

中華民國第四十七屆中小學科學展覽會  
作品說明書

---

國中組 理化科

031629

快快快看誰反應快-利用光敏電阻測定反應速率

學校名稱：高雄市立鼎金國民中學

作者： 國二 湯又明 國二 陳貞霓 國二 段秀芳 國二 趙婉婷	指導老師： 張岳升 陳俞陵
---	---------------------

關鍵詞：反應速率 光敏電阻

## 摘要

自然與生活科技課程中有許多化學實驗是利用肉眼來進行結果的判讀，常因觀測者個人的差異而造成數據解釋上的誤差，例如南一版第四冊第一章實驗 1-2「溫度對反應速率的影響」中，利用硫代硫酸鈉和鹽酸的反應所產生的黃色硫沈澱遮蔽錐形瓶底部「+」符號的時間來觀察反應速率，常發現觀測者彼此之間的差異很大。為改進此一缺點，利用硫化鎘(CdS)為光敏電阻的材料連接電源及三用電表，並以白光 LED 為光源；在光照射下的電阻值較小，因反應進行後產物黃色硫沈澱會遮蔽了光對於光敏電阻的照射而導致電阻值逐漸增加。藉由測定電阻值達到一定值所需要的時間來取代肉眼判讀硫沈澱遮蔽錐形瓶底部「+」符號所需的時間，結果發現反應物的濃度愈高或反應的溫度愈高，所需達到一定電阻值的時間就愈短，彼此間呈線性關係，與肉眼測定的結果比較，準確度較高，且儀器體積小組裝方便可用於同類型的實驗。

## 壹、 研究動機

在操作自然課程南一版第四冊第一章實驗 1-2「溫度對反應速率的影響」時，我們發現硫代硫酸鈉和鹽酸的反應會產生硫的沉澱，若在錐形瓶底部劃上「+」符號，利用硫沉澱會遮蔽符號所需要的時間來判斷反應物濃度及反應溫度與反應速率之間的關係時，常會有遮蔽符號所需時間不易判讀的結果發生，而此一結果又常與觀測者的不同有關，也就是以肉眼來判斷硫遮蔽符號常會出現爭議。此外本實驗所產生的二氧化硫氣體對身體有害，若可以在較密閉的裝置中進行，可使實驗者不吸到二氧化硫氣體。為了解決上述問題，並且考慮到儀器及材料裝置的實用性，我們採用以硫化鎘為材料的光敏電阻來協助判斷硫遮蔽符號所需的時間，並研發精微的實驗裝置，以利使用。針對課本所設計實驗的缺點加以改進，以其發展更精準、更實用的實驗裝置，並培養學生對自然事象具有更多的疑問及留意觀察的科學態度。

## 貳、 研究目的

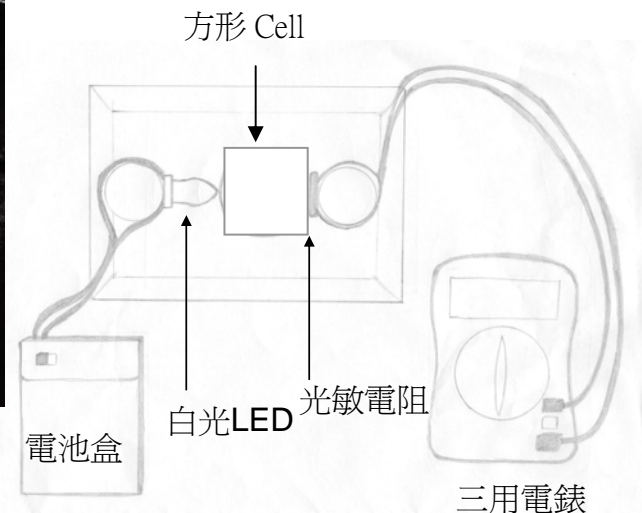
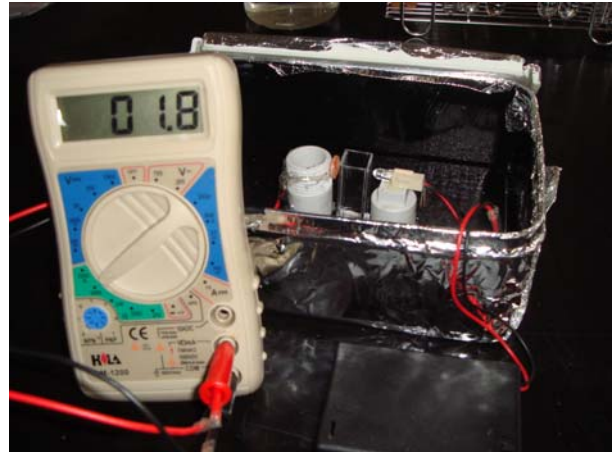
以硫化鎘為材料的光敏電阻可用於可見光範圍的探測，具有在光照時電阻值會降低，受光量下降時電阻值會增加的特性，將光敏電阻連接電源及三用電表用來協助判斷硫代硫酸鈉和鹽酸的反應中，產物硫遮蔽「+」符號所需的時間，這個實驗的目的包括：

