

中華民國第四十八屆中小學科學展覽會
作品說明書

高中組 化學科

第三名

040213

以銅爲鏡 可以正硝酸

學校名稱：國立宜蘭高級中學

<p>作者：</p> <p>高二 李政緯</p> <p>高二 陳俊宏</p> <p>高二 陳思仔</p> <p>高二 李易聰</p>	<p>指導老師：</p> <p>許仁祥</p>
--	-------------------------

關鍵詞： 硝酸、銅

摘要

找出由銅與硝酸產生之 NO_2 、 NO 的量，因 NO 一碰到氧氣會馬上反應成 NO_2 ，所以要測定得在真空中進行，最簡單的方法就是使用可以直接對氣體做定量分析的儀器，但由於儀器過於昂貴，且在高中實驗室裡若想從氣體去定量氣體產物的量幾乎是不可能的，否則就得忍受極大的誤差，於是我們尋求簡單、易懂、可信度頗高的方法來測定 NO_2 、 NO 的量，試圖觀察硝酸濃度和溫度與其產物之間的關係。同時以金屬鋅作為一個反應的對照。選擇鋅片是因為書中所提及的鋅與硝酸反應過程，總是只有銨根單一種產物，於是摻雜幾許懷疑的成分，以鋅做了實驗。結果意外發現反應之下也會產生 NO_2 及 NO 。

壹、研究動機

老師在講台上努力講解“氧化還原”這個章節中，非常重要的半反應方程式表格，當提到濃與稀硝酸和銅反應分別會產生 NO_2 及 NO 時，我不禁陷入迷惘，所謂的濃或稀……何以只用如此含糊的字眼帶過？難道沒有確實的濃度分界線？詢問過老師後依然未獲得解答，而翻遍各種書籍與參考書也是相同的結果，於是我們決定進行研究，替那模糊的地帶尋回它應有的樣貌。

另外 我們經資料的查詢發現， NO 對水的溶解度非常低，約只有 0.1043ml/L ，但是 NO_2 對水的溶解度卻是非常之大，高中化學課本中提到的工業上製造硝酸的方法：奧士華法 (Ostwald process) 的第三步驟就是利用水直接吸收 NO_2 ： $3\text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{HNO}_3 + \text{NO}$ 我們將利用這樣的差異並配合以鹼滴定來定量 NO_2 、 NO 的莫耳產量。

貳、研究目的

一、

- (一)測量銅與硝酸在不同溫度下(同濃度)產生 NO_2 、 NO 的量。
- (二)測量同溫但不同濃度硝酸與銅反應產生 NO_2 、 NO 的量。

二、

- (一)測量鋅與硝酸在不同溫度下(同濃度)產生 NO_2 、 NO 的量。
- (二)測量同溫但不同濃度硝酸與鋅反應產生 NO_2 、 NO 的量。

參、研究設備與器材



一、試藥

藥品	硝酸	氫氧化鈉	酚酞	水	冰塊
濃度	12M	1M	X	X	X

二、器材

器材	燒杯	氧氣瓶	玻璃針筒	針頭	塑膠袋 (一斤)	錐形瓶 (100ml)	滴定管	量筒 (100ml)
數量	X	X	1 支	2 個	X	4 個	1 個	4 個
器材	膠帶	剪刀	恆溫槽 (水浴槽)	橡皮筋	銅	鋅	抽氣裝置	橡皮塞
數量	1 卷	2 支	1 台	X	X	X	1 台	1 袋

肆、研究過程與方法

- 一、以容量瓶筒配置不同濃度的硝酸水溶液，倒取 100ml(11M~5M)入錐形瓶中，蓋上橡皮塞。
- 二、將錐形瓶放入已設置特定溫度的恆溫槽中恆溫控制反應溫度。
- 三、

準備膠帶、橡皮筋、剪刀，使用全新塑膠袋摺疊以壓出袋內空氣，此步驟一定要將塑膠袋內的空氣全部壓出，以避免氧氣的干擾。



四、將 0.1mole 銅（鋅）先行置入摺疊好的塑膠袋中，再將塑膠袋套上錐形瓶口（此時銅（鋅）位於塑膠帶內不與硝酸接觸），以膠帶黏緊，一切就緒後，才慢慢把銅（鋅）推入硝酸溶液中。

五、待反應結束後，由袋口附近將塑膠袋旋轉，拆開膠帶與橡皮筋，用另一條橡皮筋從旋轉處緊綁塑膠袋，氣體收集完成。



六、將 30~40°C 的熱水，以針筒打入塑膠袋中，打入水量視情況而定，必須能將 NO_2 氣體（紅棕色）吸收完畢，接著在針頭與塑膠袋交接處輕輕按上膠帶，待針頭拔離後再迅速將膠帶黏緊，輕搖用塑膠袋內的水並靜置數分鐘，以確認紅棕色氣體被吸收完畢。



七、 NO_2 被水完全吸收 $[\text{3NO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{2HNO}_3 + \text{NO}]$ 後，自袋角刺出小洞，將

