

## การทดลองที่ 10

### เรื่อง ความร้อนแฝงของการหลอมเหลวของน้ำแข็ง

#### จุดประสงค์การเรียนรู้

1. อธิบายเกี่ยวกับสภาพของการหลอมเหลวของน้ำแข็งได้
2. หาความร้อนแฝงของการหลอมเหลว

#### เครื่องใช้ในการทดลอง

1. แคลอรีมิเตอร์และเครื่องคน
2. น้ำและน้ำแข็ง
3. เครื่องชั่ง
4. เต้าไฟฟ้า
5. ภาชนะสำหรับดัดน้ำ
6. เทอร์โมมิเตอร์
7. กระดาษชาน

#### ทฤษฎี

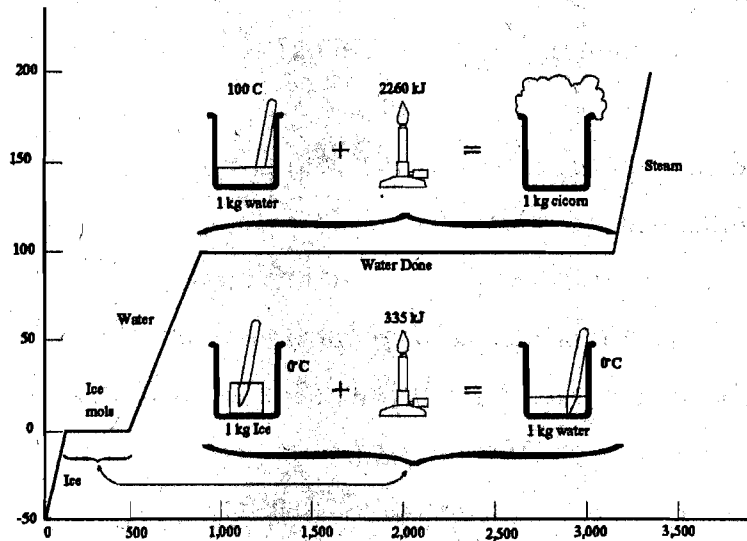
ในการเปลี่ยนแปลงสถานะของสารจากของแข็งไปเป็นของเหลวและจากของเหลวไปเป็นก๊าซ เรียกว่าการหลอมเหลวและการระเหยกลายเป็นไอ น้ำ ตรงช่วงต่อระหว่างสถานะของสารสองสถานะ เช่น จากของแข็งและกำลังจะกลายเป็นของเหลว หรือจากของเหลวกำลังจะกลายเป็นก๊าซจะเป็นช่วงที่สารใช้พลังงานความร้อนจำนวนหนึ่งในการเปลี่ยนแปลงสถานะ โดยที่อุณหภูมิไม่มีการเปลี่ยนแปลงจนกว่าสารนั้นจะเปลี่ยนสถานะหมดทั้งก้อน แล้วอุณหภูมิจึงเริ่มเพิ่มขึ้น พลังงานความร้อนที่ใช้ในการให้สารหนึ่งหน่วยมวลเปลี่ยนสถานะจนหมดโดยอุณหภูมิไม่เปลี่ยนแปลง เรียกว่า ความร้อนแฝงของการเปลี่ยนสถานะ (heat of transformation) ถ้าเป็นการหลอมเหลวเรียกว่า ความร้อนแฝงของการหลอมเหลว (heat of fusion) ถ้าเป็นการระเหยเป็นไอ เรียกว่า ความร้อนแฝงของการเป็นไอ (heat of vaporization)

ในกรณีของการหลอมเหลวของน้ำแข็ง คล้ายกับการหลอมเหลวของสารต่างๆ ไปน้ำแข็ง ต้องใช้พลังงานความร้อนจำนวนหนึ่งในการทำให้โมเลกุลในผลึกในน้ำแข็งเปลี่ยนสภาพของการยึดเกาะ เพื่อให้กลายเป็นน้ำโดยที่อุณหภูมิไม่เปลี่ยนแปลง

