

บทที่ 4

ร้อยละ



ในการศึกษาวิชาเคมีจะเกี่ยวข้องกับการใช้ร้อยละ เช่น การบอกความเข้มข้นของสารละลายในหน่วยร้อยละ ซึ่งเป็นค่าที่แสดงปริมาณของตัวละลายที่ละลายอยู่ในตัวทำละลายนั้น หรือผลได้ร้อยละ ซึ่งเป็นการเปรียบเทียบระหว่างผลได้จริงกับผลได้ตามทฤษฎีเป็นร้อยละ

ร้อยละหรือเปอร์เซ็นต์ (percentage) หมายถึง อัตราส่วนของสิ่งใดสิ่งหนึ่งใน 100 ส่วน เช่น ร้อยละ 40 หมายถึง 40 ส่วนใน 100 ส่วน ซึ่งเท่ากับ $40/100$ ร้อยละจึงเป็นความสัมพันธ์ของอัตราส่วนอย่างหนึ่ง

ตัวอย่าง 1 สารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้นร้อยละ 8 โดยมวล จงเขียนความสัมพันธ์ในรูปอัตราส่วน

วิธีคิด สารละลายกรดไฮโดรคลอริก 100 ส่วน มีกรดไฮโดรคลอริกละลายอยู่ 8 ส่วน ซึ่งปริมาณของส่วนในที่นี่เป็นมวล นั่นคือ สารละลายกรดไฮโดรคลอริก 100 g มีกรดไฮโดรคลอริกละลายอยู่ 8 g

วิธีทำ เขียนความสัมพันธ์ในรูปอัตราส่วนได้ดังนี้

$$\frac{\text{กรดไฮโดรคลอริก 8 g}}{\text{สารละลายกรดไฮโดรคลอริก 100 g}} \quad \text{และ} \quad \frac{\text{สารละลายกรดไฮโดรคลอริก 100 g}}{\text{กรดไฮโดรคลอริก 8 g}}$$

จากตัวอย่างเป็นความสัมพันธ์ของร้อยละที่มีปริมาณเป็นมวลต่อมวลซึ่งเรียกว่า **ร้อยละโดยมวล (percent mass by mass)** (มวล/มวล หรือ % โดยมวล หรือ % w/w) นอกจากนี้ยังมีความสัมพันธ์ของร้อยละที่มีปริมาณเป็นปริมาตรต่อปริมาตรซึ่งเรียกว่า **ร้อยละโดยปริมาตร (percent volume by volume)** (ปริมาตร/ปริมาตร หรือ

% โดยปริมาตร หรือ % v/v) และความเข้มข้นของร้อยละที่มีปริมาณเป็นมวลต่อปริมาตรซึ่งเรียกว่า ร้อยละโดยมวลต่อปริมาตร (percent mass by volume) (มวล/ปริมาตร หรือ % โดยมวล/ปริมาตร หรือ % w/v)

ตัวอย่าง 2 จงเขียนความเข้มข้นในรูปอัตราส่วนของน้ำส้มสายชูที่มีปริมาณกรดแอซีติกอยู่ร้อยละ 5 โดยปริมาตร

วิธีคิด น้ำส้มสายชู 100 ส่วน มีกรดแอซีติก 5 ส่วน ซึ่งปริมาณของส่วนในที่นี่เป็นปริมาตร นั่นคือ น้ำส้มสายชู 100 cm^3 มีกรดแอซีติก 5 cm^3

วิธีทำ เขียนแสดงความสัมพันธ์ได้ดังนี้

$$\frac{\text{กรดแอซีติก } 5 \text{ cm}^3}{\text{น้ำส้มสายชู } 100 \text{ cm}^3} \quad \text{และ} \quad \frac{\text{น้ำส้มสายชู } 100 \text{ cm}^3}{\text{กรดแอซีติก } 5 \text{ cm}^3}$$

ตัวอย่าง 3 จงเขียนความเข้มข้นในรูปอัตราส่วนของน้ำหวานที่มีซูโครสอยู่ร้อยละ 31.5 โดยมวลต่อปริมาตร

วิธีคิด น้ำหวาน 100 ส่วน มีซูโครส 31.5 ส่วน ซึ่งปริมาณของส่วนในที่นี่เป็นมวลต่อปริมาตร นั่นคือ น้ำหวาน 100 cm^3 มีซูโครส 31.5 g

วิธีทำ เขียนแสดงความสัมพันธ์ได้ดังนี้

$$\frac{\text{ซูโครส } 31.5 \text{ g}}{\text{น้ำหวาน } 100 \text{ cm}^3} \quad \text{และ} \quad \frac{\text{น้ำหวาน } 100 \text{ cm}^3}{\text{ซูโครส } 31.5 \text{ g}}$$



