์โมไดนามิกส์ (Thermodynamics Properties)

- **Extensive Properties (คุณสมบัติอิงมวล)**

  ที่สภาวะหนึ่งๆ คุณสมบัติชนิดนี้จะแปรผันตามขนาดมวลของระบบ เช่น ปริมาตร (V) , พลังงานทั้งหมด (E)

- **Intensive Properties (คุณสมบัติเฉพาะตัว)**

  ที่สภาวะหนึ่งๆ คุณสมบัติชนิดนี้จะมีค่าคงที่โดยไม่ขึ้นกับมวลของระบบ เช่น อุณหภูมิ (T) , ความดัน (P)

อุณหภูมิ เป็นคุณสมบัติทางความร้อนของสสาร

หน่วยของอุณหภูมิ

ระบบ SI Celcius [°C], Kelvin [K]

ระบบอังกฤษ Farenhite [° F], Rankine [R]

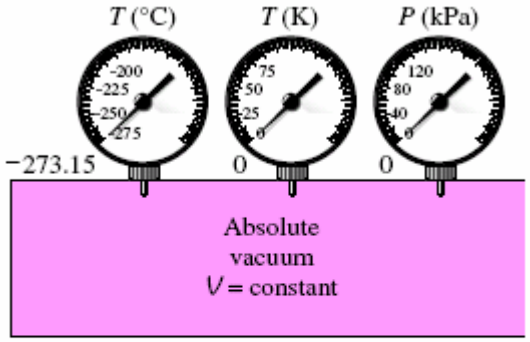


FIGURE 1–33
A constant-volume gas thermometer would read −273.15°C at absolute zero pressure.

$$T[\mathrm{K}] = T[^\circ\mathrm{C}] + 273.15$$

$$T[\mathrm{R}] = T[^\circ\mathrm{F}] + 459.67$$

$$T[\mathrm{R}] = 1.8\,T[\mathrm{K}]$$

$$T[^\circ\mathrm{F}] = 1.8\,T[^\circ\mathrm{C}] + 32$$

$$\Delta T(\mathrm{K}) = \Delta T(^\circ\mathrm{C})$$

$$\Delta T(\mathrm{R}) = \Delta T(^\circ\mathrm{F})$$

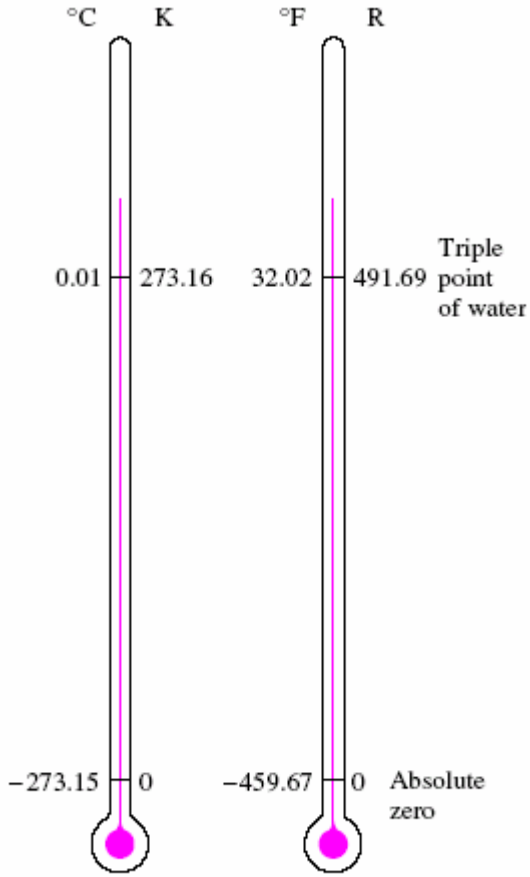


FIGURE 1–34
Comparison of temperature scales.

