

การทดลองที่ 4 ความร้อนของปฏิกิริยา (Heat of reaction)

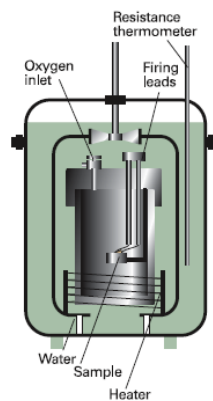
วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาการหาปริมาณความร้อนของปฏิกิริยา โดยใช้แคลอรีมิเตอร์แบบง่าย
2. เพื่อศึกษาการหาค่าคงที่ของแคลอรีมิเตอร์ และค่าความร้อนของการละลายของ CaCl_2

หลักการ

เทอร์โมไดนามิกส์ในเคมี หรืออุณหเคมี (Thermochemistry) เป็นการศึกษาเกี่ยวกับการถ่ายเทความร้อน (Thermal energy) หรือพลังงานที่เปลี่ยนแปลงไปในปฏิกิริยาเคมี ซึ่งความร้อนที่เกิดขึ้นในปฏิกิริยาเคมีสามารถวัดได้จากเครื่องมือ บอมบ์แคลอรีมิเตอร์ (Bomb Calorimeter) ซึ่งเป็นเครื่องมือสำหรับหาค่าปริมาณความร้อนของระบบที่ปริมาตรไม่เปลี่ยนแปลง การวัดปริมาณความร้อนสามารถแทนด้วย ΔH หมายถึงการเปลี่ยนแปลงเอนทาลปี (Enthalpy; ΔH) ของปฏิกิริยาหรือความร้อนของปฏิกิริยา (Heat of reaction) ค่า ΔH จะขึ้นอยู่กับสถานะเริ่มแรกและสถานะสุดท้ายของระบบ เมื่อระบบ (System) คือส่วนที่ทำการศึกษา อย่างเช่นภายในเครื่องมือแคลอรีมิเตอร์ ส่วนอื่นๆ นอกเหนือจากนี้เรียกว่า สิ่งแวดล้อม (Surrounding) [1-2] ความร้อนทั้งหมดที่เกิดจากปฏิกิริยาเคมีสามารถแบ่งประเภทตามความร้อน ได้แก่ [3]

- 1) ปฏิกิริยาดูดความร้อน (Endothermic reaction) หมายถึงปฏิกิริยาที่มีการดูดกลืนความร้อนจากสิ่งแวดล้อมเข้าไป ทำให้ระบบมีพลังงานสูงขึ้น จะส่งผลให้ค่า ΔH มีค่าเป็นบวก (+) ที่ 25°C เช่น เกลือ NaCl เมื่อละลายน้ำสารละลายจะมีความเย็นเกิดขึ้น แสดงว่าเป็นปฏิกิริยาดูดความร้อน
- 2) ปฏิกิริยาคายความร้อน (Exothermic reaction) หมายถึงปฏิกิริยาที่มีการถ่ายเทความร้อนให้กับสิ่งแวดล้อม ทำให้ระบบมีพลังงานลดลง ส่งผลให้ค่า ΔH มีค่าเป็นลบ (-) ที่ 25°C เช่น เกลือ CaCl_2 เมื่อละลายน้ำสารละลายจะมรรความร้อนเกิดขึ้น แสดงว่าเป็นปฏิกิริยาคายความร้อน



รูปที่ 4.1 บอมบ์แคลอรีมิเตอร์ (Bomb Calorimeter) [4]

การทดลองนี้จะศึกษาการวัดการถ่ายเทความร้อนที่เกิดจากปฏิกิริยา โดยใช้แคลอรีมิเตอร์แบบง่าย (Calorimetry) แล้ววัดอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงไป เพื่อนำไปคำนวณหาการเปลี่ยนแปลงปริมาณความร้อน (ΔH) ได้ตามสมการที่ 4.1

$$\Delta H = ms\Delta T \quad (4.1)$$

- เมื่อ m คือ มวลของระบบ
 s คือ ค่าความร้อนจำเพาะ (Specific heat) ของสาร
 ΔT คือ อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงไปของสารละลาย

