

## ความร้อน

ในหัวข้อนี้ จะศึกษาเกี่ยวกับสมบัติต่างๆของสสารในทางความร้อน เช่นการขยายตัวของสสารเนื่องจากความร้อน การถ่ายเทความร้อนโดยวิธีการต่างๆ การเปลี่ยนสถานะกับความร้อนแฝง

### พลังงานภายใน ความร้อนและอุณหภูมิ

**พลังงานภายใน (Internal energy)** เป็นผลรวมของพลังงานจลน์และพลังงานศักย์ของทุกอะตอมหรือโมเลกุลภายในสสาร

**พลังงานความร้อน (Thermal energy)** เป็นส่วนหนึ่งของพลังงานภายในของสสารนั้น

**ความร้อน (Heat)** เป็นการถ่ายเทพลังงานความร้อนจากวัตถุที่มีอุณหภูมิสูงไปยังวัตถุที่มีอุณหภูมิต่ำ

**อุณหภูมิ (Temperature)** แนวความคิดเกี่ยวกับอุณหภูมิของวัตถุมาจากความรู้สึกร้อนหรือเย็นเมื่อสัมผัสวัตถุนั้น ซึ่งวัตถุที่มีระดับความร้อนสูง จะมีอุณหภูมิสูง

**สมดุลความร้อน (thermal equilibrium)** ถ้านำวัตถุสองชนิดที่มีอุณหภูมิ(ระดับความร้อน)ต่างกันมาแตะกัน อุณหภูมิของวัตถุทั้งสองจะมีการเปลี่ยนแปลง โดยที่วัตถุที่มีอุณหภูมิสูงกว่า อุณหภูมิจะค่อย ๆ ลดลง ส่วนวัตถุที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า จะมีอุณหภูมิสูงขึ้นเรื่อยๆ จนในที่สุดอุณหภูมิของวัตถุทั้งสองจะมีค่าเดียวกันและไม่เปลี่ยนแปลง (ระดับความร้อนเท่ากัน) เราเรียกว่าวัตถุทั้งสองอยู่ในสมดุลความร้อน

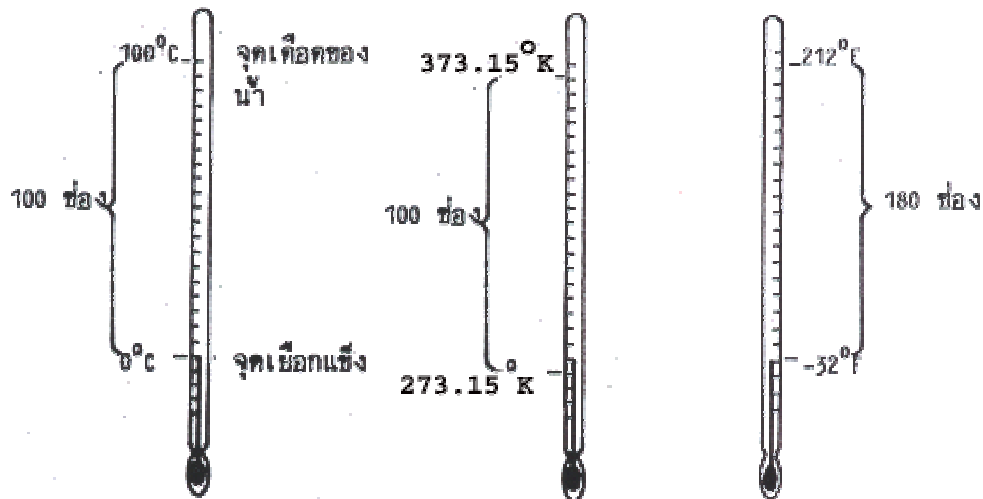
**เทอร์โมมิเตอร์ (thermometer)** เป็นเครื่องมือที่ใช้วัดอุณหภูมิ

**สเกลวัดอุณหภูมิ (Temperature scale)** เทอร์โมมิเตอร์ จะมีสเกลในการวัดอุณหภูมิหลายแบบด้วยกัน เช่น สเกลฟาเรนไฮต์ สเกลเซลเซียส สเกลเคลวิน เป็นต้น

**1. สเกลฟาเรนไฮต์** เป็นสเกลอุณหภูมิ ที่นำจุดเยือกแข็งและจุดเดือดของน้ำบริสุทธิ์ที่ความดัน 1 บรรยากาศ ซึ่งกำหนดให้เป็น  $32^{\circ}\text{F}$  และ  $212^{\circ}\text{F}$  ตามลำดับ เป็นจุดอุณหภูมิอ้างอิง แล้วแบ่งสเกลระหว่างสองจุดอ้างอิงออกเป็น 180 ช่อง แต่ละช่อง เรียกว่า 1 องศาฟาเรนไฮต์ ( $^{\circ}\text{F}$ ) ดังรูปที่ 1

