

中華民國第 62 屆中小學科學展覽會 作品說明書

國中組 化學科

030204

談不同濃度的硝酸與銅反應的現象

學校名稱：嘉義縣私立協同高級中學(附設國中)

作者： 國三 廖正宇 國三 傅正海 國三 莊源勝	指導老師： 翁啟訓
---	------------------

關鍵詞：反應級數、反應速率

摘要

本次實驗我們探究不同濃度之硝酸與銅片反應生成20ml 氣體的反應速率及生成的20ml 氣體中NO₂的佔比。

實驗中，我們使銅與硝酸溶液在20ml的注射筒中反應並用其收集20ml 氣體，同時硝酸會被生成氣體排出注射筒，當注射筒中充滿生成氣體時就紀錄反應所需時間，隨後用排水集氣法收集一氧化氮氣體。

壹、動機

理化課本內談到稀硝酸和銅反應會產生一氧化氮，濃硝酸和銅反應會產生二氧化氮，引起我們想進一步的去了解其中反應的差異性。

貳、研究目的

配制不同濃度的硝酸，經由和銅反應後找出產生NO₂和NO之間的界線，同時測出氣體產生速率和濃度的關係。

參、研究器材

1. 20ml 量筒
2. 250ml 燒杯
3. 50ml 燒杯
4. 玻璃注射器
5. 16N未開封濃硝酸
6. 電子秤
7. 大水槽
8. 漏斗
9. 碼表
10. 銅片
11. 橡皮手套



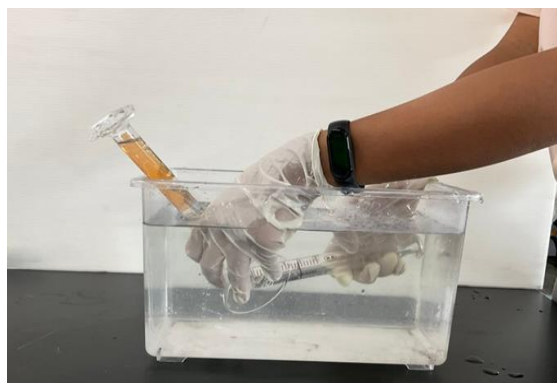
肆、研究過程或方法

- 一、配置不同濃度之 HNO_3 (表一)
- 二、取濃度16N的硝酸30ml(為了方便抽取硝酸20ml，所以才取硝酸30ml)在50ml燒杯中
- 三、秤量約1.3g銅片將其放入玻璃注射器中 (表二)
- 四、玻璃注射器放入50ml燒杯，吸取16N硝酸溶液20ml(因為銅的體積大約1ml，所以會吸取硝酸溶液到注射筒21ml之位置)，使之與注射筒內的銅片反應，並生成20ml氣體(此時注射筒內之硝酸會被擠出，回到燒杯內)
- 五、紀錄生成20ml氣體所需時間(表三)
- 六、將含20ml氣體的玻璃注射器放入水槽中，利用排水集氣法注入20ml的量筒中(水槽的水夠多，因此所含之 NO_2 氣體幾乎都會溶於水中，變成 NO)
- 七、用排水集氣法收集剩餘氣體(NO)於量筒中，紀錄剩餘氣體(NO)的體積 (表四)
- 八、取8N、6N、4N、3N、2N之硝酸濃液，重複步驟二到七

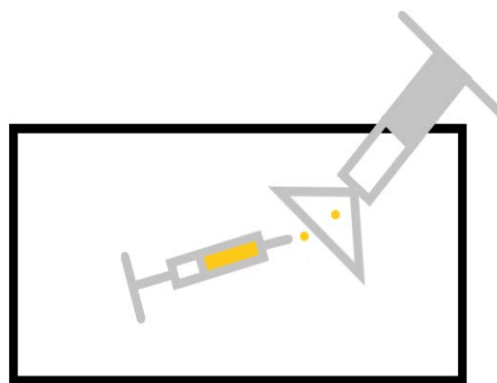


(實驗器材圖)

(收集硝酸與銅反應之氣體中)



(利用排水集氣法收集 NO 氣體)



(水槽內部圖-生成氣體是一顆一顆排出的，為了充分溶入水中)

伍、研究結果

一、硝酸配法

(表一)

硝酸濃度(N)	體積(ml)	硝酸(16N)(ml)	水(ml)
16N		30	0
8N		15	15
6N		11.25	18.75
4N		7.5	22.5
3N		5.6	24.4
2N		3.75	26.25

二、銅片取樣

(表二)

