

中華民國第42屆中小學科學展覽會

::: 作品說明書 :::

國中-化學科

科 別：化 學 科

組 別：國 中 組

作品名稱：「鐵除氧」效率真的這麼好嗎？- 兼論鐵銹蝕速率
的測定

關 鍵 詞：反映速率、氧化還原、大氣壓力

編 號：030212

學校名稱：

金門縣立金城國民中學

作者姓名：

唐子超、董欣昕

指導老師：

唐國礎、董超倫



「鐵除氧」效率真的這麼好嗎？

--- 兼論鐵鏽蝕速率的測定

壹、摘要：

我們從小到大耳濡目染以為：生活周遭的金屬建材、日常使用的鐵製工具，很自然的就鏽蝕掉，不堪使用似乎是理所當然的事。現在我們上了國中、學到理化逐漸明瞭，鐵生鏽是氧化現象，有一定的條件，不是那樣天經地義的事。

從老師教導之下有了基礎科學訓練，對書本論及鐵生鏽的知識，已經無法滿足我們的好奇心。在老師的指導之下，利用生活中唾手可得的素材，設計出一些實用可行又有創意的實驗裝置，逐步完成此一科學作品。

貳、研究動機：

國中理化第二冊第九章 9-1 節「元素的活性」想想看單元，有言當今食品或藥品包裝，常可見到內附一小藥包，主要成分是鐵，其用途是「除氧」防止物質的氧化變質，我們好奇「鐵除氧」的效率真的這麼好嗎？

鐵是常用金屬，也是建築的重要材料，理化課本提及「空氣中的鐵，在水分存在的情況下才會生鏽」，金門四面環海，氣候潮溼，空氣中含有海水之鹽類較多，是否鹽或其化合物，也會使鐵生鏽之速率增快？因此我們著手此一研究。

參、研究目的：

一、設計實用有創意的實驗裝置：

- (一)汽球吹氣法
- (二)量筒法。
- (三)大氣壓力法
- (四)自動計時法

二、鐵鏽蝕速率的測定：

- (一)測出海水以及各種酸、鹼、鹽類的水溶液對鐵生鏽速率。
- (二)測出不同濃度的食鹽水、醋酸的水溶液對鐵生鏽的速率。
- (三)測出不同濃度氯化物對鐵生鏽的速率。

肆、研究藥品與器材：

燒杯	試管	培養皿	滴管	氣球	玻璃瓶	寶特瓶	碼表
塑膠袋	量筒	玻璃管	橡皮塞	食鹽	三桿天秤		
海水	食鹽	醬油	沙拉油	蒸餾水	醋酸	各種鹽類	鋼絨

伍、研究方法:

一、 準備過程:

(一) 資料的收集:圖書、上網收集有關金屬銹蝕的資料。

(二)文獻的探討

二、 實驗手續:

【實驗一】利用汽球吹氣法(如圖一裝置)，觀察並測出鐵銹蝕的反應速率：

1. 稱取鋼絨 2 克，置入乾燥的寶特瓶 A 中，迅速在寶特瓶口裝上小汽球一個，(注意:不可漏氣，本實驗所需時間較長，為防止氣球彈性疲乏而漏氣，建議實驗時先在瓶口塗好凡士林油，再反套上氣球，並圈上橡皮圈加固)，靜置、觀察。
 - (1) 氣球的吹脹情形。
 - (2) 鋼絨的顏色變化。
2. 如步驟 1.分別將鋼絨 2 克置入 B-F(說明:B 浸泡水，C 浸泡沙拉油，D 浸泡食醋，E 浸泡醬油，F 浸泡肥皂水，G 浸泡食鹽水。
3. 如步驟 2，分別將鋼絨 2 克，置入 G-L(說明:分別浸泡 5%、10%、15%、20% 食鹽或氯化銨等水溶液中。)
4. 如步驟 4，但鋼絨分別浸泡不同濃度的硫酸銅水溶液中。
5. 如上步驟，但以不同體積的寶特瓶，各做一遍作比較。
6. 如步驟 1、2、3、4、5 但寶特瓶改為玻璃酒瓶(取長頸、短頸各一)作以上實驗，比較之。