แคลอริมิเตอร์ (Calorimeter) เป็นเครื่องมือที่ไม่มีการถ่ายเทความร้อนกับสิ่งแวดล้อม แต่ในความเป็นจริงแคลอริมิเตอร์ที่ใช้ในการทดลอง อาจมีการดูดกลืนความร้อนบางส่วนไว้ [5] ดังนั้นจึงต้องมีการคำนวณหาค่าความร้อนที่แคลอริมิเตอร์ดูดเก็บไว้ (Q_c) จากค่าคงที่แคลอริมิเตอร์ (C_c) กับอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงไป (ΔT) ดังสมการที่ 4.2

$$Q_c = C_c \Delta T \quad (4.2)$$



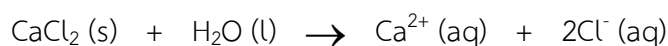
รูปที่ 4.2 แคลอริมิเตอร์แบบง่าย (Calorimeter) [6]

ค่าคงที่แคลอริมิเตอร์ (C_c) คือปริมาณความร้อนที่ทำให้อุณหภูมิของแคลอริมิเตอร์สูงขึ้น 1°C ซึ่งสามารถทำได้โดยนำน้ำร้อนผสมกับน้ำเย็นในแคลอริมิเตอร์ น้ำร้อนจะถ่ายเทความร้อนให้น้ำเย็นและแคลอริมิเตอร์ ถ้าน้ำร้อนมีอุณหภูมิลดลงเท่ากับ ΔT_1 น้ำเย็นและแคลอริมิเตอร์มีอุณหภูมิสูงขึ้นเท่ากับ ΔT_2 สามารถคำนวณความร้อนที่สูญหายไปได้ดังนี้ [7]

- น้ำร้อนมีปริมาณความร้อนลดลง $= m_1 s_1 \Delta T_1 = a$
- น้ำเย็นมีปริมาณความร้อนเพิ่มขึ้น $= m_2 s_2 \Delta T_2 = b$
- ปริมาณความร้อนที่สูญหายไป $= a - b$

ดังนั้น ค่าคงที่แคลอริมิเตอร์ (C_c) $= \frac{(a-b)}{\Delta T_2} \text{ J} / ^\circ\text{C}$

ดังนั้น การทดลองนี้ต้องการหาคงที่แคลอริมิเตอร์ และความร้อนของสารละลาย CaCl_2 โดยนำเกลือ CaCl_2 มาละลายน้ำจะเกิดการแตกตัวเป็นไฮเดรตไอออน (Hydrate ion) ดังปฏิกิริยา



เรียกความร้อนที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาว่า ความร้อนของสารละลาย (Heat of solution) ความร้อนที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยา (Q_r) เมื่ออุณหภูมิของสารละลายเปลี่ยนแปลงไปสามารถหาได้จากสูตร $\Delta H = ms\Delta T$

ฉะนั้น ความร้อนของปฏิกิริยาทั้งหมด จึงเท่ากับ ผลรวมของความร้อนจากปฏิกิริยา และความร้อนที่ แคลอรีมิเตอร์ดูดไว้ ดังสมการที่ 4.3

$$Q = Q_r + Q_c \quad (4.3)$$

อุปกรณ์

1. แคลอรีมิเตอร์
2. ปีกเกอร์ ขนาด 50 mL
3. เทอร์โมมิเตอร์
4. นาฬิกาจับเวลา
5. ปิเปต ขนาด 25 mL พร้อม Pipette controller
6. เครื่องกวนสารละลายพร้อมให้ความร้อน (Hotplate stirrer)

สารเคมี

1. แคลเซียมคลอไรด์ (Calcium chloride; CaCl_2)



วิธีการทดลอง

ตอนที่ 1 การหาค่าคงที่แคลอรีมิเตอร์

1. ปิเปิดน้ำเย็นที่มีอุณหภูมิเท่ากับอุณหภูมิห้อง 25 mL ใส่ลงในแคลอรีมิเตอร์ ปิดฝาซึ่งมีเทอร์โมมิเตอร์เสียบอยู่ อ่านอุณหภูมิของน้ำเย็นทุกๆ 30 วินาที จนกระทั่ง อุณหภูมิคงที่
2. ปิเปิดน้ำกลั่น อีก 25 mL ใส่ลงในบีกเกอร์ขนาด 50 mL ให้ความร้อนบน Hotplate จนมีอุณหภูมิอยู่ในช่วง 45-50 °C ยกบีกเกอร์ลงวางบนโต๊ะ แล้วอ่านอุณหภูมิของน้ำร้อนทุกๆ 30 วินาที บันทึกผลจนครบ 3 นาที
3. เมื่อครบ 3 นาที ให้นำน้ำร้อนผสมกับน้ำเย็นที่อยู่ในแคลอรีมิเตอร์ทันที ปิดฝารวดเร็ว แล้วเขย่าให้น้ำในแคลอรีมิเตอร์ผสมเข้ากัน อ่านอุณหภูมิของน้ำผสมทุกๆ 30 วินาที บันทึกผลจนครบ 3 นาที
4. คำนวณหาค่าคงที่ของแคลอรีมิเตอร์ (C_c) โดยกำหนดให้ ความหนาแน่นของน้ำเท่ากับ 1 g/mL และความร้อนจำเพาะของน้ำเท่ากับ 4.184 J/g °C

