

## การทดลองที่ 9

### เรื่องความร้อนแฝงของการหลอมเหลวของน้ำแข็ง

#### จุดประสงค์การเรียนรู้

1. อธิบายเกี่ยวกับสภาพของการหลอมเหลวของน้ำแข็งได้
2. หาความร้อนแฝงของการหลอมเหลวของน้ำแข็งได้

#### เครื่องมือในการทดลอง

1. แคลอรีมิเตอร์และเครื่องคน
2. น้ำและน้ำแข็ง
3. เครื่องชั่ง
4. เต้าไฟฟ้า
5. ภาชนะสำหรับต้มน้ำ
6. เทอร์มอมิเตอร์
7. กระดาษชัต

#### ทฤษฎี

ในการเปลี่ยนแปลงสถานะของสารจากของแข็งไปเป็นของเหลวและจากของเหลวไปเป็นก๊าซ เรียกว่าการหลอมเหลวและการระเหยกลายเป็นไอน้ำ ตรงช่วงต่อระหว่างสถานะของสารสองสถานะ เช่น จากของแข็งกำลังจะกลายเป็นของเหลว หรือจากของเหลวกำลังจะกลายเป็นก๊าซจะเป็นช่วงที่สารใช้พลังงานความร้อนจำนวนหนึ่งในการเปลี่ยนสถานะ โดยที่อุณหภูมิไม่มีการเปลี่ยนแปลงจนกว่าสารนั้นจะเปลี่ยนสถานะหมดทั้งก้อน แล้วอุณหภูมิจึงเริ่มเพิ่มขึ้น พลังงานความร้อนที่ใช้ในการให้สารหนึ่งหน่วยมวลเปลี่ยนสถานะจนหมดโดยอุณหภูมิไม่เปลี่ยนแปลง เรียกว่า ความร้อนแฝงของการเปลี่ยนสถานะ (heat of transformation) ถ้าเป็นการหลอมเหลวเรียกว่า ความร้อนแฝงของการหลอมเหลว (heat of fusion) ถ้าเป็นการระเหยเป็นไอ เรียกว่า ความร้อนแฝงของการเป็นไอ (heat of vaporization)

ในกรณีของการหลอมเหลวของน้ำแข็ง คล้ายกับการหลอมเหลวของสารทั่ว ๆ ไป น้ำแข็งต้องใช้พลังงานความร้อนจำนวนหนึ่งในการทำให้โมเลกุลในผลึกในน้ำแข็งเปลี่ยนสภาพของการยึดเกาะ เพื่อให้กลายเป็นน้ำโดยที่อุณหภูมิไม่เปลี่ยนแปลง

ในทางทฤษฎีค่าความร้อนแฝงของการหลอมเหลวของน้ำแข็ง (heat of fusion of ice) ประมาณ 80 แคลอรีต่อกรัม หรือ 144 บีทียูต่อปอนด์ หมายความว่า น้ำแข็ง 1 กรัม ที่อุณหภูมิต่ำกว่า 0°C จะกลายเป็นน้ำ 1 กรัมที่ 0°C ได้ต้องใช้ความร้อนประมาณ 80 แคลอรี หรือน้ำแข็ง 1 ปอนด์ที่อุณหภูมิต่ำกว่า 32°F จะกลายเป็นน้ำ 1 ปอนด์ที่ 32°F ได้ต้องใช้ความร้อนประมาณ 144 บีทียู เป็นต้น

จากที่กล่าวมา ถ้าสมมติให้  $L$  เป็นค่าความร้อนแฝงของมวล  $m$  ดังนั้น ความร้อนที่ใช้ในการเปลี่ยนสถานะโดยที่อุณหภูมิไม่เปลี่ยน =  $mL$  เมื่อ  $L$  คือ ค่าความร้อนแฝงของการเปลี่ยนสถานะแบบใดก็ได้ ซึ่งมีค่าแตกต่างกันไปแล้วแต่การเปลี่ยนสถานะนั้น ๆ