**2. สเกลเซลเซียส** เป็นสเกลอุณหภูมิ ที่กำหนดจุดเยือกแข็งและจุดเดือดของน้ำบริสุทธิ์ที่ความดัน 1 บรรยากาศ เป็น  $0^{\circ}\text{C}$  และ  $100^{\circ}\text{C}$  ตามลำดับ และแบ่งสเกลระหว่างจุดทั้งสองออกเป็น 100 ช่อง แต่ละช่อง เรียกว่า 1 องศาเซลเซียส ( $^{\circ}\text{C}$ ) สเกลนี้ เดิมเรียกว่าสเกลเซนติเกรด ดังรูปที่ 1

**3. สเกลเคลวิน** เป็นสเกลอุณหภูมิที่กำหนดจุดเยือกแข็งและจุดเดือดของน้ำบริสุทธิ์ที่ความดัน 1 บรรยากาศเป็น 273.15 K และ 373.15 K ตามลำดับ และแบ่งสเกลระหว่างจุดทั้งสองออกเป็น 100 ช่อง แต่ละช่อง เรียกว่า 1 องศาเคลวิน (K) และเพิ่มสเกลอุณหภูมิศูนย์สัมบูรณ์ หรือ 0 K ซึ่งสอดคล้องกับอุณหภูมิ  $-273.15^{\circ}\text{C}$  ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 สเกลวัดอุณหภูมิ

ความสัมพันธ์ระหว่างสเกลอุณหภูมิทั้งสาม

$$\frac{t_C - 0}{100} = \frac{T_F - 32}{180} = \frac{T_K - 273.15}{100} \quad (1)$$

เมื่อ  $t_C$   $T_F$   $T_K$  เป็นอุณหภูมิในหน่วยองศาเซลเซียส องศาฟาเรนไฮต์ และองศาเคลวิน ตามลำดับ

หรือ เขียนความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิในหน่วยองศาเซลเซียส และ ในหน่วยองศาเคลวิน ในรูป

$$t_C = T_K - 273.15 \quad (2)$$

หรือ ประมาณว่า  $t_C = T_K - 273$

ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิในหน่วยองศาฟาเรนไฮต์  $T_F$  และในหน่วยองศาเซลเซียส  $t_C$  เขียนในรูป

$$T_F = \frac{9}{5} t_C + 32 \quad (3)$$

**ตัวอย่าง**

1. จงเปลี่ยนอุณหภูมิต่อไปนี้ในหน่วยของสเคลวิน และฟาเรนไฮน์

1.1  $50^{\circ}\text{C}$

1.2  $-200^{\circ}\text{C}$

**การขยายตัวของสสารเนื่องจากความร้อน**

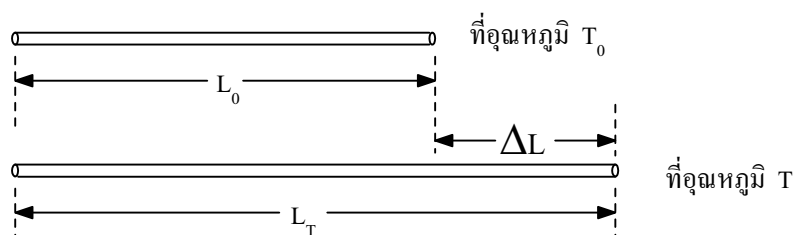
ปริมาณความร้อนที่สสารได้รับ หรือสูญเสียไป มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของสสาร ซึ่งการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ ทำให้สสารมีการเปลี่ยนรูปร่าง หรือถ้าได้รับปริมาณความร้อนมากเพียงพอ สสารก็จะมีการเปลี่ยนสถานะ

ในหัวข้อนี้ จะพิจารณาเฉพาะการเปลี่ยนแปลงขนาดในกรณีของแข็งและของเหลว โดยไม่มีการเปลี่ยนสถานะเท่านั้น ส่วนในกรณีของก๊าซ จะพิจารณาในหัวข้อกฎของก๊าซ

**1. การขยายตัวของของแข็ง**

วัตถุส่วนใหญ่เมื่อได้รับความร้อนจะมีอุณหภูมิสูงขึ้นและยังพบอีกว่าวัตถุมีการขยายตัว(expansion) สำหรับวัตถุที่มีลักษณะเป็นแท่งยาว จะมีการขยายตัวตามเส้น มากกว่าตามพื้นที่ และตามปริมาตร

