

中華民國第四十四屆中小學科學展覽會

作品說明書

國中組 化學科

030220

臺中縣立豐東國民中學

指導老師姓名

賴月琴

曾希正

作者姓名

何蕙如

林奕淳

中華民國第 44 屆中小學科學展覽會

作品說明書

科 別：化 學 科

組 別：國 中 組

作品名稱：奈米微粒現形記~化學反應速率的探究

關 鍵 詞：奈米、反應速率、顯微化學實驗

編 號：

題目:奈米微粒現形記~化學反應速率的探究

摘要

爲了將去年我們所獨創的「一滴溶液的化學顯微電解實驗」能延續到其他的化學實驗上，今年我們更是創新突破了很多困難的關卡，在傳統實驗對照下，由第一代研究到第五代的減量設計，現在已能成功的運用【報廢的光碟片】、【報廢的電腦】、【報廢滑鼠內的感光二極體元件及電晶體】來自製設計出『兩反應物各一滴溶液做自動偵測反應的記錄』；更企圖一併可在學校大力推動電腦融入教學的設備下，能『透過顯微鏡加裝的 CCD 電子螢幕目視觀看』、『聯結電視螢幕立即播放』或『拍成電子影片檔由電腦播放』，以和現在政府大力推動的奈米科學教育接軌，並真正達到顯微化學環保實驗的終極目標。

一. 研究動機

去年和姊姊一起做了「化學顯微實驗的新紀元」的科展作品，拿到了全國化學科第一名及最佳創意獎的殊榮。讓身材迷你的我從此迷上了顯微的化學實驗而不可自拔！今年姊姊已上了高一，而我想繼續在顯微化學的領域上探索…。

恰好我對於現在二年級用的康軒版自然第四冊第二章的「化學反應速率實驗」深感興趣，研究了好久，愈覺得實驗還是不環保且大有玄機在、挑戰性也很高，於是我向指導老師提出想法，經過討論後，就開始向顯微化學的領域邁進。

二. 研究目的

1. 找尋可探究奈米微粒的化學反應式
2. 以傳統實驗和顯微化學實驗觀測化學反應速率與濃度的關係
3. 以傳統實驗和顯微化學實驗觀測化學反應速率與溫度的關係
4. 顯微化學實驗觀測化學反應速率與物質本性的關係
5. 顯微化學實驗觀測化學反應速率與接觸表面積的關係
6. 以傳統實驗和顯微化學實驗觀測化學反應速率與催化劑的關係

三. 研究設備器材及藥品

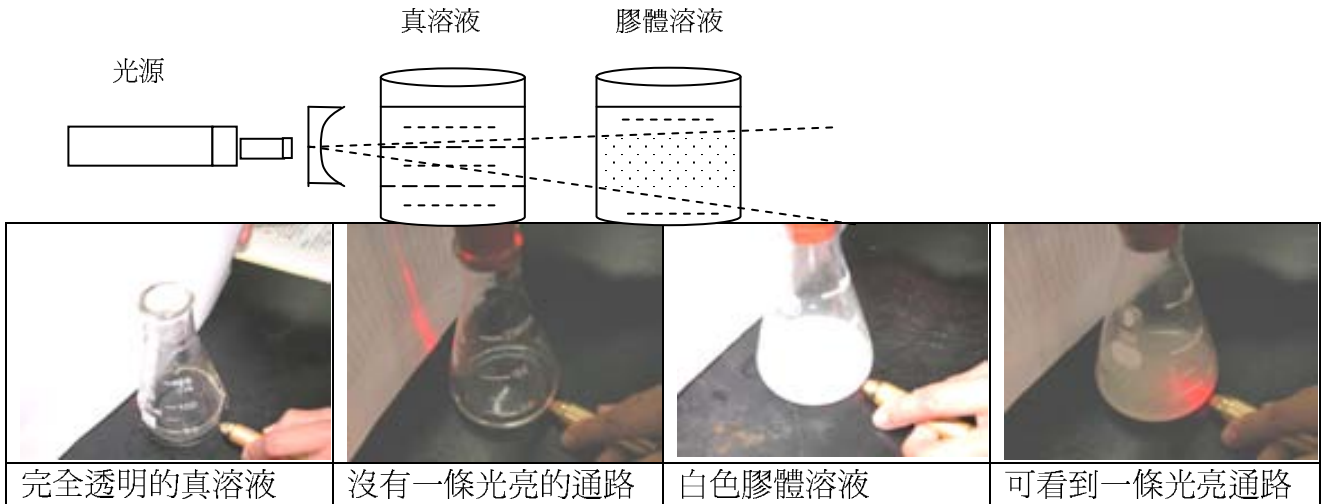
藥品	器材	器材	器材	器材及設備	設備
硫代硫酸鈉	投影片	大鐵釘	250ml 錐形瓶	自製光度衰減儀	顯微鏡台
鹽酸	滴管	試管	1000ml 大燒杯	自製光徑路徑柱	CCD 電子螢幕
碘酒溶液	兩顆充電電池及電池座	回收支撐透鏡的金屬框	自製含「 \square 」字方格的投影片	自製含「 $+$ 」字方格的投影片	報廢滑鼠內的感光二極體
鎂帶及鎂粉	檯燈	碼錶	回收果凍杯	溫度計	自製轉換電路
鐵線及鐵粉	隨堂測驗紙	量筒	回收茶葉罐	光度計	光源聚光座
銅線	燈泡座	大凸透鏡	黑色簽字筆	雷射筆	數位相機
雙氧水	金屬剪	膠帶	銅漆包線	LED 燈	數位攝影機
二氧化錳	鉗子	熱熔槍	砂紙	報廢光碟片	繪聲繪影軟體
二鉻酸鉀	膠帶	方格紙	塊狀磁鐵	報廢的 486 電腦	電腦

四.理論探究

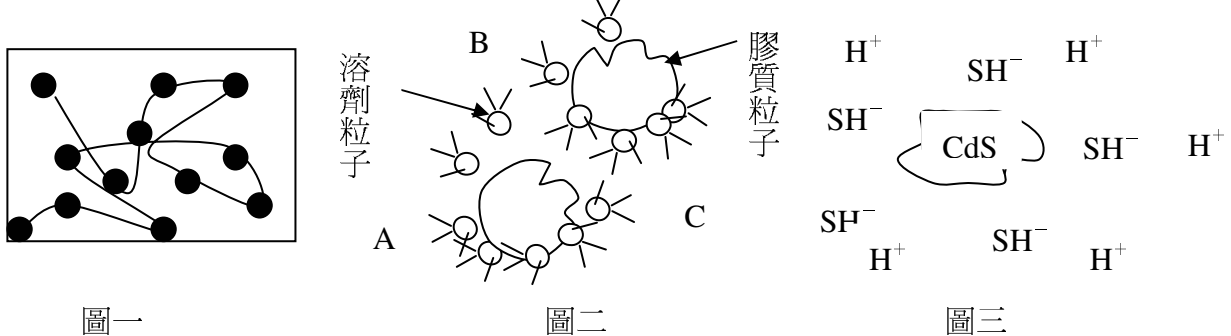
1.膠體溶液是最早研究的奈米微粒系統，若能從簡單的膠體溶液中探討奈米微粒的形成，應是了解其性質的方法。

2.膠體溶液的特性有三：

(1)廷得耳效應(Tyndall effect)：光通過膠體溶液時，因膠質粒子較大，足以散射光線的關係，顯出一條光亮的通路，而真溶液則沒有這種現象，如下圖



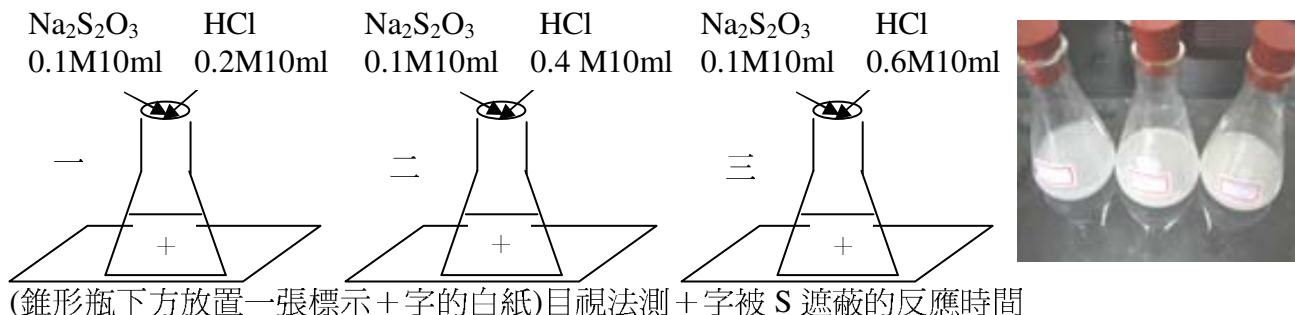
(2)布朗運動(Brownian movement)：當光線通過膠體溶液，以顯微鏡在垂直於光線的方向觀察時，可見膠質粒子成無數光點，並且不停地作急速運動，此謂之，如下圖一。又布朗運動的成因乃為同一時間，膠質粒子受許多溶劑粒子的碰撞而造成，如下圖二。



