

# 氧化銅與稀硫酸（稀鹽酸、稀硝酸） 反應製造硫酸銅（氯化銅、硝酸銅）

## 晶體及一些引發的研究

國中組化學科第三名

雲林縣崙背國民中學

作者：許寶月·林敏玲  
許秋田·廖乃祺  
等六人

指導教師：許錦文



### 一、研究動機

金屬氧化物溶於稀硫酸是金屬硫酸鹽的一種標準製法，也是廣義的酸鹼中和觀念。化學課本第三冊實驗 18-2 舉氧化銅與稀硫酸作用製得硫酸銅飽和溶液後趁熱過濾，置室溫下降低此飽和溶液溫度，得

硫酸銅晶體。遺憾者爲此實驗並未示知稀硫酸之濃度及體積，以致於在操作過程中常不易製得飽和溶液（Saturated Solution）置室溫冷卻幾星期亦無晶體生成（見照片）。且稍一不慎，硫酸濃度太高，一下子製成不穩定的過飽和溶液（Supersaturated Solution）稍一搖動即刻產生細小晶體，無法製得美麗的三斜晶。對此，令我們感到異常困惑與懷疑，因而請示老師，老師說：「懷疑與困惑是踏入科學的試金石」，並以胡適的「大胆假設，小心求證」名言來勉勵我們。爲了探討得到三斜晶體適當的稀硫酸濃度界限，我們幾個人開始着手研究並進行推衍實驗。

## 二、實驗目的

- (一) 探討稀硫酸與氧化銅作用形成晶體的濃度界限，濃度與體積的範圍，了解過濾後滴加稀硫酸之意義，以利實驗教學。
- (二) 探討氧化銅與稀鹽酸、稀硝酸作用形成晶體的難易，及晶體的差異現象。
- (三) 探討各種金屬氧化物與稀硫酸（稀鹽酸）作用的難易及晶體形成的差異情形。
- (四) 以硫酸銅與重鉻酸鉀爲例，了解晶體成長的環境因素（與溶液 pH 的關係）。
- (五) 使了解  $\text{Cu}^{2+}$ ， $\text{Cu}^+$ ， $\text{Sn}^{2+}$ ， $\text{Sn}^{4+}$  之定性檢驗，以奠定分析化學的基礎。
- (六) 以硫酸銅晶體爲例，突破以往科展只研究晶體大小的培養，未探討晶體的幾何結構，包括晶胞、晶格觀念，面角測定，以便紮穩固態物理學基礎。

## 三、理論基礎

(一) 有關鹽類製備方面：

1. 在第二冊第十一章，我們學到方程式的列式必須根據事實，不得憑空臆測，基於此，本實驗所做的反應，所列的方程式皆根據事實，譬如我們製出硫酸汞晶體，其遇水即產生鮮黃

色的鹼性硫酸汞，反應式為  $\text{HgSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow$

$\text{Hg}(\text{H}_2\text{O})_2\text{SO}_4$  (Mercuric Subsulfate)。

2  $\text{Cu}_2\text{O}$  與  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (2.0M)；作用得  $\text{CuSO}_4$  及紅銅，其反應式  $\text{Cu}_2\text{O} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{CuSO}_4 + \text{H}_2\text{C} + \text{Cu}$ 。

$\text{Cu}_2\text{O}$  與  $\text{HCl}$  (2.0M) 作用得  $\text{CuCl} \downarrow$  ppt (白色沈澱) 其上層有  $[\text{CuCl}_2]^-$  錯離子， $\text{Cu}_2\text{O} + 2\text{HCl} \rightarrow 2\text{CuCl} \downarrow + \text{H}_2\text{O}$ ； $\text{Cu}^+ + 2\text{Cl}^- \rightarrow [\text{CuCl}_2]^-$ 。

$\text{CuCl} \downarrow$  ppt 可用  $\text{KOH}$  或  $\text{NaOH}$  檢驗，遇之形成黃色  $\text{Cu}(\text{OH})_2$  ppt 加熱變成紅色  $\text{Cu}_2\text{O}$ 。