ในทางทฤษฎีค่าความร้อนแฝงของการหลอมเหลวของน้ำแข็ง (heat of fusion of ice ใช้อักษรย่อ  $L_f$ ) ประมาณ 80 แคลอรีต่อกรัม หรือ 144 บีทียูต่อปอนด์ หรือ 80 kcal/kg หรือ 335 kJ/kg หมายความว่า น้ำแข็ง 1 กรัม ที่อุณหภูมิ  $0^\circ\text{C}$  จะกลายเป็นน้ำหนึ่งกรัมที่  $0^\circ\text{C}$  ได้ต้องใช้ความร้อนประมาณ 80 แคลอรี หรือ น้ำแข็ง 1 ปอนด์ ที่อุณหภูมิ  $32^\circ\text{F}$  จะกลายเป็นน้ำ 1 ปอนด์ที่  $32^\circ\text{F}$  ได้ต้องใช้ความร้อนประมาณ 144 บีทียู หรือ น้ำแข็ง 1 กิโลกรัม ที่อุณหภูมิ  $0^\circ\text{C}$  จะกลายเป็นน้ำ 1 กิโลกรัมที่  $0^\circ\text{C}$  ต้องใช้ความร้อนประมาณ 335 กิโลจูล เป็นต้น

จากที่กล่าวมา ถ้าสมมติให้  $L_f$  เป็นค่าความร้อนแฝงของมวล  $m$  ดังนั้น ความร้อนที่ใช้เปลี่ยนสถานะโดยที่อุณหภูมิไม่เปลี่ยนแปลง =  $mL_f$  เมื่อ  $L_f$  คือ ค่าความร้อนแฝงของการเปลี่ยนสถานะแบบใดก็ได้ ซึ่งมีค่าแตกต่างกันออกไปแล้วแต่การเปลี่ยนสถานะนั้นๆ

ในกรณีของน้ำแข็งที่  $0^\circ\text{C}$  จะหลอมเหลวกลายเป็นน้ำที่  $t^\circ\text{C}$  ความร้อนทั้งหมดที่น้ำแข็งรับเข้าไปจะแยกได้เป็น 2 ส่วน ส่วนแรกเป็นความร้อนที่ใช้ในการเปลี่ยนน้ำแข็งที่  $0^\circ\text{C}$  ให้เป็นน้ำที่  $0^\circ\text{C}$  หมดโดยอุณหภูมิไม่เปลี่ยน ซึ่งคือความร้อนที่ใช้ในการเปลี่ยนสถานะโดยที่อุณหภูมิไม่เปลี่ยนแปลง ส่วนที่สองเป็นความร้อนที่ใช้ในการทำให้น้ำทั้งหมด  $0^\circ\text{C}$  กลายเป็นน้ำที่  $t^\circ\text{C}$  ซึ่งจะคิดจากสมการ  $Q = mC_{\text{น้ำ}}t$  ดังนั้นปริมาณความร้อนทั้งหมด  $m$  กรัมที่  $0^\circ\text{C}$  กลายเป็นน้ำ  $m$  กรัมที่  $t^\circ\text{C}$  คือ  $mL_f + mC_{\text{น้ำ}}(t-0)$  หรือ  $mL_f + mC_{\text{น้ำ}}t$  เมื่อ  $C_{\text{น้ำ}} = 4.19 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C}$  หรือเท่ากับ  $1 \text{ cal/g}^\circ\text{C}$



รูปที่ 10.1

จากรูป 10.1 เป็นการแสดงให้เห็นถึงการเพิ่มความร้อนให้แก่ก้อนน้ำแข็งที่มีมวล 1 กิโลกรัม ซึ่งเดิมมีอุณหภูมิ  $-50^{\circ}\text{C}$  และเนื่องจากความร้อนจำเพาะของน้ำแข็งมีค่าเท่ากับ  $2.09 \text{ kJ/kg}^{\circ}\text{C}$  ดังนั้นจะต้องใช้ความร้อน  $105 \text{ kJ}$  (คำนวณจากสูตร  $Q = mC_p\Delta t$ ) เพื่อที่จะทำให้อ่อนน้ำแข็งไปอยู่ที่อุณหภูมิ  $0^{\circ}\text{C}$