(3)膠質粒子帶有電荷：由於膠質粒子吸附溶液中已有的離子而來。如金屬的氫氧化物常帶正電荷，金屬的硫化物常帶負電荷，如圖三所示。硫化鎘 CdS 吸附溶液中的氫硫離子 HS^- 而帶電，此時若在膠體溶液中加入少許電解質或插入兩電極並通電，則膠質粒子所帶的電荷立即被電性相反的離子或電荷中和而凝聚析出。豆漿中加石膏，則其中的蛋白質即凝成豆花，又豆漿中加非電解質的糖即成為甜豆漿(仍為膠體溶液)，若加入電解質如醋酸，則其中的膠質凝聚析出，例如鹼豆漿成為蛋花狀即為此原因。

[研究二] 以傳統實驗和顯微化學實驗觀測化學反應速率與濃度的關係
 實驗一、硫代硫酸鈉溶液和鹽酸的傳統實驗

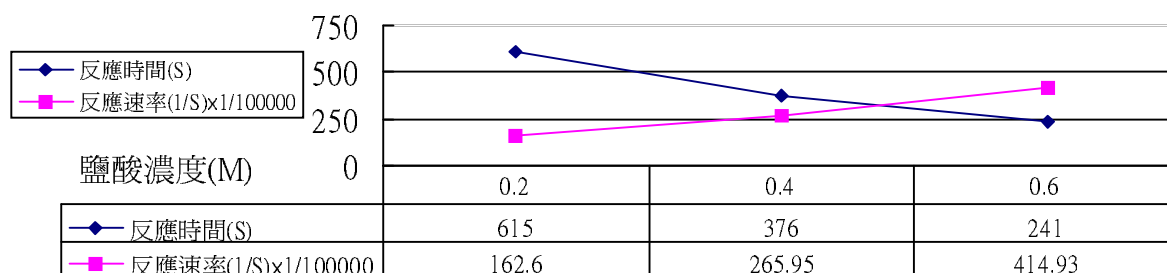
【傳統實驗】



(錐形瓶下方放置一張標示+字的白紙)目視法測+字被S遮蔽的反應時間

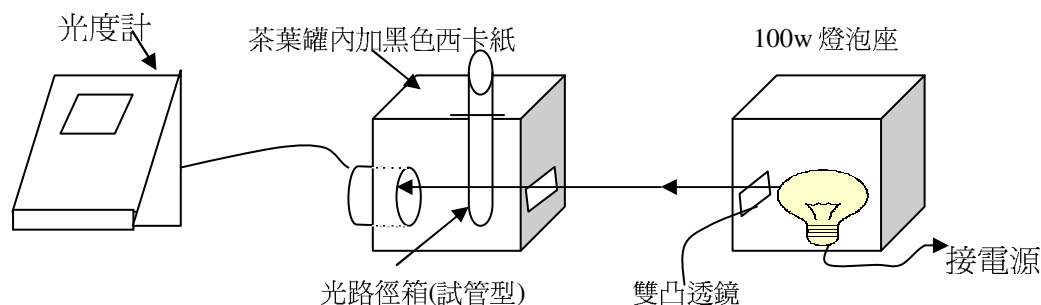
傳統 0.1M Na ₂ S ₂ O ₃ 溶液與不同濃度 HCl 溶液反應實驗後結果如下表(室溫 21 °C)						
錐形瓶	Na ₂ S ₂ O ₃ 濃度 (M)	Na ₂ S ₂ O ₃ 用量 (ml)	HCl 濃度 (M)	HCl 用量 (ml)	反應時間 (S)	反應速率 (1/S)
一	0.1	10	0.2	10	615	0.001626
二	0.1	10	0.4	10	376	0.0026595
三	0.1	10	0.6	10	241	0.0041493

圖一、0.1M 硫代硫酸鈉和不同濃度鹽酸的傳統的反應



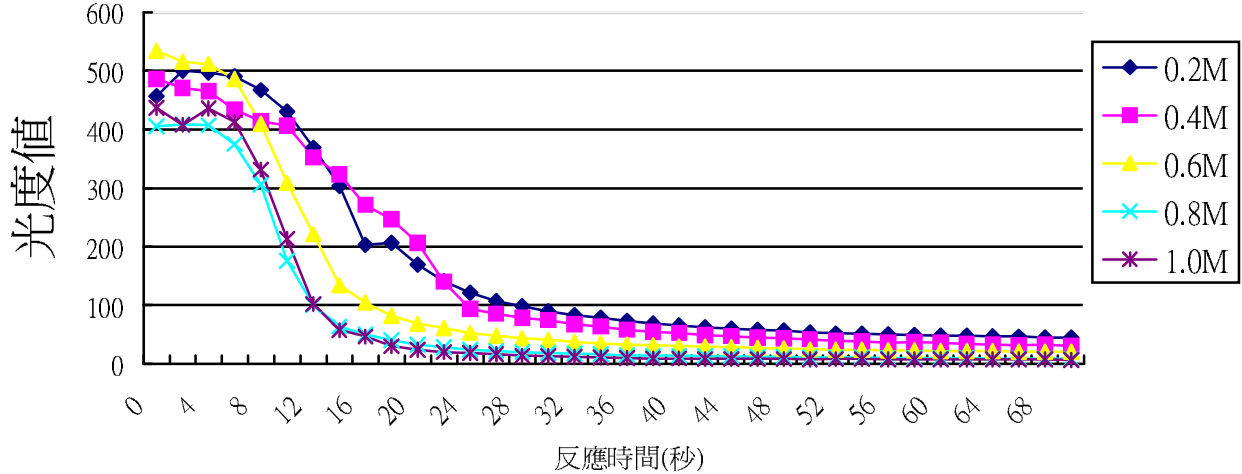
實驗二、硫代硫酸鈉溶液和鹽酸的第一代減量定量實驗

- 步驟：1. 吸取 0.05M 4ml Na₂S₂O₃ 溶液於試管中，插入預定槽的洞內，打開光源，測量光度值。
 2. 以吸量管吸取 0.2M 2ml HCl，由管口上方加入試管內，立即計時，記錄每一段時間的光度值。
 3. 將 0.2M HCl 改加 0.4M、0.6M、0.8M 或 1.0M HCl 後，記錄各反應時間下的光度值。
 本校自製設計的第一代光度衰減儀減



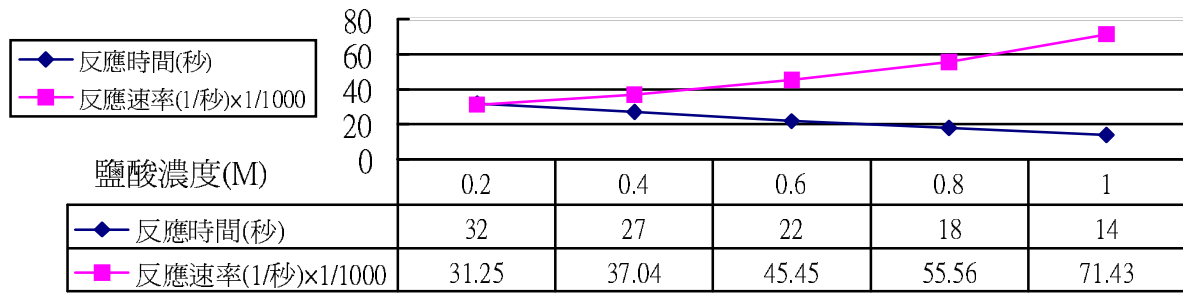
實驗數據如現場資料

圖二、0.05M硫代硫酸鈉和不同濃度鹽酸第一代減量反應



整理上圖結果如下：

圖三、0.05M硫代硫酸鈉和不同濃度鹽酸的第一代減量反應



結論：

1. 兩反應物的劑量均為傳統劑量的 1/5，反應時間只有傳統實驗的 1/10，兩者最大差別是「傳統常溫，第一代減量設計有光照」、「傳統容器大，粒子運動的反應路徑長，能讓粒子來回碰撞的次數沒有試管來得容易、來得多」、「傳統以目視十字看不見為反應終止時間，而第一代減量實驗則以光度值沒有明顯變化為為反應終止時間」。
2. 第一代的試管實驗仍不夠減量，所以第二代的裝置設計而以去年找到「投影片」為液滴的最佳承載液面來進行反應。