- 一、探討反應物鹽酸濃度與反應時間及電阻值之間的關聯性
- 二、探討在固定電阻值下反應物硫代硫酸鈉的濃度及反應時間之間的關聯性
- 三、探討在固定反應物濃度下達到一定電阻值的溫度與反應時間之間的關聯性
- 四、確立光敏電阻可用於協助判斷化學反應所需的時間
- 五、實驗裝置之設計力求裝置體積重量輕巧、操作方式簡單、花費便宜，改進以往利用光敏電阻作為偵測器的其他實驗裝置體積大、操作不易之缺點，增加實驗裝置的實用性。
- 六、使實驗中產生的有毒氣體二氧化硫不會逸散出來。
- 七、微型裝置可以大幅減少反應物的用量。
- 八、實驗裝置可應用於其他生成沉澱的反應實驗上。例如：水中氯離子的含量測定。

### 參、 研究設備及材料

一、藥品：鹽酸(HCl)1M，硫代硫酸鈉( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ )0.5M。硝酸銀( $\text{AgNO}_3$ )0.1M 氯化鈉(NaCl)

二、器材：光敏電阻，三用電錶，恆溫槽，小燈泡，電池，暗箱，碼表，方形 Cell，燒杯〈兩個〉，量筒〈兩支〉，滴管〈兩支〉，蒸餾水，白紙〈一張〉，鋁箔紙，溫度計。



## 肆、 研究過程或方法

### 一、實驗一

(一)第一部分：肉眼觀察 0.5M 的硫代硫酸鈉和 1M 的鹽酸反應速率

- 1.在白紙上畫一個十字記號，在它上面放置一個燒杯。
- 2.取 0.5M 硫代硫酸鈉和 1M 鹽酸分裝至兩個燒杯。
- 3.加熱至 30°C
- 4.兩者同時倒入燒杯中。
- 5.直到燒杯裡溶液的顏色，遮住白紙上的十字記號，並記錄反應所需時間。
- 6.重複步驟 2~5，改變溶液溫度，分別約 40°C、50°C、60°C，紀錄遮住白紙十字記號的反應時間。

(二)第二部分：改變硫代硫酸鈉溫度

- 1.將 0.5M 的硫代硫酸鈉和 1M 鹽酸分裝至兩個燒杯。
2. 加熱至 30°C
- 3.兩者同時倒入暗箱內的酒杯中。
- 4.直到電阻值沒有大幅度的變化，紀錄反應所需時間。
- 5.將小酒杯清洗乾淨再用同一個容器重複 1~4 的步驟，改變硫代硫酸鈉的溫度為 40°C、50°C、60°C，分別紀錄電阻值的變化。

### 二、實驗二

〈一〉第一部份：改變硫代硫酸鈉濃度

- 1.將 0.5M 的硫代硫酸鈉和 1M 鹽酸分裝至兩個燒杯。
2. 加熱至 40°C
- 3.兩者同時倒入暗箱內的酒杯中。
- 4.直到電阻值沒有大幅度的變化，紀錄反應所需時間。
- 5.將小酒杯清洗乾淨再用同一個容器重複 1~4 的步驟，改變硫代硫酸鈉的濃度為 0.4M、0.3M、0.2M，分別紀錄時間的變化。

〈二〉第二部份：改變鹽酸濃度

- 1.將 0.5M 的硫代硫酸鈉和 1M 鹽酸分裝至兩個燒杯。
2. 加熱至 40°C
- 3.兩者同時倒入暗箱內的酒杯中。
- 4.直到電阻值沒有大幅度的變化，紀錄反應所需時間。
- 5.將小酒杯清洗乾淨再用同一個容器重複 1~4 的步驟，改變鹽酸的濃度為 0.3M、0.1M、0.05M、0.03M，分別紀錄時間的變化。

### 三、實驗三：製作檢量線測

#### (一)步驟

- 1.將 0.5M 的硫代硫酸鈉和 1M 鹽酸分裝至兩個燒杯。
2. 加熱至 40°C
- 3.兩者同時倒入暗箱內的酒杯中。
- 4.紀錄開始時的電阻值，直到電阻值沒有大幅度的變化，紀錄結束時的電阻值以及反應時間
- 5.將小酒杯清洗乾淨再用同一個容器重複 1~4 的步驟，改變硫代硫酸鈉的濃度為 0.04M、0.3M、0.2M，分別時間的變化。