3.6 ความร้อน (Heat)

ความร้อน (Heat), Q หมายถึง พลังงานที่ถ่ายเทจาก ตัวกลางหนึ่งไปสู่อีกตัวกลางหนึ่ง เมื่อตัวกลางทั้งสองมีอุณหภูมิต่างกัน

$$Q = m\int CdT$$

Q = ปริมาณความร้อน [kJ]

m = มวลสาร [kg]

C = ค่าความร้อนจำเพาะ [kJ/kg.K]

dT = ผลต่างของอุณหภูมิ [K]

3.7 พลังงานภายใน (Internal Energy)

พลังงานภายใน , U หมายถึง พลังงานที่แฝงอยู่ในมวลสาร ซึ่งเป็นผลรวมของพลังงานจลน์และพลังงานศักย์ภายในที่อยู่ในโมเลกุลของสารซึ่งมีการเคลื่อนที่ การสั่นอันทำให้เกิดพลังงานได้

$$U = mC_vT$$

U = พลังงานภายใน [kJ]

m = มวลสาร [kg]

C_v = ค่าความร้อนจำเพาะเมื่อปริมาตรคงที่ [kJ/kg.K]

T = อุณหภูมิสัมบูรณ์ของสาร [K]

กฎของจูล (Joule's Law)

"การเปลี่ยนแปลงพลังงานภายในของสาร เป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของสารนั้นเท่านั้น"

จาก $U = mC_v T$

$\Delta U = mC_v \Delta T = mC_v (T_2 - T_1)$

หรือ $dU = mC_v dT$

<u>ตัวอย่าง</u>

ก๊าซไนโตรเจนมีค่าความร้อนจำเพาะเมื่อปริมาตรคงที่ (C_v) เท่ากับ 0.7436 kJ/kg.K ถ้าอุณหภูมิเริ่มต้นของไนโตรเจนเป็น 20°C และก๊าซไนโตรเจนเกิดการเปลี่ยนแปลงโดยพบว่ามีค่าพลังงานภายในเพิ่มขึ้นจากสภาวะเริ่มต้น 148.715 kJ/kg.K จงหาอุณหภูมิสุดท้ายของก๊าซไนโตรเจน

3.8 สภาวะ (State)

สภาวะ หมายถึง จุดที่สารมีคุณสมบัติของสารต่างไปจากจุดอื่นๆ เราสามารถกำหนดสภาวะของสารได้โดยใช้ค่าคุณสมบัติที่เป็นอิสระ 2 ตัวขึ้นไป เช่น ความดัน (P) กับอุณหภูมิ (T) ซึ่งจะกล่าวถึงในบทที่ 5 เรื่องคุณสมบัติของสารบริสุทธิ์

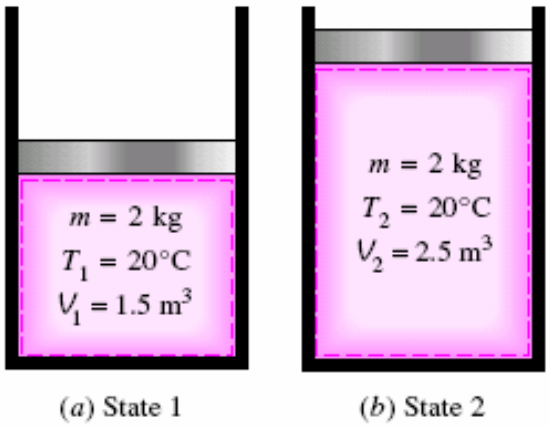


FIGURE 1–23
A system at two different states.

3.9 สถานะ (Phase)

สถานะ หมายถึง ลักษณะของสสาร ที่มีเนื้อเดียวกันตลอด สสารสามารถคงอยู่ได้ 3 สถานะ

- **สถานะของแข็ง (Solid Phase)**
- **สถานะของเหลว (liquid Phase)**
- **สถานะของแข็ง (Gas Phase)**