3 硫酸銅、硝酸銅和氯化銅這些銅鹽溶液滴入氨水，即刻變淡藍色  $\text{Cu}(\text{OH})_2$  ppt，其反應式為： $\text{Cu}^{2+} + 2\text{OH}^- \rightarrow \text{Cu}(\text{OH})_2$ ，此沈澱不溶於過量之鹼中，但溶於過量  $\text{NH}_4\text{OH}$  中： $\text{Cu}(\text{OH})_2 + 4\text{NH}_3 \rightarrow \text{Cu}(\text{NH}_3)_4^{2+} + 2\text{OH}^-$ ， $\text{Cu}(\text{NH}_3)_4^{2+}$  加入乙醇，則析出針狀晶體 (深藍) ( $\text{CuSO}_4 \cdot 4\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ )。

(二)有關晶體方面：

- 1 晶體是一原子立體的週期排列，用X光繞射法 (勞厄法) “Laue Photograph” 可定出其晶基 (basis) 及晶格 (Lattice)。  
。平常，人們都先假設晶體的結構，然後再算一算是否跟實驗的結果、光點的位置及相對強度附合，至於直接從光點來算出晶體的結構，還沒有人做成過。晶格 + 晶基 = 晶體結構，依此邏輯上之關係，咱們可推出五水硫酸銅之晶基及晶格
- 2 五水硫酸銅為三斜晶系 (triclinic system) 三軸異長，且各互相斜交 ( $a \neq b \neq c \cdot \alpha \neq \beta \neq \gamma$ ) 在三斜晶系中單一晶格型態具有一基晶胞 (Primitive Unit Cell)。
- 3 晶胞是晶體的建築方塊 (building blocks)，兩個晶胞之間看起來好像沒兩樣，但得“不論形狀如何，都須使空間填實”也即是在實施晶體平移手續下，晶胞將填滿所有的空間。依此觀點，則球形不能成為晶胞，五重軸與七重軸亦不能成為晶胞。

## 四、實驗內容

探討(一)：研究稀硫酸濃度與體積是否影響硫酸銅晶體的形成，進而尋求出一個適當的濃度界限，以利實驗教學：

討論： $\hookrightarrow$ 靜置七天以上，甚至一個月，待溶劑慢慢蒸發方得晶體，不合實驗教學原則，譬如：0.5M，90ml 之稀硫酸放置48天（七月廿七日～九月十四日）方有晶體生成，頗不合教學原則，必須靜置一天或四天即能觀察晶體，方能滿足學生的求知慾，而0.5M及1.0M之稀硫酸不合要求，故不用。當然我們也可用加熱減少溶劑量法迅速將晶體析出，但如此析出的晶體細碎。

$\rightarrow$ 能得到晶體，而又能得三斜晶才是我們的目標，因在第二冊10-1我們已學到晶體的意義，已知道硫酸銅晶體屬三斜晶，這樣才能把已學到的知識連接起來，而3.0M以上之濃度不能得到三斜晶，致棄用。若稀硫酸體積只60ml 雖濃度範圍加寬（1.5M～4.0M）但所得晶體皆不規則，也棄用。

$\square$  6.0M以上，即會在底部有白色物質產生，若將此白色物質濾出，再加適量水攪拌之，即見白色消失，又生成藍色溶液，由此我們有理由證實，它是白色硫酸銅〔（Cupaic Sulfate（powder）〕是濃硫酸脫水的結果。

$\square$  我們發現稀硫酸濃度與晶體大小成反比。因為濃度小，未能製得飽和溶液，置室溫下讓溶劑慢慢蒸發，粒子緩慢堆積排列的結果，形成較大晶體；濃度高，則晶體快速析出，故晶體細碎。況且，晶體形成與環境有關3.0M以上，晶形不完整，色略白，純粹的五水硫酸銅晶體呈透明深藍（transparent deep blue）。

探討(二)：不同金屬氧化物與稀硫酸（稀鹽酸）製備硫酸鹽（氯化物）的情形，並探討其方程式的寫法，方程式不得憑空

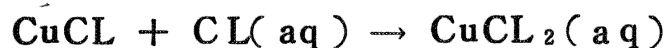
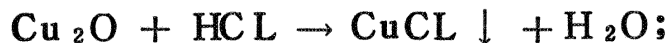
臆測。

