การทดลองที่ 3
การสังเคราะห์และการหาสูตรอย่างง่ายของสารประกอบแมกนีเซียมออกไซด์
(Synthesis and empirical formula of magnesium oxide)

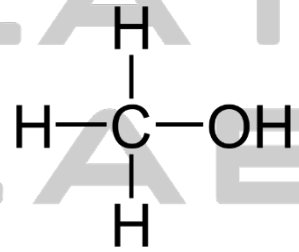
วัตถุประสงค์

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 นอกจากนี้สารบางชนิดมีโมเลกุลน้ำประกอบอยู่ด้วย เช่น แมกนีเซียมซัลเฟตเฮปตาไฮเดรต ($MgSO_4 \bullet 7H_2O$) แสดงว่า $MgSO_4$ มีน้ำอยู่ 7 โมเลกุล เรียกสารประเภทนี้ว่า ไฮเดรต (Hydrate) เมื่อนำผลึกของสารเหล่านี้ไปเผาจะทำให้น้ำระเหยออกไป และเรียกสารประเภทนี้ว่าเกลือแอนไฮดรัส (Anhydrous salt) [1] สูตรเคมีจำแนกออกเป็น 3 ประเภท ดังนี้ [2-3]

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



2) สูตรเอมพิริคัลหรือสูตรอย่างง่าย (Empirical formula) เป็นสูตรที่แสดงให้ทราบถึงอัตราส่วนอย่างต่ำของจำนวนอะตอมที่ประกอบขึ้นเป็นสารประกอบ เช่น CH เป็นสูตรอย่างง่าย ของอะเซทิลีน (Acetylene; C_2H_2) ประกอบด้วย C และ H โดยมีอัตราส่วนจำนวนอะตอมของ C : H = 1 : 1 หรือแคลเซียมออกไซด์ (CaO) ประกอบด้วยอัตราส่วนระหว่าง $Ca^{2+} : O^{2-} = 1 : 1$ 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

$$\text{สูตรโมเลกุล} = (\text{สูตรเอมพิริคัล})n \text{ เมื่อ } n = 1, 2, 3,... \qquad (3.1)$$

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 ปัดไม่ได้ต้องหาตัวเลขที่ต่ำที่สุดมาคูณตัวเลขของอัตราส่วนโดยโมลให้มีค่าใกล้กับที่จะปัดจุดทศนิยมได้ แล้วปัดจุดทศนิยมตัวเลขให้เป็นจำนวนเต็ม
    d. อนึ่งการปัดจุดทศนิยม ถ้าตัวเลขปัดจุดทศนิยมไม่ได้ ตัวเลขทุกตัวของอัตราส่วนโดยโมลนั้นก็จะไม่ปัดจุดทศนิยม ให้หาตัวเลขมาคูณให้ได้ตัวเลขที่จะปัดจุดทศนิยมได้ อัตราส่วนโดยโมลที่เป็นจำนวนเต็มจะได้เป็นสูตรเอมพิริคัล

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

อัตราส่วนโดยน้ำหนักของ H : S = 5.88 : 94.12

อัตราส่วนโดยโมลอะตอม H : S $= \frac{5.88}{1} : \frac{94.12}{32}$

$= 5.88 : 2.94$

นำจำนวนที่น้อยที่สุดหารตลอดทั้งสมการ เพื่อทำตัวเลขใดตัวเลขหนึ่งให้เป็น 1

$= \frac{5.88}{2.94} : \frac{2.94}{2.94}$

$= 2 : 1$

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 เมื่อสารประกอบมีมวลโมเลกุล 60 (C = 12, H = 1, O = 16)

อัตราส่วนโดยมวล C : H : O = 40 : 6.67 : 53.33

อัตราส่วนโดยมวล C : H : O = $\frac{40}{12} : \frac{6.67}{1} : \frac{53.33}{16}$

= 3.33 : 6.67 : 3.33

นำจำนวนที่น้อยที่สุด (3.33) หารตลอดทั้งสมการ เพื่อทำตัวเลขใดตัวเลขหนึ่งให้เป็น 1

= 1 : 2 : 1

ดังนั้น สูตรเอมพิริคัลของสารประกอบนี้ คือ CH_2O

จากมวลโมเลกุลของสารประกอบ = 60

จากสูตรโมเลกุล = (สูตรเอมพิริคัล)n

60 = $(CH_2O)n$

60 = [12 + (2x1) + 16]n

60 = 30n

n = 2

ดังนั้น สูตรโมเลกุล = $(CH_2O)_2 = C_2H_4O_2$

ฉะนั้น สูตรโมเลกุล คือ $C_2H_4O_2$ หรือ CH_3COOH

สำหรับในการทดลองนี้เป็นการสังเคราะห์แมกนีเซียมออกไซด์ โดยใช้ลวดแมกนีเซียมที่ทำปฏิกิริยากับแก๊สออกซิเจนในอากาศ เพื่อหาสูตรอย่างง่ายของสารประกอบแมกนีเซียมออกไซด์ โดยคำนวณจากอัตราส่วนโดยน้ำหนักของแมกนีเซียมและออกซิเจนที่ได้จากผลการทดลอง

$$2Mg(s) + O_2(g) \xrightarrow{Heat} 2MgO(s) \quad \text{(เถ้าสีขาว)}$$

นอกจากแก๊สออกซิเจนในอากาศแล้วลวดแมกนีเซียมยังอาจทำปฏิกิริยากับแก๊สไนโตรเจนในอากาศ