### 四、實驗四 儀器實際應用：自來水中餘氯濃度檢測

#### 〈一〉第一部份: 製作檢量線測

1. 取 0.1M 氯化鈉溶液和 0.1M 硝酸銀溶液各兩毫升，同時倒入暗箱內的容器中。
2. 直到電阻值沒有大幅度的變化，紀錄電阻值。
3. 將容器清洗乾淨再用同一個容器重複以上的步驟，改變氯化鈉的濃度為 0.005M、0.001M、0.0005M，分別紀錄電阻值。

#### 〈二〉第二部份:自來水煮沸時間長短與餘氯殘留濃度實驗

1. 將自來水煮沸後持續十分鐘、二十分鐘、三十分鐘、四十分鐘，各取兩百毫升待測。
2. 取煮沸時間不同的自來水 2ml 與 2ml 硝酸銀，倒入暗箱內的容器中，使其產生氯化銀沉澱。
3. 直到電阻值沒有大幅度的變化，紀錄電阻值。
4. 將容器清洗乾淨再用同一個容器重複步驟 1-3。

## 伍、討論

### 一、第一部份儀器和人眼測量比較

第一部份取硫代硫酸鈉(0.5M)分別與鹽酸(1M)在不同溫度下反應，比較人眼觀測<表一>及自製儀器的數據<表二>，以人眼觀測測量五次但是取三次最接近來平均，算出 RSD 值介於 0.07~0.14 左右。反觀利用自製儀器所測量所算出的 RSD 則介於 0.04~0.11，每次測量的變動範圍不大，再現性的確優於人眼所觀測。

至於人眼觀測以及儀器所測得的反應時間會有差別在於儀器是固定電阻 10KΩ 所測的時間，但是人眼所測的反應時間是硫蓋住十字，非完全反應完，電阻 10KΩ 在於完全反應後的電阻值，固兩者數據會有所差別。

利用溫度對 1/T 做圖，圖一及圖二分別是用人眼及儀器測量所得的圖形，兩張圖表可以發現儀器測量的圖形較人眼觀測呈線性，且 RSD 也比人眼觀測來的好，代表使用這組儀器測量確實比人眼好，也符合反應速率和溫度成正比的推測。

溫度 (°C)	時間一(s)	時間一	時間三	三次平均	1/T	RSD
30	15.9	14.2	14.3	14.8	0.07	0.053
40	13.8	14.6	13.0	13.8	0.07	0.047
50	11.7	13.2	13.0	12.6	0.08	0.053
60	6.3	7.9	7.1	7.1	0.14	0.092