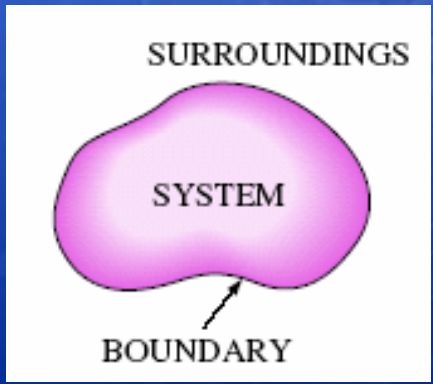
ในสภาวะหนึ่งๆ สสารอาจคงอยู่ได้หลายสถานะร่วมกัน เช่นในขณะที่น้ำแข็งกำลังจะละลายจะมีลักษณะเป็น 2 สถานะ คืออยู่ร่วมกันระหว่างของแข็งและของเหลว

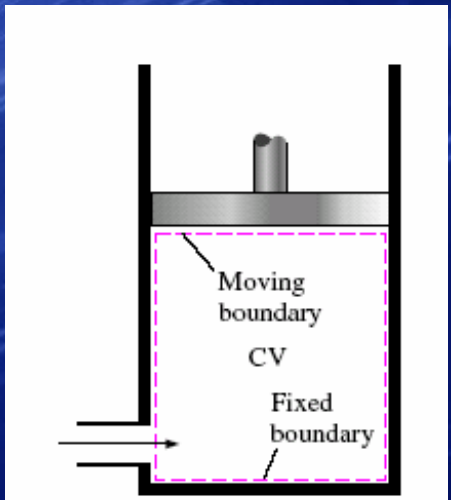
3.10 ระบบทางเทอร์โมไดนามิกส์ (Thermodynamics System)

ระบบ (System)

หมายถึง กลุ่มหรือส่วนของมวลของวัตถุหรือสารตัวกลางที่ถูกเลือกพิจารณา ในการวิเคราะห์ทาง Thermodynamics ระบบจะถูกแบ่งแยกจาก สิ่งแวดล้อม (Surrounding) โดยขอบเขต (Boundary)

ขอบเขตของระบบอาจอยู่นิ่งหรือเคลื่อนที่ก็ได้ ในการวิเคราะห์จะถือว่าขอบเขตมีความหนาเป็นศูนย์

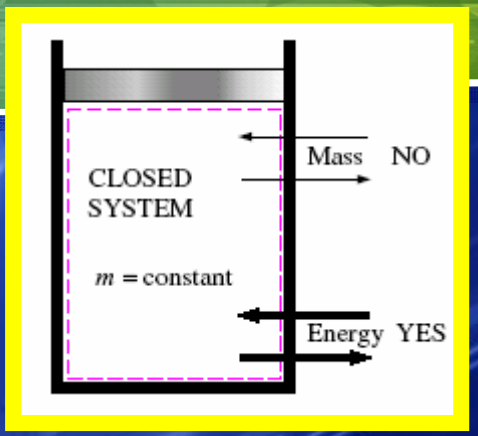




(*b*) A control volume with fixed and moving boundaries

1. ระบบปิด (Closed System) หรือ ระบบควบคุมมวล (Control Mass System)

ระบบที่ไม่มีการถ่ายเทมวล(ไม่มีการไหล) แต่ยอมให้มีการถ่ายเทพลังงานผ่านขอบเขตของระบบ