ตอนที่ 2 การหาค่าความร้อนของการละลายของ CaCl_2

1. เทน้ำในแคลอรีมิเตอร์จากตอนที่ 1 ที่ใช้ น้ำประปาล้างแคลอรีมิเตอร์หลายๆ รอบ เพื่อให้แคลอรีมิเตอร์มีอุณหภูมิปกติแล้วเช็คให้แห้ง
2. ปิเปิดน้ำกลั่น 50 mL ใส่ลงในแคลอรีมิเตอร์ ปิดฝาแล้วอ่านอุณหภูมิของน้ำกลั่น จนกระทั่งเท่ากับอุณหภูมิของน้ำเย็นที่คงที่ในตอนต้นที่ 1
3. ชั่งน้ำหนัก CaCl_2 3.0XXX กรัม บันทึกน้ำหนัก แล้วเทลงในน้ำกลั่น ที่อยู่ในแคลอรีมิเตอร์ทันที
4. เขย่าแคลอรีมิเตอร์ตลอดเวลาพร้อมกับอ่านอุณหภูมิของสารละลายทุกๆ 30 วินาที บันทึกผลจนครบ 3 นาที จึงหยุดทำการทดลอง
5. ทำการทดลองข้อ 1-4 ซ้ำอีกครั้งหนึ่ง แต่เพิ่มน้ำหนัก CaCl_2 เป็น 4.0XXX กรัม บันทึกน้ำหนักที่แน่นอน
6. คำนวณค่าความร้อนของการละลายของ CaCl_2 ในหน่วย kJ/mol

รายงานผลการทดลองที่ 4 ความร้อนของปฏิกิริยา (Heat of reaction)

กำหนดให้

- ความร้อนจำเพาะของน้ำ = $4.184 \text{ J/g} \cdot ^\circ\text{C}$
- ความหนาแน่นของน้ำ = 1 g/mL

ตอนที่ 1 การหาค่าคงที่แคลอรีมิเตอร์

เวลา (นาที)	อุณหภูมิ ($^\circ\text{C}$)		
	น้ำเย็น	น้ำร้อน	น้ำผสม
0.5			
1.0			
1.5			
2.0			
2.5			
3.0			

ปริมาตรของน้ำเย็น =mL

ปริมาตรของน้ำร้อน =mL

อุณหภูมิของน้ำเย็น = $^\circ\text{C}$

อุณหภูมิของน้ำร้อน = $^\circ\text{C}$

อุณหภูมิของผสม = $^\circ\text{C}$

แสดงวิธีการคำนวณการหาค่าคงที่ของแคลอรีมิเตอร์ (C_c)

น้ำร้อนมีปริมาณความร้อนลดลง (a) = $m_1s_1\Delta T_1$ (เมื่อ $\Delta T_1 = T_{\text{น้ำร้อน}} - T_{\text{น้ำผสม}}$)

=

น้ำเย็นมีปริมาณความร้อนเพิ่มขึ้น (b) = $m_2s_2\Delta T_2$ (เมื่อ $\Delta T_2 = T_{\text{น้ำผสม}} - T_{\text{น้ำเย็น}}$)

=

ปริมาณความร้อนที่สูญหายไป = $a - b =$

\therefore ค่าคงที่ของแคลอรีมิเตอร์ (C_c) = $\frac{(a-b)}{\Delta T_2} = \text{.....J/}^\circ\text{C}$

ตอนที่ 2 การหาค่าความร้อนของการละลายของ CaCl_2

เวลา (นาที)	อุณหภูมิ ($^{\circ}\text{C}$) ของสารละลาย CaCl_2	
	$\text{CaCl}_2 = 3.0 \dots \text{g}$	$\text{CaCl}_2 = 4.0 \dots \text{g}$
0		
0.5		
1.0		
1.5		
2.0		
2.5		
3.0		