溶有 NO_2 的水(硝酸)漏入燒杯中，漏完同時用膠帶封住小洞，以保持密閉，避免 O_2 進入或 NO 溢出。



八、把針頭接於氧氣瓶前端，打入過量純氧進步驟七中留有 NO 氣體的塑膠袋內，使袋內之 NO 氣體全反應成 NO_2 。



九、重複步驟六

十、等待一段時間，再打一到三次不等量之純氧，以確保袋內 NO 已全部反應成 NO_2 。

十一、重複步驟七，但無需再黏膠帶了。

十二、將漏出的液體以 1.0M NaOH 溶液做滴定後，可得到數據，運算後即能得知 NO_2 、 NO 產物中產量的分界線。

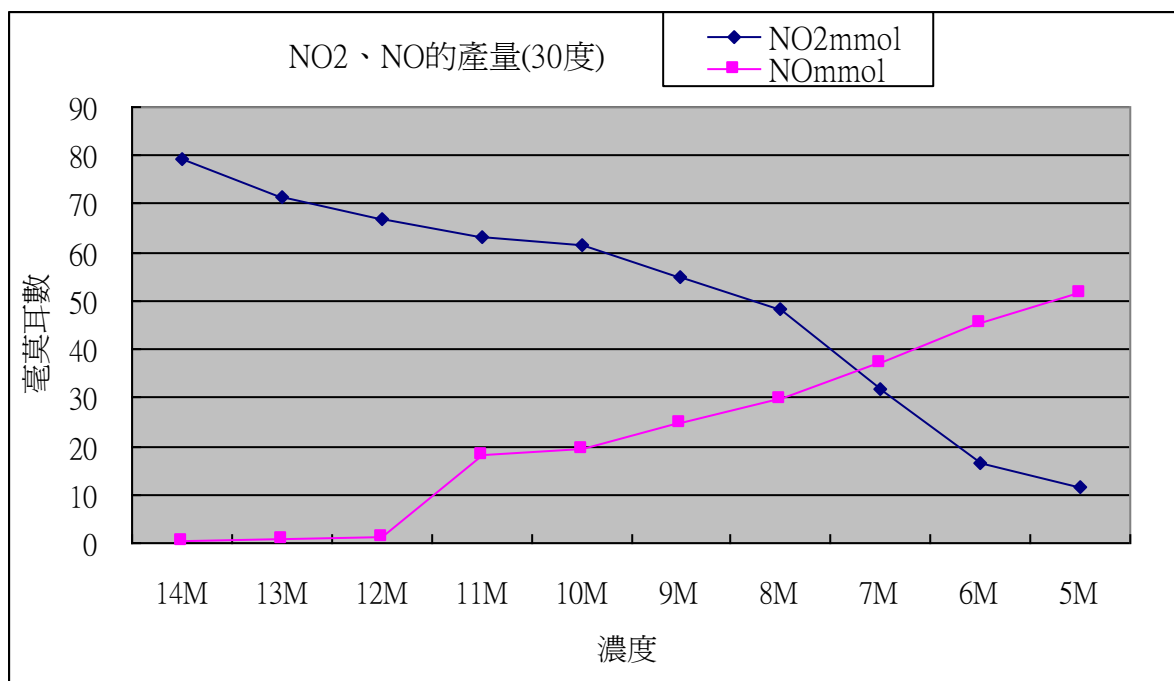
十三、實驗完畢之後溶液一律倒入無機酸、鹽之回收筒。



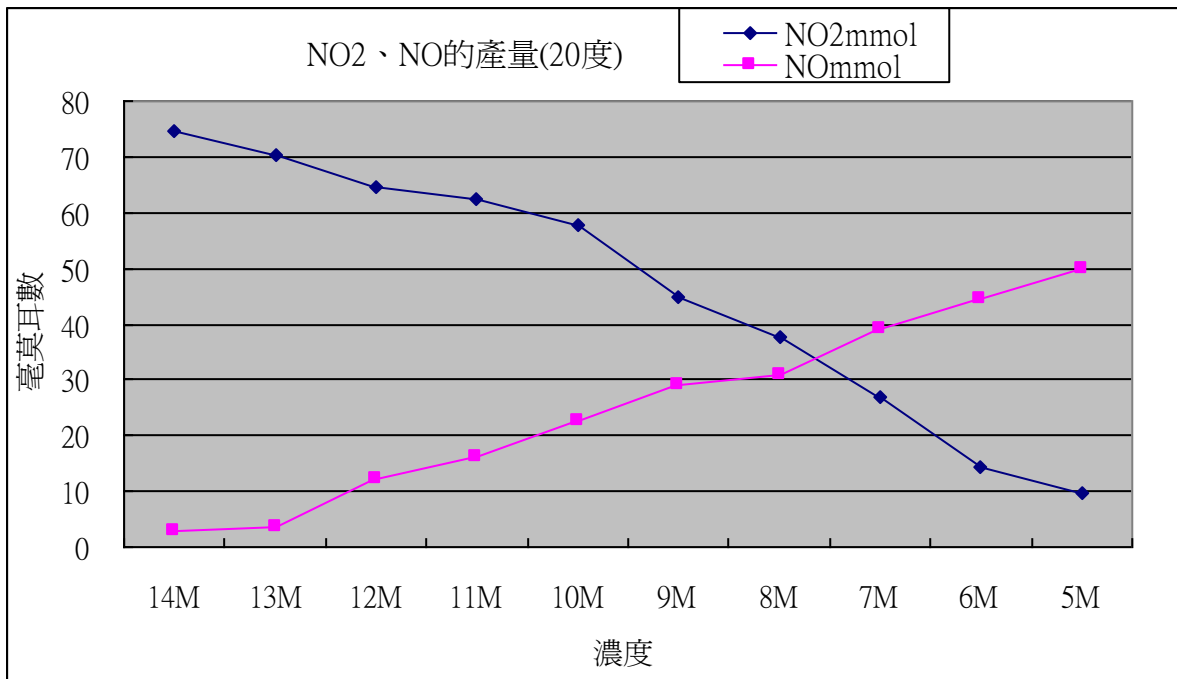
伍、研究結果

一、銅

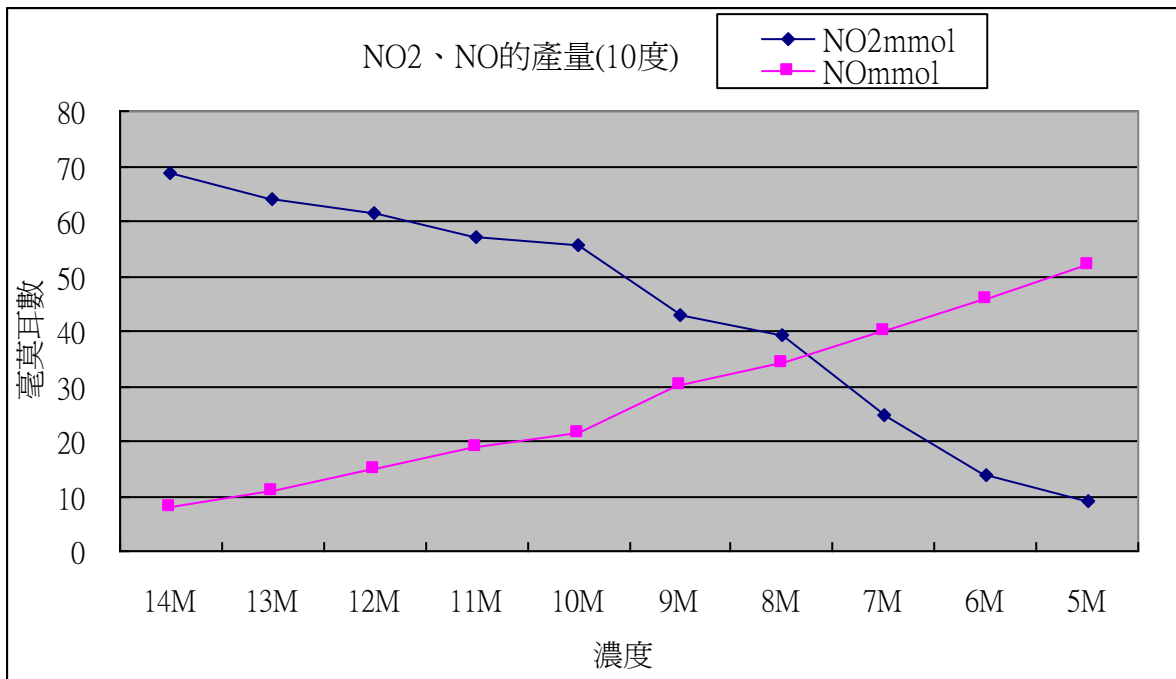
30°C	第一次打水	第二次打水	NO ₂ mmol	NOmmol	產率	Cu _{NO} /Cu _{NO₂}
14M	52.8	26.8	79.20	0.40	40.20%	0.02
13M	47.5	24.4	71.25	0.65	36.60%	0.03
12M	44.6	23.7	66.90	1.40	35.55%	0.06
11M	42.2	39.1	63.30	18.00	58.65%	0.85
10M	41.1	40.1	61.65	19.55	60.15%	0.95
9M	36.6	43.2	54.90	24.90	64.80%	1.36
8M	32.3	45.7	48.45	29.55	68.55%	1.83
7M	21.2	47.9	31.80	37.30	71.85%	3.52
6M	11.0	51.0	16.50	45.50	76.50%	8.27
5M	7.6	55.5	11.40	51.70	83.25%	13.61