Cu			平均
總重(克)	1.340	1.310	1.325
片數(片)	21	18	19.5
平均單片重(克)	0.064	0.073	0.068

三、不同濃度之硝酸和銅片反應生成氣體體積20ml所需時間

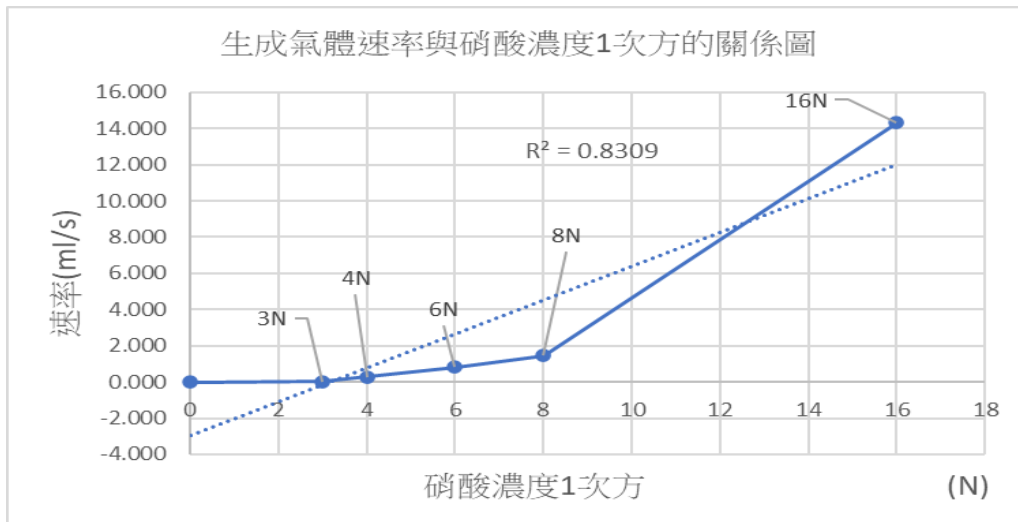
(表三)

硝酸濃度(N)	時間(秒)	實驗一(秒)	實驗二(秒)	實驗三(秒)	平均時間(秒)	速率(ml/s)
16N		1.5	1.0	1.7	1.4	14.27
8N		13.3	12.9	13.4	13.7	1.46
6N		23.8	27.5	28.3	24.0	0.83
4N		74.0	77.0	79.0	73.5	0.27
3N		871.0	980.0		925.5	0.02
2N		反應太慢且生成氣體不足20ml，所以測不出				

四、研究結果：

生成20ml 氣體速率與硝酸濃度1次方的關係圖

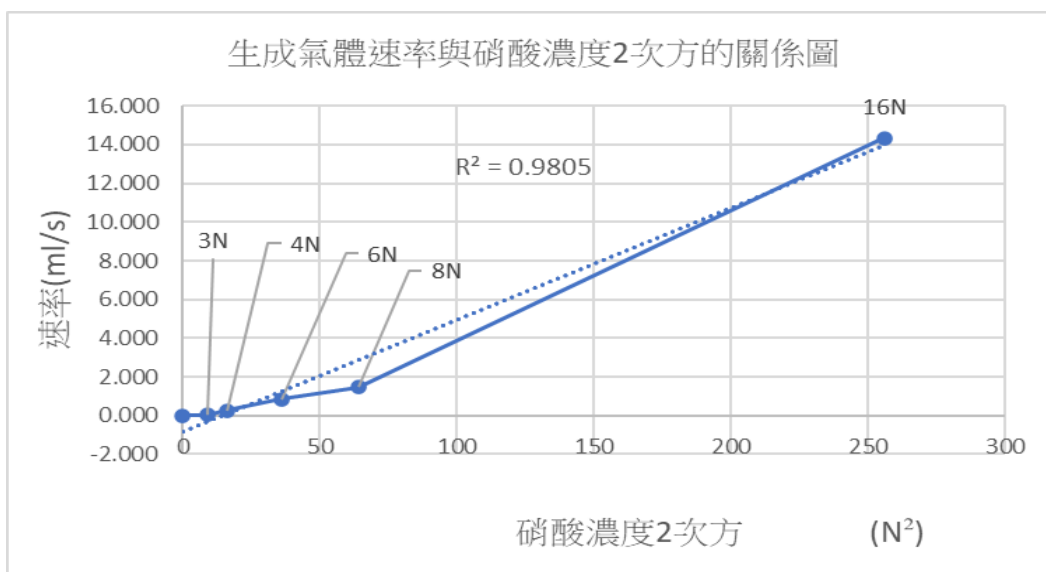
(圖一)



