

การทดลองที่ 3

การสังเคราะห์และการหาสูตรอย่างง่ายของสารประกอบแมกนีเซียมออกไซด์ (Synthesis and empirical formula of magnesium oxide)

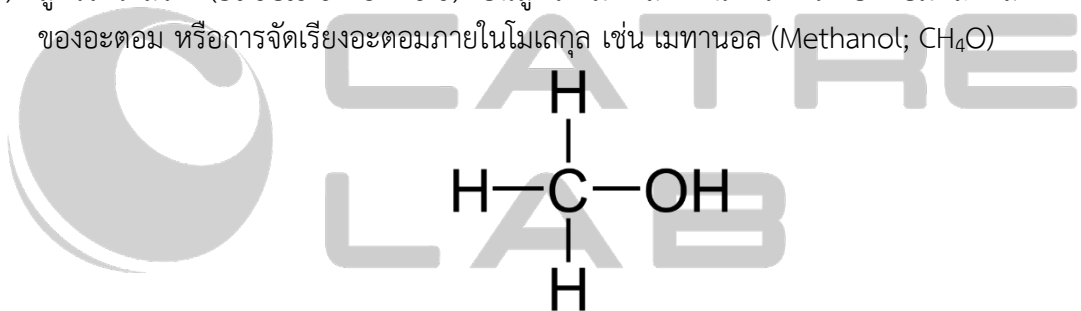
วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาการหาอัตราส่วนโดยน้ำหนักของธาตุองค์ประกอบ และการหาสูตรเอมพิริคัล
2. เพื่อศึกษาการสังเคราะห์สารประกอบแมกนีเซียมออกไซด์

หลักการ

สูตรเคมี (Chemical formula) คือสัญลักษณ์ที่ใช้เขียนแสดงส่วนประกอบของสารในโมเลกุล ซึ่งประกอบด้วยสัญลักษณ์ของธาตุ และจำนวนอะตอมที่เป็นองค์ประกอบ ตัวอย่างเช่น ไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO_2) โดยใน 1 โมเลกุลของสารนี้ประกอบด้วย N 1 อะตอม และ O 2 อะตอม หรือโพแทสเซียมคลอไรด์ (KCl) 1 โมเลกุลของสารประกอบด้วย K^+ 1 ไอออน และ Cl^- 1 ไอออน นอกจากนี้สารบางชนิดมีโมเลกุลน้ำ ประกอบอยู่ด้วย เช่น แมกนีเซียมซัลเฟตเฮปตาไฮเดรต ($\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) แสดงว่า MgSO_4 มีน้ำอยู่ 7 โมเลกุล เรียกสารประเภทนี้ว่า ไฮเดรต (Hydrate) เมื่อนำผลึกของสารเหล่านี้ไปเผาจะทำให้ น้ำระเหยออกไป และเรียกสารประเภทนี้ว่าเกลือแอนไฮไดรต (Anhydrous salt) [1] สูตรเคมีจำแนกออกเป็น 3 ประเภท ดังนี้ [2-3]

- 1) สูตรโครงสร้าง (Structural formula) เป็นสูตรเคมีที่แสดงพันธะระหว่างอะตอมและแสดงตำแหน่งของอะตอม หรือการจัดเรียงอะตอมภายในโมเลกุล เช่น เมทานอล (Methanol; CH_4O)