ที่  $0^{\circ}\text{C}$  ก้อนน้ำแข็งเริ่มต้นที่จะละลาย และก้อนน้ำแข็ง 1 กิโลกรัม ที่  $0^{\circ}\text{C}$  นี้ จะต้องใช้ความร้อน  $335 \text{ kJ}$  (คำนวณจากสูตร  $Q = mL_{\text{fusion}}$ ) จึงจะทำให้สามารถเปลี่ยนสถานะจากก้อนน้ำแข็งที่  $0^{\circ}\text{C}$  กลายเป็นน้ำซึ่งเป็นของเหลวที่  $0^{\circ}\text{C}$  ได้ จะเห็นได้ว่าช่วงนี้ อุณหภูมิยังคงเหมือนเดิม

เมื่อก้อนน้ำแข็งทั้งหมดได้เปลี่ยนสถานะกลายเป็นน้ำแล้ว ถ้ายังคงเพิ่มความร้อนเข้าไปอีก อุณหภูมิก็จะเริ่มเพิ่มขึ้นอีกครั้งหนึ่ง และเนื่องจากความร้อนจำเพาะของน้ำเท่ากับ  $4.19 \text{ kJ/kg}^{\circ}\text{C}$  ดังนั้นอัตราการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิต่อความร้อนจะเท่ากับ  $0.24^{\circ}\text{C}$  ต่อกิโลจูล ซึ่งอัตราการเปลี่ยนแปลงนี้จะน้อยกว่าช่วงที่เป็นก้อนน้ำแข็ง และเพราะว่าความร้อนจำเพาะของน้ำมีค่ามากกว่าความร้อนจำเพาะของน้ำแข็ง ความชันของเส้นกราฟในช่วงนี้จะน้อยกว่าความชันของเส้นกราฟตอนช่วงที่เป็นก้อนน้ำแข็ง

ที่อุณหภูมิ 100 °C น้ำจะเริ่มเปลี่ยนสถานะกลายเป็นไอ ค่าของอุณหภูมิยังคงเหมือนเดิม จนกว่าจะเพิ่มความร้อนจำนวน 2260 kJ เข้าไปในน้ำจึงจะทำให้ น้ำกลายเป็นไอไปทั้งหมด

สำหรับการทดลองในเรื่องนี้จะหาความร้อนแฝงของการหลอมเหลวของน้ำแข็ง ( $L_f$ ) โดยวิธีผสมกับน้ำอุ่นในแคลอรีมิเตอร์ ซึ่งมีหลักว่า

$$\text{ความร้อนลด} = \text{ความร้อนเพิ่ม} \quad (10.1)$$

ความร้อนลดได้จากความร้อนที่น้ำอุ่นกับกระป๋องในแคลอรีมิเตอร์และเครื่องคนสูญเสียไปให้น้ำแข็งในการหลอมเหลว ส่วนความร้อนเพิ่มได้จากความร้อนที่น้ำแข็งได้รับจากน้ำอุ่นกับแคลอรีมิเตอร์และเครื่องคนเพื่อใช้ในการหลอมละลาย

ให้	$m$	=	มวลของน้ำแข็งที่ 0 °C
	$m_1$	=	มวลของ (กระป๋อง+เครื่องคน)
	$m_2$	=	มวลของน้ำอุ่น
	$L_f$	=	ความร้อนแฝงของน้ำแข็ง
	$C_{น้ำ}$	=	ความร้อนจำเพาะของน้ำ
		=	1 แคลอรีต่อกรัม-องศาเซลเซียส สำหรับอุณหภูมิปกติ
	$C_1$	=	ความร้อนจำเพาะของสารที่ใช้ทำแคลอรีมิเตอร์และเครื่องคน
	$t$	=	อุณหภูมิผสมสุดท้าย
	$t_1$	=	อุณหภูมิของ (น้ำอุ่น+แคลอรีมิเตอร์+เครื่องคน)

