

บทที่ 3

การเปลี่ยนหน่วย



การบอกปริมาณสารในวิชาเคมีโดยทั่วไปจะมีส่วนประกอบ 2 ส่วน คือ ตัวเลข และหน่วยที่ใช้วัด ซึ่งในบางครั้งจำเป็นต้องเปลี่ยนปริมาณที่มีหน่วยหนึ่งไปเป็นปริมาณในหน่วยอื่น ๆ ที่เท่ากันเพื่อสะดวกในการคำนวณ โดยไม่ทำให้ปริมาณเดิมเปลี่ยนแปลง

3.1 ความสัมพันธ์ของหน่วยที่มีปริมาณในมิติเดียวกันแต่มีหน่วยต่างกัน

หน่วยที่เกี่ยวข้องมีปริมาณอยู่ในมิติเดียวกัน แต่มีหน่วยต่างกัน จะใช้สัญลักษณ์ = ในการแสดงความสัมพันธ์ของหน่วยนั้น ๆ

ตัวอย่าง 1 ปริมาตร 1 dm^3 เท่ากับ 1000 cm^3

ทั้ง dm^3 และ cm^3 ต่างเป็นหน่วยของปริมาตร จึงเป็นปริมาณในมิติเดียวกัน เขียนแสดงความสัมพันธ์ได้ ดังนี้ ปริมาตร $1 \text{ dm}^3 =$ ปริมาตร 1000 cm^3

ตาราง 3.1 ตัวอย่างความสัมพันธ์ของหน่วยที่มีปริมาณในมิติเดียวกันแต่มีหน่วยต่างกัน

ปริมาณ	หน่วยที่เกี่ยวข้อง	ความสัมพันธ์
ปริมาตร	ปริมาตร 1 dm^3 เท่ากับ 1 L	$1 \text{ dm}^3 = 1 \text{ L}$
ความยาว	ระยะทาง 1 \AA เท่ากับ 0.1 nm	$1 \text{ \AA} = 0.1 \text{ nm}$
ความดัน	ความดัน 1 atm เท่ากับ 760 mmHg	$1 \text{ atm} = 760 \text{ mmHg}$

3.2 ความสัมพันธ์ของหน่วยที่มีปริมาณในมิติต่างกัน

หน่วยที่เกี่ยวข้องมีปริมาณอยู่ในมิติต่างกัน แต่มีความสัมพันธ์กัน สามารถแสดงความสัมพันธ์ที่เสมือนว่าเป็นค่าที่เท่ากันได้ดังตัวอย่าง

ตัวอย่าง 2 แก๊ส O₂ ปริมาตร 22.4 dm³ มีมวล 32 g

dm³ เป็นหน่วยของปริมาตร ส่วน g เป็นหน่วยของมวล หน่วยทั้งสองจึงเป็นปริมาณที่อยู่ต่างมิติกัน แต่มีความสัมพันธ์กัน

เขียนแสดงความสัมพันธ์ได้ดังนี้ แก๊ส O₂ ปริมาตร 22.4 dm³ = แก๊ส O₂ มวล 32 g

ตาราง 3.2 ตัวอย่างความสัมพันธ์ของหน่วยที่มีปริมาณในมิติต่างกัน

ปริมาณ	หน่วยที่เกี่ยวข้อง	ความสัมพันธ์
มวล กับ ปริมาตร	น้ำ 1 g มีปริมาตร 1 mL	1 g H ₂ O = 1 mL H ₂ O
ปริมาณสาร กับ มวล	เหล็ก 1 mol หนัก 55.8 g	1 mol Fe = 55.8 g Fe
จำนวน กับ มวล	คาร์บอน 6.02 × 10 ²³ atom หนัก 12 g	6.02 × 10 ²³ atom C = 12 g C