- 2) สูตรเอมพิริคัลหรือสูตรอย่างง่าย (Empirical formula) เป็นสูตรที่แสดงให้เห็นถึงอัตราส่วนอย่างต่ำของจำนวนอะตอมที่ประกอบขึ้นเป็นสารประกอบ เช่น CH เป็นสูตรอย่างง่าย ของอะเซทิลีน (Acetylene; C_2H_2) ประกอบด้วย C และ H โดยมีอัตราส่วนจำนวนอะตอมของ C : H = 1 : 1 หรือแคลเซียมออกไซด์ (CaO) ประกอบด้วยอัตราส่วนระหว่าง $\text{Ca}^{2+} : \text{O}^{2-} = 1 : 1$ เป็นต้น
- 3) สูตรโมเลกุล (Molecular formula) เป็นสูตรที่แสดงจำนวนอะตอมและสัญลักษณ์ของธาตุที่เป็นองค์ประกอบใน 1 โมเลกุล เช่น C_2H_2 เป็นสูตรโมเลกุลของอะเซทิลีน ประกอบด้วย C 2 อะตอม และ H 2 อะตอม ในบางกรณีสูตรโมเลกุลเป็นสูตรเดียวกันกับสูตรเอมพิริคัล เช่น H_2O เป็นสูตรที่ประกอบด้วยไฮโดรเจน 2 อะตอม ออกซิเจน 1 อะตอม ซึ่งเป็นจำนวนเต็มเลขคงตัวแล้ว บางครั้งสูตรโมเลกุลอาจเป็นพหุคูณของตัวเลขลงตัวกับสูตรเอมพิริคัล สามารถเขียนความสัมพันธ์ระหว่างสูตรโมเลกุลกับสูตรเอมพิริคัลได้ดังสมการที่ 3.1

$$\text{สูตรโมเลกุล} = (\text{สูตรเอมพิริคัล})_n \text{ เมื่อ } n = 1, 2, 3, \dots \quad (3.1)$$

การหาสูตรเอมพิริคัล มีหลักดังนี้ [4]

- 1) ต้องทราบว่าสารที่จะหาสูตรเอมพิริคัลประกอบด้วยธาตุใดบ้าง
- 2) ต้องทราบมวลอะตอมของแต่ละธาตุในสารที่จะหาสูตรเอมพิริคัล

- 3) ต้องทราบมวลของแต่ละธาตุในสารที่จะหาสูตร
- 4) นำข้อมูลจากข้อ 1, 2 และ 3 มาหาอัตราส่วนโดยโมล ด้วยการนำมวลของแต่ละธาตุหารด้วยมวลอะตอม
- 5) สำหรับการปัดจุดทศนิยมของตัวเลขในการหาอัตราส่วนโดยโมล โดยทำตัวเลขใดตัวเลขหนึ่ง ให้เป็น 1 แล้วจึงปัดจุดทศนิยมด้วยวิธีปัด ดังนี้
 - a. 0.1 - 0.2 ปัดทิ้ง เช่น 5.1 ปัดจุดทศนิยมทิ้งจะได้เป็น 5.0 เป็นต้น
 - b. 0.8 - 0.9 ปัดขึ้นอีก 1 เช่น 8.8 ปัดจุดทศนิยมขึ้นจะได้เป็น 9.0 เป็นต้น
 - c. กรณี 0.0 - 0.7 ปัดไม่ได้ต้องหาตัวเลขที่ต่ำที่สุดมาคูณตัวเลขของอัตราส่วนโดยโมลให้มีค่าใกล้เคียงที่จะปัดจุดทศนิยมได้ แล้วปัดจุดทศนิยมตัวเลขให้เป็นจำนวนเต็ม
 - d. อนึ่งการปัดจุดทศนิยม ถ้าตัวเลขปัดจุดทศนิยมไม่ได้ ตัวเลขทุกตัวของอัตราส่วนโดยโมลนั้นก็ จะไม่ปัดจุดทศนิยม ให้หาตัวเลขมาคูณให้ได้ตัวเลขที่จะปัดจุดทศนิยมได้ อัตราส่วนโดยโมลที่เป็นจำนวนเต็มจะได้เป็นสูตรเอมพิริคัล