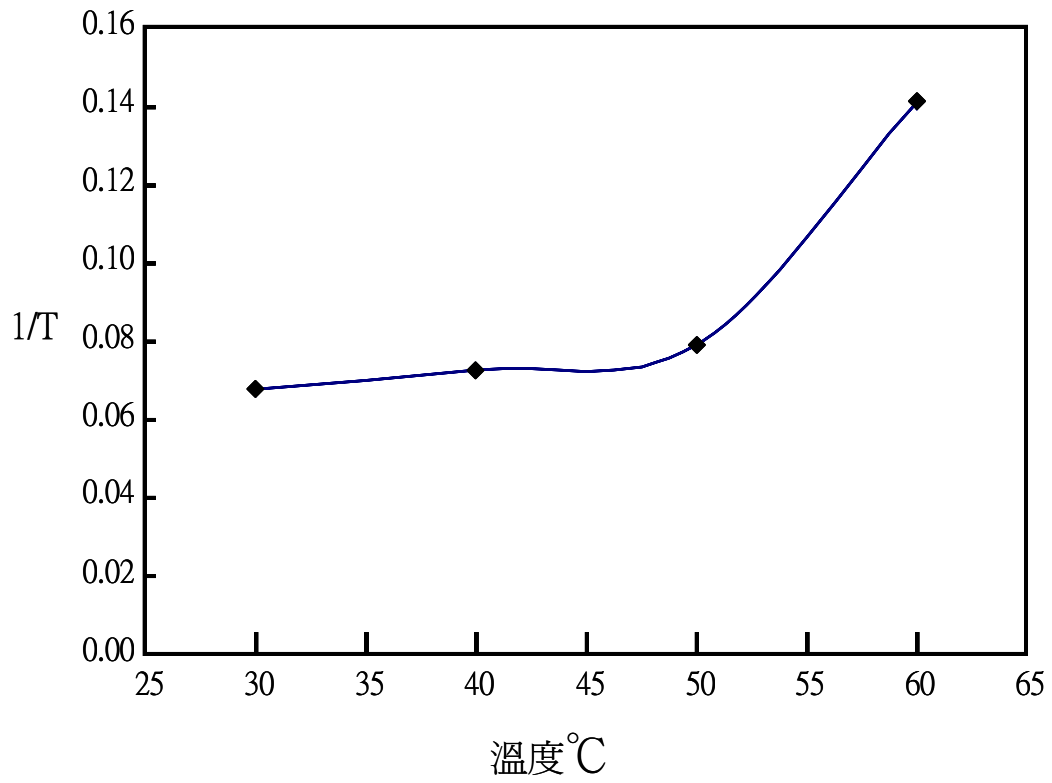
表一 人眼觀測

溫度 (°C)	時間一(s)	時間一	時間三	三次平均	1/T	RSD	電阻(K)
30	50.0	50.0	57.9	52.6	0.02	0.071	14.2
40	27.0	30.1	32.2	29.8	0.03	0.072	14.2
50	15.5	15.6	17.1	16.1	0.06	0.046	14.2
60	9.6	10.7	12.7	11.0	0.09	0.118	14.2

