

บทที่ 3

พลังงานและความร้อน

3.1 พลังงาน (Energy)

พลังงานหมายถึงอำนาจหรือสิ่งใดสิ่งหนึ่งซึ่งสามารถทำงานได้ พลังงานสามารถเปลี่ยนจากพลังงานรูปหนึ่งไปเป็นพลังงานอีกรูปหนึ่งหรือเปลี่ยนแปลงจากมวลเป็นพลังงานได้

3.1.1 หน่วยของพลังงาน

ในทางอุณหพลศาสตร์ หน่วยของพลังงานต่าง ๆ มักนิยมให้อยู่ในรูปของหน่วยของความร้อน ดังนี้

ระบบอังกฤษ มีหน่วยเป็น บีทียู (B.T.U)

1 บีทียู มีค่าเท่ากับ .778 ฟุต-ปอนด์

ระบบเมตริก มีหน่วยเป็นคาลอรี (Calorie) หรือ กิโลคาลอรี (kCal)

1 คาลอรี มีค่าเท่ากับ 0.427 กิโลกรัม-เมตร

1 กิโลคาลอรี มีค่าเท่ากับ 427 กิโลกรัม-เมตร

ระบบ SI มีหน่วยเป็น จูล (joule)

1 จูล มีค่าเท่ากับ 1 นิวตัน-เมตร

หรือ $1 \text{ (kg-m/sec}^2\text{)}\text{-m}$

3.1.2 ชนิดของพลังงาน

พลังงานแบ่งออกได้หลายชนิด ดังต่อไปนี้

3.1.2.1 พลังงานศักย์ (Potential energy)

พลังงานศักย์หมายถึง พลังงานที่เกิดจากตำแหน่งหรือระดับที่สูงจากผิวโลก วัตถุที่อยู่สูงจากพื้นโลกในระดับหนึ่งจะมีพลังงานศักย์แฝงอยู่ในตัว ดังนั้นเมื่อปล่อยให้วัตถุนั้นหล่นลงมาโดยอิสระจะมีแรงกระทบพื้น และสามารถหาพลังงานศักย์ได้ การคำนวณหาพลังงานศักย์สามารถทำได้ในหลายรูปแบบ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับหน่วยของพลังงานศักย์ที่ต้องการ ดังตัวอย่าง

ในหน่วยบีทียู (B.T.U) หรือคาลอรี (Calorie)

$$P.E = \frac{mgs}{J} = \frac{W}{g_0} \cdot \frac{gs}{J} \dots\dots\dots (3.1)$$

- เมื่อ P.E เป็นพลังงานศักย์
- m เป็นมวลสาร
 - W เป็นน้ำหนักของสาร
 - g เป็นอัตราเร่งเนื่องจากแรงดึงดูดของโลก ณ ที่ใด ๆ
 - g_0 เป็นอัตราเร่งเนื่องจากแรงดึงดูดของโลกมาตรฐาน
 - S เป็นระยะทางหรือความสูง
 - J เป็นค่าคงที่เปลี่ยนจากหน่วยของงานเป็นหน่วยพลังงานความร้อน
- ดังนั้น

$$p.e = \frac{Wgs}{g_0 \cdot J} = \frac{(\text{ปอนด์}) (\text{ฟุต/วินาที}^2) (\text{ฟุต})}{(\text{ฟุต/วินาที}^2) (\text{ฟุต-ปอนด์/บีทียู})}$$

หรือ

$$P.E = \frac{Wgs}{g_0 \cdot J} = \frac{(\text{กิโลกรัม}) (\text{เมตร/วินาที}^2) (\text{เมตร})}{(\text{เมตร/วินาที}^2) (\text{กิโลกรัม-เมตร / กิโลคาลอรี})}$$

$$= \text{กิโลคาลอรี (KCal)}$$

ในหน่วยของจูล (joule)

$$p.e. = Wgs \dots\dots\dots (3.2)$$

ดังนั้น

$$Wgs = (\text{กิโลกรัม}) (\text{เมตร/วินาที}^2) (\text{เมตร}) = \frac{(\text{กิโลกรัม-เมตร})}{(\text{วินาที}^2)} \cdot (\text{เมตร})$$

$$= (\text{นิวตัน-เมตร})$$

$$= \text{จูล (joule)}$$

3.1.2.2 พลังงานจลน์ (Kinetic energy)