ตัวอย่างเช่น สารประกอบชนิดหนึ่งจากการวิเคราะห์ พบว่าประกอบด้วยธาตุไฮโดรเจน (H) = 5.88% และกำมะถัน (S) = 94.12% โดยมวล จงคำนวณหาสูตรเอมพิริคัล (H = 1, S = 32)

$$\text{อัตราส่วนโดยน้ำหนักของ H : S} = 5.88 : 94.12$$

$$\begin{aligned} \text{อัตราส่วนโดยโมลอะตอม H : S} &= \frac{5.88}{1} : \frac{94.12}{32} \\ &= 5.88 : 2.94 \end{aligned}$$

นำจำนวนที่น้อยที่สุดหารตลอดทั้งสมการ เพื่อทำตัวเลขใดตัวเลขหนึ่งให้เป็น 1

$$\begin{aligned} &= \frac{5.88}{2.94} : \frac{2.94}{2.94} \\ &= 2 : 1 \end{aligned}$$

ดังนั้น สูตรเอมพิริคัลของสารประกอบนี้ คือ H_2S

ในการคำนวณหาสูตรโมเลกุล สามารถทำได้โดยเมื่อหาสูตรเอมพิริคัลและน้ำหนักโมเลกุลของสารประกอบนั้นแล้ว ให้นำความสัมพันธ์ทั้ง 2 มาเขียนเป็นสมการที่ 3.1

ตัวอย่างเช่น จากการวิเคราะห์สารประกอบชนิดหนึ่งประกอบด้วยธาตุ คาร์บอน (C) = 40% ออกซิเจน (O) = 53.33% และ H = 6.67% โดยน้ำหนัก จงคำนวณหาสูตรโมเลกุล เมื่อสารประกอบนี้มีมวลโมเลกุล 60 (C = 12, H = 1, O = 16)

$$\text{อัตราส่วนโดยมวล C : H : O} = 40 : 6.67 : 53.33$$

$$\begin{aligned} \text{อัตราส่วนโดยมวล C : H : O} &= \frac{40}{12} : \frac{6.67}{1} : \frac{53.33}{16} \\ &= 3.33 : 6.67 : 3.33 \end{aligned}$$

นำจำนวนที่น้อยที่สุด (3.33) หารตลอดทั้งสมการ เพื่อทำตัวเลขใดตัวเลขหนึ่งให้เป็น 1

$$= 1 : 2 : 1$$

ดังนั้น สูตรเอมพิริคัลของสารประกอบนี้ คือ CH_2O

จากมวลโมเลกุลของสารประกอบ = 60

จากสูตรโมเลกุล = (สูตรเอมพิริคัล) n

$$60 = (\text{CH}_2\text{O})n$$

$$60 = [12 + (2 \times 1) + 16]n$$

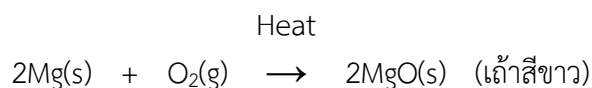
$$60 = 30n$$

$$n = 2$$

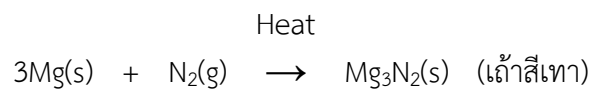
ดังนั้น สูตรโมเลกุล = $(\text{CH}_2\text{O})_2 = \text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$

ฉะนั้น สูตรโมเลกุล คือ $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$ หรือ CH_3COOH

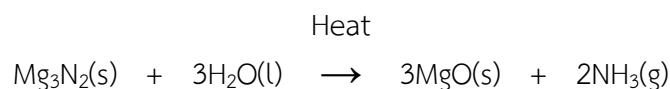
สำหรับการทดลองนี้เป็นการสังเคราะห์แมกนีเซียมออกไซด์ โดยใช้ลวดแมกนีเซียมที่ทำปฏิกิริยากับแก๊สออกซิเจนในอากาศ เพื่อหาสูตรอย่างง่ายของสารประกอบแมกนีเซียมออกไซด์ โดยคำนวณจากอัตราส่วนโดยน้ำหนักของแมกนีเซียมและออกซิเจนที่ได้จากผลการทดลอง