實驗三、硫代硫酸鈉溶液和鹽酸的第二代減量定量實驗

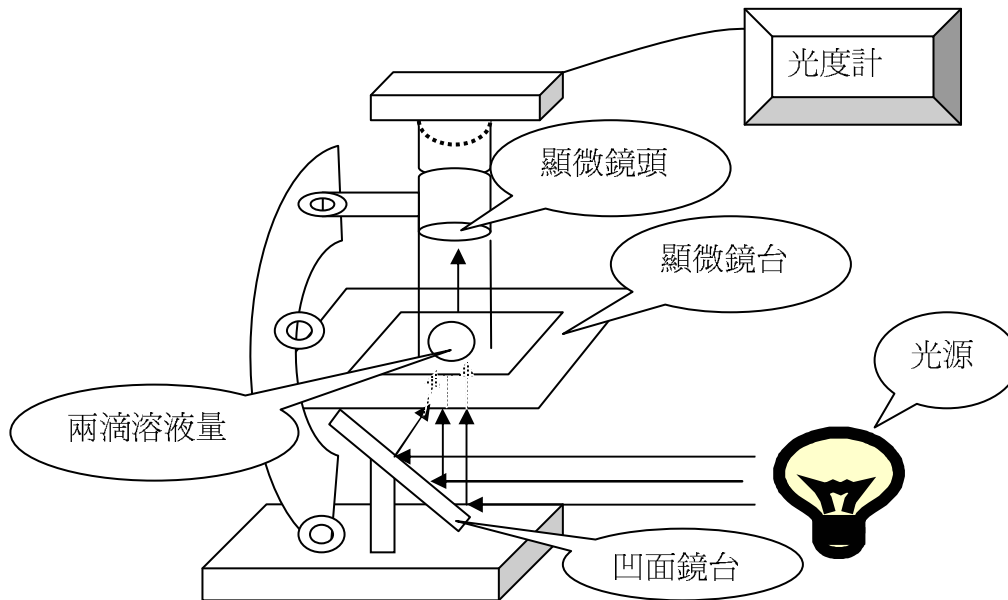
步驟：1.以含 $0.5 \times 0.5\text{cm}^2$ 方格的長條狀投影片置於顯微鏡台上。

2.接目鏡拆下，換接上光度計，再將自製光徑路徑柱裝置於接物鏡與顯微鏡台間。

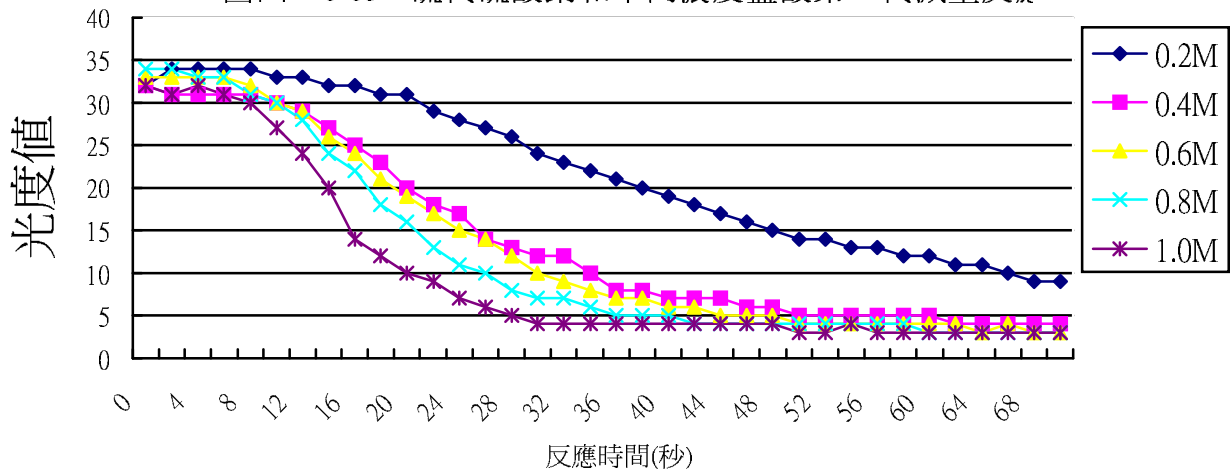
3.滴一滴 $0.05\text{M Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 在投影片上，打開光源，測量光度值。

4.再滴入一滴 0.2M 或 $0.4\text{M}\sim 1.0\text{M HCl}$ 溶液後，立即計時，測量光度值。

第二代光度衰減儀減簡圖



圖四、 0.05M 硫代硫酸鈉和不同濃度鹽酸第二代減量反應



整理上圖結果如下：

圖五、 0.05M 硫代硫酸鈉和不同濃度鹽酸的第二代減量反應



結論：

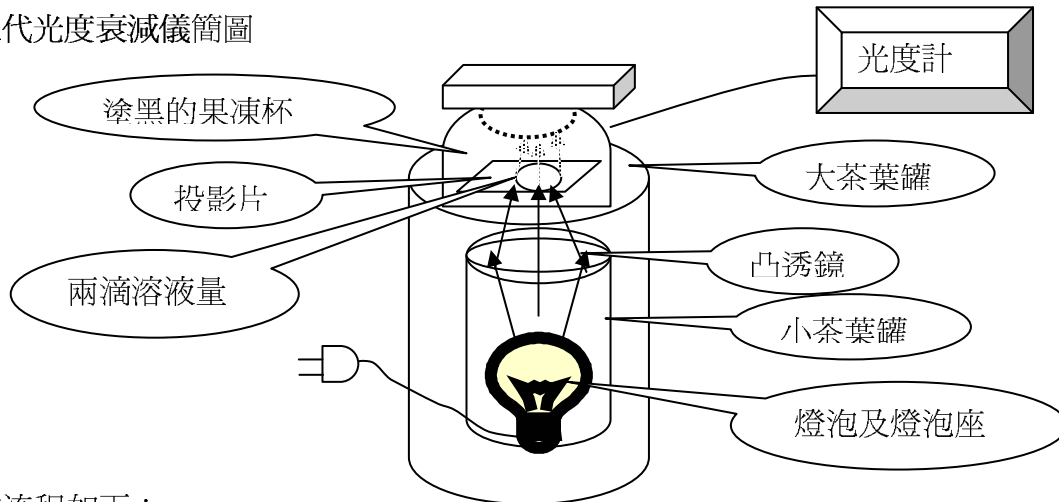
1. 第二代優點就在於可快速將裝置組裝完成。但數據光度值均在 34~3 之間，差異太小是最大的缺點。
2. 探究主要原因在於接物鏡頭入光量太少，勢必得改掉顯微鏡現有的光路徑方式才行。所以決定以自製光徑路徑柱作為我們的第三代裝置。

實驗四、硫代硫酸鈉溶液和鹽酸的第三代減量定量實驗

步驟：1. 如製作流程所示。

2. 在投影片上滴入一滴 0.05M $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 溶液及一滴 0.2M 或 0.4~1.0M HCl 後，立即將含光度計的果凍杯蓋上並計時，記錄每一段時間的光度值。