3.3 แฟคเตอร์เปลี่ยนหน่วย

แฟคเตอร์เปลี่ยนหน่วย (conversion factor) เป็นอัตราส่วนซึ่งได้จากการเปรียบเทียบความสัมพันธ์ของหน่วยที่เกี่ยวข้อง ทั้งที่มีปริมาณอยู่ในมิติเดียวกันแต่มีหน่วยต่างกันหรือมีปริมาณอยู่ต่างมิติกันก็ได้ โดยข้อมูลเชิงปริมาณทั้งหมดที่จะนำมาสัมพันธ์กันต้องเป็นข้อเท็จจริง

ในการเขียนแฟคเตอร์เปลี่ยนหน่วยมีหลักดังนี้

1. เขียนความสัมพันธ์ของหน่วย ซึ่งอาจเป็นปริมาณที่อยู่ในมิติเดียวกันแต่มีหน่วยต่างกัน หรือเป็นปริมาณที่อยู่ต่างมิติกัน

เช่น ปริมาตร 1 dm³ เท่ากับ 1000 cm³ เขียนแสดงความสัมพันธ์ได้ดังนี้

$$1 \text{ dm}^3 = 1000 \text{ cm}^3$$

2. เขียนในรูปอัตราส่วนโดยนำปริมาณใดปริมาณหนึ่งหารทั้ง 2 ข้าง ซึ่งจะให้อัตราส่วนด้านหนึ่งมีค่าเท่ากับ 1 ซึ่งเรียกว่า แฟคเตอร์เปลี่ยนหน่วย

เช่น ทหารด้วย 1000 cm^3 ทั้ง 2 ข้าง

$$\frac{1 \text{ dm}^3}{1000 \text{ cm}^3} = \frac{\cancel{1000 \text{ cm}^3}}{\cancel{1000 \text{ cm}^3}} = 1$$

หรือ ทหารด้วย 1 dm^3 ทั้ง 2 ข้าง

$$\frac{\cancel{1 \text{ dm}^3}}{\cancel{1 \text{ dm}^3}} = \frac{1000 \text{ cm}^3}{1 \text{ dm}^3} = 1$$

3. อัตราส่วนทั้งสองมีค่าเท่ากับ 1 ได้แฟคเตอร์เปลี่ยนหน่วยดังนี้

$$\frac{1 \text{ dm}^3}{1000 \text{ cm}^3} \quad \text{หรือ} \quad \frac{1000 \text{ cm}^3}{1 \text{ dm}^3}$$

ตัวอย่าง 3 เขียนแฟคเตอร์เปลี่ยนหน่วยจากความสัมพันธ์ แก๊ส O_2 ปริมาตร 22.4 dm^3 มีมวล 32 g

วิธีทำ เขียนแสดงความสัมพันธ์ได้เป็น

$$22.4 \text{ dm}^3 \text{ O}_2 = 32 \text{ g O}_2$$

เขียนในรูปอัตราส่วนได้เป็น

$$\frac{22.4 \text{ dm}^3 \text{ O}_2}{32 \text{ g O}_2} = \frac{\cancel{32 \text{ g O}_2}}{\cancel{32 \text{ g O}_2}} = 1$$

หรือ

$$\frac{\cancel{22.4 \text{ dm}^3 \text{ O}_2}}{\cancel{22.4 \text{ dm}^3 \text{ O}_2}} = \frac{32 \text{ g O}_2}{22.4 \text{ dm}^3 \text{ O}_2} = 1$$

$$\text{ได้แฟคเตอร์เปลี่ยนหน่วยดังนี้} \quad \frac{22.4 \text{ dm}^3 \text{ O}_2}{32 \text{ g O}_2} \quad \text{หรือ} \quad \frac{32 \text{ g O}_2}{22.4 \text{ dm}^3 \text{ O}_2}$$

การเขียนแฟคเตอร์เปลี่ยนหน่วยอื่น ๆ สามารถทำได้โดยใช้วิธีเดียวกัน ดังตัวอย่าง
ในตาราง 3.3