1.1 การขยายตัวตามเส้น (Linear expansion) สมมติแท่งวัตถุมีพื้นที่หน้าตัดเล็กมาก และสม่ำเสมอ มีความยาว  $L_0$  ที่อุณหภูมิ  $T_0$  เมื่อแท่งวัตถุได้รับความร้อนจนมีอุณหภูมิ  $T$  และมีความยาว  $L_T$  ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 แท่งวัตถุขยายตัวเมื่อได้รับความร้อน

ถ้าความยาวส่วนที่ขยายออก  $\Delta L$  ( $\Delta L = L_T - L_0$ ) มีค่าน้อยมาก เมื่อเปรียบเทียบกับความยาวเริ่มต้น ความยาวส่วนที่ขยายออก จะแปรผันตรงกับความยาวเริ่มต้นและอุณหภูมิที่เปลี่ยนไป  $\Delta T$  ซึ่งเขียนความสัมพันธ์ ในรูป

$$\Delta L = \alpha L_0 \Delta T \quad (4)$$

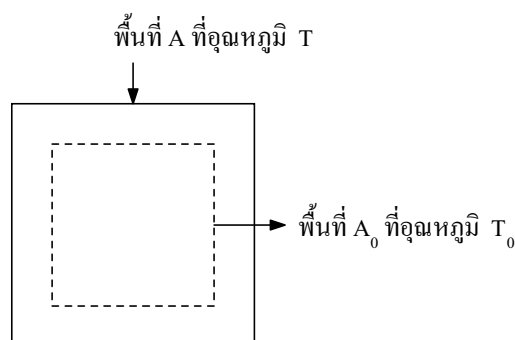
$$\text{หรือ } L_T = L_0(1 + \alpha \Delta T) \quad (5)$$

เมื่อ  $\alpha$  เป็นค่าคงที่ และขึ้นกับโครงสร้างภายในของวัตถุ (ชนิดวัตถุ) เรียก  $\alpha$  ว่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวตามเส้น (Coefficient of linear expansion) ของวัตถุ ในหน่วยเอสไอ  $\alpha$  มีหน่วยเป็น  $(K)^{-1}$  หรือจะใช้หน่วย  $(^{\circ}C)^{-1}$  ก็ได้มีค่าเท่ากัน

### ตัวอย่าง

1. ลวดเหล็กยาว 30 m ที่อุณหภูมิ  $20^{\circ}C$  เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นเป็น  $520^{\circ}C$  ลวดยาวขึ้น 19 mm จงหาสัมประสิทธิ์ของการขยายตัวตามเส้นของเหล็ก

**1.2 การขยายตัวตามพื้นที่ (Surface expansion)** สมมติแผ่นวัตถุบางมากมีพื้นที่  $A_0$  ที่อุณหภูมิ  $T_0$  เมื่อแผ่นวัตถุได้รับความร้อนจนมีอุณหภูมิ  $T$  และพื้นที่  $A_T$  ดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 แผ่นวัตถุบางมากขยายตัวเมื่อได้รับความร้อน

ถ้าพื้นที่ของแผ่นวัตถุเพิ่มขึ้นเป็น  $\Delta A$  ( $\Delta A = A_T - A_0$ ) จะได้ความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ของแผ่นวัตถุเพิ่มขึ้นกับอุณหภูมิที่เปลี่ยนไปในรูป

$$\Delta A = \beta A_0 \Delta T \quad (6)$$

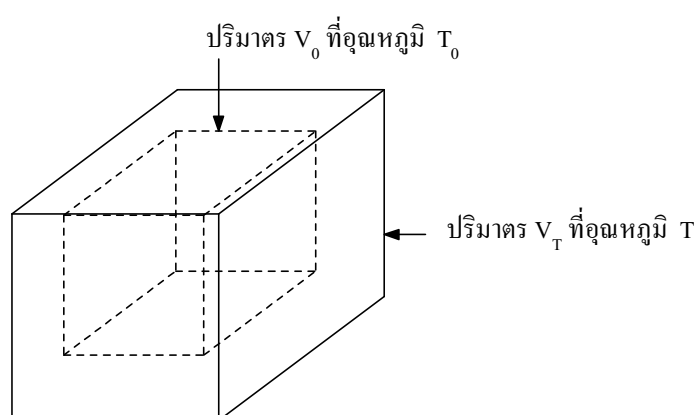
$$\text{หรือ } A_T = A_0(1 + \beta \Delta T) \quad (7)$$

เมื่อ  $\beta$  เป็นสัมประสิทธิ์การขยายตัวตามพื้นที่ของแผ่นวัตถุ และ  $\beta = 2\alpha$  ซึ่งมีหน่วยเป็น  $(K)^{-1}$  หรือหน่วย  $(^{\circ}C)^{-1}$