第三代光度衰減儀簡圖



製作流程如下：



小茶葉罐頂釘打並剪出比凸透鏡略小的洞來



大茶葉罐底釘打剪出燈座線的孔及光柵透氣柱



小茶葉罐底釘打剪出燈座線的孔及光柵透氣柱



將燈泡座的插頭穿過小茶葉罐底所自己釘打的洞



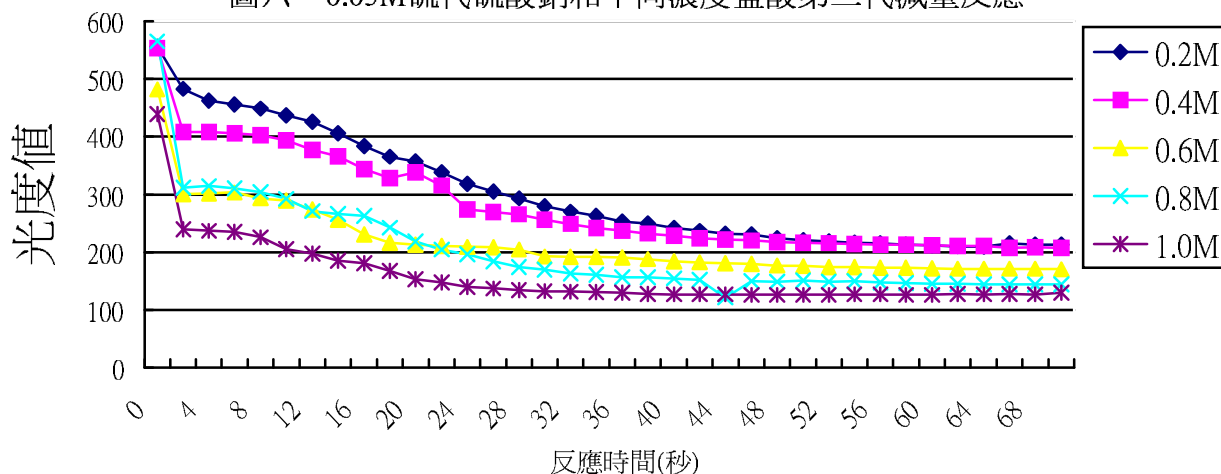
凸透鏡放置在小茶葉罐頂上套在小茶葉罐上



將已穿過燈泡線的大茶葉罐

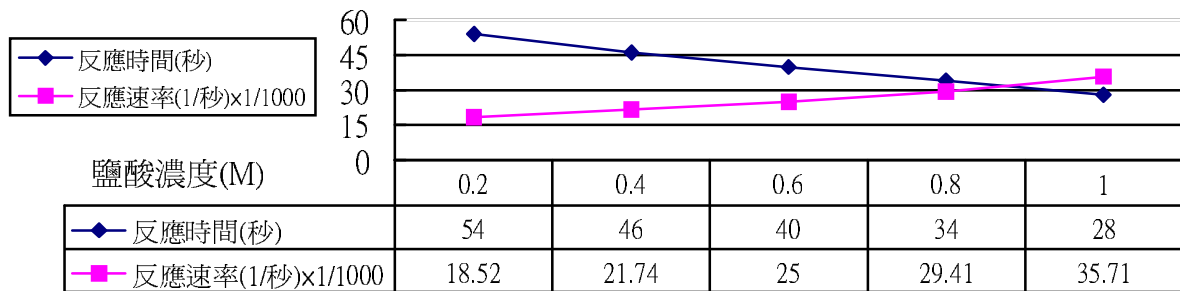


圖六、0.05M 硫代硫酸鈉和不同濃度鹽酸第三代減量反應



整理上圖結果如下：

圖七、0.05M硫代硫酸鈉和不同濃度鹽酸的第三代減量反應



結論：

- 1.第三代的優點在於「用回收鐵罐、塑膠容器、學校非常普遍的器具而不需昂貴的儀器設備」就可做成。
- 2.發現第三代用電腦畫出的光度衰減值下降斜率呈現二段不同的斜率，第一段下降的很快，應是已出現膠態 S 微粒，所以無色透明澄清與膠態的差別會很明顯，第二段仍呈較平緩下降的斜率，表示第一段還沒完全反應完，所以，才會採用第二段斜線與平坦切線交會點為反應完成的時間，此時的光度值應接近最低值。
- 3.反應雖可定量，但不能親眼看到整個反應由澄清到產生奈米微粒而溶液呈混沌的變化，實在仍有遺珠之憾！所以，我們決定要能以目視做最少人為誤差的觀察，做為第四代裝置設計的目標。

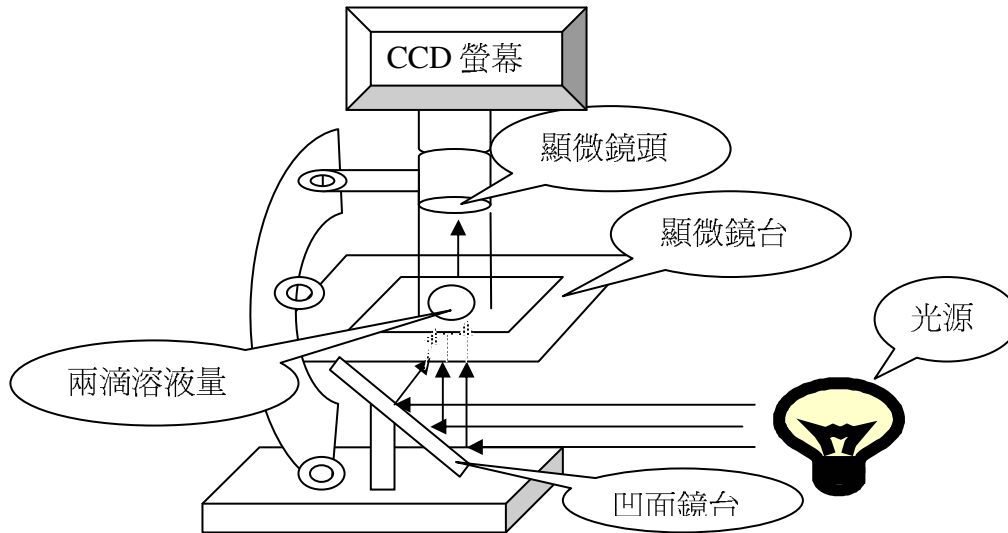
實驗五、可觀看硫代硫酸鈉溶液和鹽酸反應及錄影記錄的第四代減量定量實驗

步驟：1.以含簍空「+」及 $0.5 \times 0.5\text{cm}^2$ 方格的投影片，置於顯微鏡台上。

2.接目鏡拆下換接上 CCD 電子螢幕，調整「+」記號在螢幕中央，對準「+」記號的中心點，滴入一滴 $0.05\text{M Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 溶液。


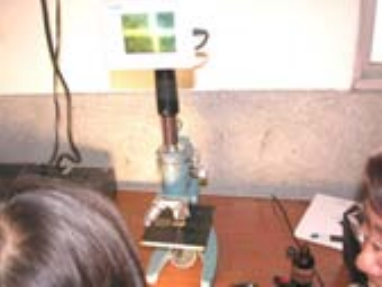




3.再滴一滴 0.2M 或 $0.4\sim 1.0\text{M HCl}$ ，立即計時，注視螢幕上「+」記號已被形成 S 奈米微粒遮蔽至看不見的時間，結果記錄於下表中。

第四代可看、可錄影的裝置簡圖



實驗流程如下：

<p>電腦繪製的十字及簍空十字投影片</p>	<p>最細的簍空</p>	<p>中度線條的簍空</p>	<p>粗線條簍空投影片</p>
<p>螢幕上最細的「+」簍空投影片</p>	<p>液滴已開始變白反應快結束了</p>	<p>應已反應結束的，螢幕仍未全黑</p>	
<p>共再經 10 分鐘的螢幕</p>	<p>換較濃的劑量使 S 產量更多</p>	<p>改為中線條簍空投影片仍無</p>	

	<p>些，螢幕看起來仍無法全黑</p> 	<p>法讓螢幕看起來仍無法全黑</p> 
<p>改為粗線條的投影片進行實驗仍無法合理的判讀而不準</p>	<p>改有顏色的硫代硫酸鈉溶液和碘液的有色反應</p>	<p>螢幕上的顏色較易觀看</p>
		
<p>顏色已逐漸淡化了</p>	<p>可以清楚的判讀顏色消失的反應時間</p>	<p>換成粗的簍空十字也很易判讀顏色消失的反應時間</p>

結論：

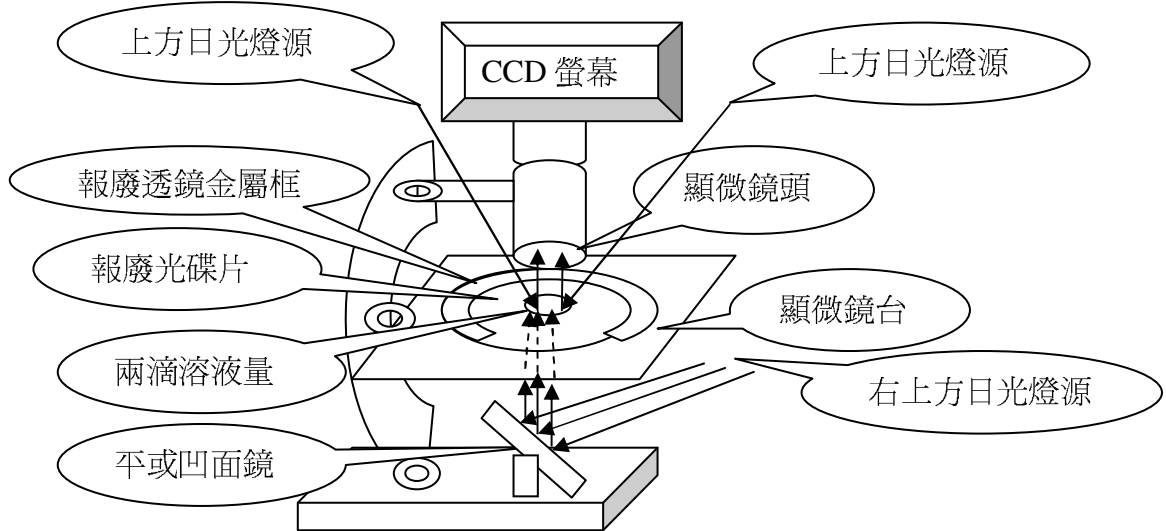
1. 以有色反應而言，第四代簍空十字的設計還算成功，因視覺上對於顏色變化仍易判讀，反應時間的偵測誤差還算合理。
2. 為使硫代硫酸鈉和鹽酸反應能符合第四代的設計，決定再修正實驗如實驗六。