圖一之 R^2 值約為0.8309

生成20ml 氣體速率與硝酸濃度2次方的關係圖

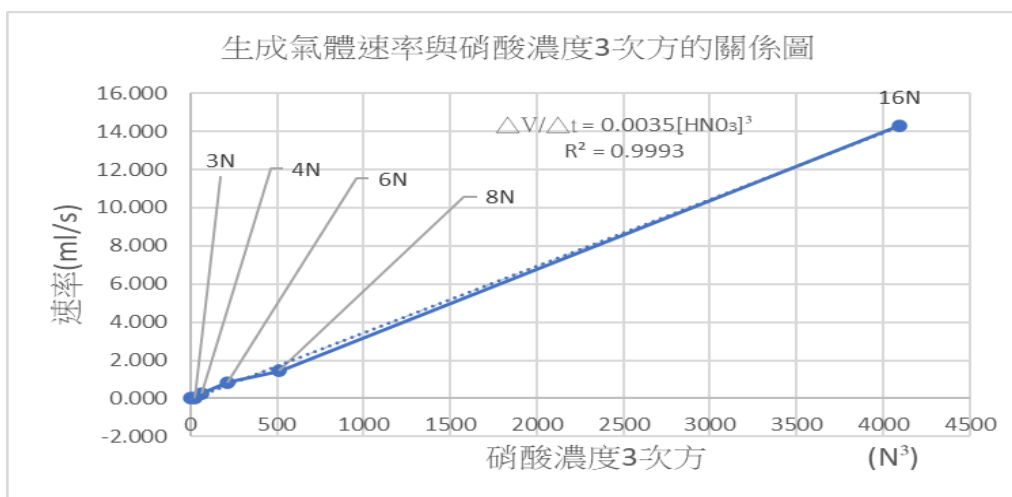
(圖二)



圖二之 R^2 值約為0.9805

生成20ml 氣體速率與硝酸濃度3次方的關係圖

(先平均再作圖)(圖三)



圖三之R²值約為0.9993

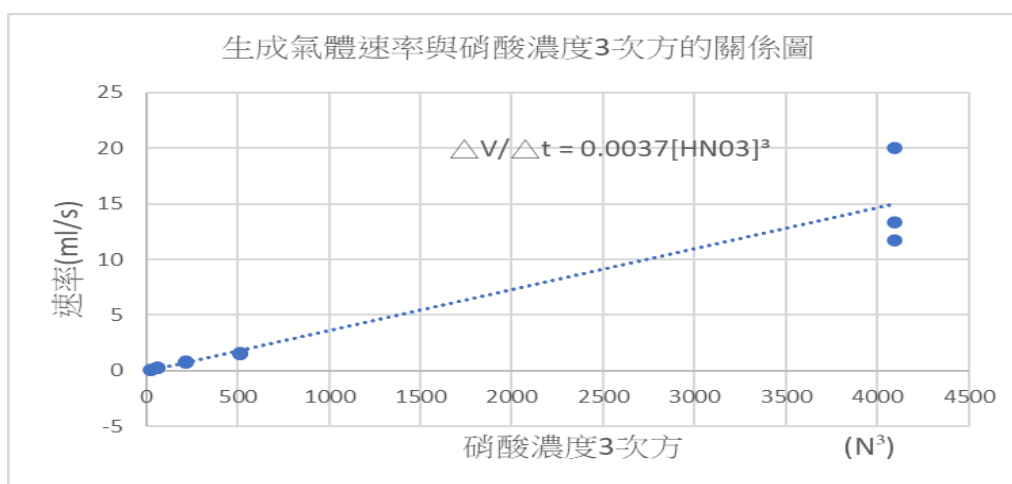
#圖一到圖三R²值越接近1則表示實驗數據的直線性越好

從圖三的R²值，發現硝酸濃度的三次方和氣體生成速率有明顯的正相關且得知

$$\frac{\Delta V}{\Delta t} = K[\text{HNO}_3]^3, \text{ 又利用excel算出 } K=0.0035, K\text{之單位 } \frac{\text{ml}}{\text{s}[\text{N}]^3}$$

生成20ml 氣體速率與硝酸濃度3次方的關係圖

(直接作圖)(圖四)