ตัวอย่าง

1. แผ่นเหล็กบางมาก กว้าง 1 m ยาว 2 m ที่อุณหภูมิ  $20^{\circ}C$  ถ้าอุณหภูมิเพิ่มขึ้นเป็น  $100^{\circ}C$  แผ่นเหล็กมีพื้นที่เพิ่มขึ้นเท่าไร กำหนดสัมประสิทธิ์ของการขยายตัวตามเส้นของเหล็ก

**1.3 การขยายตัวตามปริมาตร (Volume expansion)** สมมติวัตถุมีปริมาตร  $V_0$  ที่อุณหภูมิ  $T_0$  เมื่อวัตถุได้รับความร้อนจนมีอุณหภูมิ  $T$  และปริมาตร  $V_T$  ดังรูปที่ 4



**รูปที่ 4 การขยายตัวตามปริมาตรของวัตถุเมื่อได้รับความร้อน**

ถ้าปริมาตรวัตถุเพิ่มขึ้นเป็น  $\Delta V$  ( $\Delta V = V_T - V_0$ ) จะได้ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรของวัตถุที่เพิ่มขึ้นกับอุณหภูมิที่เปลี่ยนไปในรูป

$$\Delta V = \gamma V_0 \Delta T \quad (8)$$

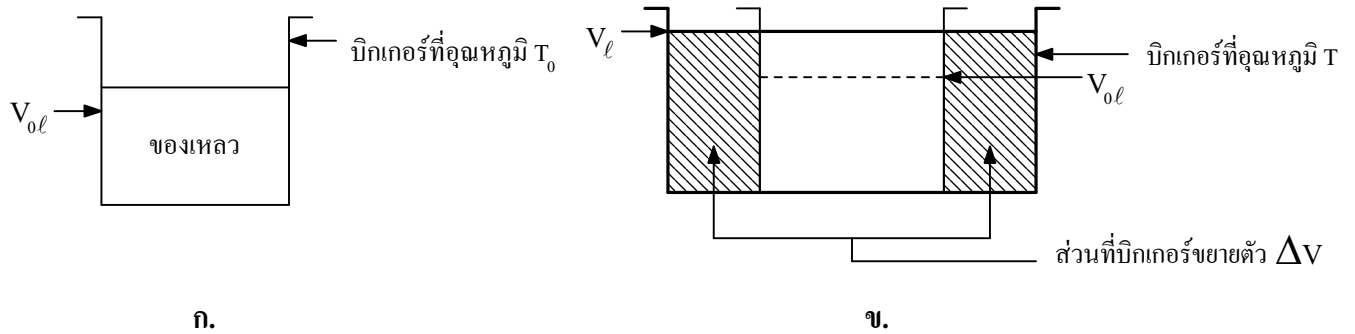
$$\text{หรือ } V_T = V_0(1 + \gamma \Delta T) \quad (9)$$

เมื่อ  $\gamma$  เป็นสัมประสิทธิ์การขยายตัวตามปริมาตรของวัตถุ และ  $\gamma = 3\alpha$  ซึ่งมีหน่วยเป็น  $(K)^{-1}$  หรือหน่วย  $(^{\circ}C)^{-1}$

## 2. การขยายตัวของของเหลว

เนื่องจากของเหลวบรรจุอยู่ในภาชนะ การขยายตัวที่เห็นได้ชัด คือการขยายตัวตามปริมาตร พิจารณาของเหลวบรรจุในบีกเกอร์ ถ้าอ่านค่าปริมาตรของของเหลวเป็น  $V_0$  ที่อุณหภูมิ  $T_0$  ดังรูป 5 ก. เมื่อให้

ความร้อนแก่บีกเกอร์ จนบีกเกอร์และของเหลวมีอุณหภูมิ  $T$  แล้วอ่านค่าปริมาตรของเหลวภายในบีกเกอร์ใหม่เป็น  $V_1$  ดังรูปที่ 5 ข.



รูปที่ 5 การขยายตัวตามปริมาตรของของเหลวที่บรรจุในภาชนะเมื่อได้รับความร้อน

จากรูปที่ 5 ของเหลวมีการขยายตัวปรากฏให้เห็นเป็น  $\Delta V_a$  ( $\Delta V_a = V_1 - V_{0l}$ ) แต่ขณะที่ของเหลวขยายตัว บีกเกอร์ก็มีการขยายตัวด้วย แสดงว่าการขยายตัวของเหลวที่ปรากฏแก่สายตานั้นน้อยกว่าการขยายตัวของของเหลวจริง  $\Delta V$  ดังนั้น ส่วนที่ของเหลวขยายตัวจริง เขียนในรูป

$$\Delta V = \Delta V_a + \Delta V_s \quad (10)$$

$$\text{หรือ } V_{0l} \phi \Delta T = V_{0l} \phi_a \Delta T + V_{0s} \gamma \Delta T \quad (11)$$