นอกจากแก๊สออกซิเจนในอากาศแล้วลวดแมกนีเซียมยังอาจทำปฏิกิริยากับแก๊สไนโตรเจนในอากาศ



ดังนั้น จึงต้องกำจัด แมกนีเซียมไนไตรด์ (Mg_3N_2) โดยทำปฏิกิริยากับน้ำ ดังสมการ



อุปกรณ์

1. ถ้วยครุชชีเบิล (Crucible)
2. เครื่องชั่งสาร (Balance)
3. ตะเกียงแอลกอฮอล์ (Alcohol Burner)
4. คีมคีบถ้วยครุชชีเบิล (Crucible tongs)
5. หลอดหยด (Dropper)
6. ปีกเกอร์ (Beaker)
7. ขาตั้ง พร้อมคอนเดนเซอร์ แคลมป์ (Stand & Condenser Clamp & Boss Head)

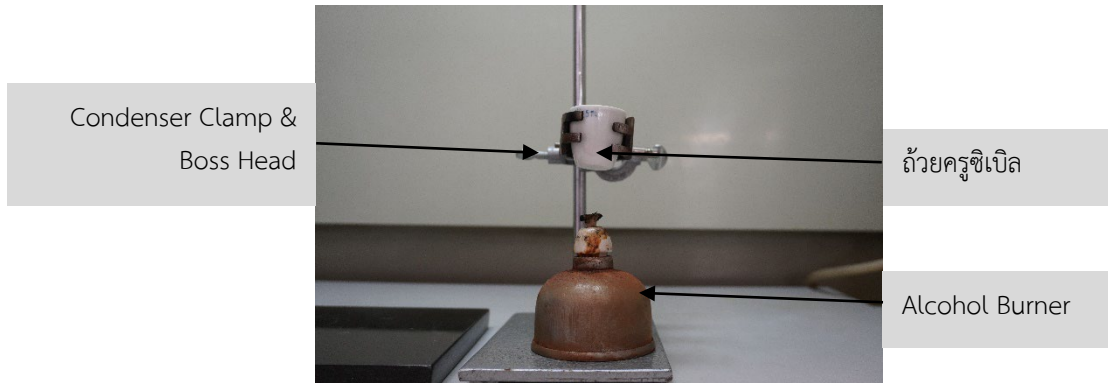
สารเคมี

1. ลวดแมกนีเซียม
2. น้ำกลั่น

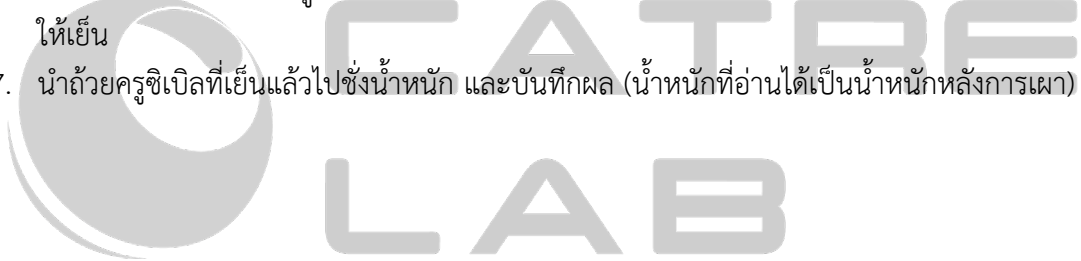


วิธีการทดลอง

1. จัดเครื่องมือดังรูป (ถ้วยครุชเชิลต้องแห้งและสะอาด) เฝ้า 10 นาที แล้วปล่อยให้เย็นลงที่อุณหภูมิห้อง