直接將實驗數據作圖的圖四之K值，與先將實驗數據平均再作圖的圖三之K值極為相近

圖三之K=0.0035

圖四之K=0.0037

這代表每次實驗所造成的誤差並不大

銅片與不同濃度硝酸反應生成20ml之氣體通入水中後剩餘體積(NO) (表四)
(排水集氣法)

剩餘氣體 體積(ml) 硝酸 濃度(N)	20ml 氣體通 入水後剩餘 體積(NO) (實驗一) (ml)	20ml 氣體通 入水後剩餘 體積(NO) (實驗二) (ml)	20ml 氣體通 入水後剩餘 體積(NO) (實驗三) (ml)	20ml 氣體通 入水後平均 剩餘體積 (NO) (ml)
16N	15.8	15.4	16.1	15.77
8N	17.3	17.1	17.0	17.13
6N	17.6	17.8	17.3	17.57
4N	18.3	19.3	17.3	18.30
3N	17.8	19.7		18.75
2N	反應太慢且生成氣體不足20ml，所以測不出			

銅片與不同濃度之硝酸反應生成20ml之氣體通入水中後減少之體積 (表五)

氣體體積(ml) 硝酸濃度(N)	20ml 氣體通入水中後 平均剩餘體積(ml)	20ml 氣體通入水中後平 均減少體積(ml) (A)
16N	15.77	4.23
8N	17.13	2.87
6N	17.57	2.43
4N	18.30	1.70
3N	18.75	1.25
2N	反應太慢且生成氣體不足20ml，所以測不出	

陸、討論

一、我們由實驗數據加上Excel算出的 R^2 值證明銅和硝酸反應時生成氣體和不同濃度之硝酸濃度三次方約成正比關係，也可得知此方程式

$$\frac{\Delta V}{\Delta t} = 0.0035[\text{HNO}_3]^3, \text{ 並證明硝酸與銅反應為三級反應}$$

二、因為 $\frac{\Delta V}{\Delta t} = K[\text{HNO}_3]^3$ ，我們算出各硝酸濃度的K值，與excel

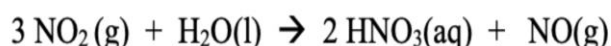
算出的K值做出比對，K值=0.0035

4N之數據： $K_{4N}=0.0042$ ，6N之數據： $K_{6N}=0.0038$ ，

8N之數據： $K_{8N}=0.0029$ ，16N之數據： $K_{16N}=0.0035$

由不同濃度所求出的K值皆很接近，證明我們得實驗很精確。

三、由下列反應方程式可得知 NO_2 會溶於水，同時產生 NO ，且總體積會減少



四、因為反應物 NO_2 和生成物 NO 之體積比為3:1，所以取20ml氣體通入水後減少的體積(即為表五之A)再乘以3/2即為原來 NO_2 之體積(即為表六之B)

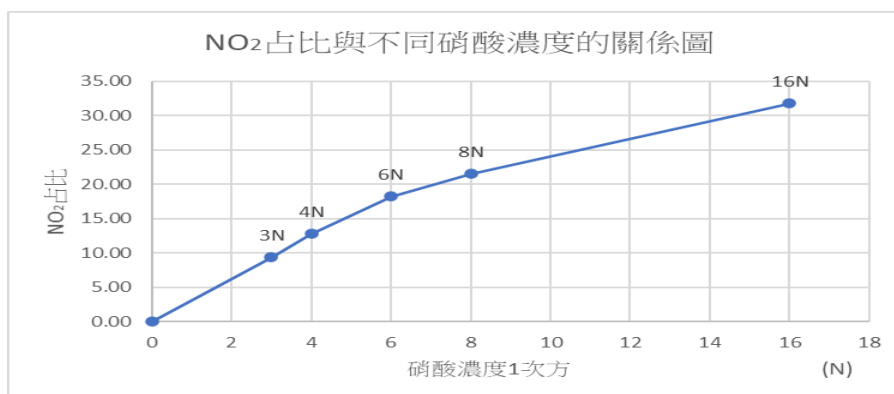
不同濃度之硝酸與銅反應生成 NO 氣體和 NO_2 氣體

(表六)

硝酸 濃度(N)	20ml氣體通 入水後平均 減少體積 (ml) (A)	平均 NO_2 體積 (ml) (B) (B=A*3/2)	平均 NO 體積 (ml) (C) (C=20-B)	NO_2 /生成氣體 體積(% (D) (D=B/20*100%)
16N	4.23	6.35	13.65	31.75
8N	2.87	4.30	15.70	21.50
6N	2.43	3.65	16.35	18.25
4N	1.70	2.55	17.45	11.06
3N	1.25	1.88	18.12	9.38