แบบฝึกหัด 4.1

จงเขียนความสัมพันธ์ในรูปอัตราส่วนที่กำหนดให้ต่อไปนี้

1. อากาศมีแก๊สไนโตรเจนร้อยละ 78 โดยมวล
2. ทองคำแท่งมีความบริสุทธิ์ร้อยละ 96.5 โดยมวล
3. สารละลาย H_2O_2 เข้มข้น 3% โดยปริมาตร
4. SO_2 ประกอบด้วย S 50.1% และ O 49.9% โดยมวล
5. ธาตุในธรรมชาติประกอบด้วยธาตุออกซิเจนร้อยละ 49.9 โดยมวล



4.1 การคำนวณเกี่ยวกับร้อยละ

4.1.1 การเปลี่ยนจำนวนเป็นร้อยละ

การเปลี่ยนจำนวนเป็นร้อยละทำได้โดยนำความสัมพันธ์ที่มีเศษเป็นจำนวนและมีส่วนเป็นจำนวนทั้งหมดมาเปรียบเทียบกับสัดส่วนกับจำนวนซึ่งมีเศษเป็นจำนวนที่ต้องการและมีส่วนเป็น 100 หน่วย

ตัวอย่าง 4 จงคำนวณหาร้อยละโดยมวลของ C ใน CO_2

(มวลอะตอมของ C = 12.0108 และ O = 15.9994)

วิธีคิด มวลโมเลกุลของ $\text{CO}_2 = 44.0096$ นั่นคือ CO_2 44.0096 g มี C เป็นองค์ประกอบ 12.0108 g

ต้องการหาร้อยละโดยมวลของ C เขียนความสัมพันธ์ที่มีเศษเป็นมวลของ C และมีส่วนเป็นมวลของ CO_2 ได้ดังนี้
$$\frac{12.0108 \text{ g C}}{44.0096 \text{ g CO}_2}$$

เปรียบเทียบกับสัดส่วนระหว่างความสัมพันธ์ซึ่งมีเศษเป็นร้อยละโดยมวลของ C และมีส่วนเป็นมวลของ CO_2 100 g

$$\begin{aligned} \text{วิธีทำ} \quad \frac{12.0108 \text{ g C}}{44.0096 \text{ g CO}_2} &= \frac{\text{ร้อยละโดยมวลของ C}}{100 \text{ g CO}_2} \\ \text{ร้อยละโดยมวลของ C} &= \frac{12.0108 \text{ g C} \times 100 \text{ g CO}_2}{44.0096 \text{ g CO}_2} \\ &= 27.2913 \text{ g C} \end{aligned}$$

ดังนั้น CO₂ 100 กรัม มี C เป็นองค์ประกอบ 27.2913 กรัม หรือคิดเป็นร้อยละ 27.2913 โดยมวล

ตัวอย่าง 5 จงคำนวณหาร้อยละโดยมวลของ Na ใน Na₂CO₃
(มวลอะตอมของ H = 1.0079 C = 12.0108 O = 15.9994 และ Na = 22.9898)

วิธีคิด มวลสูตรของ Na₂CO₃ = 105.9886 นั่นคือ Na₂CO₃ 105.9886 g มี Na เป็นองค์ประกอบ 22.9898 g

ต้องการหาร้อยละโดยมวลของ Na เขียนความสัมพันธ์ที่มีเศษเป็นมวลของ Na และมีส่วนเป็นมวลของ Na₂CO₃ ได้ดังนี้ $\frac{2 \times 22.9898 \text{ g Na}}{105.9886 \text{ g Na}_2\text{CO}_3}$

เปรียบเทียบสัดส่วนระหว่างความสัมพันธ์ที่มีเศษเป็นร้อยละโดยมวลของ Na และมีส่วนเป็นมวลของ Na₂CO₃ 100 g

$$\begin{aligned} \text{วิธีทำ} \quad \frac{2 \times 22.9898 \text{ g Na}}{105.9886 \text{ g Na}_2\text{CO}_3} &= \frac{\text{ร้อยละโดยมวลของ Na}}{100 \text{ g Na}_2\text{CO}_3} \\ \text{ร้อยละโดยมวลของ Na} &= \frac{2 \times 22.9898 \text{ g Na} \times 100 \text{ g Na}_2\text{CO}_3}{105.9886 \text{ g Na}_2\text{CO}_3} \\ &= 43.3816 \text{ g Na} \end{aligned}$$

ดังนั้น Na₂CO₃ 100 กรัม มี Na เป็นองค์ประกอบ 43.3816 กรัม หรือคิดเป็นร้อยละ 43.3816 โดยมวล

ตัวอย่าง 6 ปฏิกริยาเคมีหนึ่งเมื่อเกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์จะได้ผลิตภัณฑ์ 66.73 g แต่ปรากฏว่ามีผลิตภัณฑ์เกิดขึ้นเพียง 51.4 g จงคำนวณหาผลได้ร้อยละของปฏิกริยานี้