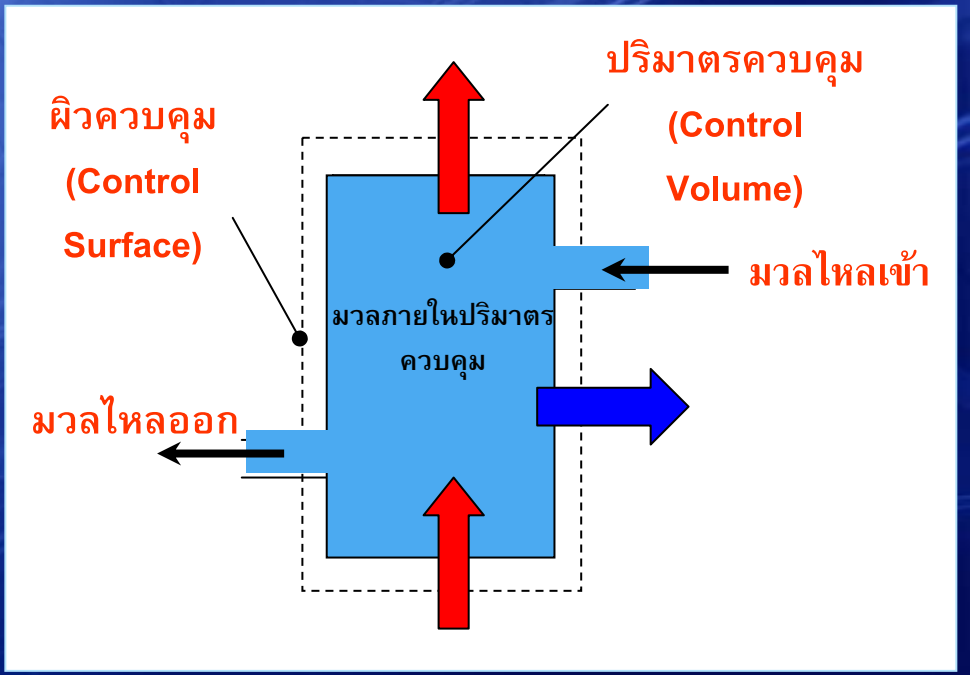


2. ระบบเปิด (Open System) หรือระบบควบคุมปริมาตร (Control Volume System)

ระบบที่ยอมให้มีการถ่ายเทมวล และมีการถ่ายเทพลังงานผ่านขอบเขตของระบบ

Control Volume (ปริมาตรควบคุม)

Control Surface (ผิวควบคุม)



รูปที่ 1.2 แสดงระบบเปิด ปริมาตรควบคุม และผิวควบคุม

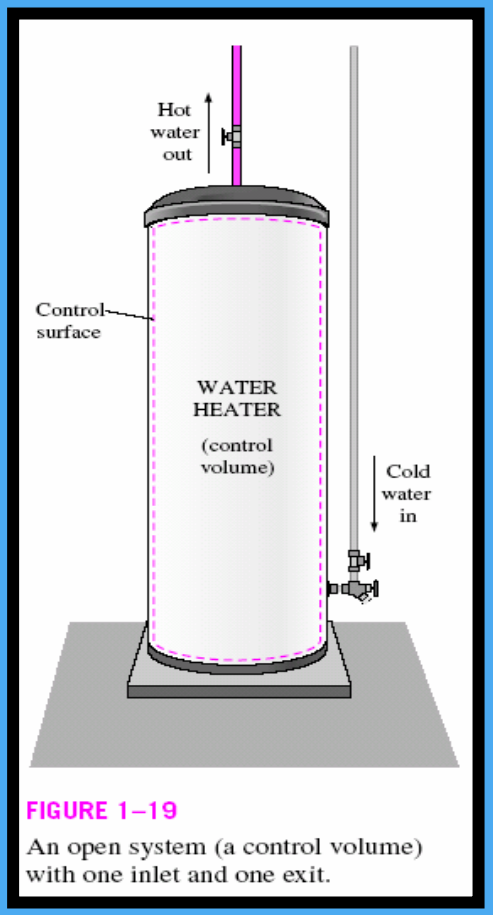
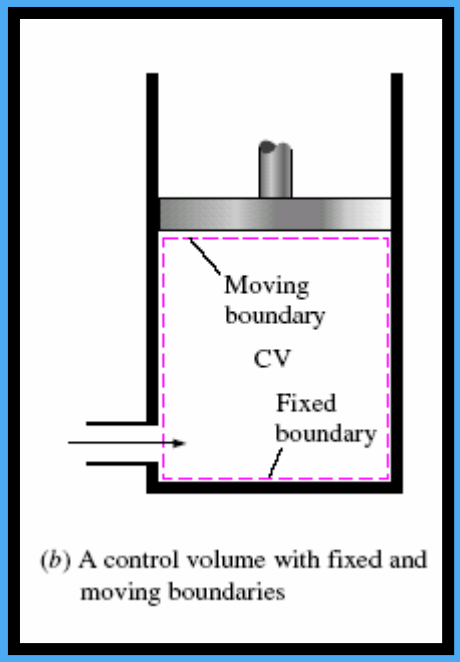


FIGURE 1–19
An open system (a control volume) with one inlet and one exit.