พลังงานจลน์ หมายถึง พลังงานที่เกิดขึ้นเนื่องจากวัตถุมีการเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว หน่วยของพลังงานจลน์ มีดังนี้

ในหน่วยของบีทียู (B.T.U) หรือคาลอรี (Calorie)

$$K.E = \frac{1}{2} mV^2 = \frac{1}{2} \frac{W \cdot V^2}{g_0 \cdot J} \dots\dots\dots (3.3)$$

เมื่อ K.E เป็นพลังงานจลน์

m เป็นมวลสาร

W เป็นน้ำหนักของสาร

V เป็นความเร็วของสาร

g_0 เป็นอัตราเร่งเนื่องจากแรงดึงดูดของโลกมาตรฐาน

J เป็นค่าคงที่เปลี่ยนหน่วยของงานเป็นหน่วยพลังงานความร้อน

ดังนั้น

$$K.E = \frac{(\text{ปอนด์})(\text{ฟุต/วินาที})^2}{(\text{ฟุต/วินาที}^2)(\text{ฟุต-ปอนด์/บีทียู})}$$

$$= \text{บีทียู (B.T.U)}$$

หรือ

$$K.E = \frac{(\text{กิโลกรัม})(\text{เมตร/วินาที})^2}{(\text{เมตร/วินาที}^2)(\text{กิโลกรัม-เมตร/กิโลคาลอรี})}$$

$$= \text{คาลอรี (Calorie)}$$

ในหน่วยของเปาเดล-ฟุต หรือ นิวตัน-เมตร(จูล)

ดังนั้น

$$K.E = (\text{กิโลกรัม})(\text{เมตร/วินาที})^2 = \frac{(\text{กิโลกรัม-เมตร})}{(\text{วินาที})^2} \cdot (\text{เมตร})$$

$$= (\text{นิวตัน-เมตร})$$

$$= \text{จูล (joule)}$$

ตัวอย่าง เครื่องบินลำหนึ่งหนัก 4,000 ปอนด์ บินในระดับความสูง 10,000 ฟุต ด้วยความเร็ว 250 ไมล์/ชั่วโมง จงคำนวณหาพลังงานทั้งหมด 2 เมื่อเทียบกับระดับน้ำทะเล

วิธีทำ เนื่องจากความเร็ว 250 ไมล์/ชั่วโมงคิดเป็น 367 ฟุต/วินาที
จากสมการ (3.1)

$$P.E = \frac{mgS}{80 \cdot J} = \frac{WS}{J}$$

แทนค่าจะได้

$$P.E = \frac{(4000 \text{ ปอนด์})(10,000 \text{ ฟุต})}{(778 \text{ ฟุต-ปอนด์/บีทียู})}$$

$$= 51,600 \text{ B.T.U.}$$

พลังงานศักย์ของเครื่องบินเท่ากับ 51,600 B.T.U.

จากสมการ (3.3)

$$K.E = \frac{1}{2} \cdot \frac{WV^2}{g_0 \cdot J}$$

$$= \frac{1}{2} \frac{(4000 \text{ ปอนด์})(367 \text{ ฟุต/วินาที})^2}{(32 \text{ ฟุต/วินาที}^2)(778 \text{ ฟุต-ปอนด์/บีทียู})}$$

$$= 10,800 \text{ B.T.U.}$$

พลังงานจลน์ของเครื่องบินเท่ากับ 10,800 B.T.U

แต่จากพลังงานทั้งหมด = พลังงานศักย์ + พลังงานจลน์

$$= 51,600 + 10,800$$

$$= 62,400 \text{ B.T.U.}$$

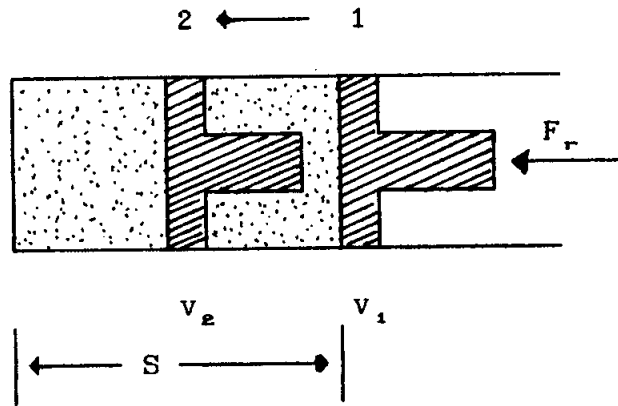
ดังนั้น พลังงานทั้งหมดเท่ากับ 62,400 B.T.U