五、 NO_2 佔生成氣體的百分比與不同硝酸濃度的關係圖

(圖五)



- 六、在圖五，可以看出NO₂佔生成氣體之百分比隨硝酸濃度的增加而增加，且大致成正比關係
- 七、因為稀硝酸和銅片反應產生之NO速率太慢，所以一般的實驗室製作NO氣體，皆用濃硝酸製作，並且使用排水集氣法收集所產出之NO氣體

柒、結論

1. 銅與硝酸水溶液可在注射筒內進行反應並以其蒐集定量氣體，在此同時硝酸會被排出注射筒外，此時所生成之氣體也不會與硝酸再次反應，這樣方便執行
2. 利用NO₂易溶於水，但NO不溶於水的特性，想到將製造的20ml利用排水集氣法測量，查看其變化並算出NO和NO₂氣體含量。
3. 在硝酸濃度3次方與生成氣體之反應速率關係圖中，可以得知生成氣體之反應速率與硝酸濃度三次方大約成正比關係，證明反應級數為三級

$$\text{函數} : \frac{\Delta V}{\Delta t} = 0.0035[\text{HNO}_3]^3$$

4. 在不同濃度硝酸和銅片反應所生成氣體NO₂占比的圖中，可以發現生成氣體中NO₂占比與硝酸的濃度大約成正比關係

$$\text{函數} : 3.04x=y \text{ (x為硝酸濃度, y為NO}_2\text{的占比)}$$

捌、參考資料及其他

1. 定量化學
2. <https://scienceede.pixnet.net/blog/post/14782338> (硝酸與銅的反應方程式)

【評語】 030204

利用簡單的排水集氣法，探討銅與不同濃度的硝酸之反應速率級數，實驗變因完整，建議表格要編號，並且補充更多一些的參考文獻，若能加以說明或以化學方程式表示硝酸如何反應生成 NO_2 和 NO ，以及得到研究目的之一，找出產生 NO_2 和 NO 之間的界線，將更具價值。

作品簡報

中華民國第62屆中小學科學展覽會

作品簡報

作品名稱：談不同濃度的硝酸與銅反應的現象

科別：化學科

組別：國中組

關鍵詞：反應級數、反應速率

摘要

本次實驗我們探究不同濃度之硝酸與銅片反應生成20ml氣體的反應速率及生成的20ml氣體中NO₂的佔比。

實驗中，我們使銅與硝酸溶液在20ml的注射筒中反應並用其收集20ml氣體，同時硝酸會被生成氣體排出注射筒，當注射筒中充滿生成氣體時就紀錄反應所需時間，隨後用排水集氣法收集一氧化氮氣體。

壹、動機

理化課本內談到稀硝酸和銅反應會產生一氧化氮，濃硝酸和銅反應會產生二氧化氮，引起我們想進一步的去了解其中反應的差異性。

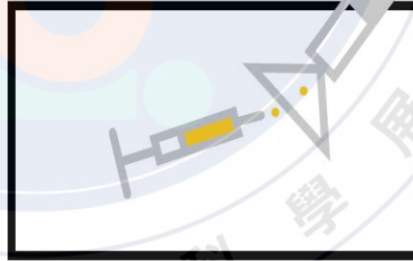
貳、研究目的

配制不同濃度的硝酸，經由和銅反應後找出產生NO₂和NO之間的界線，同時測出氣體產生速率和濃度的關係。

參、研究器材



肆、研究過程或方法



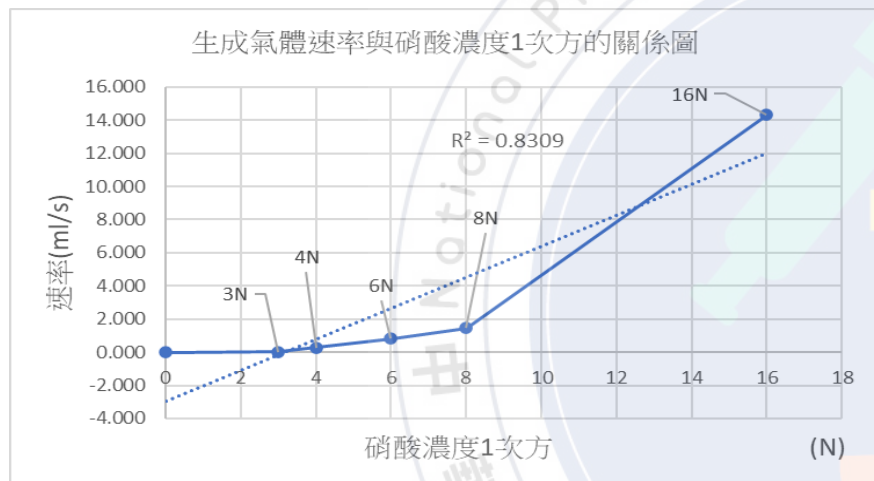
(水槽內部圖-生成氣體是一顆一顆排出的，為了充分溶入水中)