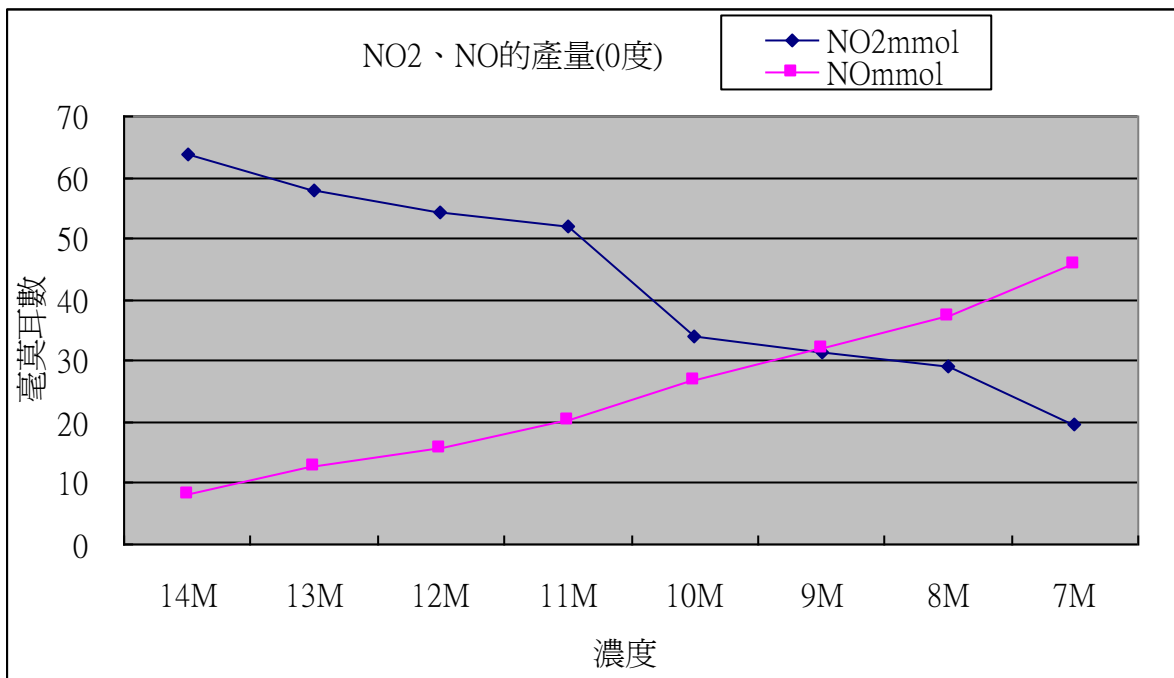
20°C	第一次打水	第二次打水	NO ₂ mmol	NOmmol	產率	Cu _{NO} /Cu _{NO₂}
14M	49.7	27.7	74.55	2.85	41.55%	0.11
13M	46.8	27.1	70.20	3.70	40.65%	0.16
12M	43.1	33.6	64.65	12.05	50.40%	0.56
11M	41.5	36.9	62.25	16.15	55.35%	0.78
10M	38.6	41.8	57.90	22.50	62.70%	1.17
9M	29.8	44.0	44.70	29.10	66.00%	1.95
8M	25.2	43.4	37.80	30.80	65.10%	2.44
7M	18.0	48.1	27.00	39.10	72.15%	4.34
6M	9.6	49.3	14.40	44.50	73.95%	9.27
5M	6.5	53.2	9.75	49.95	79.80%	15.37