3.1.2.3 พลังงานเนื่องจากการไหล (Flow energy or flow Work)

พลังงานเนื่องจากการไหลหรืองานเนื่องจากการไหล หมายถึงพลังงานที่เกิดขึ้นจากการเคลื่อนที่ของของไหล เพราะว่าเวลาที่ของไหลมีการเคลื่อนที่ได้ต้องมีพลังงานหรืองานเกิดขึ้น

$$\text{พลังงานเนื่องจากการไหล} = \text{ความดัน} \times \text{ปริมาตร} \dots\dots\dots (3.4)$$

พิจารณาของไหลชนิดหนึ่งซึ่งอาจจะเป็นก๊าซหรือเป็นของเหลวบรรจุอยู่ภายในกระบอกสูบโดยการเคลื่อนที่ของลูกสูบเป็นไปอย่างช้า ๆ (Quasi-statically) เพื่อให้ภายในระบบมีความสมดุลหรืออยู่ในสภาวะเกือบสมดุลตลอดเวลา ดังรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 แสดงพลังงานเนื่องจากการไหล

ถ้าให้พื้นที่หน้าตัดของทรงกระบอกสูบเป็น A และให้แรง F_r กระทำต่อลูกสูบเพื่อทำให้ก๊าซหรือของเหลวที่บรรจุอยู่ภายในกระบอกสูบเคลื่อนที่ได้ระยะทาง ds

$$\text{ดังนั้น ปริมาตรที่เปลี่ยนไป} = dV = -A \cdot ds$$

และงานที่กระทำบนของไหลจะได้

$$dW = F_r \cdot ds$$

$$dW = (\bar{P}A) \cdot (-ds)$$

$$dW = (\bar{P}) \cdot (-A \cdot ds)$$

หรือ

$$dw = -\bar{P}.dv \quad \dots \dots \dots (3.5)$$

เครื่องหมาย - แสดงว่าลูกสูบทำงานโดยมีแรงและระยะทางตรงกันข้าม
ถ้าปริมาตรของของไหลเปลี่ยนแปลงแบบ Quasi-statically
จากปริมาตร V_1 ถึง V_2 ดังนั้น งานจึงสามารถเขียนให้อยู่ในรูปอินทิเกรตได้ดังนี้

$$W = - \int_{V_1}^{V_2} \bar{p} .dv = \int_{V_2}^{V_1} \bar{p} .dv \quad \dots \dots \dots (3.6)$$

งานบนของไหลจะมีค่าเป็นบวก (+) ถ้า $V_2 < V_1$ และเป็นลบ (-) ถ้า $V_2 > V_1$ ซึ่งสมการ
(3.5) และ (3.6) ก็คือ การหาพลังงานเนื่องจากการไหลของสมการ (3.4) นั้นเอง

3.1.2.4 พลังงานเคมี (Chemical energy)

พลังงานเคมี หมายถึง พลังงานที่ยึดเหนี่ยวอนุภาคที่
ประกอบภายในนิวเคลียสของอะตอม (atomic nuclei) เมื่อพลังงานเหล่านี้ถูกรบกวน
จะทำให้เกิดปฏิกิริยาปล่อยพลังงานปริมาณออกมา ความสัมพันธ์ระหว่างมวลของสารที่
ลดลงขณะที่เกิดปฏิกิริยาและพลังงานที่เกิดขึ้น ไอน์สไตน์ (Einstein) กำหนดไว้ดังนี้

$$E = m.C^2 \quad \dots \dots \dots (3.7)$$

เมื่อ E เป็นพลังงานปริมาณ ในหน่วยของ ergs

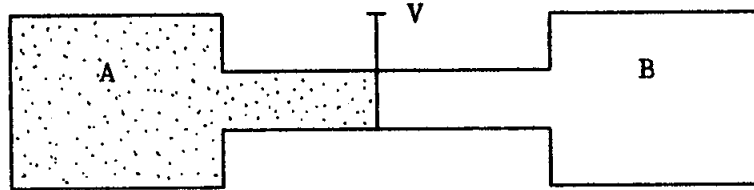
m เป็นมวลของสารที่ลดลง ในหน่วยของกรัม

C เป็นความเร็วของแสง มีค่าเท่ากับ 2.9979×10^{10} ซม./วินาที

3.1.3 พลังงานภายใน (Internal energy)

