

## 實驗三 化學式測定

### 一、目的

1. 瞭解化學式的定義、種類以及化學式的測定原理。
2. 應用化合法測定氧化鎂的化學式。

### 二、說明

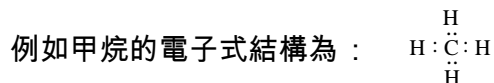
#### (一)、化學式的種類

純物質包括元素(element)與化合物(compound)，化合物又區分成不具獨立的基本結合單位的離子化合物(ionic compound)，以及具有獨立的基本結合單位的分子化合物(molecular compound)。純物質若以元素狀態存在，則其組成原子都一樣，以元素符號(element symbol)即可清楚表達，然而描述由兩種或兩種以上元素原子結合成的化合物，就必須藉助化學式(chemical formula)方能完整地敘述清楚。化合物的化學式包含各組成元素、相對化合比例關係(亦即定組成定律)，以及原子的鍵結排列等資訊，化學式的種類有下列五種：

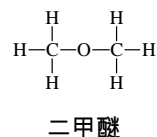
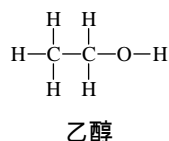
1. 實驗式(empirical formula)：只包含各組成元素最簡單化合比例的化學式，稱為實驗式，又稱為最簡式(simplest formula)。例如： $\text{C}_2\text{H}_5$
2. 分子式(molecular formula)：化合物具有獨立的基本結合單位者稱為分子(molecular)，而完整表示分子化合物其組成元素與化合比例關係之化學式，稱為分子式。若將分子式中各組成元素的化合比例最簡單化，即成為上述的實驗式，因此分子式為實驗式的正整數倍數(n)，即分子式 = (實驗式)<sub>n</sub>。例如： $\text{C}_4\text{H}_{10} = (\text{C}_2\text{H}_5)_2$

3. 示性式(rational formula)：將化合物中特定的結構 - 稱為官能基(functional group)，特別顯示的化學式，稱為示性式。此化學式常用於有機化合物，例如乙醇： $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{-OH}$ ；乙酸： $\text{CH}_3\text{-COOH}$ 。

4. 電子式(electronic formula)：強調分子式中各原子外層電子排列的化學式稱為電子式。



5. 構造式(structural formula)：顯現分子各組成元素原子的相互結合及空間排列狀態之化學式，稱為構造式。對於同分異構物(isomer)，即具有相同分子式但結構不同的化合物，構造式便能清楚地顯示彼此的差異，例如  $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$  有下列兩種結構：



化學式所代表之量，即化學式中諸元素之原子量總和，稱為式量(formula weight)，若以克為單位，則稱之為克式量(gram formula weight)，當化合物具有最小分子單位，則稱為分子量(molecular weight)。因此，分子量為式量之一種。

## (二)、化學式測定

化學式測定是確認物質的重要程序，以利於後續性質的研究探討。一般是先測定最簡單化學式(即實驗式)，再由測得的分子量決定分子式。其步驟如下：

1. 測定化合物中組成元素的種類以及所佔的重量百分率。
2. 由各元素所佔質量或質量百分比換算為相對的克原子數 (Number of gram-atoms)比，並

求出最簡克原子數整數比，以決定其實驗式。

$$A \text{ 元素原子數} : B \text{ 元素原子數} = \frac{A \text{ 元素質量或質量百分比}}{A \text{ 元素原子量}} : \frac{B \text{ 元素質量或質量百分比}}{B \text{ 元素原子量}}$$

3. 若為分子化合物，則測定分子量，以決定其分子式。常用的分子量的測定法有凝固點下降(freezing point depression)、沸點上昇法、及蒸氣壓密度法等。

常用化學式測定方法有化合法或分析法。化合法原理為將已知質量之 A 元素與過量之 B 元素完全反應成化合物後，除去過量之 B 元素後所增加之質量，即為與 A 元素相結合的 B 元素質量，由此即可計算出各元素所佔的重量百分率。分析法原理則與化合法相反，利用分解化合物以求得組成元素質量，例如加熱分解  $\text{KClO}_3(s)$ ，又如以過量氫氣還原氧化銅中的銅。

本實驗利用化合法以測定氧化鎂的實驗式，假設將 2.430g 鎂帶置於坩堝中加熱使其充分氧化，得氧化鎂 4.030g。因此，氧化鎂中

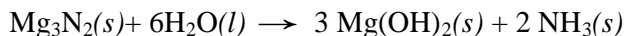
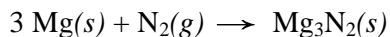
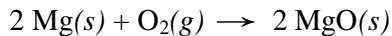
鎂佔：2.430g 或  $2.430/4.030=60.3\%$ ，

氧佔：4.030-2.430=1.600g 或  $1.600/4.030=39.7\%$ 。

$$\begin{aligned} \text{鎂} : \text{氧} &= \frac{\text{鎂的質量或質量百分比}}{\text{鎂的原子量}} : \frac{\text{氧的質量或質量百分比}}{\text{氧原子量}} = \frac{2.430}{24.30} : \frac{1.600}{16.00} \\ &= 1 : 1 \end{aligned}$$