∴ จากสมการ (15.1) แทนค่าจะได้

$$m_2 C_{น้ำ} (t_1 - t) + m_1 C_1 (t_1 - t) = mL_f + mC(t - 0) \quad (10.2)$$

$$m_2 C_{น้ำ} (t_1 - t) + m_1 C_1 (t_1 - t) = mL_f + mC_{น้ำ} t \quad (10.3)$$

$$L_f = \frac{m_2 C_{น้ำ} (t_1 - t) + m_1 C_1 (t_1 - t) - mC_{น้ำ} t}{m} \quad (10.4)$$

### วิธีทดลอง

1. ต้มน้ำให้อุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิห้องประมาณ 20 °C
2. ชั่งมวลของกระป๋องในแคลอรีมิเตอร์และเครื่องคนเป็น  $m_1$

3. ใส่น้ำอุ่นจากข้อ 1 ลงไปในกระป๋องในแคลอรีมิเตอร์ประมาณครึ่งหนึ่งของปริมาตรของกระป๋อง แล้วนำไปซึ่งจะเป็นมวลของ  $m_1 + m_2$

4. ใช้เครื่องคนน้ำในแคลอรีมิเตอร์ (ข้อ 3) นั้นให้เย็นจนอุณหภูมิอ่านได้มากกว่าอุณหภูมิห้อง  $10^\circ\text{C}$  บันทึกอุณหภูมินี้เป็นอุณหภูมิ  $t_1$   $^\circ\text{C}$  แล้วจึงค่อยๆ ใส่น้ำแข็งที่สะท้อนลงไป ในแคลอรีมิเตอร์เพื่อทำให้อุณหภูมิต่ำลงจนกระทั่งไม่ต่ำจนเกินไป อุณหภูมิสุดท้ายที่เหมาะสมควรจะต่ำกว่าอุณหภูมิห้องประมาณ  $10^\circ\text{C}$  ขณะที่ใส่ก้อนน้ำแข็งลงในแคลอรีมิเตอร์ให้ใช้เครื่องคนกวนน้ำไปด้วยความระมัดระวัง และต้องไม่ลืมปิดฝาแคลอรีมิเตอร์ด้วย

สำหรับอุณหภูมิสุดท้าย คือ อุณหภูมิต่ำสุดเมื่อน้ำแข็งละลายหมดแล้ว บันทึกอุณหภูมิตั้งเป็น  $t$   $^\circ\text{C}$  ระวังอย่าให้เทอร์โมมิเตอร์ชนก้อนน้ำแข็ง

5. ชั่งมวลของกระป๋องในแคลอรีมิเตอร์และเครื่องคนพร้อมทั้งน้ำในกระป๋องทั้งหมดเป็น  $m_1 + m_2 + m$

6. คำนวณหาค่าความร้อนแฝงของหาวรลอมเหลวของน้ำแข็ง ( $L_f$ ) จากสมการ (10.4)

7. ค่า  $L_f$  ที่ได้จากการทดลองแตกต่างจากค่า  $L_f$  จากทฤษฎีอย่างไร

### สรุปประเด็นสำคัญ

ในขณะที่น้ำแข็งกำลังเปลี่ยนจากสถานะของแข็งเป็นของเหลวโดยที่อุณหภูมิตั้งต่ำเป็นต้องอาศัยพลังงานความร้อนปริมาณหนึ่ง เรียกว่า ความร้อนแฝงของการหลอมเหลวของน้ำแข็ง

#### กิจกรรมการเรียนรู้

1. จัดเตรียมอุปกรณ์ทดลองตามวิธีทำทุกขั้นตอนอย่างรอบคอบ
2. บันทึกผลการทดลองลงในตารางให้ถูกต้องและชัดเจนพร้อมทั้งสรุปผลการทดลอง