พลังงานภายในเป็นคุณสมบัติที่ขึ้นกับปริมาณ (extensive
properties) ทั้งนี้เพราะเป็นคุณสมบัติที่ขึ้นอยู่กับมวลของระบบ พลังงานภายในของ
ระบบหนึ่งๆ ใช้สัญลักษณ์ U และถ้าหาร U ด้วยมวลของระบบจะได้ พลังงานภายใน
จำเพาะ (Specific internal energy) ใช้สัญลักษณ์ u ซึ่งพลังงานภายใน
จำเพาะถือเป็นคุณสมบัติที่ไม่ขึ้นกับปริมาณ (intensive properties)

ในปี ค.ศ. 1843 จูล (Joule) ได้ทำการทดลองเกี่ยวกับการขยายตัวอิสระ (free expansion) ของก๊าซ ซึ่งขยายเข้าไปในหลอดสุญญากาศเพื่อแสดงว่าพลังงานภายในเป็นฟังก์ชันของอุณหภูมิอย่างเดียว ตามรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 แสดงการทดลองของจูล (joule)

จากรูปที่ 3.1 ประกอบด้วยก๊าซที่บรรจุอยู่ในหลอด A ซึ่งต่อกับหลอดสุญญากาศ B โดยมีลิ้นปิด-เปิด V ให้ระบบอยู่ในสมดุลย์ทางความร้อนโดยเปิดลิ้นให้ก๊าซในหลอด A ไหลเข้าไปในหลอด B จนกระทั่ง ความกดดันในหลอด A และ B เท่ากัน และพบว่าอุณหภูมิไม่เปลี่ยนแปลงเลยในระหว่างกระบวนการนี้หรือภายหลังกระบวนการนี้ และเนื่องจากไม่มีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ จูลจึงสรุปได้ว่าไม่มีการถ่ายเทความร้อนไปสู่ก๊าซและพบว่าไม่มีงานเกิดขึ้นด้วย

ดังนั้น ในการขยายตัวอิสระของก๊าซจะพบว่าไม่มีงานเกิดขึ้น และไม่มี การถ่ายเทความร้อนของระบบ และอุณหภูมิก็คงที่ด้วย นั่นคือ $W = 0$ และ $Q = 0$

จากการวัด จูลได้พบว่าอุณหภูมิก๊าซคงที่ด้วย ดังนั้นพลังงานภายในของก๊าซเป็นฟังก์ชันของอุณหภูมิอย่างเดียว

โดยทั่วไปพลังงานภายในของระบบ (u) อาจจะเขียนในรูปฟังก์ชันได้ เช่นเดียวกับคุณสมบัติอื่นๆ ของอุณหพลศาสตร์ โดยกำหนดสภาวะของระบบเฉพาะลงไป เช่น

$$u = f(V, T)$$

$$\text{ดังนั้น} \quad du = \left(\frac{\partial U}{\partial V} \right)_T dV + \left(\frac{\partial U}{\partial T} \right)_V dT \quad \dots \dots \dots (3.8)$$

$$\text{หรือ} \quad U = f(T, P)$$

$$\text{ดังนั้น } du = \left(\frac{\partial U}{\partial T}\right)_P dT + \left(\frac{\partial U}{\partial P}\right)_T dp \quad \dots\dots\dots(3.9)$$

จากสมการ(3.8)และ(3.9)จะเห็นว่า

$$\left(\frac{\partial U}{\partial T}\right)_V \neq \left(\frac{\partial U}{\partial T}\right)_P$$

แต่พลังงานภายใน (U) ต่างก็เป็นฟังก์ชันของอุณหภูมิ (T) และถ้าไม่มีก่ารเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิแล้วจะได้ $dT = 0$ ดังนั้น การขยายตัวอิสระ $dU = 0$ ด้วย

$$\left(\frac{\partial U}{\partial V}\right)_T = 0$$

และ
$$\left(\frac{\partial U}{\partial P}\right)_T = 0$$

จึงอาจกล่าวได้ว่า ในการขยายตัวอิสระ พลังงานภายใน (U) ของก๊าซ จะไม่เป็นฟังก์ชันหรือขึ้นกับ P และ V เลย แต่จะเป็นฟังก์ชันของ T เท่านั้น

3.2 ความร้อน (Heat)