(*b*) A control volume with fixed and moving boundaries

รูปที่ 1.2 แสดงระบบเปิด ปริมาตรควบคุม และผิวควบคุม

3. ระบบโดดเดี่ยว (Isolated System)

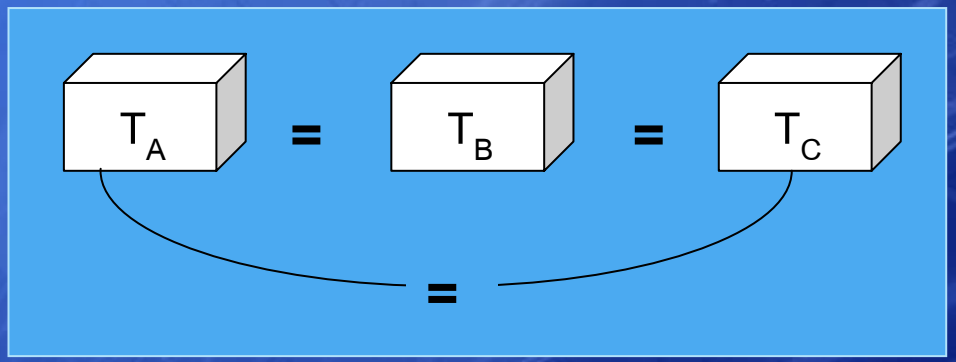
ระบบที่ไม่มีการถ่ายเทมวล และไม่มีการถ่ายเทพลังงานผ่านขอบเขตของระบบ เป็นระบบทางจินตภาพ ไม่มีอยู่จริง แต่สมมติขึ้นเพื่อให้ง่ายต่อการพิจารณาในกรณีที่ถือว่ามีพลังงานถ่ายเทผ่านขอบเขตของระบบน้อยมากจนถือได้ว่าไม่มีเลย

3.11 กฎของเทอร์โมไดนามิกส์ (Laws of Thermodynamics)

- กฎข้อที่ศูนย์ (The Zeroth Law): กฎแห่งความสมดุลย์ทางอุณหภูมิ (Thermal Equilibrium)
- กฎข้อที่หนึ่ง (The First Law) : กฎการอนุรักษ์พลังงาน (Conservation of Energy)
- กฎข้อที่สอง (The Second Law) : Quality of Energy, Actual Process

3.11.1 กฎข้อที่ศูนย์ของ Thermodynamics

- **กฎข้อที่ศูนย์ = วัตถุสองชิ้นมีอุณหภูมิเท่ากัน จะมีความสมดุลทางความร้อน คือไม่ถ่ายเทความร้อนให้แก่กัน**