วิธีคิด ต้องการหาร้อยละโดยมวลของผลได้จริง เขียนความสัมพันธ์ที่มีเศษเป็นผลได้จริง

และมีส่วนเป็นผลได้ตามทฤษฎีได้ดังนี้
$$\frac{\text{ผลได้จริง } 51.4 \text{ g}}{\text{ผลได้ตามทฤษฎี } 66.73 \text{ g}}$$

เปรียบเทียบสัดส่วนระหว่างความสัมพันธ์ซึ่งมีเศษเป็นผลได้ร้อยละ และมีส่วนเป็นผลได้ตามทฤษฎี 100 g

วิธีทำ
$$\frac{\text{ผลได้จริง } 51.4 \text{ g}}{\text{ผลได้ตามทฤษฎี } 66.73 \text{ g}} = \frac{\text{ผลได้ร้อยละ}}{\text{ผลได้ตามทฤษฎี } 100 \text{ g}}$$

$$\begin{aligned} \text{ผลได้ร้อยละ} &= \frac{\text{ผลได้จริง } 51.4 \text{ g} \times \text{ผลได้ตามทฤษฎี } 100 \text{ g}}{\text{ผลได้ตามทฤษฎี } 66.73 \text{ g}} \\ &= 77.0 \text{ g} \end{aligned}$$

ดังนั้น ผลได้ร้อยละของปฏิกริยานี้เท่ากับ 77.0

ตัวอย่าง 7 จงคำนวณหาร้อยละโดยปริมาตรของแก๊ส CO₂ ในอากาศ เมื่ออากาศ 1000 cm³ มีแก๊ส CO₂ ปริมาตร 2.15 × 10⁻⁷ cm³

วิธีคิด ต้องการหาร้อยละโดยปริมาตรของแก๊ส CO₂ เขียนความสัมพันธ์ที่มีเศษเป็น

ปริมาตรของแก๊ส CO₂ และมีส่วนเป็นปริมาตรของอากาศได้ดังนี้
$$\frac{2.15 \times 10^{-7} \text{ cm}^3 \text{ CO}_2}{1000 \text{ cm}^3 \text{ อากาศ}}$$

เปรียบเทียบสัดส่วนระหว่างความสัมพันธ์ซึ่งมีเศษเป็นร้อยละโดยปริมาตรของแก๊ส CO₂ และมีส่วนเป็นปริมาตรของอากาศ 100 cm³

$$\begin{aligned} \text{วิธีทำ} \quad \frac{2.15 \times 10^{-7} \text{ cm}^3 \text{ CO}_2}{1000 \text{ cm}^3 \text{ อากาศ}} &= \frac{\text{ร้อยละโดยปริมาตรของ CO}_2}{100 \text{ cm}^3 \text{ อากาศ}} \\ \text{ร้อยละโดยปริมาตรของ CO}_2 &= \frac{2.15 \times 10^{-7} \text{ cm}^3 \text{ CO}_2 \times 100 \cancel{\text{ cm}^3 \text{ อากาศ}}}{1000 \cancel{\text{ cm}^3 \text{ อากาศ}}} \\ &= 2.15 \times 10^{-8} \text{ cm}^3 \text{ CO}_2 \end{aligned}$$

ดังนั้น อากาศ 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร มีแก๊ส CO₂ เป็นองค์ประกอบ 2.15 × 10⁻⁸ ลูกบาศก์เซนติเมตร หรือคิดเป็นร้อยละ 2.15 × 10⁻⁸ โดยปริมาตร

แบบฝึกหัด 4.2

จงคำนวณหาร้อยละโดยมวลของธาตุที่กำหนดให้ต่อไปนี้

1. N ในกรดไนตริก (HNO₃)
2. S ในกรดซัลฟิวริก (H₂SO₄)
3. Ca ในแคลเซียมคาร์บอเนต (CaCO₃)
4. Pb ในเลด (II) ไนเตรต (Pb(NO₃)₂)
5. H ในแอมโมเนียมคาร์บอเนต ((NH₄)₂CO₃)

(มวลอะตอมของ H = 1.0079 C = 12.0108 N = 14.0067 O = 15.9994
S = 32.0655 Ca = 40.0784 และ Pb = 207.2100)



4.1.2 การเปลี่ยนร้อยละเป็นจำนวน

การเปลี่ยนร้อยละเป็นจำนวนทำได้โดยนำความสัมพันธ์ที่มีเศษเป็นจำนวนร้อยละและมีส่วนเป็น 100 หน่วย มาเปรียบเทียบกับส่วนกับจำนวนซึ่งมีเศษเป็นจำนวนที่ต้องการและมีส่วนเป็นจำนวนทั้งหมด