實驗六、修正可觀看硫代硫酸鈉溶液和鹽酸反應及錄影記錄的第四代減量定量實驗

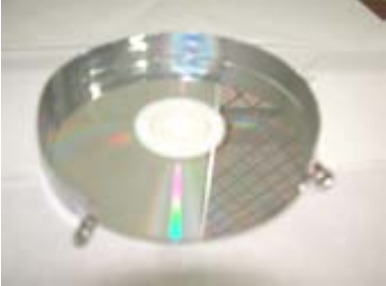
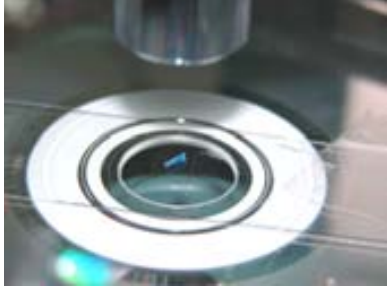





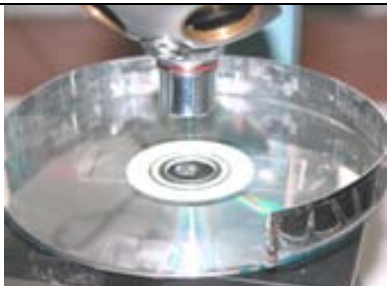

步驟：1.集中反射光碟盤置於接物鏡與顯微鏡台間，以含「+」的 $0.5 \times 0.5 \text{cm}^2$ 方格投影片置於光碟上。

2.調整「+」記號在螢幕的中央至清晰十字出現為止，對準「+」記號，滴一滴 0.05M $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 及一滴 0.2M 或 $0.4\sim 1.0\text{M}$ HCl ，立即計時。並注視「+」記號已被形成 S 奈米微粒遮蔽至看不見的時間。

第四代可看【不透明沈澱物及其顏色】、可錄影裝置簡圖



實驗流程如下：

		
白色報廢的光碟片及金屬框	鏡頭下不透明的藍色膠帶	由前、上方日光燈向下投射
		
可清楚看到藍色不透明膠帶	以另一光碟遮去上方光源	藍色不透明膠帶呈現黑色
		
試試黑色的最細十字效果	顯微鏡頭下的兩滴反應物	黑色十字線條開始被 S 蓋住而模糊



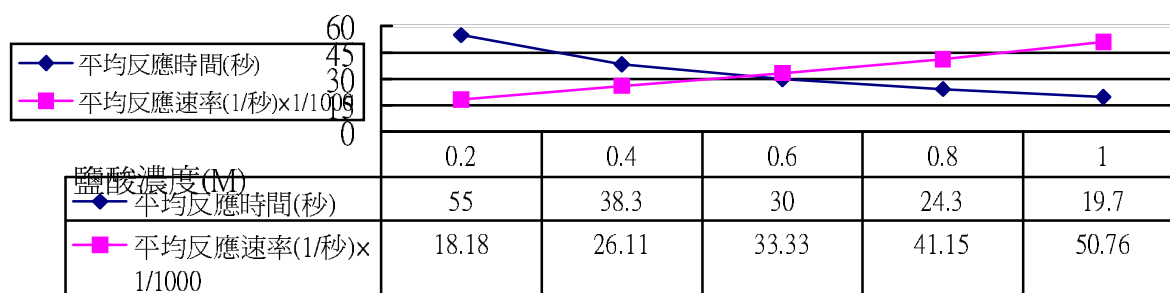
黑色十字線條已不見了

按下碼錶停止，反應結束了

鏡頭下產生白色膠態產物

修正第四代的 0.05M Na ₂ S ₂ O ₃ 與不同濃度 HCl 各一滴的反應時間(秒)及反應速率(1/秒)						
實驗次數	HCl 濃度(M)	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0
第一次	反應時間(秒)	55	38	29	24	20
第二次	反應時間(秒)	54	40	31	24	19
第三次	反應時間(秒)	56	37	30	25	20
平均	反應時間(秒)	55.0	38.3	30.0	24.3	19.7
	反應速率(1/秒) × 1/1000	18.18	26.11	33.33	41.15	50.76

圖八、0.05M 硫代硫酸鈉和不同濃度鹽酸的修正第四代減量反應



結論：

- 1.終於我們所思考的設計方法正確且成功了。在實驗室光源充足的情形下，用上述實際流程設計即可順利做最微量的化學反應觀察、節省時間且能做定量的測定。
- 2.若實驗室光源不足，我們試過可用兩顆 LED 燈(需並聯接法，考慮原因是 LED 燈不需太大的電流卻需足夠的電壓才能驅動燈泡發亮)，也可做順利的觀察。