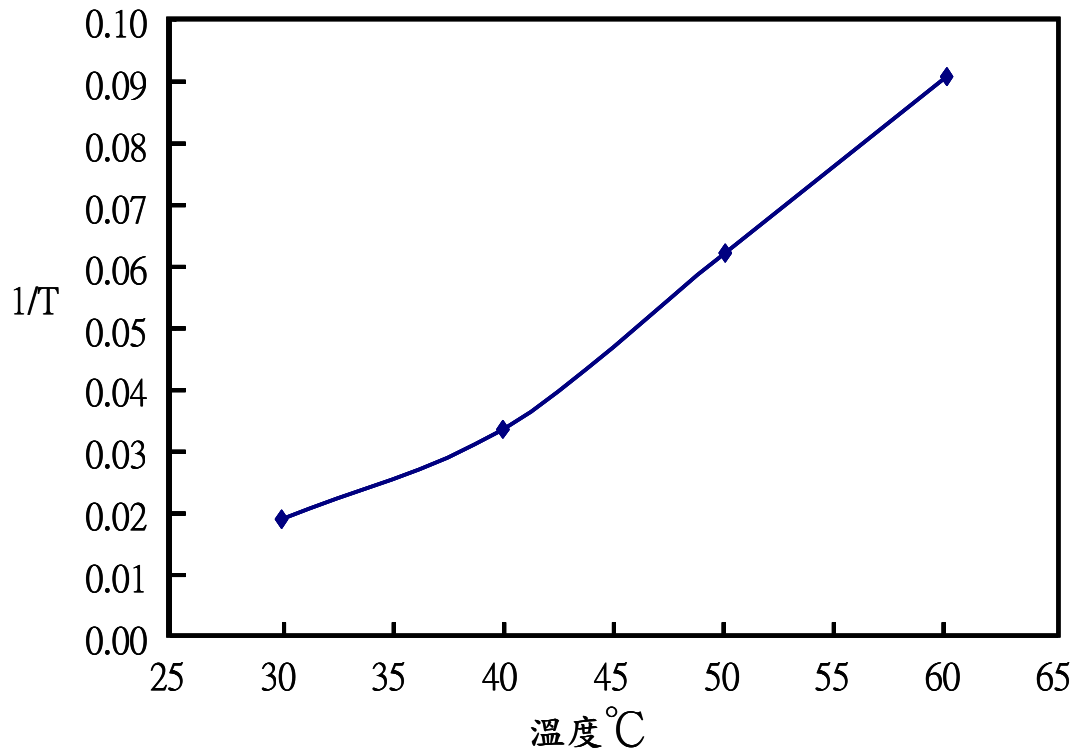
表二 儀器測量



圖一 人眼觀測



圖二 儀器觀測



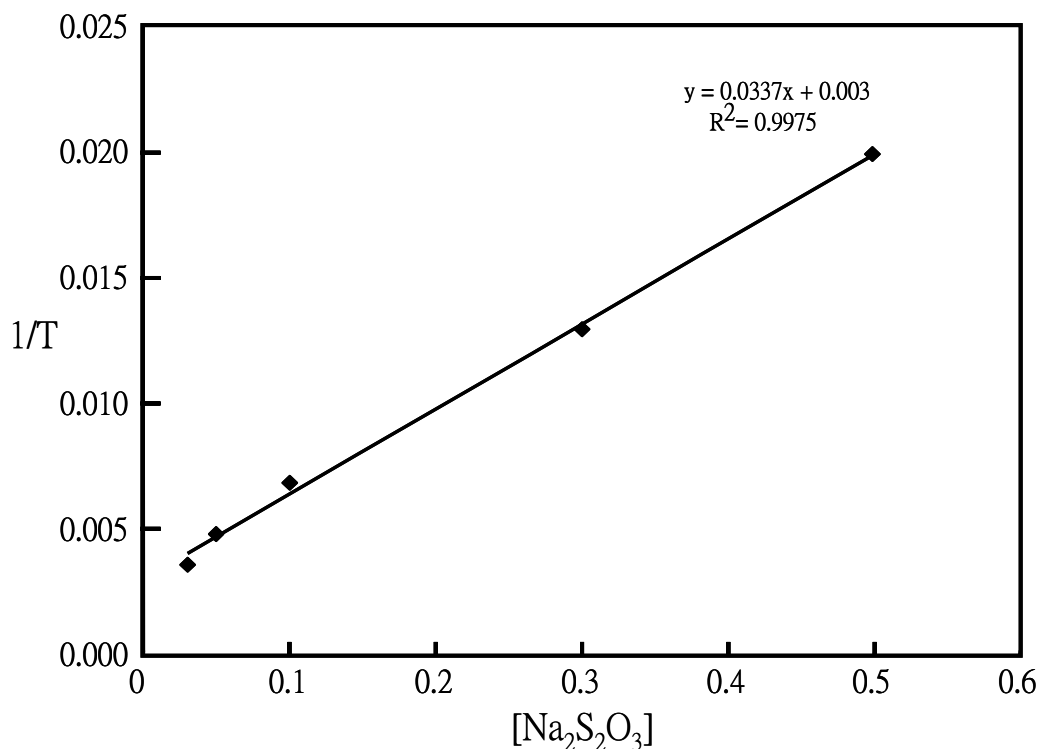
## 二、第二部分 濃度與反應速率關係

濃度亦會影響反應速率，本實驗亦利用自製儀器測試在不同濃度的硫代硫酸鈉及鹽酸中其反應速率及濃度的關係。

先測試硫代硫酸鈉的濃度改變，固定鹽酸濃度(1M)改變硫代硫酸鈉 0.03M~0.5M，觀測反應速率(1/T)和濃度的關係<表三>由於硫代硫酸鈉的濃度不固定，所生成硫的含量亦不固定，此實驗不再固定電阻值，而是先測出不同濃度硫代硫酸鈉完全反應完的電阻值，才測定反應時間，一樣取三次最接近的時間平均算反應速率再與濃度作圖<圖三>，可以發現  $R^2=0.99$  得到很好的線性關係，代表利用自製儀器可以得到很準確的反應時間。

濃度(M)	時間 1(s)	2	3	平均	1/T	電阻平均
0.5	56.46	46	48	50.15	0.020	30.33
0.3	69	78	84.64	77.21	0.013	25.16
0.1	13.2	145	177.6	145.26	0.007	15.1
0.05	192	213.5	213.4	206.3	0.005	7.5
0.03	288.9	273.9	265.9	276.26	0.004	5.1