討論：1 並非所有金屬氧化物都能與稀硫酸（稀鹽酸）反應而製備鹽，如：NiO, CrO<sub>3</sub>, Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 皆難與稀硫酸或稀鹽酸反應。有些金屬氧化物對稀硫酸反應佳，但與稀鹽酸反應略差，如：Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, BeO。有些與稀鹽酸反應良好，但與稀硫酸反應則差，如 PbO 與 Pb<sub>3</sub>O<sub>4</sub>。有則必須提高濃度（6 M），反應才易進行，如 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>。

2 有些能得一定形狀的晶體，例如 MgO 與 dil H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 反應，能得針狀晶體，有則形成粉末沈澱，如 SrO 與 BaO，Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 與 dil H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 產生白色硫酸鐵（不含結晶水），Cu<sub>2</sub>O 與 dil HCl, ZnO 與 dil HCl SnO; SnO<sub>2</sub> 與 dil H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dil HCL, Ag<sub>2</sub>O 與 dil H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>; dil HCL 反應等，有些則得晶性液體（Cry Stalline Liquid）如 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 與 dil H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 產生之硫酸鋁在溶液中，即呈現此性質。

3 NiO 不溶於 dil H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 及 dil HCL 却溶於濃硝酸（16 M）製成淡綠色 Ni(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>，很意外地，Pb<sub>3</sub>O<sub>4</sub> 對 dil H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 幾乎沒有反應，但與 dil HCL 產生白色針狀 PbCL<sub>2</sub>，此與 PbO 與 dil HCL 的反應相同，唯方程式如何列式仍一大疑問。

4 Cu<sub>2</sub>O 與 dil H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 的反應，我們發現了難得的方程式：

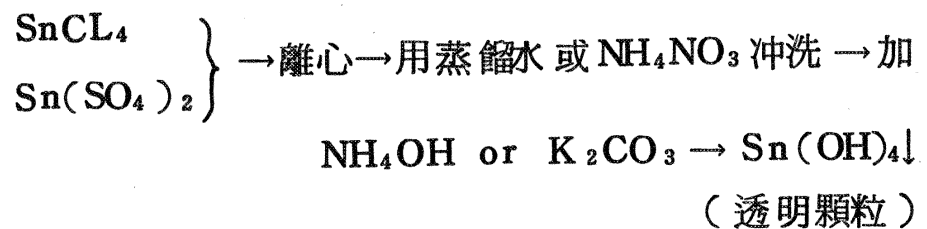
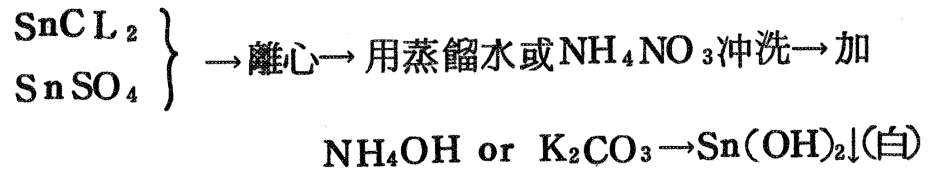


又 HgO 與 dil H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 反應製得 HgSC<sub>4</sub> 晶體，遇水製得鹼性硫酸汞 Hg(H<sub>2</sub>O)SO<sub>4</sub>，此亦為我們意外發現

5 實驗室中我們常看到買來的氯化亞錫有白色沈澱，理由是氯化亞錫容易水解： $\text{SnCL}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Sn}(\text{OH})\text{CL} + \text{HCL}$ ，產生的沈澱為鹼式氯化亞錫。我們以 SnO 與 dil HCL 反應，得白帶黃色 SnCL<sub>2</sub> 結晶粉，靜放二天

，燒杯內亦有白色沈澱，通常加入 CONC HCL 防止水解。

6. (1) SnO 為灰黑色粉末，SnO<sub>2</sub> 為白色粉末，與 dil H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 或 dil HCL 的反應，到底產生硫酸錫或硫酸亞錫；氯化錫或氯化亞錫必須做定性的實驗，因它們的外觀皆為白帶黃結晶粉，不易分辨，方法為：