故氧化鎂實驗式為  $\text{MgO}$

化合法要注意避免副反應的干擾。在本實驗中，鎂加熱氧化反應時，因空氣中含有 79% 的氮氣，故有一部分鎂將反應生成黑色氮化鎂。因此，加熱鎂帶與空氣反應後，須先加水將氮化鎂轉變成氫氧化鎂後再加熱分解，方能將鎂帶完全變成氧化鎂。其反應方程式如下：



### 三、儀器與藥品

數位天平、瓷坩堝及蓋(15mL)，坩堝夾、泥三角，滴管、細砂紙(No.1)、本生燈、鐵架與鐵環、鎂帶。

### 四、實驗步驟

化合法測定氧化鎂的化學式

1. 取一潔淨的瓷坩堝，蓋上坩堝蓋但留一空隙，依圖 III-1 所示置於泥三角上，以本生燈灼熱瓷坩堝至底部變紅持續 5 分鐘（若本生燈不足以使坩堝底部變紅，改用酒精噴燈），之後移去本生燈使坩堝冷卻至室溫，接著以坩堝夾拿取至天平精稱並記錄之。重複本步驟，直到重量不變(兩次相差 2 mg 以內)

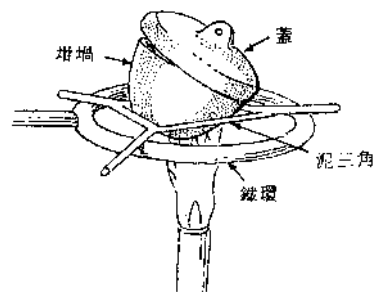


圖 III-1. 瓷坩堝灼熱裝置。

2. 取約 0.3 g 的鎂帶，先用砂紙將表面磨亮，接著將其捲繞成漩渦狀置入步驟 1 的瓷坩堝中，之後連坩堝蓋一同精稱並記錄之。

3. 如圖 III-1 所示，將坩堝蓋上坩堝蓋但留一空隙(以便使坩堝內鎂帶有足夠的空氣燃燒，但可防止坩堝內的氧化物逸失)，置於泥三角上。首先以弱火緩慢加熱 5 分鐘，接著調整火力為強火，將坩堝底部持續灼熱變紅 15 分鐘，之後移去本生燈使坩堝冷卻至室溫，
4. 以坩堝夾開蓋，滴加蒸餾水約 2mL 後重新加蓋，然後緩慢加熱至坩堝中的內容物乾燥，最後以坩堝夾去蓋強火灼熱 5 分鐘。
5. 若坩堝中內容物仍呈黑色(表示尚含有氮化鎂)，須重複步驟 4 的滴加蒸餾水操作，以便使坩堝中黑色物質完全轉變成白色的氧化鎂。
6. 靜置冷卻坩堝至室溫，以坩堝夾加蓋後並拿取至天平精稱。
7. 由實驗結果，推算氧化鎂的最簡單化學式。

# 實驗報告

## 實驗三 化學式測定

班 級： \_\_\_\_\_ 系 \_\_\_\_\_ 年 \_\_\_\_\_ 班 組別： \_\_\_\_\_

姓 名： \_\_\_\_\_ 學號： \_\_\_\_\_

姓 名： \_\_\_\_\_ 學號： \_\_\_\_\_

姓 名： \_\_\_\_\_ 學號： \_\_\_\_\_

姓 名： \_\_\_\_\_ 學號： \_\_\_\_\_

姓 名： \_\_\_\_\_ 學號： \_\_\_\_\_

實驗日期： \_\_\_\_\_ 年 \_\_\_\_\_ 月 \_\_\_\_\_ 日

實驗報告

繳交日期： \_\_\_\_\_ 年 \_\_\_\_\_ 月 \_\_\_\_\_ 日

任課教師： \_\_\_\_\_

評閱： \_\_\_\_\_

# 實驗三 化學式測定

日期：\_\_\_\_\_ 氣候：\_\_\_\_\_ 評分：\_\_\_\_\_

系級：\_\_\_\_\_ 組別：\_\_\_\_\_ 姓名：\_\_\_\_\_ 學號：\_\_\_\_\_

組員姓名：\_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_

組員學號：\_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_

## 一、實驗記錄及結果

灼熱後坩堝+坩堝蓋重 $W_0$		差值
	第一次 g	
	第二次 g	mg
	第三次 g	mg
	第四次 g	mg
	第五次 g	mg
	g	mg

坩堝+坩堝蓋+鎂帶重 $W_1$	g
坩堝+坩堝蓋+氧化鎂重 $W_2$	g
鎂帶重 $W_1 - W_0$	g
氧化鎂重 $W_2 - W_0$	g
氧重 $W_2 - W_1$	g
氧化鎂之實驗式	

## 二、實驗廢棄物

實驗廢棄物	類別	處理方式

### 三、問題與討論

1. 實驗時，為何坩堝以及坩堝蓋需先強熱至恆重？

答：

2. 實驗時，鎂帶以細砂紙磨亮的原因為何？

答：

3. 已知某化合物含碳 52.17%、氫 13.04%，以及氧 34.78%，求其實驗式。若知其分子量為 138.0，則其分子式為何？

答：

### 四、實驗心得