【實驗二】量筒法:

步驟:如【實驗一】實驗裝置改以量筒法，如圖 二。

【實驗三】以水氣壓式法，測出鐵銹蝕的反應速率：

探討不同鋼絲絨質量、不同物質濃度對鐵生銹速率的影響：

1. 步驟如實驗二。
2. 但實驗裝置 如圖 三所示:
3. 稱取不同質量的鋼絨:0.5、1.0、1.5、2.0、2.5 克，分別將其浸泡在事先準備妥善的溶液中(約一分鐘)，再取出後置入保特瓶中或錐形瓶中(150ml)，塞緊加附玻璃導管的橡皮塞，架在水槽上(以燒杯代替亦可)，調整水位線，標好刻度。
4. 開始計時，水位上升至刻度線(以一毫升為準)，如圖所示，停止計時，記錄。
5. 以反應所需時，對鋼絨質量、不同鹽類(氯化鈉、氯化銨、硫酸銅....等)、不同濃度，繪出座標圖，比較銹蝕速率不同。

【實驗四】以自動計時器法，

以 1.5、2.0 克的鋼絨，做如下的實驗，測出鐵銹蝕的反應速率：

1. 步驟如實驗三之 3、4、5。
2. 裝置如圖五所示。
3. 自動計時器的製作及用法如下述：

(1).計時器製作：

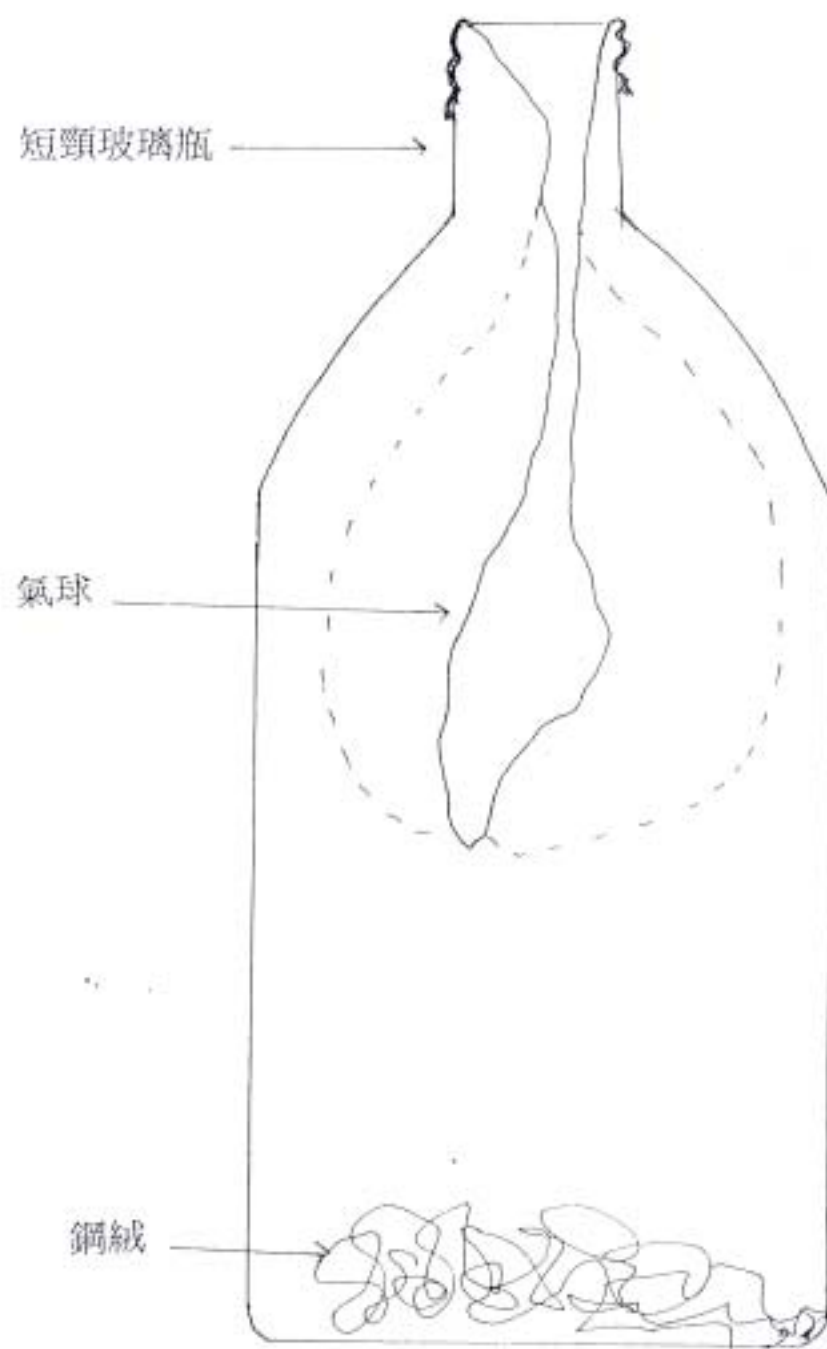
取電子小鳥電路板，接上小型變壓器，再以導線銜接至電子鬧鐘，接上 9V 的電池即成(如圖 四)。