ความร้อนเป็นอันตรกิริยา(interaction)ระหว่างระบบกับสิ่งแวดล้อม เช่นเดียวกับงาน โดยความร้อนสามารถถ่ายเทข้ามขอบเขตของระบบได้ เมื่อมีความแตกต่างของอุณหภูมিরะหว่างระบบกับสิ่งแวดล้อม ดังนั้นนิยามของความร้อนก็คือพลังงานรูปแบบหนึ่งที่สามารถถ่ายเทข้ามขอบเขตของระบบที่มีอุณหภูมิต่ำหนึ่งไปสู่อีกระบบหนึ่ง (หรือสิ่งแวดล้อม) ซึ่งมีอุณหภูมิต่ำกว่า ความร้อนถือเป็นปรากฏการณ์ชั่วคราว (transient phenomenon) ตัวอย่างเช่น ถ้าเราพิจารณาถังทองแดงร้อนเป็นระบบหนึ่ง และน้ำเย็นเป็นอีกระบบหนึ่ง ถ้านำเอาถังทองแดงร้อนหย่อนลงไปใต้น้ำเย็น วัตถุทั้งสองจะมีการแลกเปลี่ยนความร้อนต่อกันขึ้น โดยความร้อนจะถ่ายเทออกจากถังทองแดงเข้าสู่ น้ำจนกระทั่งวัตถุทั้งสองมีอุณหภูมิสมดุลกันและเรียกภาวะนี้ว่า สมดุลย์ความร้อน ซึ่งที่ภาวะนี้จะไม่มีการถ่ายเทความร้อนเกิดขึ้นอีกต่อไป เนื่องจากไม่มีความแตกต่างของอุณหภูมিরะหว่างวัตถุทั้งสองนั้นนั่นเอง

3.2.1 หน่วยของความร้อน

ดังที่เคยกล่าวมาแล้วว่าความร้อนเป็นพลังงานอีกรูปแบบหนึ่งซึ่งสามารถถ่ายเทข้ามขอบเขตของระบบได้เช่นเดียวกับงาน ดังนั้นความร้อนจึงมีหน่วยเดียวกันกับงาน สำหรับในหน่วย SI นั้น ความร้อนจะมีหน่วยเป็นจูล(joule)

ความร้อนที่ถ่ายเทออกจากระบบหนึ่งๆ นั้น พิจารณาให้เป็นเครื่องหมายลบ (-) และความร้อนที่ถ่ายเทเข้าสู่ระบบหนึ่งๆ นั้น พิจารณาให้เป็นเครื่องหมาย(+) ความร้อนโดยทั่วไปใช้สัญลักษณ์เป็น Q

ในทางคณิตศาสตร์ความร้อนเป็นฟังก์ชันวิถีเช่นเดียวกับงาน ดังนั้น Q จึงเป็นผลต่างอนุพันธ์แบบไม่แน่นอนตรง กล่าวคือ ถ้าระบบหนึ่ง ๆ ดำเนินกระบวนการจากสภาวะ 1 ไปสู่สภาวะ 2 และมีความร้อนเกิดขึ้น ความร้อนนี้จะขึ้นอยู่กับเส้นทางที่ระบบใช้ในการเปลี่ยนแปลงสภาวะ นั่นคือ

$$\int_1^2 \delta Q = {}_1Q_2 \quad \dots\dots\dots (3.10)$$

โดยที่ ${}_1Q_2$ คือความร้อนถ่ายเทขณะดำเนินกระบวนการหนึ่ง ๆ ระหว่างสภาวะ 1 และสภาวะ 2 อัตราของความร้อนถ่ายเทข้ามขอบเขตของระบบคือ

$$q = \frac{\delta Q}{dt} \quad \dots\dots\dots (3.11)$$

และความร้อนต่อ 1 หน่วยมวลของระบบ q คือ

$$q = \frac{Q}{m} \quad \dots\dots\dots (3.12)$$

3.2.2 รูปแบบของความร้อน

3.2.2.1 ความร้อนสัมผัส

สำหรับของแข็งหรือของเหลวเมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนแปลงจาก T_1 เป็น T_2 โดยไม่มีการเปลี่ยนแปลงเฟส กระแสความร้อนจะไหลเข้าหรือออกจากสารนั้นคำนวณได้จากสมการต่อไปนี้

$${}_1Q_2 = mC (T_2 - T_1) \quad \dots\dots\dots (3.13)$$

- โดยที่ m เป็นมวลของสาร มีหน่วยเป็นกิโลกรัม (kg)
 C เป็นความจุความร้อนของสาร มีหน่วยเป็น จูลต่อกิโลกรัม-องศาเซลวิน
 (j/kg-K)
 T_1 เป็นอุณหภูมิเริ่มต้น
 T_2 เป็นอุณหภูมิสุดท้าย