2. นำถ้วยครุชเชิลที่เย็นแล้วไปชั่งน้ำหนัก ด้วยเครื่องชั่งสาร อ่านน้ำหนักที่ได้ และบันทึกผล
3. หลังจากนั้น TARE น้ำหนักให้เป็นศูนย์ (ถ้วยครุชเชิลยังคงอยู่ในเครื่องชั่ง)
4. ชั่งลวดแมกนีเซียมที่ขีดแล้วใส่ลงในถ้วยครุชเชิล 0.3-0.4 กรัม และบันทึกน้ำหนักที่แน่นอน (น้ำหนักที่อ่านได้เป็นน้ำหนักของลวดแมกนีเซียมอย่างเดียว)
5. นำถ้วยครุชเชิลที่มีลวดแมกนีเซียมอยู่ภายใน ไปเผา 20 นาที แล้วทิ้งไว้ให้เย็น
6. หยดน้ำกลั่น ลงในถ้วยครุชเชิลประมาณ 20 หยด หรือ 1 mL แล้วเผาต่ออีก 15 นาที แล้วปล่อยให้เย็น
7. นำถ้วยครุชเชิลที่เย็นแล้วไปชั่งน้ำหนัก และบันทึกผล (น้ำหนักที่อ่านได้เป็นน้ำหนักหลังการเผา)



รายงานผลการทดลองที่ 3 การสังเคราะห์และหาสูตรอย่างง่ายของสารประกอบแมกนีเซียมออกไซด์
(Synthesis and Empirical formula of Magnesium oxide compounds)

น้ำหนักถ้วยครุชิวเปิล	19.5415 g
น้ำหนักลวดแมกนีเซียม (Magnesium)	0.3783 g
น้ำหนักหลังการเผา	20.1558 g

กำหนดให้

- มวลโมเลกุลของแมกนีเซียม = 24.31 g/mol
- มวลโมเลกุลของออกซิเจน = 16.00 g/mol

การคำนวณสูตรอย่างง่าย โดยทำอัตราส่วนโดยโมลอะตอมให้เป็น อัตราส่วนอย่างต่ำ

$$\begin{aligned}\text{น้ำหนักแมกนีเซียมออกไซด์ (Magnesium oxide)} &= \text{น้ำหนักหลังการเผา} - \text{น้ำหนักถ้วยครุชิวเปิล} \\ &= 20.1558 - 19.5415 \\ &= 0.6143 \text{ g}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{น้ำหนักออกซิเจน (Mass oxygen)} &= \text{น้ำหนักแมกนีเซียมออกไซด์} - \text{น้ำหนักลวดแมกนีเซียม} \\ &= 0.6143 - 0.3783 \\ &= 0.2360 \text{ g}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{จำนวนโมลของแมกนีเซียม (Moles of magnesium)} &= \frac{\text{น้ำหนักลวดแมกนีเซียม}}{\text{มวลโมเลกุลของแมกนีเซียม}} \\ &= \frac{0.3783}{24.31} = 0.01556 \text{ mol}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{จำนวนโมลของออกซิเจน (Moles of oxygen)} &= \frac{\text{น้ำหนักออกซิเจน}}{\text{มวลโมเลกุลของออกซิเจน}} \\ &= \frac{0.2360}{16.00} = 0.01475 \text{ mol}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{อัตราส่วนโดยโมลอะตอม (Ratio of moles Mg atoms to moles O atoms)} &= \frac{\text{จำนวนโมลของออกซิเจน}}{\text{จำนวนโมลของแมกนีเซียม}} \\ &= \frac{0.01475}{0.01556} = 0.947 \sim 1\end{aligned}$$