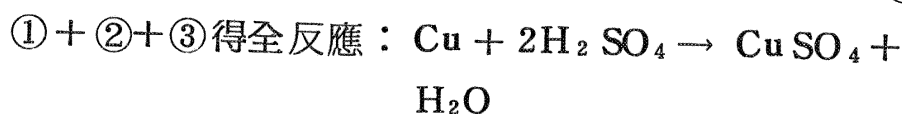
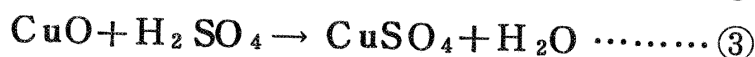
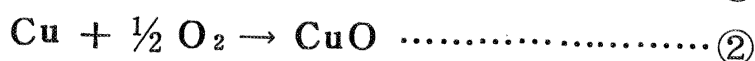
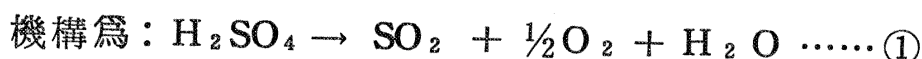
- (2) ZnO 與 dil H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 反應產生針狀 ZnSO<sub>4</sub> 晶體，唯加水則有白色沈澱，此沈澱膠狀物為 Zn(OH)<sub>2</sub> 是 ZnSO<sub>4</sub> 水解而成的。Sb<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 為兩性化合物溶於濃硫酸得 (SbO)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> · Sb<sub>2</sub>O<sub>3</sub> + H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> → (SbO)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ↓ + H<sub>2</sub>O。

- (3) CrO<sub>3</sub> 應視為非金屬氧化物，這可由 Cr<sup>6+</sup> 負電度 (陰電性標) Electronegativity) 看出，故不溶於 dil H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 及 dil HCL 中。負電度 Cr<sup>6+</sup> : 2.2 · Cr<sup>2+</sup> : 1.4 Cr<sup>3+</sup> : 1.6。

探討(三)：比較由(1)氧化銅與稀硫酸作用(2)氫氧化銅與稀硫酸作用(3)孔雀石與稀硫酸作用(4)氧化亞銅與稀硫酸作用(5)銅片與濃硫酸共熱，不同反應途徑製得硫酸銅晶體之情形。  
結果：(1)由 CuO、Cu<sub>2</sub>O 與稀硫酸所製得晶體為三斜晶，而由 Cu(OH)<sub>2</sub> 及孔雀石與稀硫酸所製得的晶體為不完整三斜晶(分晶多或呈元寶狀)。

- (2)銅片溶於 18M 之濃硫酸中，先轉變為黑色的氧化銅後

再與硫酸作用產生  $\text{CuSO}_4$ ，反應



探討(四)：以硫酸銅為例，研究結晶習性 ( Crystal habit )

討論：1 第一次因溶液未飽和致有些根本無晶體產生，無法觀察其外形。(用閉瓶法)

2 第二次產生的晶體均不規則， $\text{Na}(\text{CH}_3\text{COO})$ 與 $\text{KNaC}_4\text{H}_4\text{C}_6$  因是鹼性溶液，致與 $\text{Cu}^{2+}$  結合成 $\text{Cu}(\text{OH})_2$  沈澱。

3.  $\text{NaHSO}_4$ 與 $\text{CuSO}_4$  屬同一種晶系致不影響晶體形狀，仍為三斜晶。

( $\Rightarrow$ )以  $\text{CuSO}_4$ 及 $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 為例，研究結晶與 pH 之關係。

討論：1 加入濃硫酸濃度高，則有利於結晶的完全，晶體也較大

2 重鉻酸鉀較不易受濃度影響，大都為細碎晶體。若在 $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  溶液中加入 $\text{K}_2\text{CrO}_4$ 再加 5ml $\text{H}_2\text{SO}_4$  (2M)，則結晶速率慢，晶體較大。

3. pH值小晶體大而完整，pH值大不利於結晶。

(利)小  $\longleftarrow$  pH  $\longrightarrow$  大 (不利)

但對別種溶液而言，並不是完全如此，視種類而定。

探討(五)：比較 $\text{CuSO}_4$ ， $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ， $\text{NaHSO}_4$ ， $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  四種三斜晶製備的難易；風化難易。