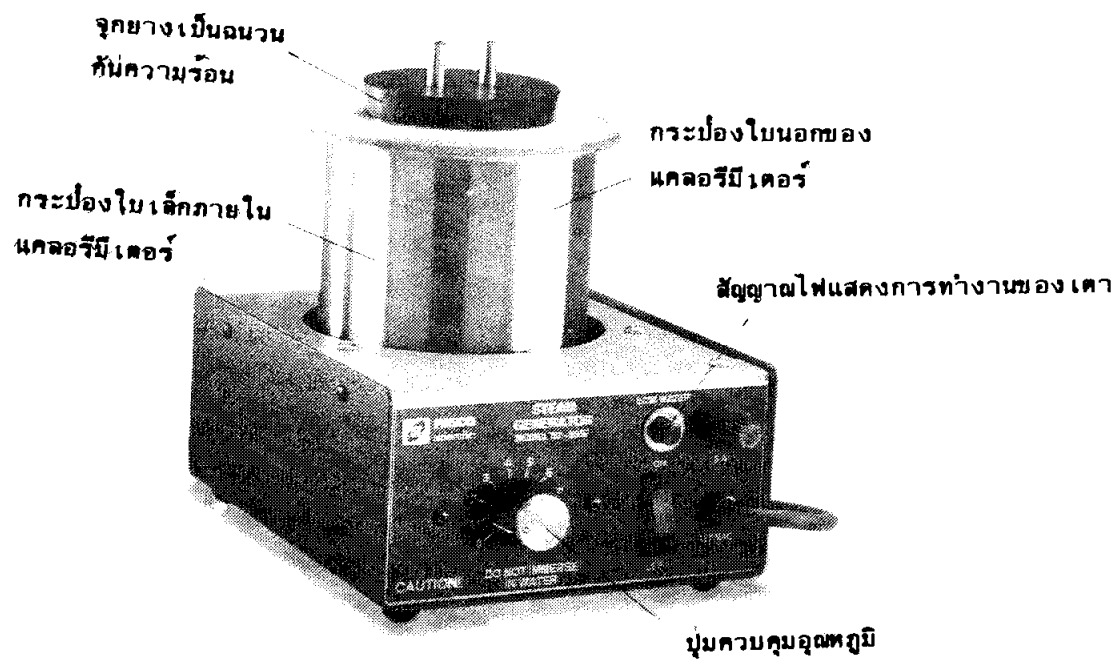
ในกรณีของน้ำแข็งที่ 0°C หลอมละลายกลายเป็นน้ำที่  $t^{\circ}\text{C}$  ความร้อนทั้งหมดที่น้ำแข็งรับเข้าไปจะแยกได้เป็น 2 ส่วน ส่วนแรกเป็นความร้อนที่ใช้ในการเปลี่ยนน้ำแข็งที่ 0°C ให้เป็นน้ำที่ 0°C หมดโดยอุณหภูมิไม่เปลี่ยน ซึ่งก็คือความร้อนที่ใช้ในการเปลี่ยนสถานะโดยที่อุณหภูมิไม่เปลี่ยนแปลง ส่วนที่สองเป็นความร้อนที่ใช้ในการทำให้น้ำทั้งหมด 0°C กลายเป็นน้ำที่  $t^{\circ}\text{C}$  ซึ่งจะคิดจากสมการ  $Q = mCt$  ดังนั้นปริมาณความร้อนทั้งหมดที่ทำให้ น้ำ  $m$  กรัมที่ 0°C กลายเป็นน้ำ  $m$  กรัมที่  $t^{\circ}\text{C}$  คือ  $mL + mC(t - 0)$  และเพราะว่าค่า  $C$  ของน้ำ = 1 แคลอรีต่อกรัม-องศา ดังนั้น ปริมาณความร้อนจึงเท่ากับ  $mL + mt$