表三

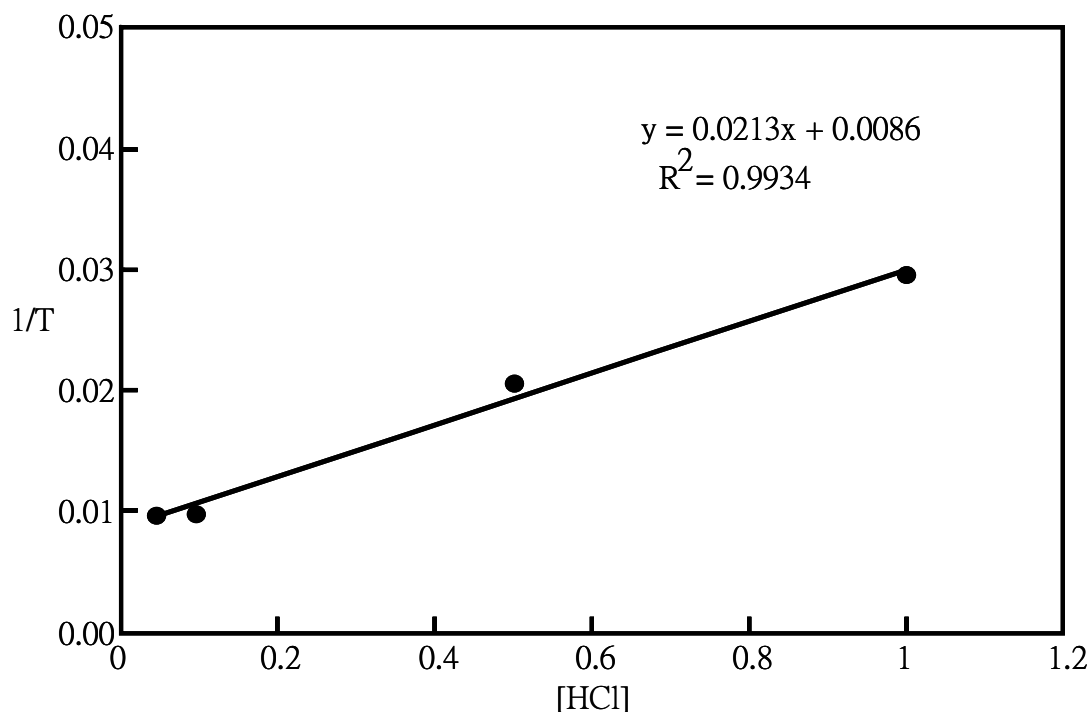


圖三 硫代硫酸鈉濃度與反應時間

接下來固定硫代硫酸鈉的濃度改變鹽酸濃度，由 0.05~1M，可以發現鹽酸濃度和反應速率也呈現線性關係<表四>由於鹽酸的濃度不固定，所生成硫的含量亦不固定，此實驗不再固定電阻值，而是先測出不同濃度鹽酸完全反應完的電阻值，才測定反應時間，一樣取三次最接近的時間平均算反應速率再與濃度作圖<圖四>，可以發現  $R^2=0.99$  得到很好的線性關係，代表利用自製儀器可以得到很準確的反應時間，由改變鹽酸和硫代硫酸鈉濃度的實驗可以看出濃度的確和反應時間呈現正比的關係，證明課本內容中濃度與反應速率呈現正比。

HCl(M)	時間 1(S)	2	3	平均	1/T	電阻
1	33	34	35	34	0.03	30
0.5	54	42	52	49.3	0.02	30
0.1	100	124	75	99.7	0.01	20
0.05	100	115	94	103.0	0.01	12

表四



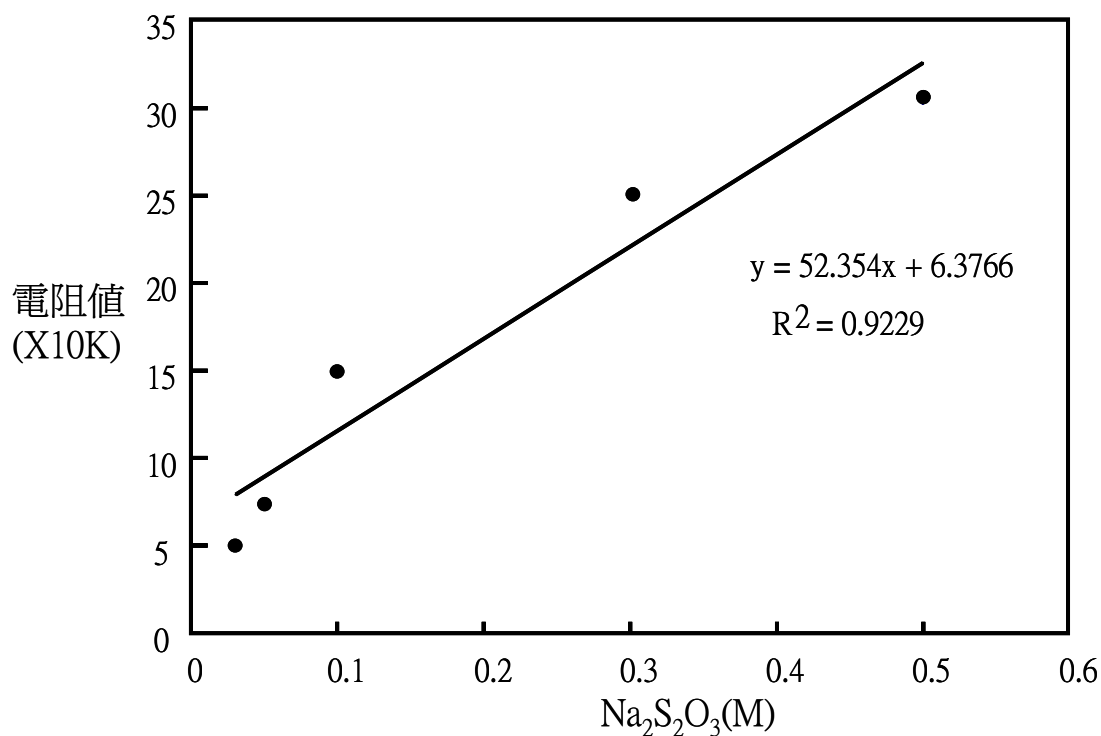
圖四 鹽酸濃度與反應時間

### 第三部分 儀器製作檢量線於未知濃度應用

上述實驗可以證明本自製儀器可以非常方便使用且實驗數據符合理論，我們也可以用來做檢驗未知濃度的應用，只要生成物可以產生沈澱均可使用，於是我們仍是利用硫代硫酸鈉和鹽酸反應可以產生硫沈澱進行測試，此部分實驗不著重實驗速率而專注在硫的生成量和電阻值的關係，我們嘗試固定鹽酸濃度 1M 及溫度 40°C 下和不同濃度的硫代硫酸鈉進行反應，記錄電阻值<表五>並和硫代硫酸鈉濃度作圖得到一條檢量線<圖五>，可以藉由測量未知濃度的電阻值和檢量線做內插法便可以求得濃度