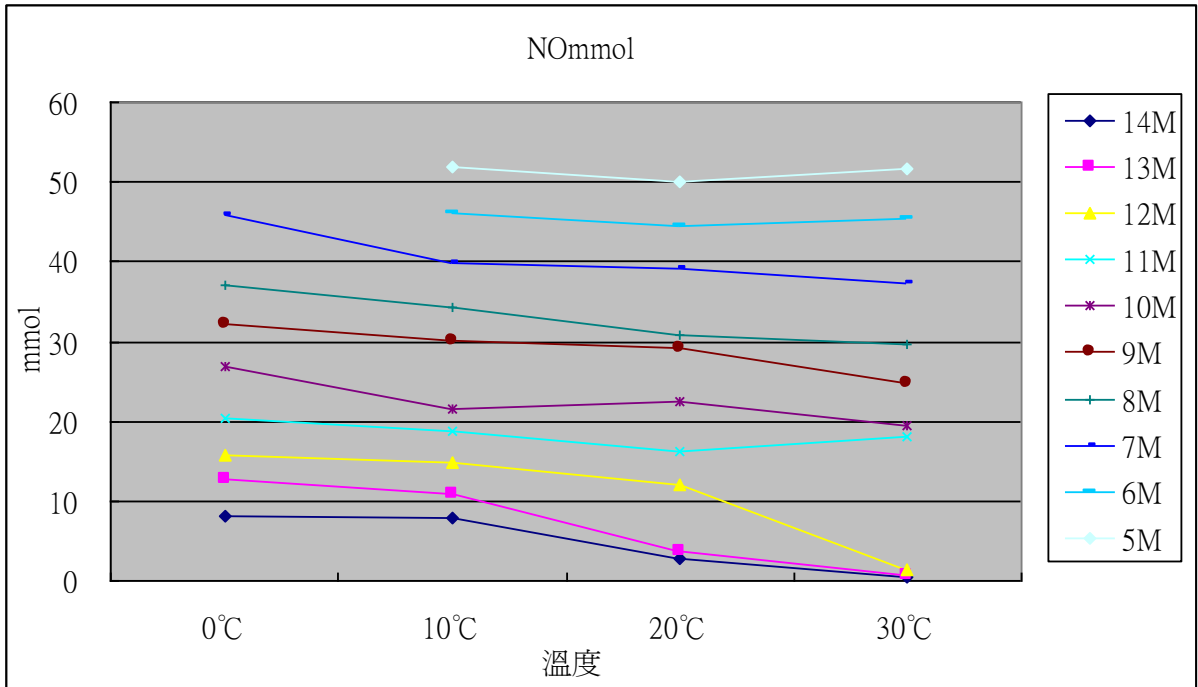
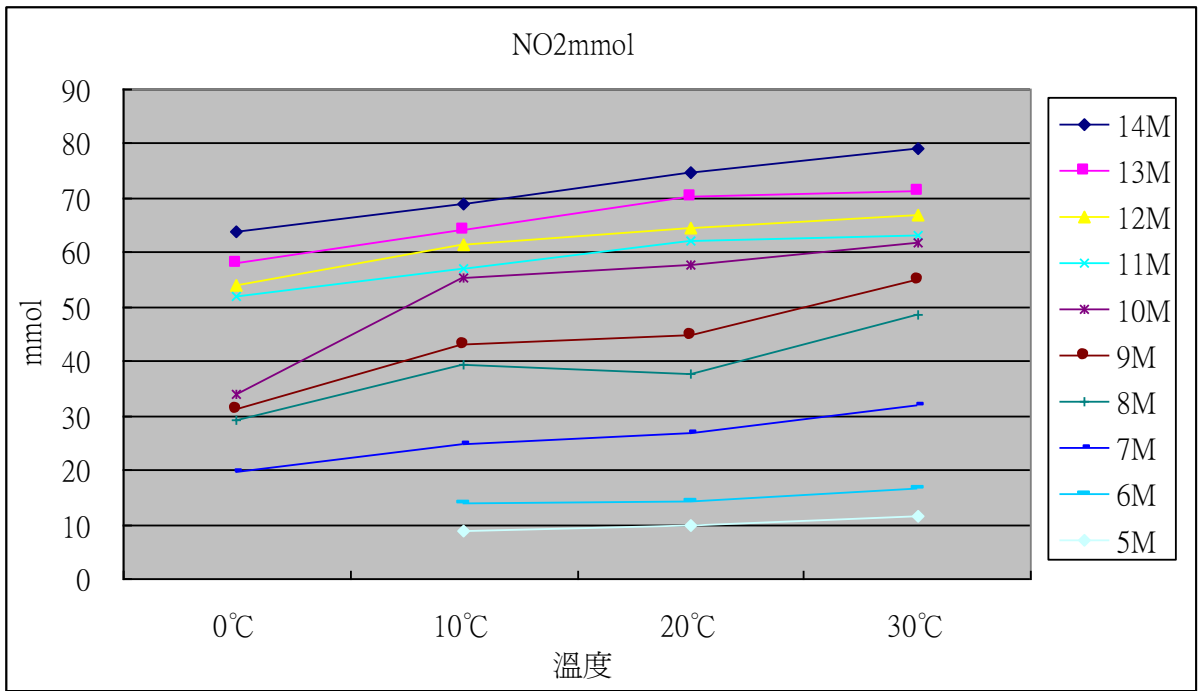
10°C	第一次打水	第二次打水	NO ₂ mmol	NOmmol	產率	Cu _{NO} /Cu _{NO₂}
14M	45.9	30.9	68.85	7.95	46.35%	0.35
13M	42.7	32.3	64.05	10.95	48.45%	0.51
12M	40.9	35.2	61.35	14.75	52.80%	0.72
11M	38.0	37.8	57.00	18.80	56.70%	0.99
10M	37.0	40.1	55.50	21.60	60.15%	1.17
9M	28.7	44.5	43.05	30.15	66.75%	2.10
8M	26.3	47.5	39.45	34.35	71.25%	2.61
7M	16.5	48.2	24.75	39.95	72.30%	4.84
6M	9.2	50.6	13.80	46.00	75.90%	10.00
5M	6.0	54.9	9.00	51.90	82.35%	17.30