伍、研究結果

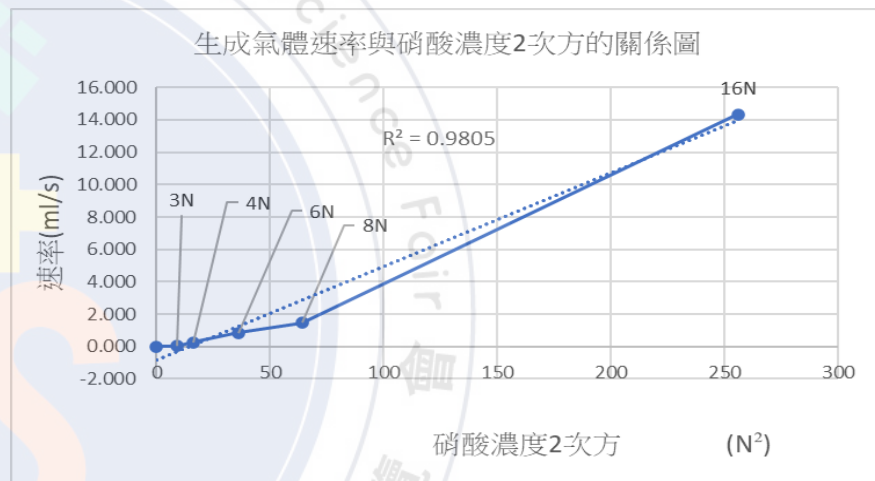
不同濃度之硝酸和銅片反應生成氣體體積20ml所需時間(表一)

硝酸濃度(N)	時間(秒)	實驗一 (秒)	實驗二 (秒)	實驗三 (秒)	平均時間 (秒)	速率 (ml/s)
16N		1.5	1.0	1.7	1.4	14.27
8N		13.3	12.9	13.4	13.7	1.46
6N		23.8	27.5	28.3	24.0	0.83
4N		74.0	77.0	79.0	73.5	0.27
3N		871.0	980.0		925.5	0.02
2N		反應太慢且生成氣體不足20ml，所以測不出				

生成20ml氣體速率與
硝酸濃度1次方的關係圖(圖一)



生成20ml氣體速率與
硝酸濃度2次方的關係圖(圖二)