$$3Mg(s) + N_2(g) \xrightarrow{Heat} Mg_3N_2(s) \quad \text{(เถ้าสีเทา)}$$

ดังนั้น จึงต้องกำจัด แมกนีเซียมไนไตรด์ (Mg_3N_2) โดยทำปฏิกิริยากับน้ำ ดังสมการ

$$Mg_3N_2(s) + 3H_2O(l) \xrightarrow{Heat} 3MgO(s) + 2NH_3(g)$$

อุปกรณ์

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

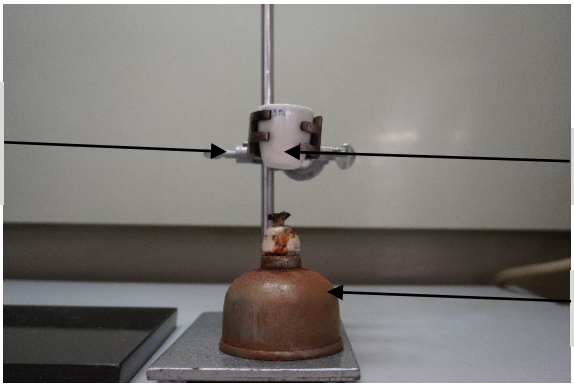
สารเคมี

1. ลวดแมกนีเซียม
2. น้ำกลั่น

CATRE LAB

วิธีการทดลอง

1. จัดเครื่องมือดังรูป (ถ้วยครูซิเบิลต้องแห้งและสะอาด) เผา 10 นาที แล้วปล่อยให้เย็นลงที่อุณหภูมิห้อง



2. นำถ้วยครูซิเบิลที่เย็นแล้วไปชั่งน้ำหนัก ด้วยเครื่องชั่งสาร อ่านน้ำหนักที่ได้ และบันทึกผล
3. หลังจากนั้น TARE น้ำหนักให้เป็นศูนย์ (ถ้วยครูซิเบิลยังคงอยู่ในเครื่องชั่ง)
4. ชั่งลวดแมกนีเซียมที่ขัดแล้วใส่ลงในถ้วยครูซิเบิล 0.3-0.4 กรัม และบันทึกน้ำหนักที่แน่นอน (น้ำหนักที่อ่านได้เป็นน้ำหนักของลวดแมกนีเซียมอย่างเดียว)
5. นำถ้วยครูซิเบิลที่มีลวดแมกนีเซียมอยู่ภายใน ไปเผา 20 นาที แล้วทิ้งไว้ให้เย็น
6. หยดน้ำกลั่น ลงในถ้วยครูซิเบิลประมาณ 20 หยด หรือ 1 mL แล้วเผาต่ออีก 15 นาที แล้วปล่อยทิ้งไว้ให้เย็น
7. นำถ้วยครูซิเบิลที่เย็นแล้วไปชั่งน้ำหนัก และบันทึกผล (น้ำหนักที่อ่านได้เป็นน้ำหนักหลังการเผา)

CATRE LAB

<u>รายงานผลการทดลองที่ 3 การสังเคราะห์และหาสูตรอย่างง่ายของสารประกอบแมกนีเซียมออกไซด์</u>

<u>(Synthesis and Empirical formula of Magnesium oxide compounds)</u>

น้ำหนักถ้วยครูซิเบิล ..... g
น้ำหนักลวดแมกนีเซียม (Magnesium) ..... g
น้ำหนักหลังการเผา ..... g

กำหนดให้

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

การคำนวณสูตรอย่างง่าย โดยทำอัตราส่วนโดยโมลอะตอมให้เป็น อัตราส่วนอย่างต่ำ

น้ำหนักแมกนีเซียมออกไซด์ (Magnesium oxide) = น้ำหนักหลังการเผา - น้ำหนักถ้วยครูซิเบิล

= ..... – .....

= ..... g

น้ำหนักออกซิเจน (Mass oxygen) = น้ำหนักแมกนีเซียมออกไซด์ – น้ำหนักลวดแมกนีเซียม

= .....–.....

= ..... g

จำนวนโมลของแมกนีเซียม (Moles of magnesium) $= \frac{\text{น้ำหนักลวดแมกนีเซียม}}{\text{มวลโมเลกุลของแมกนีเซียม}}$

=..... mol

จำนวนโมลของออกซิเจน (Moles of oxygen) $= \frac{\text{น้ำหนักออกซิเจน}}{\text{มวลโมเลกุลของออกซิเจน}}$

= .....mol

อัตราส่วนโดยโมลอะตอม (Ratio of moles Mg atoms to moles O atoms) $= \frac{\text{จำนวนโมลของออกซิเจน}}{\text{จำนวนโมลของแมกนีเซียม}}$

= .....

ดังนั้น สูตรเอมพิริคัล เป็น.....

CAFRE LAB

การคำนวณ Percent of magnesium (by mass)

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

การคำนวณ Percent of magnesium (by mass) ตามทฤษฎี

$$\%Mg = \frac{\text{มวลโมเลกุลแมกนีเซียม}}{\text{มวลโมเลกุลแมกนีเซียมออกไซด์}} \times 100$$

Percentage error

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

CATRE LAB

<u>สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง</u>

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. [เข้าถึง3 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. [เข้าถึง14 7 2023].

[3] สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงศึกษาธิการ, “สารละลาย,” ใน *รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เคมี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เล่ม 2*, กรุงเทพ, สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.), 2560, p. 58.

[4] มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, เอกสารประกอบคำบรรยาย วิชาเคมี ของโครงการส่งเสริมความสามารถพิเศษภาคฤดูร้อน Brands's Summer Camp'95.

CATRE LAB