

作品名稱：神秘的黑色物質 — 談談銅與濃硫酸的反應

高中組 化學科 第三名

縣市：嘉義市

作者： 林佩蓁、陳立軒

張鈞弼、陳鴻毅

校名：嘉義縣私立協同高級中學

指導教師： 翁啓訓



神 秘 的 黑 色 物 質

— 談 談 銅 與 濃 硫 酸 的 反 應

一· 實驗動機:

當我們在課堂上進行高中化學第三冊，第四個實驗——「硫酸及硝酸」時，依著實驗步驟，我們將銅片加入濃硫酸中並加熱之，並期待著 $\text{Cu} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{CuSO}_4 + \text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ 的化學反應，結果我們看見了 SO_2 的氣泡生成，但並沒有看見藍色的 Cu^{2+} 出現，反而出現了黑色的固體顆粒，顯示除了 $\text{Cu} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{CuSO}_4 + \text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ 外，可能還存在著其他反應。因而引起我們探討的興趣。

二· 實驗目的:

探討銅片加入硫酸的副反應。

三· 實驗器材:

鐵架與鐵圈一組、本生燈一個、燒杯(500ml, 100ml 各一個)、蒸餾瓶(250ml 配單孔木塞、薊頭漏斗及橡皮管)、集氣瓶 2 個、玻片、水槽、瓷器水流抽氣過濾裝置、試管 12 隻。

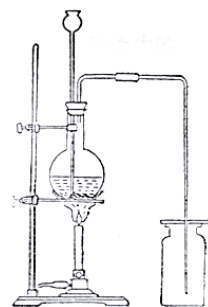
藥品：濃硫酸(18M)、濃硝酸、濃鹽酸、銅片、CuO 粉末、CuS 粉末、過錳酸鉀、硫化銨溶液、氰化鉀溶液。

四、實驗步驟：

(一) 二氧化硫之製造：

林養涵編著(民53.10)

(圖一)



— 無機化學實驗(實驗30) 大中國圖書公司

1. 小心將濃硫酸注入蒸餾瓶中，並加入 8.47 克的銅片，以廣口瓶收集 SO_2 氣體(圖一)。
2. 至沸騰後約再加熱 30 分鐘，使銅片幾乎溶解反應完畢後停止加熱。此時未呈現藍色，反而出現很多的黑色粉末。

- 待蒸餾瓶降溫後，將蒸餾瓶內的液體倒入燒杯，並利用準備好的瓷器水流抽氣過濾裝置，以玻璃絨過濾之。(過濾前需先精稱玻璃絨重量)。
- 將過濾所得之黑色物質與玻璃絨烘乾並稱重。

(二)CuO之定性實驗及CuS之定性實驗：

- 取A、B兩試管加入少許此實驗所產生的黑色粉末，分別加入濃鹽酸和濃硝酸，並加熱之。觀察結果並記錄。
- 取C、D兩試管加入少許純 CuO 黑色粉末，分別加入濃鹽酸和濃硝酸，並加熱之。觀察結果並記錄。
- 取E、F兩試管加入少許純 CuS 黑色粉末，分別加入濃鹽酸和濃硝酸，並加熱之。觀察結果並記錄。
- 取 a、b、c 三試管分別加入少許 CuS、CuO 和實驗所產生的黑色粉末，並加入硫化銨溶液。靜置一天後，觀察結果並記錄。
- 取 d、e、f 三試管分別加入少許 CuS、CuO 和實驗所產生的黑色粉末，並加入氰化鉀溶液。觀察結果並記錄。