(2).暗箱的製作：

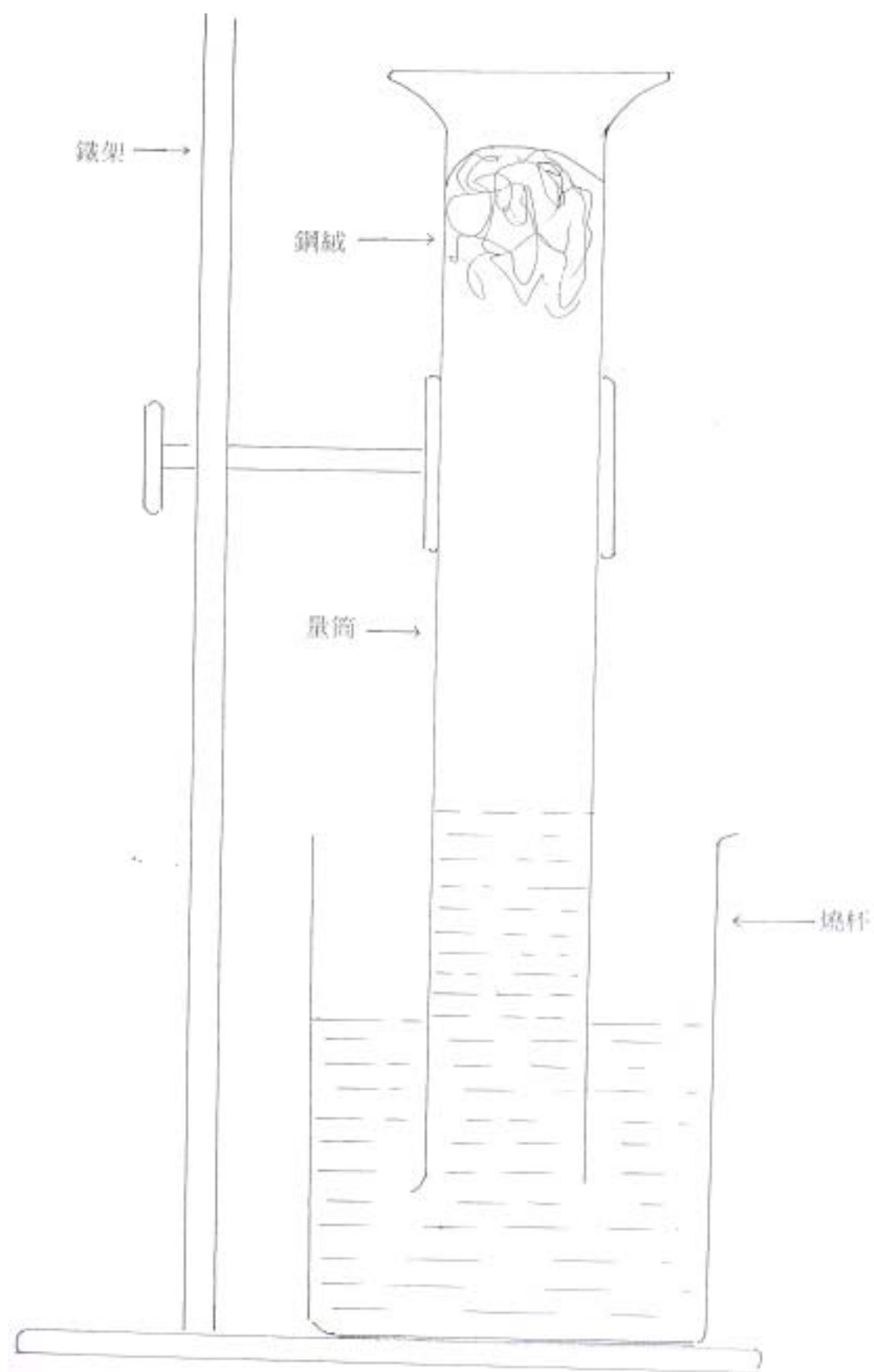
此為配合自動計時器上的光敏電阻(光控開關)，而選取適當的寶特瓶(以透明而扁平較適宜)，(如圖 四)再以薄木板或五夾板裁製成容器的外盒，內襯保麗龍，作為固定內盒之用。 如圖 五)