3.2.2.2 ความร้อนแฝง

สารอย่างหนึ่งจะเปลี่ยนแปลงสถานะหรือเฟสได้ ก็ต่อเมื่อสารนั้นคายหรือรับความร้อนแฝง ปริมาณความร้อนแฝงขึ้นอยู่กับค่าความร้อนแฝงจำเพาะเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$Q = mL \quad \dots\dots\dots(3.14)$$

โดยที่ L คือค่าความร้อนแฝงจำเพาะ มีหน่วยเป็น KJ/kg ที่พบเสมอๆ ก็คือความร้อนแฝงของการระเหยตัวหรือควบแน่นของไอน้ำมีค่าประมาณ 2257 kJ/kg และความร้อนแฝงของการหลอมเหลวหรือแข็งตัวของน้ำซึ่งมีค่าประมาณ 335 kJ/kg

3.2.2.3 ความร้อนที่ได้จากปฏิกิริยาทางเคมี (การเผาไหม้ของเชื้อเพลิง) สามารถคำนวณได้จากสมการ

$$Q = m_f (HV) \quad \dots\dots\dots(3.15)$$

โดยที่ m_f คือมวลของเชื้อเพลิงที่เผาไหม้

HV คือค่าความร้อนของเชื้อเพลิง (energy Content or heating value) มีหน่วย kJ/kg

3.3 ความจุความร้อน (Heat Capacity)

เมื่อความร้อนถ่ายเทเข้าสู่ระบบหนึ่ง การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิอาจเกิดขึ้นได้หรือไม่ยอมขึ้นอยู่กับกระบวนการ ถ้าระบบอยู่ภายใต้การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ จาก T_1 ไปเป็นอุณหภูมิ T_2 ซึ่งการถ่ายเทของปริมาณความร้อน Q จะเป็นความจุความร้อนเฉลี่ยของระบบ (mean heat Capacity) แทนด้วย \bar{C} ในกระบวนการดังกล่าว หมายความว่า เป็นอัตราส่วนระหว่างความร้อนที่ถ่ายเทเข้าสู่ระบบกับอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น นั่นคือ

$$\bar{C} = \frac{Q}{T_2 - T_1} = \frac{Q}{\Delta T} \quad \dots\dots\dots(3.16)$$

ความจุความร้อนจะนิยมใช้สัญลักษณ์ C มากกว่า \bar{C} ทั้ง Q และ $(T_2 - T_1)$ ต่างก็มีปริมาณน้อย ๆ ดังนั้นอัตราส่วนนี้จึงอาจใช้ค่าขีดจำกัด (Limit)

$$C = \lim_{\Delta T \rightarrow 0} \frac{Q}{\Delta T} = \frac{dQ}{dT} \quad \dots\dots\dots(3.17)$$

ค่า C ในระบบ SI มีหน่วยเป็นจูลต่อองศา (J/K)

พิจารณาระบบใด ๆ ถ้า Y เป็นตัวแปร (Variables) ดังนั้นจากสมการ (3.17) จะได้เป็น

$$C_Y = \left(\frac{dQ}{dT} \right)_Y \quad \dots\dots\dots(3.18)$$

สมการ(3.18) เรียกว่า ความจุความร้อน(Heat Capacity) ของระบบ ค่าความจุความร้อนของระบบนี้ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิสัมบูรณ์ T และตัวแปร Y ที่กำหนดตามสภาวะทางมหภาค ซึ่งก็หมายถึงว่า

$$C_Y = C_Y(T, Y)$$

จำนวนปริมาณความร้อน dQ ที่ไปเพิ่มให้แก่ระบบจะทำให้ระบบมีอุณหภูมิสัมบูรณ์เปลี่ยนไป dT นั้นจะไปเฉลี่ยให้แก่อนุภาคของระบบนั้น ๆ นั้นเอง ค่าความร้อนของระบบมีความสอดคล้องกับค่าความร้อนจำเพาะ (Specific heat) ของระบบ ความจุความร้อนต่อหนึ่งโมล (mole) หรือความร้อนจำเพาะต่อหนึ่งโมล กำหนดดังนี้

$$C_Y = \frac{1}{V} \quad C_Y = \frac{1}{V} \left(\frac{dQ}{dT} \right)_Y \quad \dots\dots\dots (3.19)$$