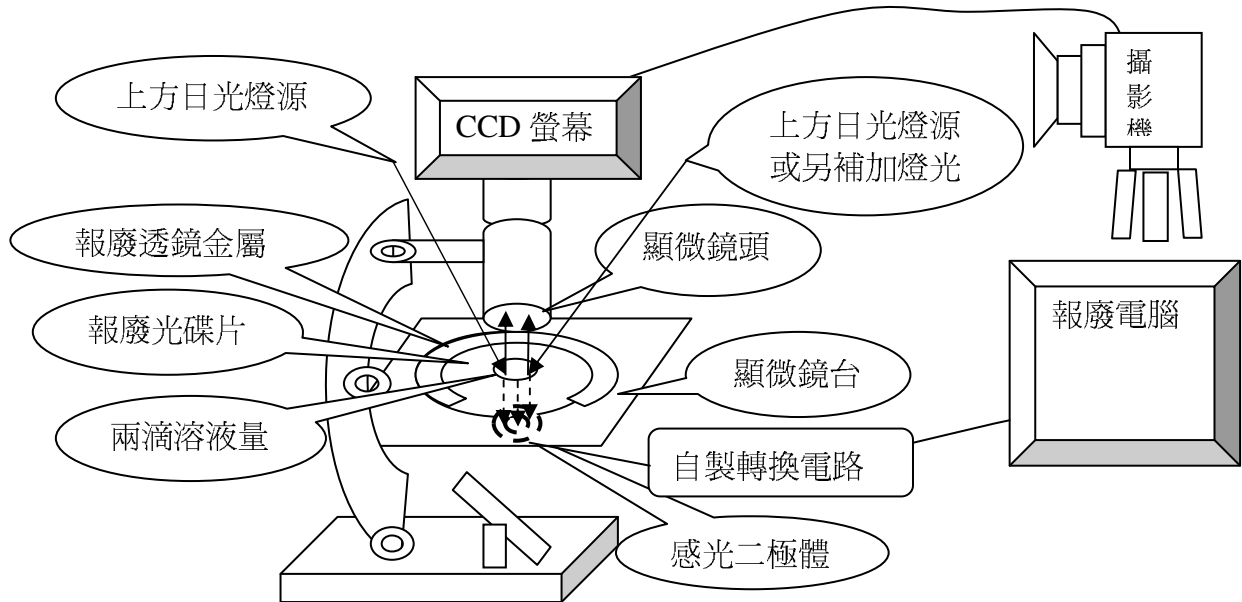
實驗七、第五代顯微自動偵測數據記錄的硫代硫酸鈉溶液和鹽酸定量實驗系統

步驟：1.將反射光碟盤片置於顯微鏡台上，放含「+」方格的投影片。

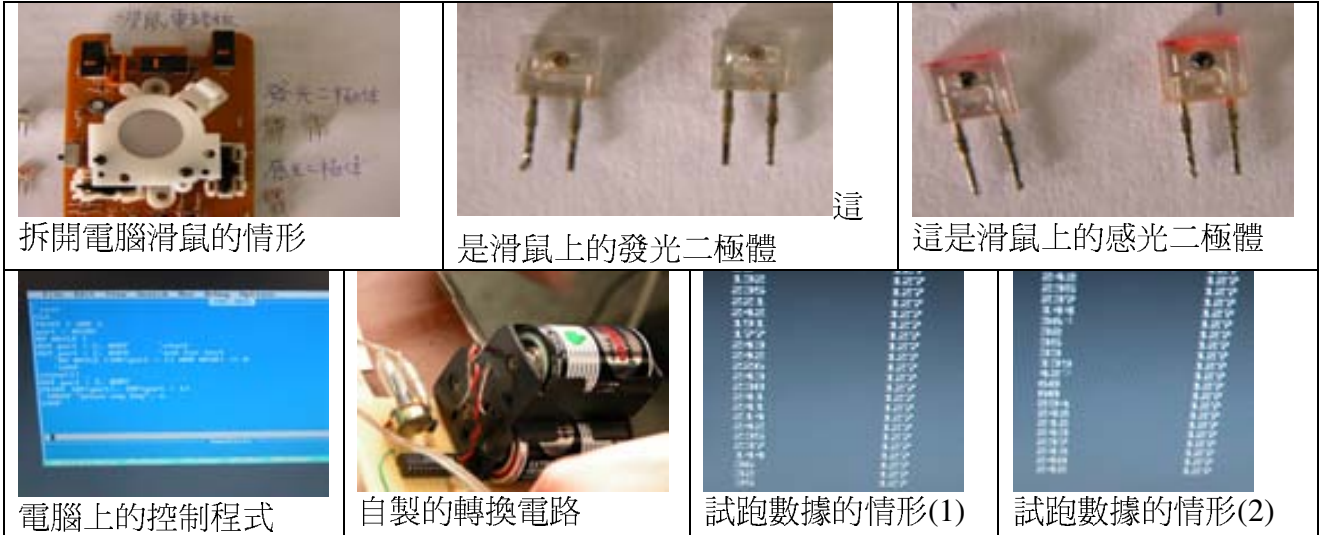
2.顯微鏡台置物孔的下方貼上感光二極，再連接自製轉換電路及電腦。

4.打開電子螢幕，調整投影片上「+」記號在螢幕的中央，再由上方加強補光，對準「+」記號的中心點，滴一滴 0.05M $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 及一滴 0.2M 或 0.4~1.0M HCl，按下電腦鍵盤記錄。

第五代顯微實驗系統



實驗流程如下：



結論

1.第五代所設計的實驗快速、用量又省，所以，為了使第五代的功能更趨成熟與穩定，我們還得繼續努力才行。

2.傳統與第一~第五代的硫代硫酸鈉與鹽酸溶液的反應劑量、反應時間及優缺點比較如下：

實驗方法	$\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 溶液 (M) × V	HCl 溶液 (M) × V	反應時間	優缺點比較
目前傳統課本	$0.1 \times 0.01 = 1 \times 10^{-3} \text{mol}$	$0.2 \times 0.01 = 2.0 \times 10^{-3} \text{mol}$	615 秒	玻璃器材易破、佔的空間大、用完還需大量清水沖洗，藥品用量多、反應時間長、廢液量多需集中處理、非常不環保。

第一代	$0.05 \times 0.004 = 2.0 \times 10^{-4} \text{ mol}$ 爲原傳統的 1/5	$0.2 \times 0.002 = 4.0 \times 10^{-4} \text{ mol}$ 爲原傳統的 1/5	32 秒	相當省時，用量也只需原來的 1/5，除了光度計、光源外，實驗裝置易做，唯無法直接讀出反應時間，需電腦繪圖求出。
第二代	均爲 $0.05 \times 5 \times 10^{-6} = 2.5 \times 10^{-7} \text{ mol}$ 爲原傳統的 1/4000	均爲 $0.2 \times 5 \times 10^{-6} = 1.0 \times 10^{-6} \text{ mol}$ 爲原傳統的 1/2000	62 秒	史上最低用量，反應也只需原傳統的 1/10 時間，投影片只要不刮傷、可重覆使用，用 1/10 張衛生紙擦掉反應後物質且只需用幾滴水清洗擦乾即可，太環保了。雖用點創意將現成的設備加以利用，但是光度值的 1~2 位數字變化，實在令人不太滿意。
第三代			54 秒	用量…等優點同第二代。除了光度計、光源外，所有的光路徑等全用回收的罐子、布丁盒等完成，已有些令人滿意了，但是看不到反應的變化，且同第一、二代一樣無法直接讀出反應時間，需電腦繪圖求出結果。
第四代			55 秒	用量…等優點同第二代。特別設計的含最細「+」字方格投影片、報廢的光碟等聚光反射台，解決了可看到奈米硫微粒蓋住十字的結果，也可立即讀出反應時間約一分鐘內即可完成，還可攝影存成電腦檔隨時可再播放，結果令人滿意！
第五代				用量…等優點同第四代。再加特別設計組裝自動記錄數據的結果，同時解決可看、可錄影、可自動記錄的結果。

3. 因爲第五代還只是試車階段，所以接下來的實驗所用的儀器都採用設計已臻成功的第四代來做測量反應速率的裝置。

[研究三] 以傳統實驗和顯微化學實驗觀測化學反應速率與溫度的關係

實驗八、比較傳統和顯微實驗觀測硫代硫酸鈉溶液和鹽酸反應速率與溫度的關係

傳統步驟 1.以四張十字記號 4×4 方格白紙，各放置在錐形瓶底，並各加入 0.05M 10ml $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ，依序放入已調好的冷、熱水比例而達預定溫度的大燒杯內。

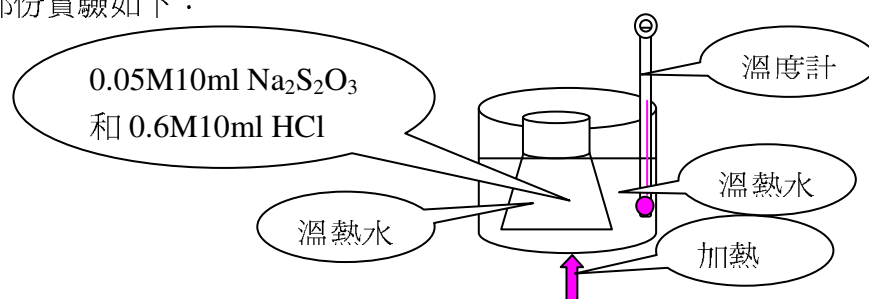
2.水溫調到 60℃、50℃、40℃ 或 30℃ 後，加入 0.6M 10ml HCl 時，立即計時，等十字完全看不見後記錄反應時間。

微形步驟 1.裝置設計如第四代的設計，對準投影片上「+」記號的中心點，滴一滴 0.05M $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ，將手靠在顯微鏡的轉盤上，以固定距離的雷射筆去照射液滴的表面 2 分鐘或 4~6 分鐘後，滴一滴 0.2M HCl，立即計時。

2.注視螢幕上「+」記號已被形成 S 奈米微粒遮蔽至看不見的時間。

溫度℃	30	40	50	60
反應時間(秒)	40	20	10	5
反應速率(1/秒) × 1/1000	25	50	100	200

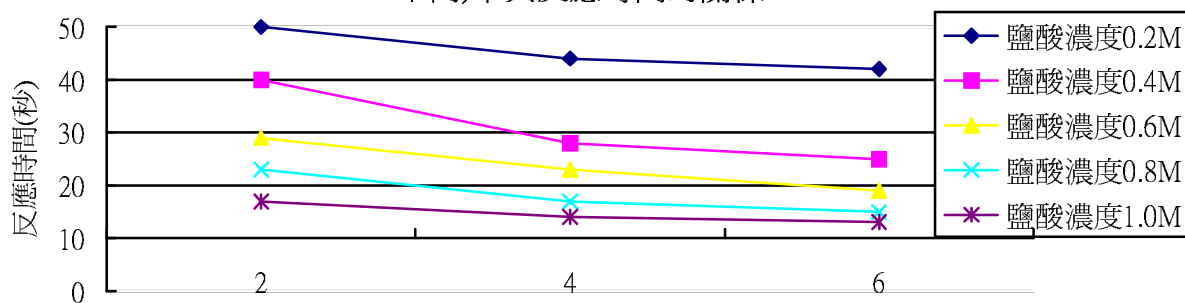
節錄部份實驗如下：



		
傳統 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 和 HCl 加熱反應	以雷射筆作等距定時照射液滴表面	CCD 螢幕呈現紅光畫面

鹽酸濃度(M)	雷射筆加熱時間(分)		
	2	4	6
0.2M	50	44	42
0.4M	40	28	25
0.6M	29	23	19
0.8M	23	17	15
1.0M	17	14	13