## แบบทดสอบการทดลองที่ 10

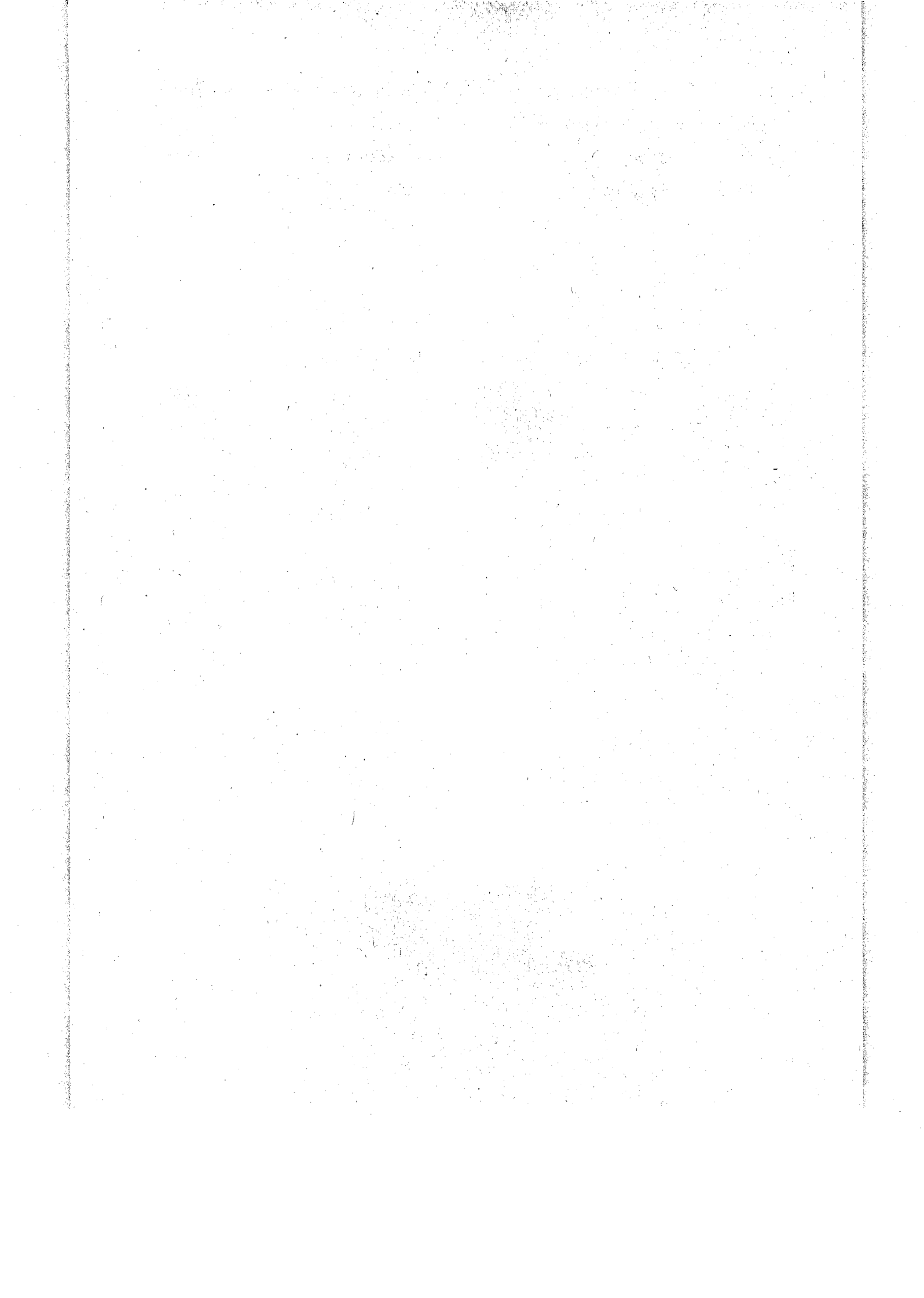
- เหตุใดขณะที่น้ำแข็งกำลังหลอมเหลวกลายเป็นน้ำ จึงต้องใช้ความร้อนในการเปลี่ยนสถานะ ( $L_f$ )
  - เพื่อลดแรงดึงดูดระหว่าง โมเลกุล
  - เพื่อเพิ่มการบิดเกาะระหว่าง โมเลกุล
  - เพื่อให้ น้ำแข็งขยายตัว
  - ไม่มีทุกข้อ
- ระหว่างที่น้ำแข็งกำลังหลอมเหลวนั้น ปริมาณใดทางฟิสิกส์ที่ไม่เปลี่ยนแปลง
  - ปริมาตร
  - 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  $t^\circ\text{C}$  คืออุณหภูมิ
  - น้ำแข็งละลายหมด
  - อุณหภูมิต่ำสุด
  - อุณหภูมิห้อง
  - ข้อ 1 และ 2 ถูก
- การหาความร้อนแฝงของการหลอมเหลวของน้ำแข็ง อาศัยหลักการใดเมื่อใช้กรรมวิธีดังกล่าวในข้อ 4
  - ความร้อนลดเท่ากับความร้อนเพิ่ม
  - หลักการคงตัวของพลังงาน
  - มวลสารเริ่มต้นเท่ากับมวลสารสุดท้าย
  - ข้อ 1 และ 2 ถูก
- ภายในแคลอรีมิเตอร์ประกอบด้วยอุปกรณ์อะไรในการทดลองนี้
  - เทอร์มอมิเตอร์
  - เครื่องคน
  - เครื่องทำน้ำร้อน
  - ข้อ 1 และ 2 ถูก
- การกวนน้ำในแคลอรีมิเตอร์ขณะที่มีแต่น้ำอุ่น เพื่อให้ได้ผลอย่างไร
  - ทำให้น้ำเย็นลง
  - ทำให้น้ำร้อนขึ้น
  - ทำให้อุณหภูมิตัวต่อตัวกัน
  - ทำให้ความดันลดลง
- อุณหภูมิของน้ำอุ่นและอุณหภูมิตสุดท้ายควรสูงและต่ำกว่าอุณหภูมิห้องเท่าใด