เมื่อ  $\phi$  เป็นสัมประสิทธิ์การขยายตัวตามปริมาตรจริงของของเหลว

$\phi_a$  เป็นสัมประสิทธิ์การขยายตัวตามปริมาตรปรากฏของของเหลว

$\gamma$  เป็นสัมประสิทธิ์การขยายตัวตามปริมาตรของบีกเกอร์

$\Delta V_s$  เป็นส่วนที่บีกเกอร์ขยายตัว

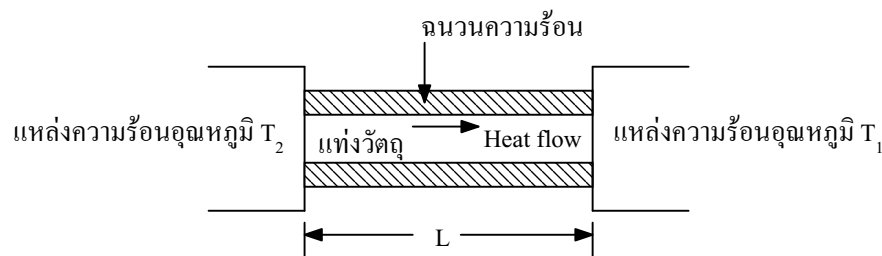
และ  $V_{0s}$  เป็นปริมาตรของบีกเกอร์ ที่อุณหภูมิ  $T_0$

## การถ่ายเทความร้อน

การถ่ายเทความร้อน(Heat transfer) เป็นการถ่ายเทความร้อนจากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่ง เกิดขึ้นได้ 3 ลักษณะด้วยกัน คือ

1. การนำความร้อน(Heat conduction) การถ่ายเทความร้อนโดยการนำเป็นการถ่ายเทความร้อนไปตามเนื้อวัตถุ ซึ่งเกิดขึ้นเนื่องจากความแตกต่างของอุณหภูมิภายในวัตถุ

พิจารณาแท่งวัตถุรูปทรงกระบอก มีพื้นที่หน้าตัดสม่ำเสมอ  $A$  และความยาว  $L$  ด้านข้างหุ้มด้วยฉนวนความร้อน และปลายทั้งสองของแท่งวัตถุติดกับแหล่งความร้อนอุณหภูมิคงที่  $T_1$  และ  $T_2$  ตามลำดับ ( $T_2 > T_1$ ) ดังรูปที่ 6



รูปที่ 6 การถ่ายเทความร้อนโดยการนำ

จากการทดลอง พบว่า ถ้าอุณหภูมิภายในแท่งวัตถุอยู่ในสภาวะคงตัว (Steady state) ซึ่งหมายความว่า อุณหภูมิทุกๆ จุดภายในแท่งวัตถุมีค่าคงที่ตลอดเวลา แสดงว่า อัตราการไหลของความร้อน ผ่านทุกๆ พื้นที่หน้าตัดภายในแท่งวัตถุเท่ากัน ดังนั้น อัตราการไหลของความร้อน (Heat flow rate) เขียนในรูป

$$\frac{\Delta Q}{\Delta t} = -kA \frac{(T_1 - T_2)}{L} \quad (12)$$

เมื่อ  $\Delta Q$  เป็นปริมาณความร้อนที่ถ่ายเทผ่านแท่งวัตถุ มีหน่วยเป็น J

$\Delta t$  เป็นเวลาที่ใช้ในการถ่ายเทความร้อน มีหน่วยเป็น s

$\frac{\Delta Q}{\Delta t}$  เป็นอัตราการไหลของความร้อน มีหน่วยเป็น J/s หรือ W

$A$  เป็นพื้นที่หน้าตัดของแท่งวัตถุ มีหน่วยเป็น  $m^2$

$L$  เป็นความยาวของแท่งวัตถุ มีหน่วยเป็น m

$T_1$  และ  $T_2$  เป็นอุณหภูมิที่ปลายแต่ละด้านของแท่งวัตถุ มีหน่วยเป็น K ในหน่วย SI หรือจะใช้  $^{\circ}C$  ก็ได้

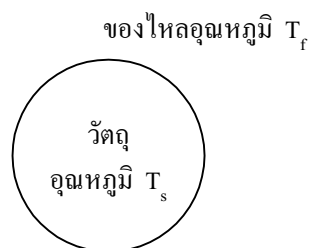
และ  $k$  เป็นค่าคงที่ เรียกว่าสภาพนำความร้อน (Thermal conductivity) มีหน่วยเป็น  $W/m \cdot K$  หรือ  $W/m \cdot ^{\circ}C$