ตาราง 3.3 ตัวอย่างแฟคเตอร์เปลี่ยนหน่วยที่ได้จากความสัมพันธ์แบบต่าง ๆ

ความสัมพันธ์	แฟคเตอร์เปลี่ยนหน่วย
ปริมาตร $1 \text{ dm}^3 = \text{ปริมาตร } 1 \text{ L}$	$\frac{1 \text{ dm}^3}{1 \text{ L}}$ หรือ $\frac{1 \text{ L}}{1 \text{ dm}^3}$
ระยะทาง $1 \text{ \AA} = \text{ระยะทาง } 0.1 \text{ nm}$	$\frac{1 \text{ \AA}}{0.1 \text{ nm}}$ หรือ $\frac{0.1 \text{ nm}}{1 \text{ \AA}}$
ความดัน $1 \text{ atm} = \text{ความดัน } 760 \text{ mmHg}$	$\frac{1 \text{ atm}}{760 \text{ mmHg}}$ หรือ $\frac{760 \text{ mmHg}}{1 \text{ atm}}$
น้ำ $1 \text{ g} = \text{น้ำ } 1 \text{ mL}$	$\frac{1 \text{ g H}_2\text{O}}{1 \text{ mL H}_2\text{O}}$ หรือ $\frac{1 \text{ mL H}_2\text{O}}{1 \text{ g H}_2\text{O}}$
เหล็ก $1 \text{ mol} = \text{เหล็ก } 55.8 \text{ g}$	$\frac{1 \text{ mol Fe}}{55.8 \text{ g Fe}}$ หรือ $\frac{55.8 \text{ g Fe}}{1 \text{ mol Fe}}$
คาร์บอน $6.02 \times 10^{23} \text{ atom} = \text{คาร์บอน } 12 \text{ g}$	$\frac{6.02 \times 10^{23} \text{ atom C}}{12 \text{ g C}}$ หรือ $\frac{12 \text{ g C}}{6.02 \times 10^{23} \text{ atom C}}$

แบบฝึกหัด 3.1

จงเขียนแฟคเตอร์เปลี่ยนหน่วยจากความสัมพันธ์ต่อไปนี้

1. He 4 g มีปริมาตร 22.4 dm^3
2. ปริมาตร 1 m^3 เท่ากับ 1000 dm^3
3. CO_2 1 mol มี 6.02×10^{23} molecule
4. มวล 1 amu เท่ากับ $1.66 \times 10^{-24} \text{ g}$
5. ทองคำ 1 บาท หนัก 15.244 g



3.4 วิธีการเทียบหน่วย

แฟกเตอร์เปลี่ยนหน่วยใช้สำหรับเปลี่ยนหน่วยจากหน่วยหนึ่งไปเป็นอีกหน่วยหนึ่ง การคำนวณหาปริมาณและหน่วยที่ต้องการโดยใช้แฟกเตอร์เปลี่ยนหน่วย เรียกว่า **วิธีการเทียบหน่วย (factor-label method)** มีวิธีการดังนี้

1. พิจารณาหน่วยที่โจทย์กำหนดและหน่วยที่ต้องการ
2. เขียนแฟกเตอร์เปลี่ยนหน่วย แล้วนำไปคูณกับปริมาณและหน่วยที่โจทย์กำหนดจนได้หน่วยที่ต้องการ สรุปได้ดังนี้

$$\text{ปริมาณและหน่วยที่ต้องการ} = \text{ปริมาณและหน่วยที่โจทย์กำหนด} \times \text{แฟกเตอร์เปลี่ยนหน่วย}$$

ตัวอย่าง 4 ทองแดงยาว 3 m คิดเป็นกิโลเซนติเมตร

วิธีคิด ต้องการเปลี่ยน m \rightarrow cm

เขียนแสดงความสัมพันธ์ได้เป็น 1 m = 100 cm

เขียนแฟกเตอร์เปลี่ยนหน่วยได้ดังนี้ $\frac{100 \text{ cm}}{1 \text{ m}}$ หรือ $\frac{1 \text{ m}}{100 \text{ cm}}$