(3).計時器的用法：

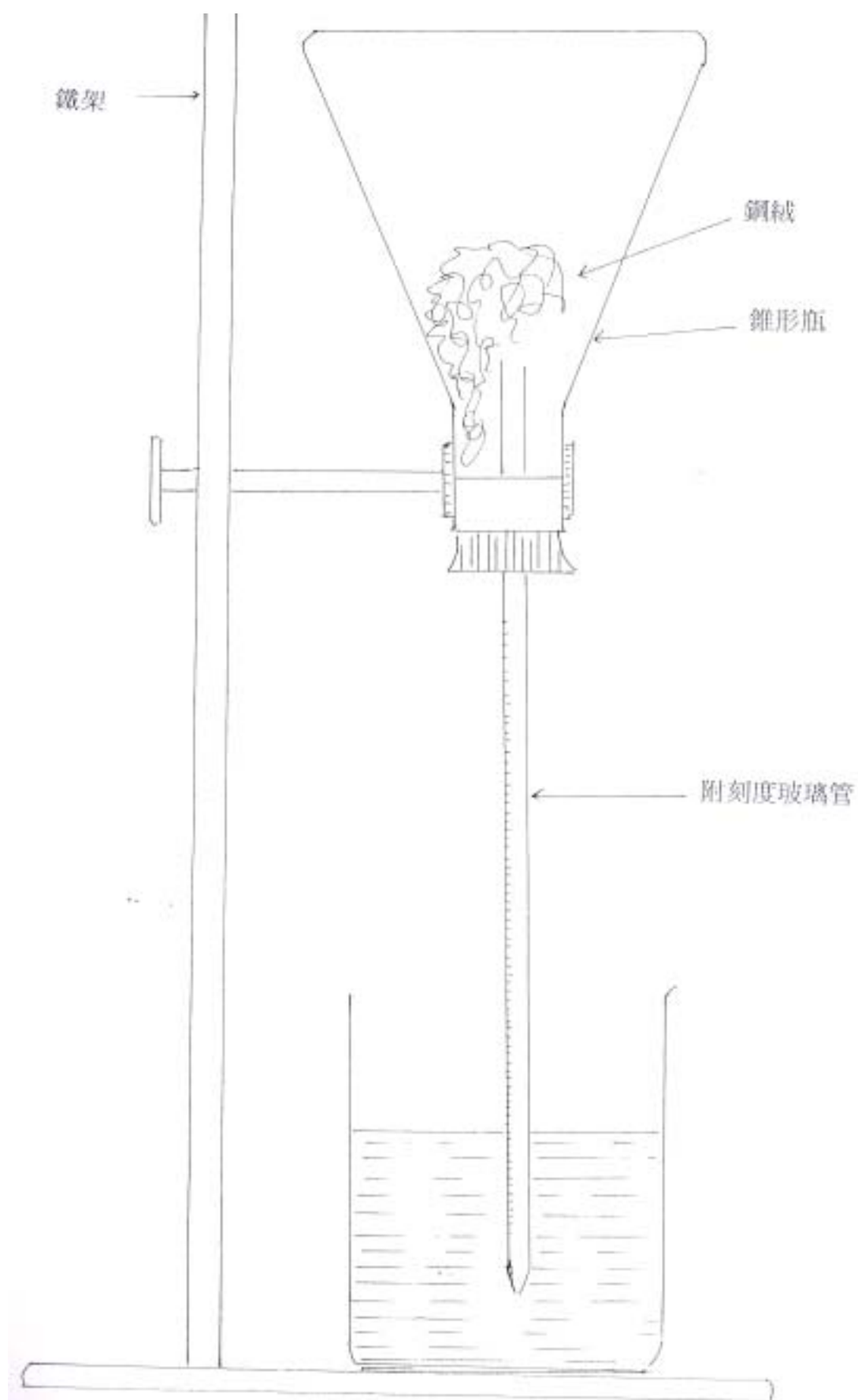
將計時器與暗箱結合後，再準備一支手電筒裝置(如圖六)。在錐形瓶中，加入備用的鋼絨，塞緊加附玻璃導管橡皮塞，一切妥當後，同時打開手電筒光源。光控開關啟動，開始計時。此時集氣瓶的氧氣為鋼絨產生氧化作用，瓶內的氣壓漸小，自然就壓迫玻璃導管的水位上升(以黑色墨汁)，直到遮蔽光源後，整個實驗裝置就自動停止計時。