五、實驗結果：

(一)反應前：銅 8.47 克

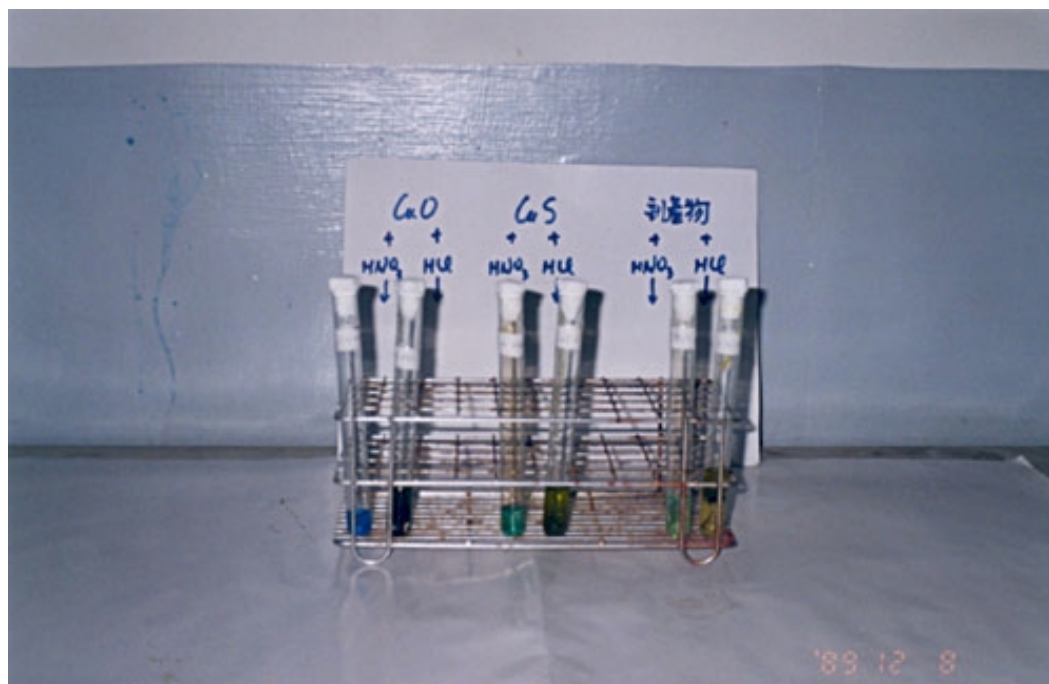
(二)反應後：銅剩下 1.42 克，消耗 7.05 克
 玻璃絨加黑色未知物質 1.78 克
 玻璃絨 1.36 克
 黑色未知物 0.42 克

(三)未知物之定性分析：

反應物	反應現象	反應方程式	資料來源
CuO + HCl	溶液成墨綠色	$\text{CuO} + 2\text{HCl} \rightarrow \text{CuCl}_2 + \text{H}_2\text{O}$	魏明通編著(民66) 無機化學(下)P.50 東大圖書公司
未知物 +HCl	溶液成黃綠色		林養涵編著(民68) 無機化學(下) P.111 大中國圖書公司

反應物	反應現象	反應方程式	資料來源
CuS + HNO ₃	產生紅棕色氣體	$\begin{cases} 3\text{CuS} + 2\text{NO}_3 + 8\text{H} \rightarrow \\ 3\text{Cu}^{2+} + 2\text{NO} + 3\text{S} + 4\text{H}_2\text{O} \\ 2\text{NO} + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{NO}_2 \end{cases}$	張文彬、陳錦瑞編著(民65) 定性分析P.19,P.122 正文書局 魏明通編著(民65)
未知物 + HNO ₃	產生紅棕色氣體		分析化學P.53 東大圖書公司 林敬二、楊寶旺編著(民73) 定性分析及實驗 P.191 高立圖書有限公司 鐘越光編著(民66) 定性分析化學實驗 P.55 大中國圖書公司

反應物	溶液顏色
CuO + HCl	墨綠色
CuS + HCl	黃綠色
未知物 + HCl	黃綠色
CuO + HNO ₃	藍色
CuS + HNO ₃	藍綠色
未知物 + HNO ₃	藍綠色





反應物	反應現象	資料來源
$\text{CuO} + (\text{NH}_4)_2\text{S}$	溶液保持黃綠色	張文彬、陳錦瑞編著(民65) 定性分析P.19,P.122 正文書局
$\text{CuS} + (\text{NH}_4)_2\text{S}$	溶液變成無色	
未知物 + $(\text{NH}_4)_2\text{S}$	溶液變成無色	

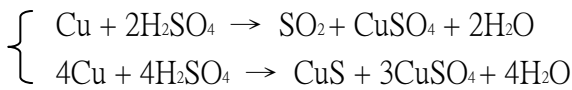
反應物	反應現象	反應方程式	資料來源
$\text{CuO} + \text{KCN}$	CuO粉末不溶解	無	林成業編著(民66) 分析化學(上) 定性分析化學P.76 大中國圖書公司
$\text{CuS} + \text{KCN}$	CuS粉末溶解 (產生 $\text{Cu}(\text{CN})_2^2-$ 錯離子)	$\text{CuS} + 8\text{CN}^- \rightarrow 2\text{Cu}(\text{CN})_2^{2-} + \text{S}^{2-}$	
未知物 + KCN	未知物溶解		



(四)定量分析：

由以上實驗可知未知物為 CuS

其副反應為 $4\text{Cu} + 4\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{CuS} + 3\text{CuSO}_4 + 4\text{H}_2\text{O}$



消耗Cu 7.05 克 $\Rightarrow 7.05 / 63.5 = 0.11102 \text{ mole}$

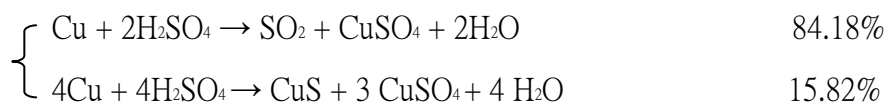
副產物CuS 0.42 克 $\Rightarrow 0.42 / 95.55 = 0.00439 \text{ mole}$