เลือกใช้อัตราส่วนที่มีเศษเป็นหน่วยที่ต้องการ (cm) และมีส่วนเป็นหน่วยที่โจทย์กำหนด (m) คือ $\frac{100 \text{ cm}}{1 \text{ m}}$ เพื่อให้ส่วนที่เป็น m ตัดกับหน่วย m ที่โจทย์กำหนด และให้ได้หน่วยเป็น cm ตามที่ต้องการ

วิธีทำ ความยาวของทองแดง = 3 ~~m~~ $\times \frac{100 \text{ cm}}{1 \cancel{\text{m}}}$

ปริมาณที่โจทย์กำหนด \rightarrow 3

หน่วยของเศษ = หน่วยที่ต้องการ \rightarrow 100 cm

หน่วยที่โจทย์กำหนด \rightarrow 1 m

หน่วยของส่วน = หน่วยที่โจทย์กำหนด \rightarrow 1 m

$$= 300 \text{ cm}$$

ดังนั้น ทองแดงยาว 3 เมตร คิดเป็น 300 เซนติเมตร

ตัวอย่าง 5 ปรอท 1 mL มีมวล 13.6 g ปรอทมวล 20.4 g จะมีปริมาตรกี่มิลลิลิตร

วิธีคิด ต้องการเปลี่ยน g \rightarrow mL

เขียนแสดงความสัมพันธ์ได้เป็น 1 mL Hg = 13.6 g Hg

เขียนแฟคเตอร์เปลี่ยนหน่วยได้ดังนี้ $\frac{1 \text{ mL Hg}}{13.6 \text{ g Hg}}$ หรือ $\frac{13.6 \text{ g Hg}}{1 \text{ mL Hg}}$

เลือกใช้อัตราส่วนที่มีเศษเป็นหน่วยที่ต้องการ (mL) และมีส่วนเป็นหน่วยที่โจทย์กำหนด (g) คือ $\frac{1 \text{ mL Hg}}{13.6 \text{ g Hg}}$ เพื่อให้ส่วนที่เป็น g ตัดกับหน่วย g ที่โจทย์กำหนด และให้ได้หน่วยเป็น mL ตามที่ต้องการ

$$\begin{aligned} \text{วิธีทำ} \quad \text{ปริมาตรของ Hg} &= 20.4 \text{ g Hg} \times \frac{1 \text{ mL Hg}}{13.6 \text{ g Hg}} \\ &= 1.50 \text{ mL Hg} \end{aligned}$$

ดังนั้น ปรอทมวล 20.4 กรัม มีปริมาตร 1.50 มิลลิลิตร

ตัวอย่าง 6 น้ำอุณหภูมิ 20 °C ปริมาตร 75.0 mL มีมวลกี่กรัม (ความหนาแน่นของน้ำที่ 20 °C = 0.9982 g/mL)

วิธีคิด ต้องการเปลี่ยน mL \rightarrow g

เขียนแสดงความสัมพันธ์ได้เป็น 1 mL H₂O = 0.9982 g H₂O

d ของน้ำ 20 °C = 0.9982 g/mL โดยมีความสัมพันธ์ดังนี้ น้ำอุณหภูมิ 20 °C มวล 0.9982 g มีปริมาตร 1 mL เขียนแฟคเตอร์เปลี่ยนหน่วยดังนี้ $\frac{0.9982 \text{ g H}_2\text{O}}{1 \text{ mL H}_2\text{O}}$ อัตราส่วนนี้มี mL เป็นส่วน เพื่อให้ตัดหน่วย mL ที่โจทย์กำหนด และมี g เป็นเศษ เพื่อให้ได้หน่วยที่ต้องการ

$$\begin{aligned} \text{วิธีทำ} \quad \text{มวลของ H}_2\text{O} &= 75.0 \text{ mL H}_2\text{O} \times \frac{0.9982 \text{ g H}_2\text{O}}{1 \text{ mL H}_2\text{O}} \\ &= 74.9 \text{ g H}_2\text{O} \end{aligned}$$