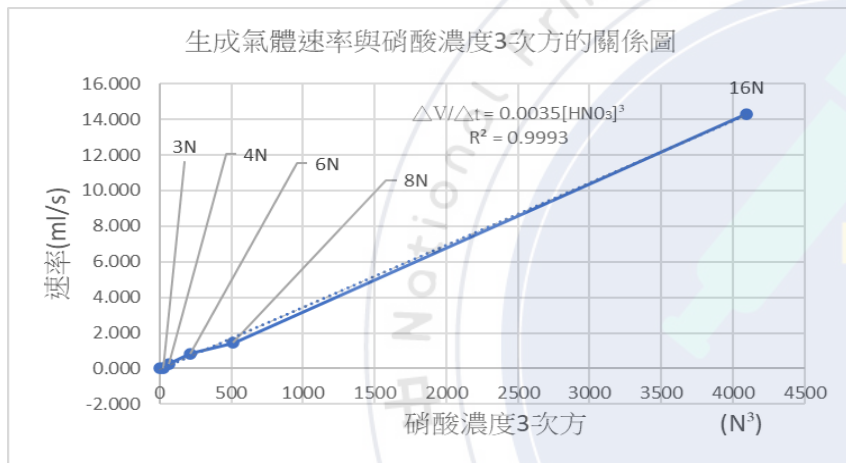


圖一到圖三 R^2 值越接近1則表示實驗數據的直線性越好

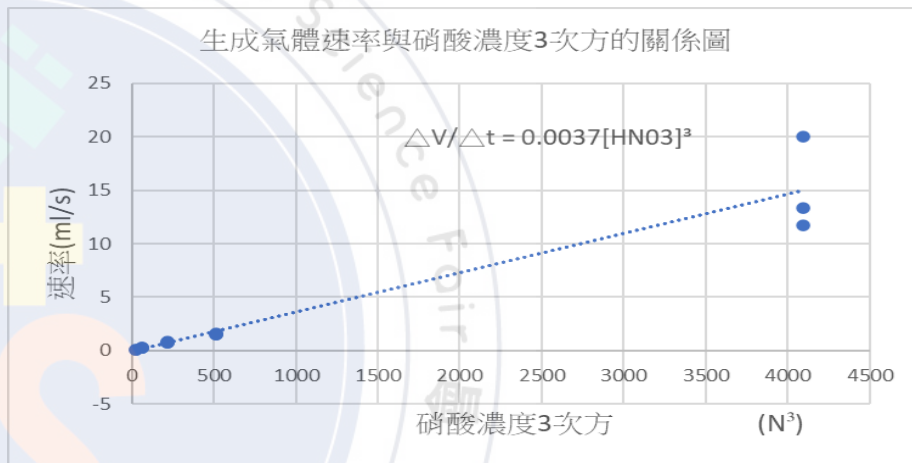
圖一之 $R^2=0.8309$

圖二之 R^2 值約為0.9805

生成20ml氣體速率與硝酸濃度3次方的關係圖(先平均再作圖)(圖三)



生成20ml氣體速率與硝酸濃度3次方的關係圖(直接作圖)(圖四)



圖三之 R^2 值約為0.9993

從圖三的 R^2 值，發現硝酸濃度的三次方和

氣體生成速率有明顯的正相關且得知

$\Delta V/\Delta t = K[\text{HNO}_3]^3$ ，又利用excel算出

$K = 0.0035$ ， K 之單位 $\text{ml}/\text{S}[\text{N}]^3$

直接將實驗數據作圖的圖四之 K 值，與先將實驗數據平均再作圖的圖三之 K 值極為相近

圖三之 $K = 0.0035$

圖四之 $K = 0.0037$

這代表每次實驗所造成的誤差並不大

銅片與不同濃度硝酸反應生成20ml之氣體通入水中後剩餘體積(NO)
(排水集氣法)(表二)

硝酸 濃度(N)	剩餘氣體 體積(ml)	20ml 氣體通 入水後剩餘 體積(NO) (實驗一) (ml)	20ml 氣體通 入水後剩餘 體積(NO) (實驗二) (ml)	20ml 氣體通 入水後剩餘 體積(NO) (實驗三) (ml)	20ml 氣體通 入水後平均 剩餘體積 (NO) (ml)
16N		15.8	15.4	16.1	15.77
8N		17.3	17.1	17.0	17.13
6N		17.6	17.8	17.3	17.57
4N		18.3	19.3	17.3	18.30
3N		17.8	19.7		18.75
2N		反應太慢且生成氣體不足20ml，所以測不出			

銅片與不同濃度之硝酸反應生成20ml之氣體通入水中後減少之體積(表三)

硝酸濃度(N)	氣體體積(ml)	20ml 氣體通入水中後平均剩餘體積(ml)	20ml 氣體通入水中後平均減少體積(ml) (A)
16N		15.77	4.23
8N		17.13	2.87
6N		17.57	2.43
4N		18.30	1.70
3N		18.75	1.25
2N		反應太慢且生成氣體不足20ml，所以測不出	

陸、討論

一、我們由實驗數據加上Excel算出的 R^2 值證明銅和硝酸反應時生成氣體和不同濃度之硝酸濃度三次方約成正比關係，也可得知此方程式

$\Delta V / \Delta t = K[\text{HNO}_3]^3$ ，並證明硝酸與銅反應為三級反應

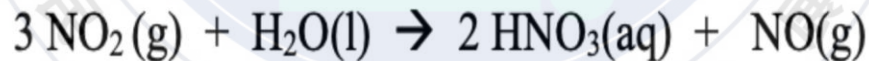
二、因為 $\Delta V / \Delta t = K[\text{HNO}_3]^3$ ，我們算出各硝酸濃度的K值，與excel算出的K值做出比對，K值=0.0035