討論：1  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  一般書上記載為三斜晶系，但我們製出的晶體有二面成矩形，它的晶系值得再研究。

2 如何得大而完全的重鉻酸鉀晶體仍須進一步研究。

探討(六)：探討硫酸銅、硝酸銅晶體之幾何學構造 ( Geometric Structure )。

## 五、總結論和檢討

- (一)著名的晶體學家 ( J、D、H、Donnay ) 說過：「我們不可輕視那些一眼就可看清的東西」。這句話道出研究晶體的重要。(本實驗對晶體的研究與一般科展只拿現成的鹽製成飽和溶液再降低其溫度或蒸發其溶劑的量，而得晶體的製備不同)。我們係將金屬氧化物與稀酸反應而製得鹽溶液，置室溫下得到晶體，我們並探討其反應的優劣情形，其晶型如何？及晶體形成與溶液 pH 值的關係，將鹽的製備及晶體的研究推而廣之。
- (二)氧化銅與稀硫酸反應，只要稀硫酸的濃度適當 ( 1.0M~2.0M ) 放置一天即很容易得到三斜晶。氧化銅與稀鹽酸反應製得氯化銅，結晶頗為不易，需放置二個月，才有晶體產生。若作用不完全，產生  $[\text{CuCl}_4]^{2-}$  則不容易結晶。氧化銅與稀硝酸反應，製得硝酸銅溶液，放置二個星期，無晶體產生，用蒸發法無效，即使放入冰箱亦無晶體產生。硝酸對氧化銅比硫酸對氧化銅的溶解度小 ( 本生燈加熱亦無湊效 ) 其未能得晶體的原因值得繼續研究。
- (三)硫酸銅為離子晶體，其結構單位為帶陽電或陰電之離子，而由離子鍵集成者。其中酸根離子，各原子是由共價或配位結成的，其整個為一離子之單位。 $\text{Cu}^{2+}$ ， $\text{SO}_4^{2-}$  靠靜電力結合 ( electrostatic attraction ) 一般藉此結合之晶體熔點較高。譬如  $\text{NaCl} \div 804^\circ\text{C}$   $\text{KCl} = 722^\circ$   $\text{BaCl}_2 : 960^\circ\text{C}$   $\text{CuSO}_4 ; 621^\circ\text{C}$  ;  $\text{Cu}^{2+}$  與水之極化分子容易結成  $\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_4^{2+}$  而呈藍色。晶體性脆，乏彈性，易平粉末無解理面 ( Cleavage Plane ) 無法用刀片切成整薄面，當其斷裂亦無法看到平整面
- (四)許多金屬氧化物如  $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{K}_2\text{O} \cdot \text{Cr}_2\text{O}_3$  不易購得，只得自己製造，為製造較純的氧化物，我們用雙氧水製得氧氣，將 Li, Na、K 放入氧氣瓶中，而製得氧化物，我們之所以不用燃燒的方法製得，因空氣中的氮會參與反應的緣故。原先我們將燃燒的鋰、鈉、鉀放入氧氣瓶中，因反應劇烈，瓶中即見破裂。後



來採用直接置鋰、鈉、鉀於氧氣瓶中，以後隨時補充氧氣，以便反應更臻完全。 $\text{Cr}_2\text{O}_3$  以加熱  $(\text{NH}_4)_2\text{Cr}_2\text{O}_7 \rightarrow \text{Cr}_2\text{O}_3 + \text{N}_2 + 4\text{H}_2\text{O}$  得到。此反應異常劇烈產生  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  往往騰空飛散。 $\text{CoO}$ ,  $\text{Ag}_2\text{O}$ ,  $\text{NiO}$ ,  $\text{SnO}_2$ ,  $\text{Cu}_2\text{O}$  價格昂貴，譬如：

$\text{CoO}$ (1Lb 4200元)  $\text{SnO}_2$ (1Lb 2200元)，據藥商云：鈷產自剛果，因剛果內亂，運購不便，然為探考金屬氧化物與稀酸實際製得鹽的情形，我們不惜鉅資購之，為觀察晶體形狀，校方購一架顯微投影機 (Microscopic projector)，在此亦感謝校方對我們的支持與重視。