ดังนั้น น้ำอุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส ปริมาตร 75.0 มิลลิลิตร มีมวล 74.9 กรัม

ในกรณีที่ใช้แฟกเตอร์เปลี่ยนหน่วย 1 แฟกเตอร์ แต่ยังไม่ได้นหน่วยตามที่ต้องการ ก็สามารถใช้แฟกเตอร์เปลี่ยนหน่วยเพื่อเปลี่ยนหน่วยต่อไปอีกจนกระทั่งได้หน่วยตามที่ต้องการ

ตัวอย่าง 7 การเตรียมสารละลาย NaOH 0.1 mol-dm^{-3} ปริมาตร 100 cm^3 จะต้องใช้ NaOH กี่กรัม (NaOH มีมวลโมเลกุล 40)

วิธีคิด ต้องการเปลี่ยน $\text{cm}^3 \rightarrow \text{g}$ ทำได้โดยเปลี่ยน $\text{cm}^3 \rightarrow \text{mol} \rightarrow \text{g}$
การเปลี่ยน $\text{cm}^3 \rightarrow \text{mol}$ ใช้ความเข้มข้นของสารละลาย NaOH 0.1 mol-dm^{-3}

ในการคำนวณ โดยมีความสัมพันธ์ดังนี้ NaOH 0.1 mol ละลายอยู่ในสารละลาย NaOH ปริมาตร 1 dm^3 หรือ 1000 cm^3 เขียนแฟกเตอร์เปลี่ยนหน่วยดังนี้ $\frac{0.1 \text{ mol NaOH}}{1000 \text{ cm}^3 \text{ NaOH}}$
อัตราส่วนนี้มี cm^3 เป็นส่วน เพื่อตัดกับหน่วย cm^3 ที่โจทย์กำหนด

การเปลี่ยน $\text{mol} \rightarrow \text{g}$ ใช้มวลโมเลกุลในการคำนวณ โดย NaOH มีมวลโมเลกุล 40 แสดงว่า NaOH 1 mol มีมวล 40 g เขียนแฟกเตอร์เปลี่ยนหน่วยได้ดังนี้ $\frac{40 \text{ g NaOH}}{1 \text{ mol NaOH}}$
อัตราส่วนนี้มี mol เป็นส่วน เพื่อให้ตัดกับ 0.1 mol และมี g เป็นเศษ เพื่อให้ได้หน่วยที่ต้องการ

วิธีทำ มวลของ NaOH = $100 \text{ cm}^3 \text{ NaOH} \times \frac{0.1 \text{ mol NaOH}}{1000 \text{ cm}^3 \text{ NaOH}} \times \frac{40 \text{ g NaOH}}{1 \text{ mol NaOH}}$
= 0.4 g NaOH

ดังนั้น การเตรียมสารละลาย NaOH 0.1 โมลต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ปริมาตร 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร จะต้องใช้ NaOH 0.4 กรัม



แบบฝึกหัด 3.2

จงคำนวณผลลัพธ์จากโจทย์ต่อไปนี้

1. น้ำส้มสายชู (CH_3COOH) 1 cm^3 มีมวล 1.044 g ถ้าน้ำส้มสายชู 12.72 g จะมีปริมาตรที่ลูกบาศก์เซนติเมตร
2. ทองแดง 75.5 kg มีปริมาตรที่ลูกบาศก์เมตร (ความหนาแน่นของทองแดงเท่ากับ $8.9 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$)
3. สารละลายกรดไฮโดรคลอริก (HCl) 1.5 mol/dm^3 ปริมาตร 250 cm^3 จะต้องใช้ HCl กี่กรัม

การคำนวณทางวิทยาศาสตร์มักเกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนหน่วยที่มีปริมาณอยู่ในมิติต่างกัน โดยมีหลักการคำนวณดังนี้