圖九、各一滴硫代硫酸銅溶液與鹽酸溶液在不同雷射筆加熱時間(溫度不同)下與反應時間的關係

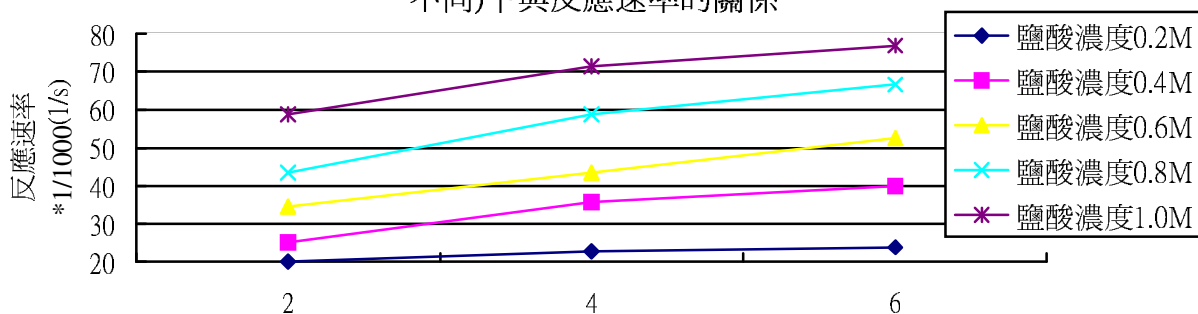


雷射光筆加熱時間(分)(反應溫度不同)

各一滴 0.05MNa₂S₂O₃ 與不同濃度 HCl 在雷射光筆加熱下的反應速率 × 1/1000(1/秒)

鹽酸濃度(M)	雷射光筆加熱時間(分)		
	2	4	6
0.2M	20.0	22.7	23.8
0.4M	25.0	35.7	40.0
0.6M	34.5	43.5	52.6
0.8M	43.5	58.8	66.7
1.0M	58.8	71.4	76.9

圖十、各一滴硫代硫酸銅溶液與鹽酸溶液在不同雷射筆加熱時間(溫度不同)下與反應速率的關係



雷射光筆加熱時間(分)(反應溫度不同)

結論：

1. 爲了不想讓傳統實驗的反應時間太長，我們決定不加水稀釋、降低硫代硫酸鈉的濃度爲 0.05M、提高鹽酸的濃度爲 0.6M，使反應時間縮短。
2. 由上表十一、十二及電腦作圖結果可知，本實驗用「雷射光筆加熱法」做爲觀測化學反應速率與溫度關係的設計，代替傳統加熱系統所進行微形化學加熱的實驗設計已算成功解決熱源的問題。

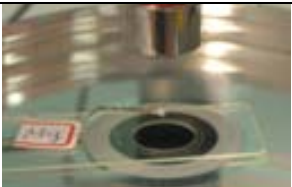







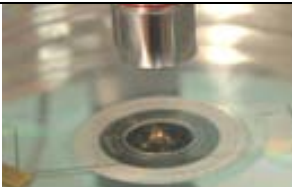


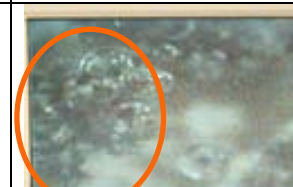
[研究四]顯微化學實驗觀測化學反應速率與物質本性的關係

實驗九、以鎂粉、鐵粉不同物質本性和鹽酸反應速率的比較

步驟：

- 1.以第四代顯微實驗裝置進行本實驗，在顯微鏡台上放置實心十字投影片，調整十字至螢幕中央後，固定之。
- 2.取一點點的鎂粉置於投影片的十字記號上，調整顯微鏡上的調節輪，使螢幕上出現清晰的鎂粉影像為止。
- 3.以裝有 1M 鹽酸的點滴瓶滴入一滴鹽酸在鎂粉上。
- 4.鎂粉酸化反應後，以衛生紙擦掉液滴，再滴入水滴後擦掉投影片上殘留物。
- 5.將鎂粉改以鐵粉，再以上述相同的方法操作，並將結果記錄下來。
- 6.將氧化的橘色一氧化鉛加鹽酸中，使鎂粉與鹽酸產生的氣體能與一氧化鉛再進行氧化還原反應，而把鉛置換出來。(複雜雙反應)

節錄部份實驗如下：

			
鏡頭下的鎂帶絲時的情形	鎂帶絲燃燒後生成白色氧化鎂	白色氧化鎂加水溶解時的情形	用一小段廣用試紙檢驗氧化鎂水溶液呈藍紫色
			
螢幕上出現鎂粉顆粒的畫面	滴入一鹽酸後螢幕出現大量快速氣泡的畫面	鏡頭下的一氧化鉛	螢幕下的一氧化鉛
			
鏡頭下的一氧化鉛加鎂粉	螢幕下的一氧化鉛加鎂粉	一氧化鉛中氧與鎂粉和鹽酸反應生的氫結合成水而還原出灰色金屬鉛	被還原出灰色的金屬鉛正聚集析出枝狀的鉛樹

結論：

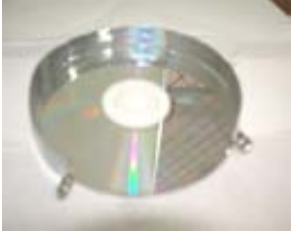
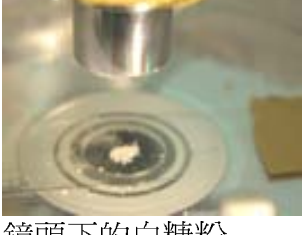
- 1.鎂對氧活性大，易燃燒，而產生白色強光的火焰；燃燒後的氧化物中，氧化鎂可溶於水中，成為鹼性的氫氧化鎂，使廣用試紙呈藍紫色。
- 2.鎂粉與鹽酸反應所產生的氣泡速率顯然大於鐵與鹽酸反應後產生的氣泡速率，所以可知鎂活性大於鐵，也因此可知不同的物質本性與反應速率有密切的關係。
- 3.為了證明顯微實驗也可以進行特別的複反應，我們設計了鎂粉與鹽酸反應產生的氫，可將比氫活性更小的金屬氧化物的金屬還原出來。結果，氫果真使一氧化鉛還原成金屬鉛，方程式為： $Mg + 2HCl \rightarrow MgCl_2 + H_2$ ，故 $H_2 + PbO(\text{橘色}) \rightarrow Pb(\text{灰色}) + H_2O$

[研究五]顯微化學實驗觀測化學反應速率與接觸表面積的關係

實驗十、貝殼和鹽酸或白糖加水觀察顆粒大小和反應速率的關係

- 步驟：1.在顯微台上依序放置自組聚光反射光碟盤，一片投影片，再放一小顆貝殼備用。
 2.接目鏡改接 CCD 電子螢幕，調節輪上下調整位置，使螢幕上出現清晰的影像為止。
 3.電子螢幕後接線輸出至電視的輸入孔，開啓電視及錄影系統。
 4.滴一滴鹽酸在貝殼上，操作者可由電子螢幕觀看反應情形。
 5.反應後，可用衛生紙擦掉液滴，再滴入水滴後擦掉以清除投影片上殘留物。
 6.將一小顆貝殼以研鉢及杵磨成一小堆粉末狀，再以上述相同的方法操作比較之。
 7.貝殼塊改爲一小粒白糖、貝殼粉改爲以湯匙背壓碎一小粒白糖成粉末、鹽酸改爲一滴水，再以上述相同的方法操作比較之。

節錄部份實驗如下：

			
貝殼	鏡頭下的貝殼	貝殼滴入一滴鹽酸產生氣泡生成速率緩慢	鏡頭下反應後的貝殼塊顯示可再更小塊
			
鏡頭下磨成粉狀貝殼	螢幕下磨成粉狀貝殼	貝殼粉加鹽酸剛形成大量氣泡的畫面	小氣泡聚集形成大氣泡
			
白色報廢的光碟片及金屬框	投影片上白糖結晶剛加一滴水溶解的情形	五分鐘後仍可看到小塊結晶	鏡頭下糖水，最中間處仍可看到小塊結晶
			
鏡頭下的白糖粉	螢幕上的白糖粉	加一滴水立即溶解白糖粉的畫面(約 20 秒)	溶解時迅速外擴，顯示糖粉溶解速率較快

結論：

- 1.粉狀貝殼遠比粒狀貝殼更明顯、快速地看到它與鹽酸產生多量的氣泡。
- 2.以更簡易的白糖兩小顆加水、可明顯地觀察出接觸表面積與溶解速率的關係。白糖顆粒約需五分鐘的才能溶解完；而粉狀白糖則在十幾秒內就快速地看到顆粒消失的情形。