(五)以金屬氧化物與稀鹽酸反應往往不易製得飽和溶液，必須利用蒸發法才能得到晶體，若產生過飽和溶液，析出晶體細碎，不合我們要求，遇此情形，可再入適量的水將晶體加熱溶解，而後靜置，即得美麗晶體，由溶液析出的硫酸銅晶體，常呈晶花 (Crystal flower) 晶樹 (Crystal tree) 雙晶 (twinning) 扭曲 (dislocation) 等現象。晶花是我們取的名稱，尤其以氫氧化銅與稀硫酸的作用所得晶體，在燒杯或結晶皿底部周圍。常有晶花的現象產生。植晶法所得晶體有時就像耶誕樹般。

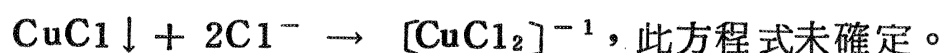
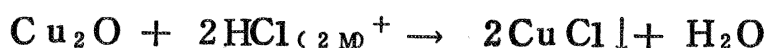
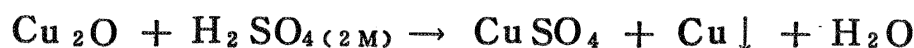
(六)晶體在常溫下形成，有則係長時間性的，譬如氧化銅與稀鹽酸作用，製得藍綠針狀的氯化銅晶體 ( $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) 靜置二個月才形成，若鹽酸濃度高，則產生可溶性，錯離子  $[\text{CuCl}_4]^{2-}$  更不易結晶。 $\text{HgO}$  與  $\text{H}_2\text{SO}_4$  的反應得無色硫酸汞晶體，也是靜置約一個月才產生，然而，當我們看到美麗晶體形成時，雀躍之心難以言諭，又作  $\text{HgSO}_4$  結晶實驗時，意外發現了鹼性硫酸汞  $\text{Hg}(\text{H}_2\text{O})_2\text{SO}_4$  (鮮黃) (Mercuric subsulfate) 此種只見於藥典，而平時少見的物質的發現，誠屬偶然即當我們欲洗去硫酸汞晶體下端雜質一碰著水，鮮黃色的  $\text{Hg}(\text{OH}_2)_2\text{SO}_4$  立刻產生，讓我們驚異於物質誕生的奇特。

(七)在探討  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ ,  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ,  $\text{NaHSO}_4$  等三斜晶與  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  晶體的比較實驗時，我們發現  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$  晶體較易形成

，（拿現成  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$  配成飽和溶液，直接降低飽和溶液的溫度）即使不滴加 5 ml  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (2 M)，若以  $\text{CuO}$  與 dil  $\text{HNO}_3$  作用而得飽和  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$  溶液，則難得到晶體。但  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  之準備，則相當讓我們困惑，因配製飽和溶液或過飽和溶液析出的晶體不完全後來我們應用一點學理上的知識，即在未飽和溶液中加上  $\text{H}^+$  則隔三天就有完整的小三斜晶體產生，足見結晶與溶液的 pH 值有關， $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  在酸性溶液較穩定，故較容易產生晶體，加入鹽酸比硫酸的效果好，結晶容易。

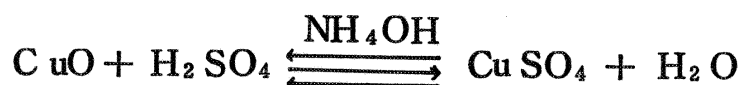


(八) 氧化亞銅溶於稀硫酸與稀鹽酸的實驗過程中，我們發現難得的反應方程式，這方程式無法在一般書籍找到，即



產生硫酸銅晶體細小，產物中有顯明的紅銅產生，此更回饋了第二冊所學過的方程式的書寫必須根據事實，不能憑空臆測。在此， $\text{Cu}_2\text{O}$  擔任氧化劑與還原劑的兩種角色，係是一種氧化還原作用，而一般金屬氧化物溶於稀酸中並不是一種氧化還原反應（氧化數不變）它是一種廣義酸鹼中和作用。又氧化亞銅與稀鹽酸作用，最先產生  $\text{CuCl}\downarrow$ （白）靜置四天，上層溶液由黃綠變成了藍綠色的  $[\text{CuCl}_2]^{-1}$  的氯化亞銅錯離子，不再溶解而與溶液達成平衡。