ตัวอย่าง 8 อากาศมีแก๊ส N_2 อยู่ร้อยละ 78 โดยปริมาตร ถ้าในลูกโป่งบรรจุอากาศได้ 120.5 cm^3 จะมีแก๊ส N_2 ปริมาตรเท่าไร

วิธีคิด ต้องการเปลี่ยนร้อยละโดยปริมาตรของแก๊ส N_2 เป็นจำนวน เขียนความสัมพันธ์ที่มีเศษเป็นร้อยละโดยปริมาตรของแก๊ส N_2 และมีส่วนเป็น

ปริมาตรของอากาศ 100 cm^3 ได้ดังนี้
$$\frac{78 \text{ cm}^3 N_2}{100 \text{ cm}^3 \text{ อากาศ}}$$

เปรียบเทียบสัดส่วนระหว่างความสัมพันธ์ซึ่งมีเศษเป็นปริมาตรของแก๊ส N_2 และมีส่วนเป็นปริมาตรของอากาศในลูกโป่ง 120.5 cm^3

วิธีทำ
$$\frac{78 \text{ cm}^3 N_2}{100 \text{ cm}^3 \text{ อากาศ}} = \frac{\text{ปริมาตรของแก๊ส } N_2}{120.5 \text{ cm}^3 \text{ อากาศ}}$$

$$\begin{aligned} \text{ปริมาตรของแก๊ส } N_2 &= \frac{78 \text{ cm}^3 N_2 \times 120.5 \text{ cm}^3 \text{ อากาศ}}{100 \text{ cm}^3 \text{ อากาศ}} \\ &= 93.99 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

นั่นคือ อากาศในลูกโป่ง 120.5 ลูกบาศก์เซนติเมตร จะมีแก๊ส N_2 93.99 ลูกบาศก์เซนติเมตร

4.1.3 การหาปริมาณทั้งหมดจากร้อยละ

การหาปริมาณทั้งหมดจากร้อยละทำได้โดยนำความสัมพันธ์ที่มีเศษเป็น 100 หน่วย และมีส่วนเป็นจำนวนร้อยละ มาเปรียบเทียบสัดส่วนกับจำนวนซึ่งมีเศษเป็นจำนวนทั้งหมด และส่วนเป็นจำนวนที่สนใจ

ตัวอย่าง 9 แร่ชนิดหนึ่งมีน้ำเป็นองค์ประกอบอยู่ร้อยละ 7 โดยมวล ถ้าแร่นี้มีน้ำอยู่ 35.75 kg แร่จะหนักกี่กิโลกรัม

วิธีคิด ต้องการหามวลของแร่ จาก ร้อยละ เขียนความสัมพันธ์ที่มีเศษเป็นมวลของแร่ 100 kg และมีส่วนเป็นร้อยละ โดยมวลของน้ำได้ดังนี้ $\frac{100 \text{ kg แร่}}{7 \text{ kg น้ำในแร่}}$

เปรียบเทียบสัดส่วนความสัมพันธ์ซึ่งมีเศษเป็นมวลของแร่ และมีส่วนเป็นมวลของน้ำในแร่ 35.75 kg

$$\begin{aligned} \text{วิธีทำ} \quad \frac{100 \text{ kg แร่}}{7 \text{ kg น้ำในแร่}} &= \frac{\text{มวลของแร่}}{35.75 \text{ kg น้ำในแร่}} \\ \text{มวลของแร่} &= \frac{100 \text{ kg แร่} \times 35.75 \text{ kg } \cancel{\text{น้ำในแร่}}}{7 \text{ kg } \cancel{\text{น้ำในแร่}}} \\ &= 510.7 \text{ kg} \end{aligned}$$

ดังนั้น ถ้าแร่นี้มีน้ำอยู่ 35.75 กิโลกรัม แร่จะหนัก 510.7 กิโลกรัม

แบบฝึกหัด 4.3

จงคำนวณหาปริมาณที่กำหนดให้ต่อไปนี้

1. แร่ชนิดหนึ่งมี CaCO_3 อยู่ร้อยละ 67.8 โดยมวล ถ้าแร่นี้มีมวล 48.5 kg จะมี CaCO_3 อยู่กี่กิโลกรัม
2. ในการผลิตปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ต้องใช้ NH_3 ร้อยละ 39.5 ถ้าต้องการผลิตปุ๋ย $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 73.9 kg จะต้องใช้ NH_3 กี่กิโลกรัม
3. อากาศมีแก๊ส CO_2 ร้อยละ 0.010 โดยปริมาตร ถ้าอากาศมีปริมาตร $1.136 \times 10^{13} \text{ cm}^3$ จะมีแก๊ส CO_2 ปริมาตรเท่าไร