2. การพาความร้อน (Heat convection) การถ่ายเทความร้อนโดยการพาเป็นการถ่ายเทความร้อนจากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่ง โดยอาศัยการเคลื่อนที่ของโมเลกุลตัวกลางที่เป็นของไหล เช่น เมื่อเอามืออังเหนือเตาไฟ จะรู้สึกร้อน เพราะโมเลกุลของอากาศ (โมเลกุลตัวกลาง) ได้รับความร้อนจากเตาไฟ แล้วจะเคลื่อนที่สูงขึ้นมากระทบมือ

การพาความร้อน แบ่งเป็น 2 ชนิด คือ

1. การพาความร้อนอย่างอิสระ (free convection or natural convection) เป็นการพาความร้อนที่โมเลกุลของตัวกลางเคลื่อนที่ไป เพราะมีความหนาแน่นต่างกัน เช่น การเกิดลม การระบายอากาศเสียของโรงงานทางปล่องไฟ เป็นต้น
2. การพาความร้อนแบบถูกบังคับ (forced convection) เป็นการพาความร้อนที่โมเลกุลของตัวกลาง ถูกทำให้เคลื่อนที่โดยแรงภายนอก เช่นการระบายความร้อนของหม้อน้ำรถยนต์ พัดลม เครื่องทำความเย็น เครื่องปรับอากาศ เป็นต้น

พิจารณา วัตถุที่มีอุณหภูมิ  $T_s$  อยู่ในบริเวณที่มีของไหลที่มีอุณหภูมิ  $T_f$  ผ่าน ดังรูปที่ 7



### รูปที่ 7 การถ่ายเทความร้อนโดยการพา

อัตราการถ่ายเทความร้อนระหว่างผิววัตถุกับของไหลโดยการพาความร้อน เขียนในรูป

$$\frac{\Delta Q}{\Delta t} = H = hA(T_s - T_f) \quad (13)$$

เมื่อ  $\Delta Q$  เป็นปริมาณความร้อนที่ถ่ายเทผ่านแท่งวัตถุ มีหน่วยเป็น J

$\Delta t$  เป็นเวลาที่ใช้ในการถ่ายเทความร้อน มีหน่วยเป็น s

$\frac{\Delta Q}{\Delta t}$  หรือ H เป็นอัตราการถ่ายเทความร้อนโดยการพา มีหน่วยเป็น J/s หรือ W

$T_s$  และ  $T_f$  เป็นอุณหภูมิที่ผิวของวัตถุ และอุณหภูมิของของไหล ตามลำดับ มีหน่วยเป็น K ในหน่วย SI หรือจะใช้  $^{\circ}\text{C}$  ก็ได้

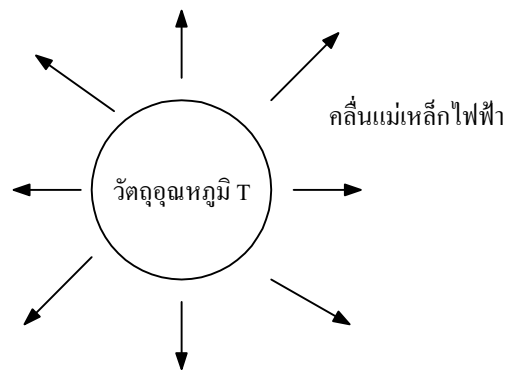
A เป็นพื้นที่ผิวของวัตถุทั้งหมดที่สัมผัสกับของของไหล หรือพื้นที่บริเวณที่เกิดการพา มีหน่วยเป็น  $\text{m}^2$

และ h เป็นสัมประสิทธิ์การพาความร้อนของของไหลมีหน่วยเป็น  $\frac{\text{W}}{\text{m}^2 \text{K}}$  หรือ  $\frac{\text{W}}{\text{m}^2 \text{ } ^{\circ}\text{C}}$

**3. การแผ่รังสี (Radiation)** การถ่ายเทความร้อนโดยการแผ่รังสี เป็นการถ่ายเทความร้อนในรูปของการแผ่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

วัตถุทุกชนิด ที่มีอุณหภูมิสูงกว่าศูนย์องศาสัมบูรณ์ ( $> 0 \text{ K}$ ) วัตถุจะคายพลังงาน หรือแผ่รังสีออกมาจากผิวในรูปคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ในช่วงความยาวคลื่นต่างๆกันดังรูปที่ 8