(九) 由  $\text{CuO}$  與  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (2.0M) 製成的硫酸銅溶液（已趁熱過濾，內無多餘的  $\text{CuO}$ ，我們發現了一個奧秘的現象，當我們加入氨水，不但看不到  $\text{Cu}(\text{OH})_2\downarrow$  反而看到黑色的氧化銅再度產生，溶液不再有晶體產生，若在已產生晶體的溶液中加入  $\text{NH}_4\text{OH}$  則晶體不再長大足見此為可逆反應：



若加入  $\text{NaOH}$  (1.0M) 則產生  $\text{Cu}(\text{OH})_2\downarrow$  可見逆反應現象只

適用氨水。

(+)  $\text{SnO}_2$  溶於稀硫酸產生黃色結晶粉末懸於溶液中，若用過濾方式，則濾紙上留有白帶黃的結晶粉末，此產物到底是硫酸亞錫或硫酸錫，方程式如何書寫？有定性  $\text{Sn}^{2+}$  及  $\text{Sn}^{4+}$  之必要，若以理論推斷應是硫酸錫，但據顏色觀之有可能產生  $\text{SnSO}_4$ ，據我們離心定性結果，證明是  $\text{Sn}(\text{SO}_4)_2$ 。另外  $\text{SnO}_2$  與稀鹽酸作用產生黃色粉末定性的結果是  $\text{SnCl}_4$ ，我們又拿  $\text{SnO}$  與稀硫酸與稀鹽酸作用。定性比較實驗來證明它的產物是  $\text{SnSO}_4$  及  $\text{SnCl}_2$ 。也了解實驗室買來的氯化亞錫之所以產生白色沈澱，是水解成  $\text{Sn}(\text{OH})\text{Cl}$  的緣故。 $\text{NiO}$  可溶於濃硝酸 (16.M) 中製得硝酸亞鎳  $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2$ ，但不能溶於濃硫酸及濃鹽酸中，但能溶於  $\text{NaOH}$  與  $\text{KOH}$  產生  $\text{Ni}(\text{OH})_2$  ppt 中， $\text{Mn}_2\text{O}_3$  可溶於 dil  $\text{H}_2\text{SO}_4$  中形成  $\text{MnSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  (玫瑰紅柱狀晶系)， $\text{MnO}_2$  則不溶於 dil  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ，可溶於稀鹽酸中，得  $\text{MnCl}_2$ 。

(+) 化學是一種物質的科學 (Material Science) 為研究宇宙萬物的構成和變化的科學，也是為建設現代化物質文明的根本，化學家的主要任務在於探索物質變化的原因和詳細過程，必需明白變化的詳情，才能控制物質的變化，才能利用它。有人認為化學家是人類中的怪物，他寧願與藥品、毒氣為伍，而卻樂此不疲。本實驗探討的硫酸銅及重鉻酸鉀皆有毒，我們從去年七月間着手實驗，直至今年二月底完成。由於升學主義的沖擊，只能利用平素週日及寒假期間進行研討，使我們備感基礎科學教育推動之困難，由反應過程中的繁復多變，更供我們感到物質誕生之奧妙與科學探討精神的重要——一種懷疑與契而不捨的精神，唯內中還有諸多問題、現象無法確定者，譬如氧化鎂與稀鹽酸的反應，理應產生白色氯化鎂 ( $\text{MgCl}_2 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ) 但卻得到暗黃色物質，此物質何物？ $\text{Cu}_2\text{O}$  與 dil  $\text{HCl}$  反應，除產生  $\text{CuCl} \downarrow$  外，上層藍綠色溶液到底是  $[\text{CuCl}_2]^-$  抑或  $[\text{CuCl}_4]^{2-}$ ，其全反應的產物如何列式？這些都是值得我們繼續研究探討的。

## 評 語

探討獲得三斜晶體適當稀硫酸濃度界限及各種氧化物與酸作用形成晶體的難易，數據多，成果豐富。產品相當完美，有數字上的價值。