สำหรับการทดลองในเรื่องนี้จะหาความร้อนแฝงของการหลอมเหลวของน้ำแข็ง ( $L$ ) โดยวิธีผสมกับน้ำอุ่นในแคลอรีมิเตอร์ ซึ่งมีหลักว่า

$$\text{ความร้อนลด} = \text{ความร้อนเพิ่ม} \quad \dots\dots(9.1)$$

ความร้อนลดได้จากความร้อนที่น้ำอุ่นกับกระป๋องในแคลอรีมิเตอร์และเครื่องคนสูญเสียไปให้น้ำแข็งในการหลอมเหลว ส่วนความร้อนเพิ่มได้จากความร้อนที่น้ำแข็งได้รับจากน้ำอุ่นกับแคลอรีมิเตอร์และเครื่องคนเพื่อใช้ในการหลอมละลาย

- ให้  $m$  = มวลของน้ำแข็งที่ 0°C
- $m_1$  = มวลของ (กระป๋องในแคลอรีมิเตอร์+เครื่องคน)
- $m_2$  = มวลของน้ำอุ่น
- $L$  = ความร้อนแฝงของน้ำแข็ง



รูป 9.1 แคลอรีมิเตอร์และเตาไฟฟ้า

- $C$  = ความร้อนจำเพาะของน้ำ  
 = 1 แคลอรีต่อกรัม-องศาเซลเซียส สำหรับอุณหภูมิปกติ  
 $C_1$  = ความร้อนจำเพาะของสารที่ใช้ทำแคลอรีมิเตอร์และเครื่องคน  
 $t$  = อุณหภูมิผสมสุดท้าย  
 $t_1$  = อุณหภูมิของ (น้ำอุ่น+แคลอรีมิเตอร์+เครื่องคน)

∴ จากสมการ (15.1) แทนค่าจะได้

$$m_2C(t_1 - t) + m_1C_1(t_1 - t) = mL + mC(t - 0) \quad \dots\dots(9.2)$$

$$m_2(t_1 - t) + m_1C_1(t_1 - t) = mL + mt \quad \dots\dots(9.3)$$

$$\therefore L = \frac{m_2(t_1 - t) + m_1C_1(t_1 - t) - mt}{m} \quad \dots\dots(9.4)$$

### วิธีทำ

1. ต้มน้ำให้มีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิห้องประมาณ 20°C
2. ชั่งมวลของกระป๋องในแคลอรีมิเตอร์และเครื่องคนเป็น  $m_1$
3. ใส่ น้ำอุ่น จากข้อ 1 ลงไปในกระป๋องในแคลอรีมิเตอร์ประมาณครึ่งหนึ่งของปริมาตรของกระป๋อง แล้วนำไปชั่งจะเป็นมวลของ  $m_1 + m_2$
4. ใช้เครื่องคนกวนน้ำในแคลอรีมิเตอร์ (ข้อ 3) นั้นให้เย็นลงจนอุณหภูมิลดลงได้มากกว่าอุณหภูมิห้อง 10°C บันทึกอุณหภูมินี้เป็นอุณหภูมิ  $t^\circ\text{C}$  แล้วจึงค่อย ๆ ใส่น้ำแข็งทีละน้อยลงไป ในแคลอรีมิเตอร์เพื่อทำให้อุณหภูมิผสมสุดท้ายไม่ต่ำจนเกินไป อุณหภูมิสุดท้ายที่เหมาะสมควรจะต่ำกว่าอุณหภูมิห้องประมาณ 10°C ขณะที่ใส่ก้อนน้ำแข็งลงไป ในแคลอรีมิเตอร์ให้ใช้เครื่องคนกวนน้ำไปด้วยความระมัดระวัง และต้องไม่ลืมปิดฝาแคลอรีมิเตอร์ด้วย  
 สำหรับอุณหภูมิต่ำสุดท้าย คือ อุณหภูมิต่ำสุดเมื่อน้ำแข็งละลายหมดแล้ว บันทึกอุณหภูมิเป็น  $t^\circ\text{C}$  ระวังอย่าให้เทอร์มอมิเตอร์ชนก้อนน้ำแข็ง
5. ชั่งมวลของกระป๋องในแคลอรีมิเตอร์และเครื่องคนพร้อมทั้งน้ำในกระป๋องทั้งหมดเป็น  $m_1 + m_2 + m$
6. คำนวณหาค่าความร้อนแฝงของการหลอมเหลวของน้ำแข็ง ( $L$ ) จากสมการ (9.4)
7. ค่า  $L$  ที่ได้จากการทดลองแตกต่างจากค่า  $L$  จากทฤษฎีอย่างไร