ดังนั้น สูตรเอมพิริคัล เป็น Mg_1O_1 หรือ MgO

การคำนวณ Percent of magnesium (by mass)

$$\%Mg = \frac{\text{น้ำหนักลวดแมกนีเซียม}}{\text{น้ำหนักแมกนีเซียมออกไซด์}} \times 100$$

$$\%Mg = \frac{0.3783}{0.6143} \times 100 = 61.58\%$$

การคำนวณ Percent of magnesium (by mass) ตามทฤษฎี

$$\%Mg = \frac{\text{มวลโมลแมกนีเซียม}}{\text{มวลโมลแมกนีเซียมออกไซด์}} \times 100$$

$$\%Mg = \frac{24.31}{40.31} \times 100 = 60.31\%$$

Percentage error

$$\%Error = \left| \frac{\text{ค่าที่ได้จากการทดลอง} - \text{ค่าจากทฤษฎี}}{\text{ค่าจากทฤษฎี}} \right| \times 100$$

$$\%Error = \left| \frac{61.58 - 60.31}{60.31} \right| \times 100 = 2.1\%$$

สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการการสังเคราะห์สารประกอบแมกนีเซียมออกไซด์ โดยเผาผลวอดแมกนีเซียม 0.3783 กรัม ทำปฏิกิริยากับแก๊สออกซิเจนในอากาศจะได้เป็นสารประกอบแมกนีเซียมออกไซด์ ที่มีลักษณะเป็นเถ้าสีขาวออกมา

เนื่องจากในกระบวนการการทำปฏิกิริยาระหว่างลวดแมกนีเซียมกับออกซิเจนในอากาศ อาจเกิดการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ และเวลาในการเผาไม่เพียงพอ และยังมีแก๊สไนโตรเจน ที่สามารถเข้าไปทำให้เกิดปฏิกิริยาร่วมกันเกิดเป็นสารประกอบเป็นแมกนีเซียมไนไตรด์ (Mg_3N_2) จึงต้องกำจัดออกด้วยการใช้น้ำในปริมาณที่เหมาะสม หากใส่ปริมาณน้ำเยอะเกินไปจะทำให้เกิดสารประกอบแมกนีเซียมไฮดรอกไซด์ ($Mg(OH)_2$) ได้

ดังนั้น จากการทดลองจะได้สารประกอบแมกนีเซียมออกไซด์ 0.6143 กรัม ซึ่งจากกฎทรงมวลทำให้ทราบถึงน้ำหนักออกซิเจน 0.2360 กรัม และสามารถหาสูตรอย่างง่ายของสารประกอบแมกนีเซียมออกไซด์ที่ได้ โดยมีอัตราส่วนโดยโมลอะตอมระหว่าง แมกนีเซียม : ออกซิเจน เป็น 0.947 หรือประมาณค่าได้เป็น 1 โดยมีค่าความคลาดเคลื่อนร้อยละ 2.1 ฉะนั้นสูตรอย่างง่ายของสารประกอบแมกนีเซียมออกไซด์ที่ได้จากการทดลองคือ MgO

อ้างอิง

- [1] NICE CXOne, “Chemical Formulas - How to Represent Compounds,” LibraryTexts CHEMISTRY, 9 7 2023. [ออนไลน์]. Available: https://chem.libretexts.org/Bookshelves/Introductory_Chemistry/Introductory_Chemistry/05%3A_Molecules_and_Compounds/5.03%3A_Chemical_Formulas_-_How_to_Represent_Compounds. [เข้าถึง 3 7 2023].
- [2] โรงเรียนนวมินทราชินูทิศ สตรีวิทยา พุทธมณฑล, “ปริมาณสารสัมพันธ์ ตอนที่ 3 สูตรเคมี,” 16 3 2014. [ออนไลน์]. Available: http://www.satriwit3.ac.th/external_newsblog.php?links=1557. [เข้าถึง 14 7 2023].
- [3] สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงศึกษาธิการ, “สารละลาย,” ใน *รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เคมี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เล่ม 2*, กรุงเทพฯ, สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.), 2560, p. 58.
- [4] มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, เอกสารประกอบคำบรรยาย วิชาเคมี ของโครงการส่งเสริมความสามารถพิเศษภาคฤดูร้อน Brands's Summer Camp'95.