1. นำตัวเลขและหน่วยของเศษคูณกัน พร้อมทั้งนำตัวเลขและหน่วยของส่วนคูณกัน เช่น

$$\left(\frac{20.7 \text{ g}}{100 \text{ kg}}\right) \times \left(\frac{1.83 \text{ kg}}{1 \text{ cm}^3}\right) \times \left(\frac{1000 \text{ cm}^3}{1 \text{ dm}^3}\right) \times \left(\frac{1 \text{ mol}}{124.1 \text{ g}}\right)$$

$$= \frac{20.7 \times 1.83 \times 1000 \times 1 \text{ g} \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}^3 \cdot \text{mol}}{100 \times 1 \times 1 \times 124.1 \text{ kg} \cdot \text{cm}^3 \cdot \text{dm}^3 \cdot \text{g}}$$


2. ตัวเลขของเศษและส่วนสามารถตัดทอนกันได้ ในขณะที่หน่วยของเศษและส่วนที่เหมือนกันก็สามารถตัดทอนกันได้เช่นกัน เช่น

$$\frac{20.7 \times 1.83 \times \overset{10}{\cancel{1000}} \times \cancel{1} \cdot \cancel{\text{g}} \cdot \cancel{\text{kg}} \cdot \cancel{\text{cm}^3} \cdot \text{mol}}{\cancel{100} \times 1 \times 1 \times 124.1 \cancel{\text{kg}} \cdot \cancel{\text{cm}^3} \cdot \cancel{\text{dm}^3} \cdot \cancel{\text{g}}} = \frac{20.7 \times 1.83 \times 10 \text{ mol}}{124.1 \text{ dm}^3}$$

3. ผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณนิยมแสดงในรูปตัวเลขทศนิยม ส่วนหน่วยจะแสดงในรูปเศษส่วนหรือไม่ก็ได้ เช่น

$$\begin{aligned} \frac{20.7 \times 1.83 \times 10 \text{ mol}}{124.1 \text{ dm}^3} &= 3.05 \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3} \\ &= 3.05 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3} \end{aligned}$$

แบบฝึกหัดท้ายบท

- สารตัวอย่างชนิดหนึ่งปริมาตร 1 mL มีมวล 7.6 g ถ้าสารตัวอย่างนี้มีมวล 4.0 kg จะมีปริมาตรกี่มิลลิลิตร
- ปรอทมวล 136 kg มีปริมาตรกี่ลิตร
(ความหนาแน่นของปรอทเท่ากับ $13.6 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$)
- แก๊สมีเทน (CH_4) 1 mol ทำปฏิกิริยาพอดีกับแก๊สออกซิเจน (O_2) 2 mol ถ้าใช้มีเทน 8 g จะทำปฏิกิริยาพอดีกับแก๊สออกซิเจนกี่ลูกบาศก์เดซิเมตร ที่ STP (มวลโมเลกุลของ $\text{CH}_4 = 16$ ที่ STP แก๊ส 1 mol มีปริมาตร 22.4 dm^3)
- น้ำ 36 mg มีจำนวนโมลและจำนวนโมเลกุลเท่าใด
(มวลโมเลกุลของ $\text{H}_2\text{O} = 18$ และ H_2O 1 mol มี 6.02×10^{23} โมเลกุล)
- สมมติให้อะตอมของทองคำเรียงต่อกันดังรูป  แผ่นทองคำเปลวหนา $0.1 \mu\text{m}$ จะมีอะตอมทองคำเรียงต่อกันกี่อะตอม (รัศมีอะตอมของทองคำ = 144 pm)
- สารละลาย NaCl ปริมาตร 500 cm^3 ซึ่งเตรียมจาก NaCl 1.17 g มีความเข้มข้นกี่โมลต่อลูกบาศก์เดซิเมตร (มวลสูตรของ NaCl = 58.5)