## สรุปประเด็นสำคัญ

ในขณะที่น้ำแข็งกำลังเปลี่ยนจากสถานะของแข็งเป็นของเหลวโดยที่อุณหภูมิคงที่ จำเป็นต้องอาศัยพลังงานความร้อนปริมาณหนึ่ง เรียกว่า ความร้อนแฝงของการหลอมเหลวของน้ำแข็ง



**กิจกรรม**

1. จัดเตรียมอุปกรณ์ทดลองตามวิธีทำทุกขั้นตอนอย่างรอบคอบ
2. บันทึกผลการทดลองลงในตารางให้ถูกต้องและชัดเจน พร้อมทั้งสรุปผลการทดลอง

## แบบทดสอบการทดลองที่ 9

- เหตุใดในขณะที่น้ำแข็งกำลังหลอมเหลวกลายเป็นน้ำ จึงต้องใช้ความร้อนในการเปลี่ยนสถานะ (L)
  - เพื่อลดแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุล
  - เพื่อเพิ่มการยึดเกาะระหว่างโมเลกุล
  - เพื่อทำให้น้ำแข็งขยายตัว
  - ไม่มีข้อถูก
- ระหว่างที่น้ำแข็งกำลังหลอมเหลวนั้น ปริมาณใดในทางฟิสิกส์ที่ไม่เปลี่ยนแปลง
  - ปริมาตร
  - อุณหภูมิ
  - ข้อ 1 และ 2 ถูก
  - ไม่มีข้อถูกต้อง
- ในกรณีที่น้ำแข็ง  $0^{\circ}\text{C}$  มวล  $m$  หลอมละลายกลายเป็นน้ำที่อุณหภูมิ  $t^{\circ}\text{C}$  (สูงกว่า  $0^{\circ}\text{C}$ ) จะต้องใช้ความร้อนในการเปลี่ยนสถานะอย่างไร เมื่อ  $C_1$  และ  $C_2$  คือความร้อนจำเพาะของน้ำแข็งและน้ำตามลำดับ
  - $m(C_1L + C_2t)$
  - $m(L + C_2t)$
  - $m(L + t)$
  - $m(L + C_2)t$
- โดยวิธีผสมน้ำแข็งกับน้ำอุ่นในแคลอรีมิเตอร์ จะต้องให้อุณหภูมิสุดท้าย  $t^{\circ}\text{C}$  คืออุณหภูมิในกรณีใด
  - น้ำแข็งละลายหมด
  - อุณหภูมิต่ำสุด
  - อุณหภูมิห้อง
  - ข้อ 1 และ 2 ถูก
- การหาความร้อนแฝงของการหลอมเหลวของน้ำแข็ง อาศัยหลักการใดเมื่อใช้กรรมวิธีดังกล่าวในข้อ 4
  - ความร้อนลดเท่ากับความร้อนเพิ่ม
  - หลักการคงตัวของพลังงาน
  - มวลสารเริ่มต้นเท่ากับมวลสารสุดท้าย
  - ข้อ 1 และ 2 ถูก
- ภายในแคลอรีมิเตอร์ประกอบด้วยอุปกรณ์อะไรในการทดลองนี้
  - เทอร์โมมิเตอร์
  - เครื่องคน
  - เครื่องทำน้ำร้อน
  - ข้อ 1 และ 2 ถูก
- การกวนน้ำในแคลอรีมิเตอร์ขณะที่มีแต่น้ำอุ่น เพื่อให้ได้ผลอย่างไร
  - ทำให้น้ำเย็นลง
  - ทำให้น้ำร้อนขึ้น
  - ทำให้อุณหภูมิสม่ำเสมอทั่วกัน
  - ทำให้ความดันลดลง