แสดงวิธีการคำนวณการหาค่าความร้อนของการละลาย CaCl_2 (Q)

ความร้อนของการละลายของ CaCl_2 3.0 g (เมื่อน้ำหนักของน้ำเท่ากับ 50 กรัม)

$$Q_r = ms\Delta T =$$

$$Q_c = Cc\Delta T =$$

$$Q = Q_r + Q_c =$$

∴ ค่าความร้อน Q เทียบเป็นหน่วย kJ/mol (เมื่อน้ำหนักโมเลกุลของ CaCl_2 เท่ากับ 111)

เมื่อใส่ $\text{CaCl}_2 \frac{\text{g}}{111} \text{ mol}$ จะให้ความร้อน Q J

ถ้า CaCl_2 1 mol จะให้ความร้อน $\frac{Q \times 111}{\text{g}}$ J แล้วหารด้วย 1000 เป็นหน่วย J

∴ ความร้อนของการละลาย CaCl_2 เท่ากับkJ/mol

ความร้อนของการละลายของ CaCl_2 4.0 g (เมื่อน้ำหนักของน้ำเท่ากับ 50 กรัม)

$$Q_r = ms\Delta T =$$

$$Q_c = Cc\Delta T =$$

$$Q = Q_r + Q_c =$$

∴ ค่าความร้อน Q เทียบเป็นหน่วย kJ/mol (เมื่อน้ำหนักโมเลกุลของ CaCl_2 เท่ากับ 111)

เมื่อใส่ CaCl_2 $\frac{g}{111}$ mol จะให้ความร้อน Q J

ถ้า CaCl_2 1 mol จะให้ความร้อน $\frac{Q \times 111}{g}$ J แล้วหารด้วย 1000 เป็นหน่วย J

∴ ความร้อนของการละลาย CaCl_2 เท่ากับkJ/mol

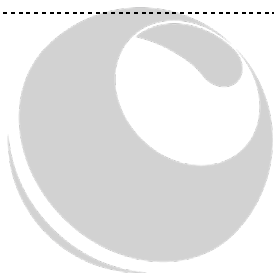
สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....



CATRE
LAB

อ้างอิง

- [1] วีทิต วรรณเลิศลักษณ์, “ทฤษฎีเทอร์โมไดนามิกส์,” คลังความรู้ SciMath, 11 6 2017. [ออนไลน์]. Available: <https://www.scimath.org/lesson-physics/item/7240-2017-06-11-14-22-46>. [เข้าถึง 9 8 2023].
- [2] ณัฐชนน จรรย์านุรัตน์, “บทที่ 6 เทอร์โมไดนามิกส์ในเคมี,” ใน *สรุปเคมี A-LEVEL*, 2 บ.ก., จรรย์านุรัตน์ ณัฐชนน, 2566, p. 53.
- [3] ดร. เก่งกมล วิรัตน์เกษม, “การทดสอบค่าความร้อนของเชื้อเพลิง (Heating Value of Fuel Test),” [ออนไลน์]. Available: chrome-extension://efaidnbmninnbpcajpcjglclefindmkaj/https://dome.eng.cmu.ac.th/254271/lab_sheet/Lab6_heating-value.pdf. [เข้าถึง 9 8 2023].
- [4] P. Atkins และ J. d. Paula, ATKINS'PHYSICAL CHEMISTRY, New York: Great Britain by Oxford University Press, 2006.
- [5] Engineering Learn, “Bomb Calorimeter: Definition, Construction, Diagram, Working & Uses,” 2023. [ออนไลน์]. Available: <https://engineeringlearn.com/bomb-calorimeter-definition-construction-diagram-working-uses/>.
- [6] โรงเรียนนวมินทราชินูทิศ สตรีวิทยา พุทธมณฑล, “พันธะเคมี ตอนที่ 2 โครงสร้างของสารไอออนิกและพลังงานกับการเกิดสารไอออนิก,” 16 3 2014. [ออนไลน์]. Available: http://www.satriwit3.ac.th/external_newsblog.php?links=1779. [เข้าถึง 14 7 2023].
- [7] คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยกรุงเทพ, “การหาความร้อนของการละลายของ CaCl_2 ”.