0°C	第一次打水	第二次打水	NO ₂ mmol	NOmmol	產率	Cu _{NO} /Cu _{NO₂}
14M	42.6	29.4	63.90	8.10	44.10%	0.38
13M	38.7	32.1	58.05	12.75	48.15%	0.66
12M	36.1	33.7	54.15	15.65	50.55%	0.87
11M	34.6	37.7	51.90	20.40	56.55%	1.18
10M	22.7	38.2	34.05	26.85	57.30%	2.37
9M	20.9	42.6	31.35	32.15	63.90%	3.08
8M	19.5	46.9	29.25	37.15	70.35%	3.81
7M	13.1	52.4	19.65	45.85	78.60%	7.00

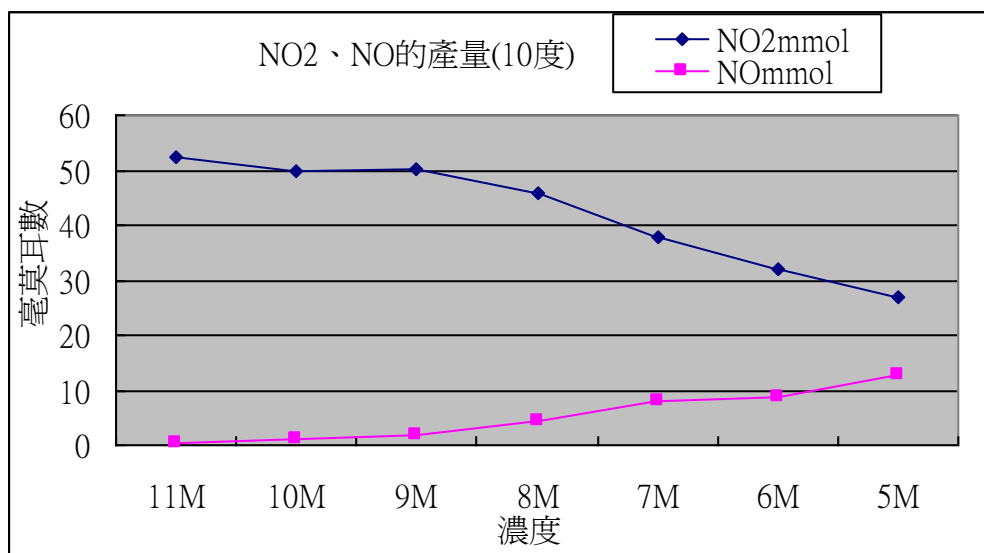


綜合比較：