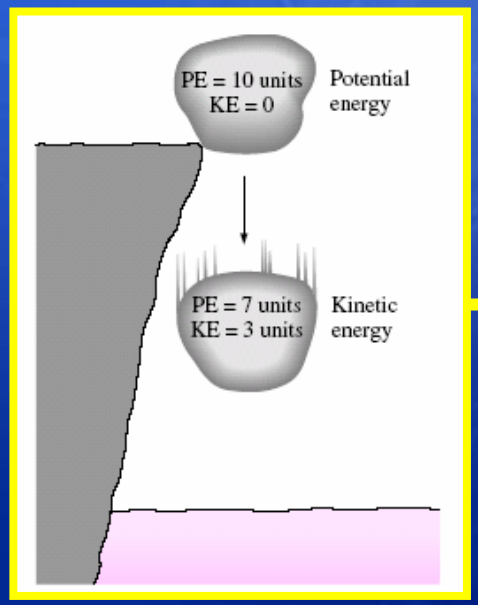


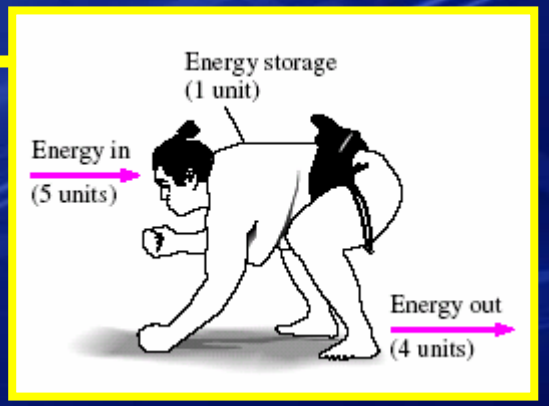
รูปที่ 1.3 แสดงความสมดุลทางอุณหภูมิของวัตถุ 3 ชิ้น หากวัตถุ A มีอุณหภูมิเท่ากับวัตถุ B และ วัตถุ B มีอุณหภูมิเท่ากับวัตถุ C แล้ว วัตถุ A จะมีอุณหภูมิเท่ากับวัตถุ C ด้วย

3.11.2 กฎข้อที่หนึ่งของ Thermodynamics

กฎการอนุรักษ์พลังงาน (Conservation of Energy)

พลังงานไม่สามารถถูกสร้างขึ้นหรือทำลาย แต่พลังงานสามารถเปลี่ยนรูป จากพลังงานรูปแบบหนึ่งไปสู่อีกรูปแบบ โดยปริมาณพลังงานทั้งหมดจะคงเดิม





3.12 รูปแบบของพลังงาน (Forms of Energy)

พลังงานสามารถคงอยู่ได้หลายรูปแบบเช่น พ.ความร้อน, พ.กล, พ.ศักย์, พ.จลน์, พ.ไฟฟ้า

- ผลรวมของพลังงานในระบบ = พ.ทั้งหมด (Total energy, E)
- พ.ทั้งหมดต่อหน่วยมวล (e) = พ.ทั้งหมด/ มวลทั้งหมด

$$e = \frac{E}{m} \quad , (kJ/kg) \qquad \text{.....(1.6.1)}$$

การวิเคราะห์พลังงานทั้งหมดของระบบแบ่งออกเป็น 2 ระดับคือ

- **พ.แบบมหภาค (Macroscopic Energy)**

มีความสัมพันธ์กับการเคลื่อนที่ของระบบ เช่น พ.จลน์

- **พ.แบบจุลภาค (Microscopic Energy)**

ผลรวมของ พ.แบบจุลภาค = พ.ภายใน (Internal Energy, U)

$$E = U + KE + PE \qquad \text{.....(1.6.2)}$$

$$= U + \frac{1}{2} m v^2 + m g Z \qquad (kJ) \qquad \text{.....(1.6.3)}$$

$$e = u + \frac{v^2}{2} + g Z \qquad (kJ/kg) \qquad \text{.....(1.6.4)}$$

1.9 กระบวนการและวัฏจักร (Process and Cycle)

Process (กระบวนการ) :

การที่สารในระบบเกิดการเปลี่ยนแปลงจากสภาวะหนึ่งไปสู่อีกสภาวะหนึ่ง เช่น

Isothermal Process: กระบวนการที่สารในระบบมีอุณหภูมิคงที่ตลอดกระบวนการ

Isobaric Process: กระบวนการที่สารในระบบมีความดันคงที่ตลอดกระบวนการ

Isometric Process: กระบวนการที่สารในระบบมีปริมาตรคงที่ตลอดกระบวนการ

Isentropic Process: กระบวนการที่สารในระบบมีเอนโทรปีคงที่ตลอดกระบวนการ

Adiabatic Process: กระบวนการที่สารในระบบไม่มีการถ่ายเทความร้อน

Cycle (วัฏจักร) :

การที่สารในระบบเกิดการเปลี่ยนแปลงไม่ว่าจะกี่สภาวะก็ตาม สุดท้ายจะย้อนกลับมาสู่สภาวะเริ่มต้นอีกครั้ง