4N之數據： $K_{4N} = 0.0042$ ，6N之數據： $K_{6N} = 0.0038$ ，

8N之數據： $K_{8N} = 0.0029$ ，16N之數據： $K_{16N} = 0.0035$

由不同濃度所求出的K值皆很接近，證明我們得實驗很精確。

三、由下列反應方程式可得知 NO_2 會溶於水，同時產生 NO ，且總體積會減少

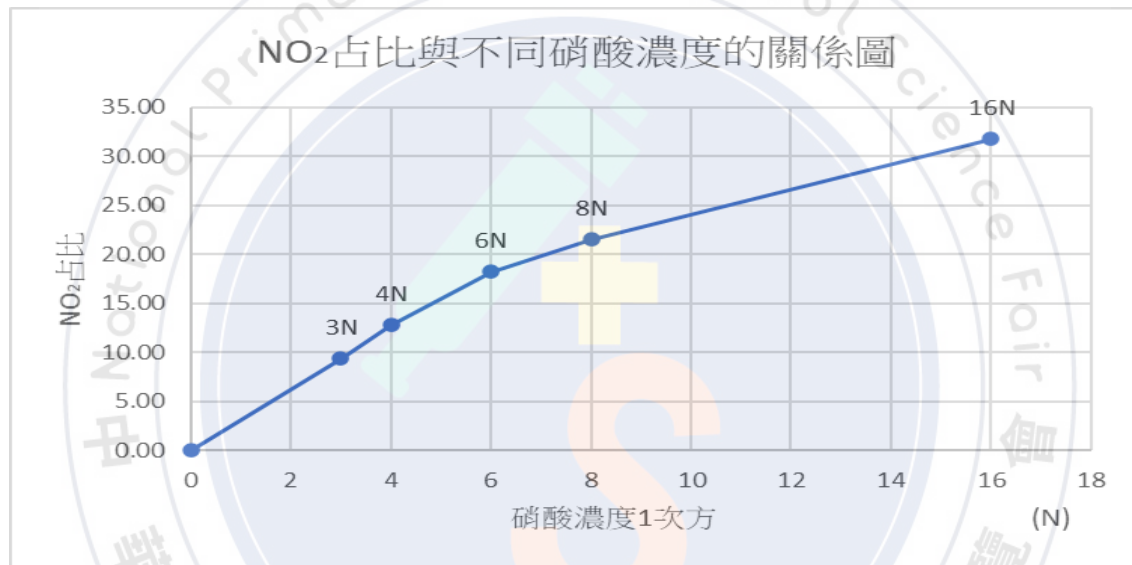


四、因為反應物 NO_2 和生成物 NO 之體積比為3:1，所以取20ml氣體通入水後減少的體積(即為表三之A)再乘以3/2即為原來 NO_2 之體積(即為表四之B)

不同濃度之硝酸與銅反應生成NO氣體和NO₂氣體(表四)

硝酸 濃度(N)	氣體 體積 20ml 氣體通 入水後平均 減少體積 (ml) (A)	平均NO ₂ 體積 (ml) (B) (B=A*3/2)	平均NO體積 (ml) (C) (C=20-B)	NO ₂ /生成氣體 體積(%) (D) (D=B/20*100%)
16N	4.23	6.35	13.65	31.75
8N	2.87	4.30	15.70	21.50
6N	2.43	3.65	16.35	18.25
4N	1.70	2.55	17.45	11.06
3N	1.25	1.88	18.12	9.38

五、NO₂佔生成氣體之百分比與不同硝酸濃度之關係圖(圖五)



六、在圖五，可以看出NO₂佔生成氣體之百分比隨硝酸濃度的增加而增加，且大致成正比關係

七、因為稀硝酸和銅片反應產生之NO速率太慢，所以一般的實驗室製作NO氣體，皆用濃硝酸製作，並且使用排水集氣法收集所產出之NO氣體

柒、結論

1. 銅與硝酸水溶液可在注射筒內進行反應並以其蒐集定量氣體，在此同時硝酸會被排出注射筒外，此時所生成之氣體也不會與硝酸再次反應，這樣方便執行
2. 利用NO₂易溶於水，但NO不溶於水的特性，想到將製造的20ml利用排水集氣法測量，查看其變化並算出NO和NO₂氣體含量。
3. 在硝酸濃度3次方與生成氣體之反應速率關係圖中，可以得知生成氣體之反應速率與硝酸濃度三次方大約成正比關係，證明反應級數為三級

$$\text{函數} : \Delta V / \Delta t = 0.0035 [\text{HNO}_3]^3$$

4. 在不同濃度硝酸和銅片反應所生成氣體NO₂占比的圖中，可以發現生成氣體中NO₂占比與硝酸的濃度大約成正比關係

$$\text{函數} : 3.04x = y \text{ (x為硝酸濃度，y為NO}_2\text{的占比)}$$

捌、參考資料及其他

1. 定量化學
2. <https://scienceede.pixnet.net/blog/post/14782338> (硝酸與銅的反應方程式)