8. อุณหภูมิของน้ำอุ่นและอุณหภูมิผสมสุดท้ายควรสูงและต่ำกว่าอุณหภูมิห้องเท่าใด  
 1.  $\pm 5^{\circ}\text{C}$                       2.  $\pm 10^{\circ}\text{C}$                       3.  $\pm 15^{\circ}\text{C}$                       4.  $\pm 20^{\circ}\text{C}$
9. การผสมน้ำแข็งกับน้ำอุ่นในแคลอรีมิเตอร์จะต้องใส่น้ำแข็งที่ละน้อย เพราะเหตุใดเป็นสำคัญ  
 1. ป้องกันน้ำกระฉอก                      2. ไม่ให้ชนเครื่องคน  
 3. ควบคุมอุณหภูมิผสม                      4. ถูกทุกข้อ
10. นอกจากจะต้องใช้เครื่องคนอย่างระมัดระวัง ขณะที่ผสมน้ำแข็งกับน้ำอุ่นแล้ว จะต้องปิดฝาแคลอรีมิเตอร์ด้วยเพราะเหตุใดเป็นสำคัญ  
 1. ป้องกันน้ำกระฉอก                      2. เพิ่มความดันภายใน  
 3. ป้องกันความร้อนเข้า-ออก                      4. ถูกทุกข้อ

*แนวตอบ*

- |      |      |      |      |       |
|------|------|------|------|-------|
| 1. 1 | 2. 2 | 3. 2 | 4. 4 | 5. 4  |
| 6. 4 | 7. 1 | 8. 2 | 9. 3 | 10. 3 |

## บันทึกผลการทดลอง

เรื่อง ความร้อนแฝงของการหลอมเหลวของน้ำแข็ง

ผู้รายงาน ชื่อ..... เลขรหัส.....

ผู้ร่วมงาน 1. ชื่อ..... เลขรหัส.....

2. ....

3. ....

4. ....

ทำการทดลองวันที่.....เดือน.....พ.ศ.....Section.....กลุ่ม.....

	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	หน่วย
อุณหภูมิห้อง	.....	.....	.....
มวลของ (แคลอรีมิเตอร์+เครื่องคน) : $m_1$	.....	.....	.....
มวลของ (แคลอรีมิเตอร์+เครื่องคน+น้ำอุ่น) : $m_1 + m_2$	.....	.....	.....
มวลของ (แคลอรีมิเตอร์+เครื่องคน+น้ำอุ่น+น้ำแข็งหลอม)			
: $m_1 + m_2 + m$	.....	.....	.....
มวลของน้ำแข็งหลอมละลาย : $m$	.....	.....	.....
มวลของน้ำอุ่น : $m_2$	.....	.....	.....
อุณหภูมิของน้ำอุ่น : $t_1$	.....	.....	.....
อุณหภูมิผสม : $t$	.....	.....	.....
แคลอรีมิเตอร์ทำด้วยโลหะ	.....	.....	.....
ความร้อนจำเพาะของแคลอรีมิเตอร์	.....	.....	.....
$\therefore L$	=		.....
L จากทฤษฎี	=		.....
ความคลื่อนคลาดคิดเป็นร้อยละ	=		.....



การคำนวณ

สรุปผลการทดลอง