\Rightarrow 有 0.01756 mole 的 Cu 發生副反應

\Rightarrow 有 $0.11102 - 0.01756 = 0.09346 \text{ mole}$ 發生主反應

$$\begin{cases} \text{主反應} : 0.09346 / 0.11102 \times 100 \% = 84.18\% \\ \text{副反應} : 0.01756 / 0.11102 \times 100 \% = 15.82\% \end{cases}$$

\therefore 銅加濃硫酸的實驗



六、實驗討論與運用：

1. 由反應式 $\text{Cu} + 2\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{CuSO}_4 + \text{SO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ 應可看出溶液中會出現藍色的 Cu^{2+} ，可是結果不然。經探討原因，濃硫酸脫水作用使得 Cu^{2+} 的藍色消失，若在加入水分稀釋則呈明顯藍色。
2. 本實驗所使用的瓷器水流抽氣過濾裝置、並且用玻璃絨過濾未知物，是爲了防止一般的濾紙會被濃硫酸脫水焦化而失去過濾效果。
3. 當在確定所收集的氣體爲 SO_2 後，我們可用過錳酸鉀或強鹼回收剩餘的 SO_2 ，以免二氧化硫氣體造成空氣污染。
4. CuO 會與鹽酸反應而呈墨綠色，而 CuS 和未知物與鹽酸反應皆呈黃綠色。又 CuS 與硝酸反應，產生紅棕色 NO_2 ，溶液呈藍綠色。而未知物也具有相同反應，但 CuO 則未產生 NO_2 ，且溶液呈藍色。故由此可判斷未知物爲 CuS 。
5. CuO 在 $(\text{NH}_4)_2\text{S}$ 溶液中不會反應，故保持 $(\text{NH}_4)_2\text{S}$ 溶液的黃綠色。而 CuS 和未知物則反應緩慢，靜置一天後，使得 $(\text{NH}_4)_2\text{S}$ 溶液變成無色。故由此可判斷未知物爲 CuS 。
6. CuO 在 KCN 溶液中不溶解，而 CuS 和未知物則溶解於 KCN 溶液，產生 $\text{Cu}(\text{CN})_2^-$ 錯離子，故由此可判斷未知物爲 CuS 。

七、結論：

由此實驗探討出銅與濃硫酸之反應除了主反應 $\text{Cu} + 2\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{CuSO}_4 + \text{SO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ 之外，另有一副反應 $4\text{Cu} + 4\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{CuS} + 3\text{CuSO}_4 + 4\text{H}_2\text{O}$ 。而主反應和副反應各佔了84.18% 和 15.82%。

八、參考資料：

1. 林養涵編著(民53) 無機化學實驗(實驗30) 大中國圖書公司
2. 林養涵編著(民68) 無機化學(下) 大中國圖書公司
3. 魏明通編著(民65) 無機化學(上) 東大圖書公司
4. 魏明通編著(民66) 無機化學(下) 東大圖書公司
5. 魏明通編著(民65) 分析化學 東大圖書公司
6. 張文彬、陳錦瑞編著(民65) 定性分析 正文書局
7. 林敬二、楊寶旺編著(民73) 定性分析及實驗 高立圖書有限公司
8. 鐘越光編著(民68) 定性分析化學實驗 大中國圖書公司
9. 林成業編著(民66) 分析化學(上) 定性分析化學 大中國圖書公司

評語：

本作品探討高中化學實驗“銅與濃硫酸的反應”中實際發生的副反應，以便瞭解實際上所產生的反應產物為何與課本上的描述有所不同，進而能夠改善教學。藉由簡單的定性分析方法與定量分析方法推斷黑色反應產物之化學成分及估計副反應的產率及計量。尚具有科學的邏輯思考與推理模式。

作者簡介

我是林佩蓁，目前就讀於嘉義縣協同高中三年級，在學校的大力推動下，加上自己的興趣使然，參加了多次的科展活動。而從老師適時的指導及與同學們的討論過程中，自己也著實獲益良多，也覺得科學研究非常有趣。

陳立軒

在六年來我參加的科展活動中，我體會到了科學另一面：屬於創造的一面，每當有新發現時，那種雀躍不已的心情，就帶著我向科學再跨一步。也許，也希望，科學研究可以成爲我日後要走的路。

陳鴻毅

我是陳鴻毅。在科展研究的過程中，大家親手操作配合，每個步驟都仔細觀察，這種作研究的精神也正是我在大學時最需要和學習的。之前做過兩次科展，但都沒到全國比賽，能在高三時參加並得名，這是最寶貴的經驗。