รูปที่ 8 วัตถุแผ่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

จากการทดลอง พบว่า อัตราการแผ่รังสีออกมาจากผิววัตถุ เขียนในรูป

$$R = \sigma eAT^4 \quad (14)$$

เมื่อ  $R$  เป็นอัตราการแผ่รังสีออกมาจากผิววัตถุ มีหน่วยเป็น J/s และ W

$A$  เป็นพื้นที่ผิวของวัตถุทั้งหมดที่เกิดการแผ่รังสี มีหน่วยเป็น  $m^2$

$T$  เป็นอุณหภูมิสัมบูรณ์ของวัตถุ มีหน่วยเป็น K

$\sigma$  เป็นค่าคงที่สเตฟาน-โบลต์ซมันซ์ และมีค่าเท่ากับ  $5.67 \times 10^{-8} \frac{W}{m^2 K^4}$

$e$  เป็นสภาพเปล่งรังสีของผิววัตถุ (emissivity) ซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1 ขึ้นอยู่กับสมบัติของผิววัตถุ และสมการที่(14) เรียกว่า กฎของสเตฟาน(Stefan's law)

เนื่องจากขณะที่วัตถุมีการแผ่รังสีออกมา วัตถุก็จะดูดกลืนรังสีที่วัตถุอื่นแผ่ออกมาด้วย ดังนั้นถ้าวัตถุมีอุณหภูมิ  $T_1$  และสิ่งแวดล้อมมีอุณหภูมิ  $T_2$  อัตราการแผ่รังสีระหว่างวัตถุกับสิ่งแวดล้อม จะเขียนในรูป

$$R = \sigma eA(T_1^4 - T_2^4) \quad (15)$$

$$\text{หรือ } R = \sigma eA(T_1 - T_2)(T_1 + T_2)(T_1^2 + T_2^2)$$

ถ้า อุณหภูมิวัตถุ  $T_1$  ใกล้เคียงกับอุณหภูมิสิ่งแวดล้อม  $T_2$  ( $T_1 \approx T_2$ ) และอุณหภูมิ  $T_2$  คงที่ตลอดเวลาที่เกิดการแผ่รังสี ดังนั้นอัตราการแผ่รังสีระหว่างวัตถุกับสิ่งแวดล้อม จะเขียนในรูป

$$\frac{\Delta Q}{\Delta t} = R = K(T_1 - T_2) \quad (16)$$

เมื่อ  $\Delta Q$  เป็นปริมาณความร้อนที่คายออกในเวลา  $\Delta t$

และ  $K$  เป็นสัมประสิทธิ์การเย็นตัว ซึ่ง  $K = 4\sigma eAT_2^3$

เรียกสมการ(16) ว่ากฎการเย็นตัวของนิวตัน

## พลังงานกลและพลังงานความร้อน

เดิมความร้อนมีหน่วยแคลอรี (cal) ต่อมา จูลทดลองให้เห็นว่าความร้อนเป็นพลังงานรูปหนึ่งซึ่งสามารถเปลี่ยนเป็นพลังงานรูปอื่นได้ และพบว่า พลังงานกล 4.18 J สามารถเปลี่ยนเป็นพลังงานความร้อนได้ 1 cal

$$1 \text{ cal} = 4.18 \text{ J}$$

## ความจุความร้อน ความจุความร้อนจำเพาะ และความจุความร้อนโมลาร์

**ความจุความร้อน (Heat capacity) ของสสาร** หมายถึงปริมาณความร้อนที่ทำให้สสารมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นหรือลดลง 1K โดยสสารไม่มีการเปลี่ยนสถานะ ซึ่งเขียนความสัมพันธ์ได้ในรูป

$$C = \frac{\Delta Q}{\Delta T} \quad (17)$$

เมื่อ C เป็นความจุความร้อนของสสาร มีหน่วยเป็น J/K ในหน่วย SI หรือใช้ cal/°C ก็ได้

$\Delta Q$  เป็นปริมาณความร้อนที่สสารได้รับ หน่วย J ในหน่วย SI หรือใช้ cal ก็ได้

$\Delta T$  เป็นอุณหภูมิของสสารที่เปลี่ยนไป หน่วย K ในหน่วย SI หรือใช้ °C ก็ได้

เราพบว่า สสารชนิดเดียวกัน ถ้ามีมวลไม่เท่ากัน ความจุความร้อนก็จะไม่เท่ากันด้วย

**ความจุความร้อนจำเพาะ (Specific heat capacity) ของสสาร** หมายถึงปริมาณความร้อนที่ทำให้สสารมวล 1 kg มีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นหรือลดลง 1K โดยสสารไม่มีการเปลี่ยนสถานะ ซึ่งเขียนความสัมพันธ์ได้ในรูป

$$c = \frac{\Delta Q}{m \Delta T}$$

$$\text{หรือ } \Delta Q = mc\Delta T \quad (18)$$

เมื่อ c เป็นความจุความร้อนจำเพาะของสสารมีหน่วยเป็น J/kg K ในหน่วย SI หรือใช้ cal/kg °C ก็ได้