[研究六] 以傳統實驗和顯微化學實驗觀測化學反應速率與催化劑的關係

實驗十一、比較傳統和顯微實驗觀測硫代硫酸鈉溶液和鹽酸反應速率與催化劑的關係

傳統步驟 1. 將試藥級的雙氧水取 1ml，加水 9ml 的比例稀釋，使濃度約為 3.5% 後備用。

2. 兩瓶錐形瓶各加入 10ml 約 3.5% H_2O_2 水溶液後，再分別加入不等量的二氧化錳，觀察兩瓶產生氣泡及氣泡結束的時間。

顯微步驟 1. 裝置設計如第四代的設計，步驟如實驗六的 1~3 步驟。

2. 以回收洗淨的咖啡匙量取非常微量的二氧化錳，對準投影片上「+」記號的中心點，輕輕彈入。




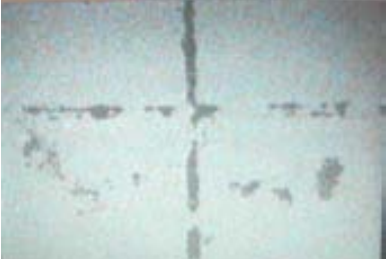


3. 滴入一滴約 3.5% H_2O_2 水溶液，立即按下攝影機錄製動畫，眼睛並注視 CCD 螢幕上「+」記號周圍所產生氣泡的情形。





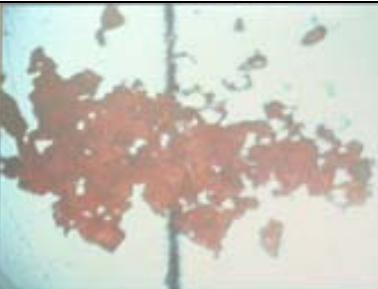




4. 將二氧化錳改為極微量及微量的二鉻酸鉀固體，同樣立即按下攝影機錄製動畫，眼睛並注視 CCD 螢幕上「+」記號周圍所產生氣泡及顏色變化的情形。

傳統觀測雙氧水與二氧化錳催化劑的反應			
催化劑量	無二氧化錳	少量二氧化錳	大量二氧化錳
產生氣泡的反應時間(秒)	看不到氣泡	瞬間	瞬間
氣泡結束的時間	始終看不到氣泡	比較慢	比較快

顯微化學觀測雙氧水與二氧化錳催化劑及二鉻酸鉀催化劑的反應					
催化劑量	無二氧化錳	極微量二氧化錳	微量二氧化錳	極微量二鉻酸鉀	微量二鉻酸鉀
產生氣泡的反應時間(秒)	很難看到氣泡	氣泡較少，長大速率也慢	氣泡很多，長大速率很快	氣泡較少，長大速率也慢	氣泡很多，長大速率很快
氣泡結束時間	始終不易看到氣泡	比較慢	比較快	比較慢	比較快
反應前後的顏色變化	均無色	看不到黑色固體，溶液呈無色	稍看到黑色固體，溶液呈無色	由橘色先看到褐色再看到橘色	由橘色先看到黑褐色再看到橘色

節錄部份實驗如下：

		
傳統的雙氧水加二氧化錳催化劑的反應	反應後黑色二氧化錳難處理乾淨(瓶子仍黑黑的)	微量到 30cm 目視距離下完全無法看到二氧化錳的存在
		
再稍加一點點二氧化錳的量	反應氣泡明顯變多，表示反應速率變快了	長更大的氧氣泡

		
雙氧水加極微量的二鉻酸鉀催化劑	滴雙氧水立即長出氧氣泡	氣泡很快的長大
		
雙氧水加微量二鉻酸鉀催化劑	CCD 上所拍攝電子螢幕畫面	雙氧水滴入立即長出氧氣泡
		
CCD 接攝影機準備錄製動畫	攝影機上看到氣泡很快長大	反應完後液滴回復橙紅色

結論：

1. 由此微形實驗可以清楚的看到催化劑對提昇化學反應速率的貢獻！而只要找對了催化劑，就好像被鎖住的門找到了開鎖的鑰匙一樣的開心！
2. 就只要這麼一點點，就可以使產生反應的活化能降低許多。老師的比喻說，這像百米障礙賽，催化劑能把要跨躍的障礙降低而很輕易的達到終點一樣。

六、心得討論與建議

- 1.傳統化學實驗用量太多易造成資源浪費、反應費時、廢液量多又不環保、清理不易，實在沒有再繼續採用的必要！
- 2.第一代減量實驗容器體積由錐形瓶縮小為試管，的確對粒子反應碰撞的路徑及次數來說均來得容易、來得多又加上有光照所以才會有差異約 10 倍的反應時間。
- 3.第二代減量定量實驗設計優點在於「可快速組裝立即實驗」、「投影片作載液面，事後清理容易」、「兩反應物用量各為原傳統的 1/2000、1/4000，真是超省的！」。
- 4.第三代減量定量實驗設計優點是「用回收金屬及塑膠容器而不需昂貴的儀器設備」就可做成。改掉由光圈太小的接物鏡頭入光，而直接透過凸透鏡聚光，再經自製光徑路徑柱→投影片載液面→光度計，能大為提高光度值至第三位數。
- 5.第四代的減量設計以報廢光碟及金屬框來成功的解決複式顯微鏡無法看到不透明物的色彩！能親眼看到整個反應由澄清到產生奈米微粒而溶液呈混沌的變化，特別是創新開發出「超細『十』字方塊投影片載液面」來縮短反應的目視時間，並已在控制目視偵測反應的時間上達到合理誤差的目標。
- 6.第五代的減量設計，加裝報廢滑鼠上感光二極體、電晶體將測得的感光變化進行類比數位轉換，經由電腦的並列埠傳給電腦進行自動記錄，以企圖達到同時可看、可錄影、可自動記錄的結果。
- 7.解決超微形化學實驗的熱源問題可由「雷射光筆加熱法」來執行。因雷射筆照液滴愈久，使液滴溫度愈高，反應時間縮短、反應速率變快，可算成功的解決熱源的問題。
- 8.以顆粒大小相近的鎂粉、鐵粉與一滴鹽酸進行顯微觀察的反應，可清楚比較鎂粉與鹽酸所產生的氣泡速率大於鐵與鹽酸的，故可改良原片狀鎂帶或鋁片丟入鹽酸試管內的實驗。
- 9.極小的貝殼塊或貝殼粉只和一滴鹽酸溶液反應，也可輕易從電子螢幕上明顯的比較出產生氣泡快慢的結果。除此之外，也可以用兩顆小白糖(另一顆以湯匙背壓碎)各加一滴水，可輕易比較出兩者溶解速率的大不同。
- 10.傳統的雙氧水加催化劑「二氧化錳」看起來黑黑的、有氣泡快速生成外，事後清洗黑黑瓶子、水槽的不快，讓我們實在沒有特別的感覺！但以第四代的減量設計，只用棉花棒沾一點點「二氧化錳」彈入投影片上、再滴一滴雙氧水時，竟可從電子螢幕中看到非常晶瑩剔透的氣泡，原來少了灰暗的黑色所重現的曙光竟是這種感覺！尤其雙氧水與另帶有橘色的「二鉻酸鉀」催化劑反應產生的色彩效果，更是令人開心！

七、未來展望

凡事沒有一成不變的，爲了跟上奈米科技的時代，講究『小而美』、『小而省』、『小而強』的奈米材料已是全球追逐發展的目標，我們怎能固守落伍的傳統實驗，而不從已報廢物品或學校現有不錯的儀器、工具去妥善利用以改進實驗裝置及方法？

全省各級學校人才濟濟，希望我們今年的作品能引起更大的迴響，集眾人智慧將陳舊的化學實驗一一翻新，使學校能和現在政府大力推動的奈米科學教育接軌，除了真正達到顯微化學實驗的終極目標外，也爲維持地球這片土地能有更環保的未來！

八、參考資料

- 1.國中自然第四冊第二章反應速率與平衡、第四章食品與材料科學 康軒文教事業
- 2.高中化學課本第一冊第二章化學計量、第二冊第六章反應速率與化學平衡 國立編譯館出版
- 3.本校第四十三屆全國科展作品「化學顯微實驗的新紀元」
- 4.「科學人雜誌 2003 年 11 月特刊 1 號」
- 5.<http://pckchem.ncue.edu.tw/laboratory/chemdemo/84/8424030/柳橙汁變可樂.htm>

謝謝評閱，敬請指教！

評語

030220 國中組化學科 第三名

奈米微粒現形記—化學反應速率的探究

顯微化學實驗具相當的環保價值，實驗內容豐富且完整。唯
創意上大致仍延續去年之構想。