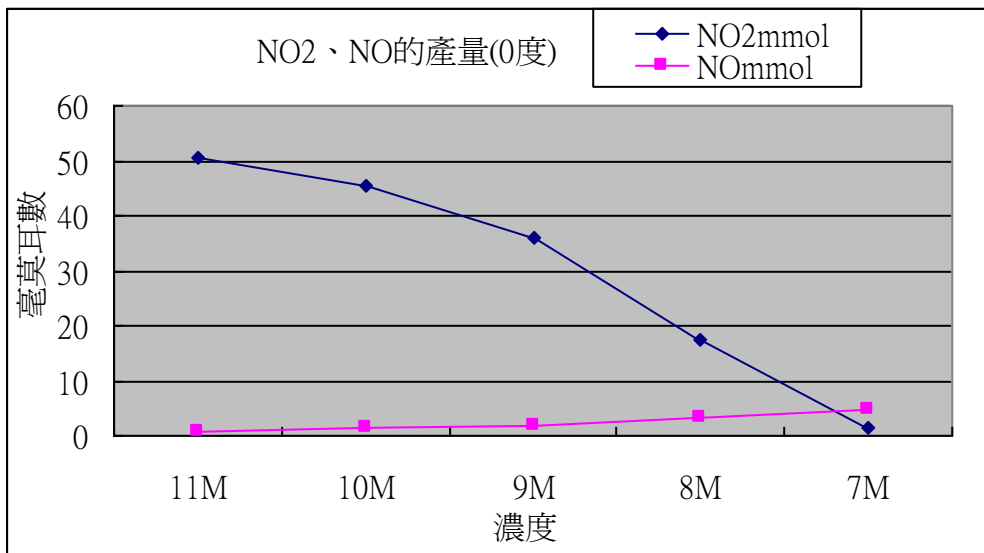


二、鋅

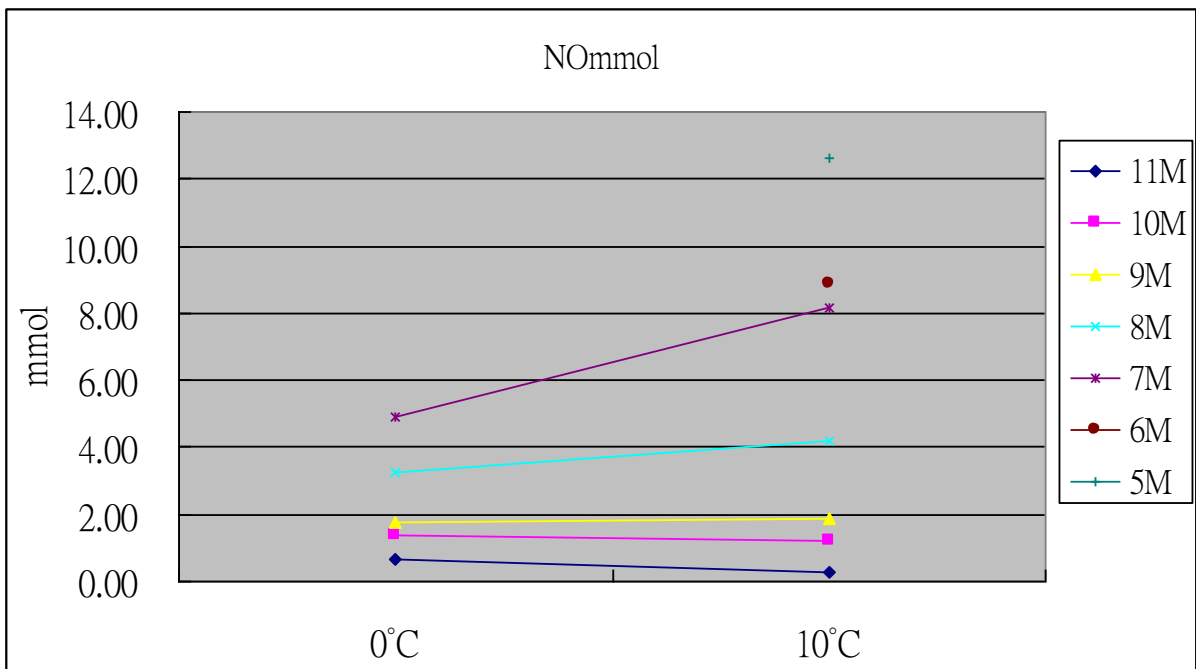
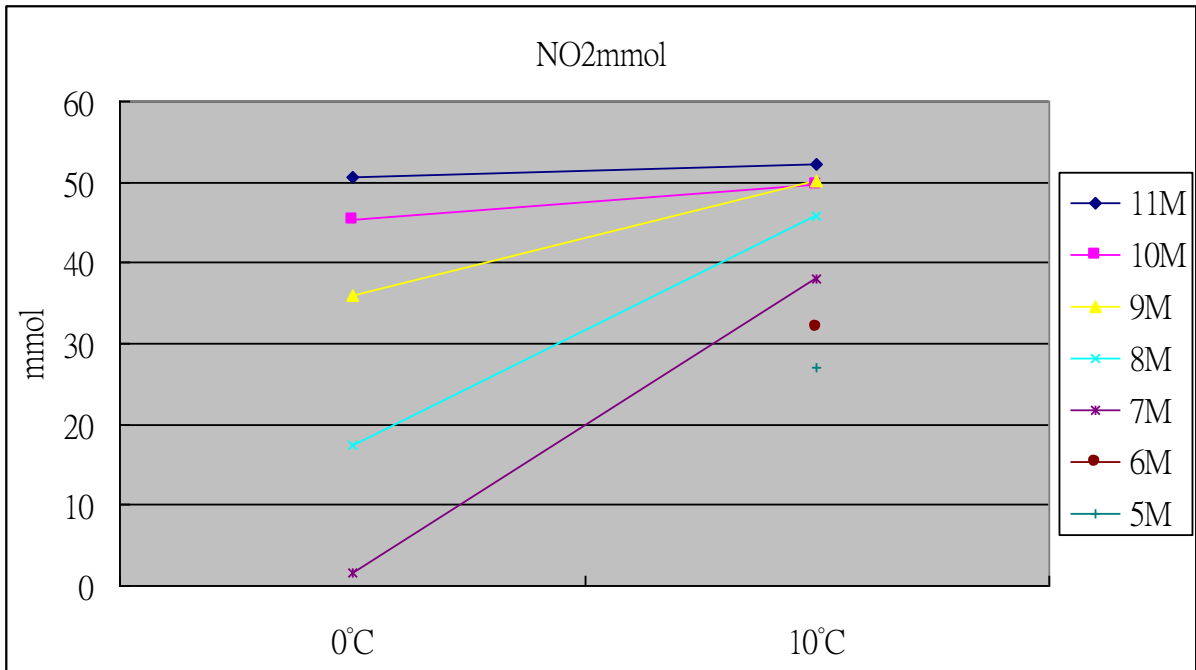
10°C	第一次打水	第二次打水	NO ₂ mmol	NOmmol	產率	C _{U_{NO}} /C _{U_{NO₂}}
11M	34.8	17.7	52.2	0.30	26.55%	0.02
10M	33.2	17.8	49.8	1.20	26.70%	0.07
9M	33.4	18.6	50.1	1.90	27.90%	0.11
8M	30.6	19.5	45.9	4.20	29.25%	0.27
7M	25.3	20.8	37.95	8.15	31.20%	0.64
6M	21.4	19.6	32.1	8.90	29.40%	0.83
5M	18.0	21.6	27	12.60	32.40%	1.40