濃度(M)	電阻初	末	初	末	初	末	電阻平均 (X10K)
0.5	0.9	30	1.2	32	0.9	32	30.33
0.3	0.9	27	0.9	25.2	0.9	26	25.16
0.1	0.9	14	0.9	17	0.9	17	15.1
0.05	0.9	8	0.9	8.6	0.9	8.6	7.5
0.03	0.9	6	0.9	6	0.9	6	5.1

表五



圖五 硫代硫酸鈉濃度和電阻值關係

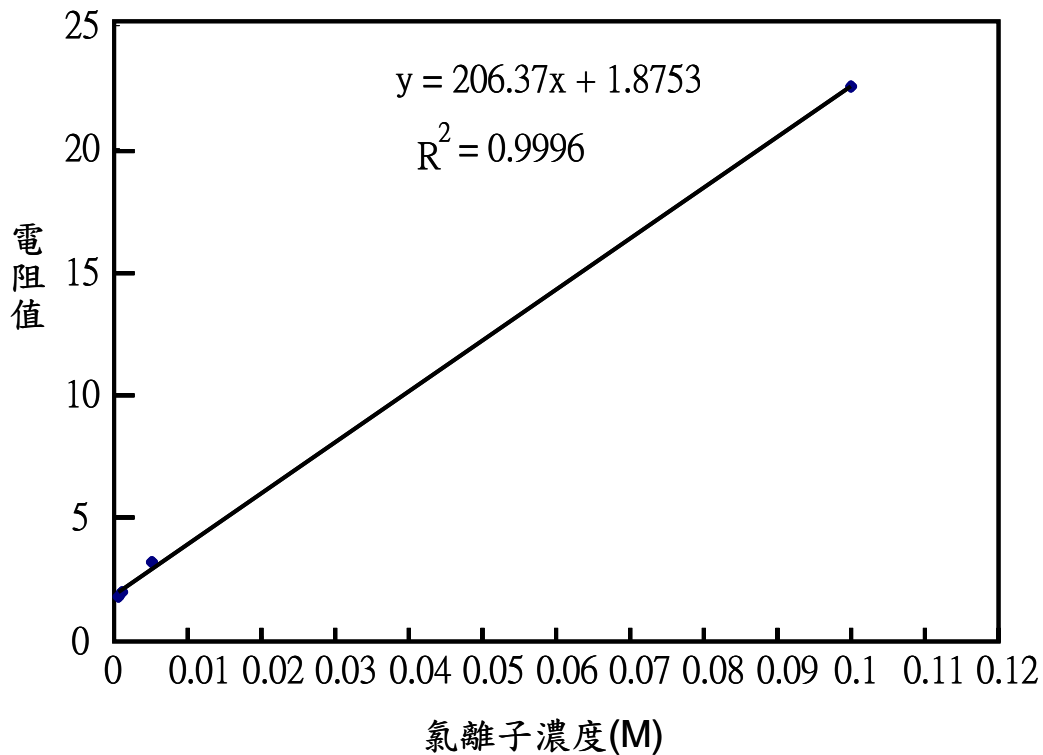
#### 第四部分 儀器實際應用：自來水中餘氯濃度檢測

(一) 自來水工廠處理水的過程中，會添加氯以消毒殺菌。水中氯離子可以與硝酸銀結合產生氯化銀白色沉澱，利用我們自製的儀器可以推測出水中氯離子的含量。首先以不同濃度的氯化鈉溶於水中使產生氯化銀沉澱，並紀錄電阻值如表六

氯化鈉濃度(M)	電阻 1	電阻 2	電阻 3	平均
0.1	22.5	21	23.3	22.27
0.005	3.2	3.2	3.3	3.23
0.001	1.98	1.94	1.98	1.97
0.0005	1.80	1.87	1.74	1.80