$\Delta Q$  เป็นปริมาณความร้อนที่สสารได้รับ มีหน่วยเป็น J ในหน่วย SI หรือใช้ cal ก็ได้

$\Delta T$  เป็นอุณหภูมิของสสารที่เปลี่ยนไป มีหน่วยเป็น K ในหน่วย SI หรือใช้ °C ก็ได้

และ m เป็นมวลของสสาร มีหน่วยเป็น kg

พบว่า สสารชนิดเดียวกัน ไม่ว่าจะมามีมวลเท่ากันหรือไม่เท่ากัน ความจุความร้อนจำเพาะจะเท่ากัน

**ความจุความร้อนโมลาร์(Molar heat capacity) ของสสาร** หมายถึงปริมาณความร้อนที่ทำให้สสาร 1 mol มีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นหรือลดลง 1K โดยสสารไม่มีการเปลี่ยนสถานะ ซึ่งเขียนความสัมพันธ์ได้ในรูป

$$c = \frac{\Delta Q}{n \Delta T}$$

$$\text{หรือ } \Delta Q = nc\Delta T \quad (19)$$

เมื่อ  $c$  เป็นความจุความร้อนโมลาร์ของสสาร มีหน่วยเป็น  $J/mol K$  ในหน่วย SI หรือใช้  $cal/mol ^\circ C$  ก็ได้

$\Delta Q$  เป็นปริมาณความร้อนที่สสารได้รับ มีหน่วยเป็น  $J$  ในหน่วย SI หรือใช้  $cal$  ก็ได้

$\Delta T$  เป็นอุณหภูมิของสสารที่เปลี่ยนไป มีหน่วยเป็น  $K$  ในหน่วย SI หรือใช้  $^\circ C$  ก็ได้

และ  $n$  เป็นจำนวน โมลของสสาร มีหน่วยเป็น  $mol$

## การเปลี่ยนสถานะกับความร้อนแฝง

สสารส่วนใหญ่เมื่อได้รับความร้อน จะมีอุณหภูมิสูงขึ้น และมีการขยายตัว และถ้าสสารได้รับปริมาณความร้อนมากเพียงพอ สสารนั้นจะมีการเปลี่ยนสถานะ(Phase transition) ตัวอย่างเช่น ของแข็งเปลี่ยนเป็นของเหลว ของเหลวเปลี่ยนเป็นก๊าซ จากการทดลองพบว่าการเปลี่ยนสถานะของ น้ำแข็งมวล 1 kg อุณหภูมิ  $0^\circ C$  เปลี่ยนเป็นน้ำ อุณหภูมิ  $0^\circ C$  เราจะต้องให้ปริมาณความร้อนกับน้ำแข็งจำนวนหนึ่ง ซึ่งปริมาณความร้อนที่ทำให้สสารมวล 1 kg (หรือหนึ่งหน่วยมวล) เปลี่ยนสถานะ โดยที่อุณหภูมิกคงที่ เราเรียกว่าความร้อนแฝง (Latent heat)

$$L = \frac{\Delta Q}{m} \quad (20)$$

$$\text{หรือ } \Delta Q = mL$$

เมื่อ  $L$  เป็นความร้อนแฝง มีหน่วยเป็น  $J/kg$

$\Delta Q$  เป็นปริมาณความร้อนที่สสารได้รับ มีหน่วยเป็น  $J$

และ  $m$  เป็นมวลของสสาร มีหน่วยเป็น  $kg$

ความร้อนแฝง มี 2 ชนิด คือ

1. ความร้อนแฝงของการหลอมเหลว(Latent heat of fusion ;  $L_f$ ) เป็นปริมาณความร้อนที่ทำให้สสารมวล 1 kg (หรือหนึ่งหน่วยมวล) เปลี่ยนสถานะจากของแข็งเป็นของเหลว โดยที่อุณหภูมิคงที่
2. ความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอ (Latent heat of vaporization ;  $L_v$ ) เป็นปริมาณความร้อนที่ทำให้สสารมวล 1 kg(หรือหนึ่งหน่วยมวล) เปลี่ยนสถานะจากของเหลวเป็นไอ โดยที่อุณหภูมิคงที่

บางครั้งสสารสามารถเปลี่ยนจากของแข็งเป็นไอ ได้โดยตรงโดยไม่ผ่านการเป็นของเหลวก่อน เราเรียกการเปลี่ยนในลักษณะนี้ว่า การระเหิด