หรือความร้อนจำเพาะต่อหนึ่งกรัม กำหนดดังนี้

$$C_Y = \frac{1}{m} \quad C_Y = \frac{1}{m} \left(\frac{dQ}{dT} \right)_Y \quad \dots\dots\dots (3.20)$$

รายละเอียดเกี่ยวกับเรื่องความร้อนจำเพาะนั้นจะได้อธิบายให้ชัดเจนอีกครั้งหนึ่งในบทที่ 4 หลังจากได้เรียนรู้กฎข้อที่ 1 ทางอุณหพลศาสตร์แล้ว

3.4 ข้อเปรียบเทียบระหว่างความร้อนและงาน

ความร้อนและงานเป็นอันตรกิริยาระหว่างระบบกับสิ่งแวดล้อม ความร้อนและงานนั้นเป็นพลังงานที่ข้ามขอบเขตของระบบ การพิจารณาความร้อนและงานจึงมีลักษณะคล้ายคลึงกัน ซึ่งสรุปเป็นข้อ ๆ ได้ดังต่อไปนี้

1. ความร้อนและงานเป็นปรากฏการณ์ชั่วคราว ซึ่งกล่าวได้ว่าเมื่อระบบหนึ่งๆ มีการเปลี่ยนแปลงสภาวะคราวใด ระบบนั้นจะมีความร้อนและ(หรือ)งานข้ามขอบเขตของระบบเสมอ
2. ทั้งงานและความร้อนเป็นปรากฏการณ์ที่ขอบเขต โดยทั้งงานและความร้อนนั้นเป็นพลังงานที่ข้ามขอบเขตของระบบ
3. ทั้งงานและความร้อนเป็นฟังก์ชันวิถีและผลต่างอนุพันธ์แบบไม่แน่นอนตรง สำหรับข้อแตกต่างระหว่างงาน พลังงานและความร้อนก็คือ การพิจารณาเครื่องหมาย กล่าวคือ งานเป็นบวก(+) จะแทนพลังงานที่ออกจากระบบ ซึ่งความร้อนเป็น(+) จะแทนพลังงานที่เข้าสู่ระบบและงานเป็นลบ(-) จะแทนพลังงานที่เข้าสู่ระบบ ซึ่งความร้อนเป็นลบ(-) จะแทนพลังงานที่ออกจากระบบ

บทสรุปและคำจำกัดความที่ควรรู้

1. พลังงาน (Energy) หมายถึง อำนาจหรือสิ่งใดสิ่งหนึ่งที่สามารถทำงานได้ และยังสามารถเปลี่ยนรูปจากรูปหนึ่งไปยังอีกรูปหนึ่งได้
2. พลังงานศักย์ (Potential energy) หมายถึง พลังงานที่เกิดจากตำแหน่งหรือระดับที่สูงจากผิวโลก ซึ่งมีสูตรในการคำนวณ ดังนี้

$$P.E = \frac{mgS}{J}$$

3. พลังงานจลน์ (Kinetic energy) หมายถึง พลังงานที่เกิดขึ้นจากการเคลื่อนที่ของวัตถุด้วยความเร็วและมีสูตรในการคำนวณ ดังนี้

$$K.E = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2} \frac{W.V^2}{g_0 \cdot J}$$

4. พลังงานเนื่องจากของไหล (Flow energy) สามารถหาความสัมพันธ์ได้ ดังนี้

พลังงานเนื่องจากของไหล = ความกดดัน x ปริมาตร
หรือ หางาน (Work done) ของระบบได้

$$dw = -\bar{p} \cdot dv$$

$$w = - \int_{v_1}^{v_2} \bar{p} \cdot dv$$

5. Quasi-statically หมายถึง การทำงานที่เป็นไปอย่างช้า ๆ เพื่อให้ระบบเกิดสภาวะสมดุลย์ตลอดเวลา
6. Chemical energy หมายถึง พลังงานที่เกิดขึ้นเนื่องจากการยึดตัวของโครงสร้างของอะตอมและที่เกิดขึ้นเนื่องจากปฏิกิริยาเคมี