表六

(二) 依據表六製作出一條標準的檢量線如圖六：

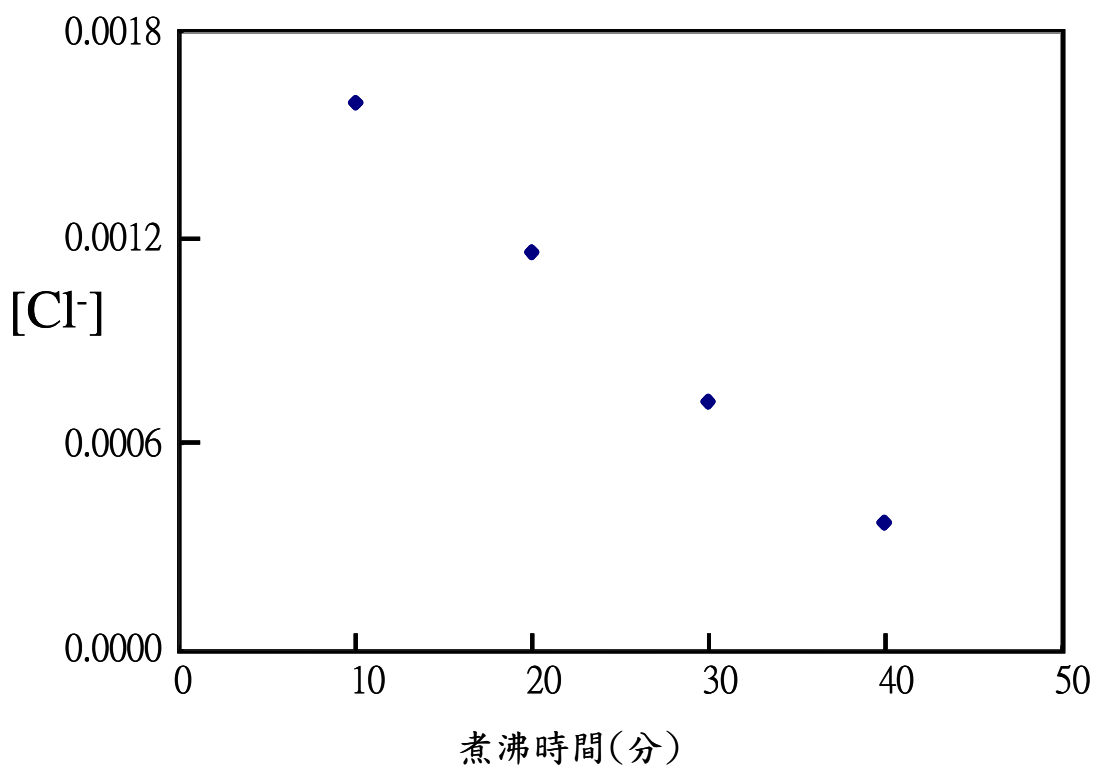


圖六 水中氯離子和電阻值關係

(三)水中氯離子經煮沸後濃度會降低，本實驗探討煮沸時間與氯離子濃度之關係。將自來水煮至沸騰，沸騰後繼續煮 10 分鐘取出 200ml 的水待測氯離子濃度，依此類推煮沸後 20 分鐘、30 分鐘、40 分鐘依序取樣。取煮沸時間不同的自來水 2ml 與 2ml 硝酸銀混合，產生氯化銀沉澱，並測出電阻值，紀錄於下表七。再與檢量線對照以得知氯離子濃度其結果如下圖七，由圖可知當煮沸時間愈久，氯離子的濃度愈低，因此將水煮沸可以有效除水中氯離子。

自來水煮沸時間(分)	電阻 1	電阻 2	電阻 3	電阻平均	氯濃度(M)
10	2.17	2.17	2.17	2.17	0.0016
20	2.08	2.07	2.09	2.08	0.0012
30	1.99	1.99	1.99	1.99	0.0007
40	1.92	1.92	1.91	1.92	0.0004

表七



圖七

## 柒、結論

- 一、本實驗的儀器裝置組裝方便，零件容易取得和低成本，體積小適合攜帶至教室實際操作。
- 二、以人眼和自製儀器做比較，可以從 RSD 值中比較得知，儀器測得的數據變動不大，再現性比人眼好，測量結果準確。
- 三、從濃度與反應速率的實驗中可以發現良好的線性關係，代表本實驗儀器測量數據符合預期結果。
- 四、本實驗研發之微型裝置應用於學校自來水中餘氯濃度的測定，研究結果發現當自來水經過煮沸後，水中氯離子的濃度會降低。煮沸的時間愈久氯離子的濃度愈低。
- 五、此一微型裝置上可應用於其他產生沉澱反應的實驗，用於推測未知濃度的溶液，具實用價值。

## 捌、參考資料及其他

### 一、台北市 35 中小學科展

<http://lib.fg.tp.edu.tw/science/%E5%8F%B0%E5%8C%97%E5%B8%8235%E4%B8%AD%E5%B0%8F%E5%AD%B8%E7%A7%91%E5%B1%95/work/36.doc>

### 二、自製濃度觀測工具及其在高中化學實驗的應用

<http://local.wfsh.tp.edu.tw/bteam/equipment/39/%E9%AB%98%E4%B8%AD%E7%B5%84/C03.doc>

### 三、台灣自來水水質標準

<http://tw.knowledge.yahoo.com/question/?qid=1305092015718>



快快快看誰反應快-利用光敏電阻測定反應  
【評語】 031629  
速率

題目十分有趣，設計亦有相當的創意。數據處理可以更仔細些，例如人眼數據之 RSD 比儀器小，其再現性並不比儀器差。此外再現性和準確度之相關性亦可作進一步之評估。