0°C	第一次打水	第二次打水	NO ₂ mmol	NOmmol	產率	C _{UNO} /C _{UNO₂}
11M	33.7	17.5	50.55	0.65	26.25%	0.04
10M	30.2	16.5	45.3	1.40	24.75%	0.09
9M	23.9	13.7	35.85	1.75	20.55%	0.15
8M	11.5	9.0	17.31	3.23	13.50%	0.56
7M	1.0	5.4	1.5	4.90	8.10%	9.80



綜合比較：



陸、討論

一、銅

- (一) $3\text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{HNO}_3 + \text{NO}$ ，由此化學方程式將第一次打水後所得溶液，經 1MNaOH 滴定之酸莫耳數乘以 $3/2$ 倍後，可得原始的二氧化氮量。
- (二) 第二次打水的酸莫耳數(即一氧化氮量)，是經由此兩道化學方程式 $3\text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{HNO}_3 + \text{NO}$ 、 $2\text{NO} + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{NO}_2$ 之循環反應所得，並需扣除第一次打水之酸莫耳數的 $1/2$ 倍。
- (三) 由上述兩步驟所得氣體量，再透過此兩道方程式 $\text{Cu} + 4\text{HNO}_3 \rightarrow 2\text{NO}_2 + \text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ 、 $3\text{Cu} + 8\text{HNO}_3 \rightarrow 2\text{NO} + 3\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + 4\text{H}_2\text{O}$ ，可換算出銅的實際消耗率。

二、鋅

- (一) $3\text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{HNO}_3 + \text{NO}$ ，由此化學方程式將第一次打水後所得溶液，經 1MNaOH 滴定之酸莫耳數乘以 $3/2$ 倍後，可得原始的二氧化氮量。
- (二) 第二次打水的酸莫耳數(即一氧化氮量)，是經由此兩道化學方程式 $3\text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{HNO}_3 + \text{NO}$ 、 $2\text{NO} + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{NO}_2$ 之循環反應所得，並需扣除第一次打水之酸莫耳數的 $1/2$ 倍。
- (三) 由上述兩步驟所得氣體量，再透過此兩道方程式 $\text{Zn} + 4\text{HNO}_3 \rightarrow 2\text{NO}_2 + \text{Zn}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ 、 $3\text{Zn} + 8\text{HNO}_3 \rightarrow 2\text{NO} + 3\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 + 4\text{H}_2\text{O}$ ，可換算出鋅的消耗量。

柒、結論

- 一、實驗發現硝酸的濃度在 7M 以下仍然有 NO_2 的產生，並非如市面上化學書本所言， 7M 是個明顯的濃度分界線。
- 二、硝酸還原後所生成之產物，明顯地與其本身之濃度及反應時的溫度和還原劑的本性有關。
- 三、溫度低時，走電位較高之反應，但在溫度高時，由於反應被迫加速進行，而啟動電位較低之反應，使硝酸之氧化力降低，溫度對硝酸反應趨象有相當程度的主導性。

$$\text{NO}_3^- + 2\text{H}^+ + \text{e}^- \rightarrow \text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O} \quad E^\circ = 0.81\text{V}$$

$$\text{NO}_3^- + 4\text{H}^+ + 3\text{e}^- \rightarrow \text{NO} + 2\text{H}_2\text{O} \quad E^\circ = 0.96\text{V}$$
- 四、當硝酸之濃度增加時，亦容易產生如上所述的現象。
- 五、鋅反應之產物明顯不僅有銨根而已，亦會產生 NO_2 、 NO ，而且此兩個產物的產量總和並不低
- 六、在反應時有相當量的 NO_2 溶於原反應溶液中造成實驗上不可避免之誤差。
- 七、 NO_2 在第一次打水時可能並沒有完全遵守 $3\text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{HNO}_3 + \text{NO}$ 此反應式，使計算所得之 NO_2 減少，造成實驗誤差。

捌、參考資料及其他

一、實驗照片



銅片反應之氣體收集情況



二氧化氮被溫水吸收反應前後情形

左圖為收集完畢之 NO_2 ，右圖為打入水後之情形

二、參考資料

<典型元素> 曾國輝 編著 建弘出版社 出版
高中化學龍騰版 楊寶旺教授主編
分析化學 關山仲 方嘉德 徐照程 陳秀珍
定性分析 EDWARD J.KING 著
邱翼聰 林清川 方登發 譯

三、展望

限於高中之儀器設備，導致本實驗的困難以及相當程度的誤差，希望有機會能再對此類反應做進一步的探討，並藉由能司特方程式的輔助精確定量出硝酸濃稀之間的差別，及溫度、濃度和若干之外界因素所影響造成的影響。

【評語】 040213

本件作品從教科書尋找研究材料，再設計 NO₂ 和 NO 的收集、分析的方法。從研究動機到研究方法都具有嶄新的創意。針對數據分析的方面，很仔細的區別 NO₂、NO 的不同而確定反應中產生這兩種氣體，進而對教科書的內容提出修正意見。