7. Nuclear energy หมายถึง พลังงานที่ยึดเหนี่ยวอนุภาคที่ประกอบภายในนิวเคลียสของอะตอม เมื่อพลังงานเหล่านี้ถูกรบกวนจะทำให้เกิดปฏิกิริยาและปล่อยพลังงานปริมาณออกมา และ Einstein ได้กำหนดสูตรของพลังงานปริมาณไว้ดังนี้

$$E = m \cdot C^2$$

8. Joule experiment for free expansion การทดลองเกี่ยวกับการขยายตัวอิสระของก๊าซของจูลได้สรุปไว้ว่า "พลังงานภายในของก๊าซจะเป็นฟังก์ชันของอุณหภูมิเท่านั้น"
9. Latent heat หมายถึง ปริมาณความร้อนที่สารใช้ในการเปลี่ยนแปลงสถานะหรือเฟส
10. Heat Capacity หมายถึง ความสามารถของสารในการรับความร้อนไว้ได้มากหรือน้อย หรือหมายถึงอัตราส่วนระหว่าง ความร้อนที่ถ่ายเทเข้าสู่ระบบกับอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น เขียนเป็นความสัมพันธ์ได้ดังนี้

$$C = \lim_{\Delta T \rightarrow 0} \frac{Q}{\Delta T} = \frac{dQ}{dT}$$

หรือ

$$C_Y = \left(\frac{dQ}{dT} \right)_Y$$

เมื่อ Y เป็นตัวแปร (Variables) ใด ๆ

แบบฝึกหัดบทที่ 3

1. กระสุนปืนใหญ่ต่อสู้อากาศยานหนัก 200 กิโลกรัม เคลื่อนที่ในระดับสูง 2000 เมตร ด้วยความเร็ว 1000 เมตรต่อวินาที เมื่อคิดเทียบกับระดับน้ำทะเลและอัตราเร่งเนื่องจากแรงดึงดูดของโลก ณ จุดนั้นเท่ากับ 9.79 เมตรต่อวินาที² จงหา
 - ก. พลังงานทั้งหมดในหน่วยคาลอรี
 - ข. พลังงานทั้งหมดในหน่วยจูล
2. จงหางานของกระบวนการที่ไม่มีภาวไหลและเกิดขึ้นกลับไปมาที่เกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงปริมาตรจาก 1 ลบ.ฟุต เป็น 2 ลบ.ฟุต ตามสมการของความดัน $P = 1 + V^2 \cdot \text{lb/ft}^2 \cdot \text{abs}$
3. รถยนต์หนัก 2000 ปอนด์ เคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 60 ไมล์/ชั่วโมง บนถนนซึ่งสูงกว่าระดับน้ำทะเล 5000 ฟุต จงหาพลังงานศักย์ของรถยนต์คันนี้เมื่อเทียบกับระดับน้ำทะเล
4. น้ำตกแห่งหนึ่งสูง 100 ฟุต มีความเร็วของการไหลของน้ำก่อนถึงหน้าผาน้ำตก 40 ไมล์/ชั่วโมง สมมติว่าพลังงานทั้งหมดสามารถเปลี่ยนเป็นพลังงานภายในเมื่อน้ำถึงส่วนล่างของน้ำตกนี้ จงหาอุณหภูมิของน้ำที่เพิ่มขึ้น
5. เรือหางยาวลำหนึ่งหนัก 300 กิโลกรัม แล่นด้วยความเร็ว 50 กิโลเมตร/ชั่วโมง บนผิวน้ำ จงหาพลังงานจลน์ของเรือลำนี้
6. ดาวเทียมดวงหนึ่งหนัก 7 ตัน เคลื่อนที่ในระดับสูงกว่าผิวโลก 20 กม. ด้วยความเร็ว 250 กม./ชม. จงหาพลังงานทั้งหมดของดาวเทียมเมื่อเทียบกับผิวโลกในหน่วยกิโลจูล
7. สารชนิดหนึ่งเมื่อเกิดปฏิกิริยาทางปรมาณูปรากฏว่ามีมวลสารลดลง 0.01 kg จงหาพลังงานปรมาณูของสารชนิดนี้ที่ปล่อยออกมาในหน่วย erg.

เฉลยคำตอบแบบฝึกหัดบทที่ 3

1. ก. 24,940 k.caL.
ข. 103,916,000 joules
 2. 3.33 ฟุต-ปอนด์
 3. 10,000,000 ฟุต-ปอนด์
 4. 0.2°F
 5. 2,950 kg.m
 6. $1.389 \times 10^{\circ}$ kj
 7. 9×10^{21} ergs
-