  - $\pm 5^\circ\text{C}$
  - $\pm 10^\circ\text{C}$
  - $\pm 15^\circ\text{C}$
  - $\pm 20^\circ\text{C}$
- การผสมน้ำแข็งและน้ำอุ่นในแคลอรีมิเตอร์จะต้องใส่น้ำแข็งทีละน้อย เพราะเหตุใดเป็นสำคัญ
  - ป้องกันน้ำกระโดด
  - ไม่ให้ชนเครื่องคน
  - ควบคุมอุณหภูมิผสม
  - ถูกทุกข้อ

10. นอกจากจะต้องใช้เครื่องคนอย่างระมัดระวัง ขณะที่ผสมน้ำแข็งกับน้ำอุ่นแล้ว จะต้องปิดฝา  
แคลอรีมิเตอร์ด้วยเพราะเหตุใดเป็นสำคัญ

1. ป้องกันน้ำระลอก
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.....

ผู้ร่วมรายงาน 1. ชื่อ..... เลขรหัส.....

2. ชื่อ..... เลขรหัส.....

3. ชื่อ..... เลขรหัส.....

4. ชื่อ..... เลขรหัส.....

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

อาจารย์ผู้ควบคุมปฏิบัติการ \_\_\_\_\_

	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	หน่วย SI (kJ, kg, °C)	หน่วย (cal, g, °C)
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				
$\therefore L_f$ =				
$L_f$ จากทฤษฎี =				
ความคลาดเคลื่อนคิดเป็นร้อยละ =				

**การคำนวณ**

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

.....  
**อาจารย์ผู้ควบคุมปฏิบัติการ**

**สรุปและวิจารณ์**

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....