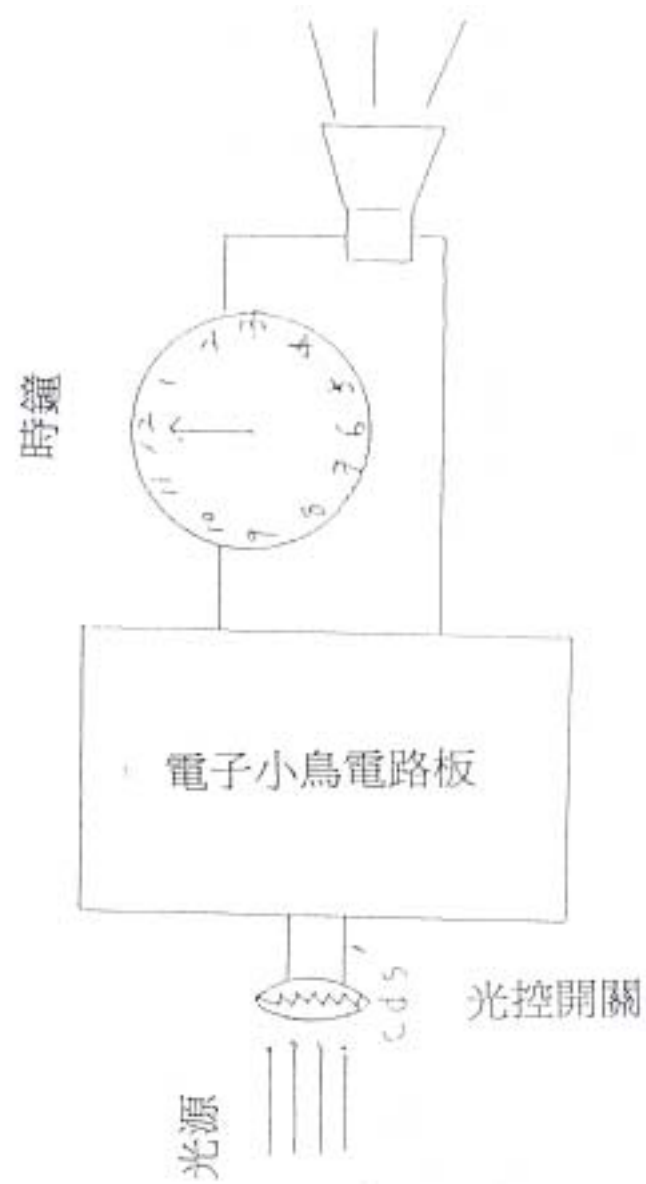
圖一：氣球法



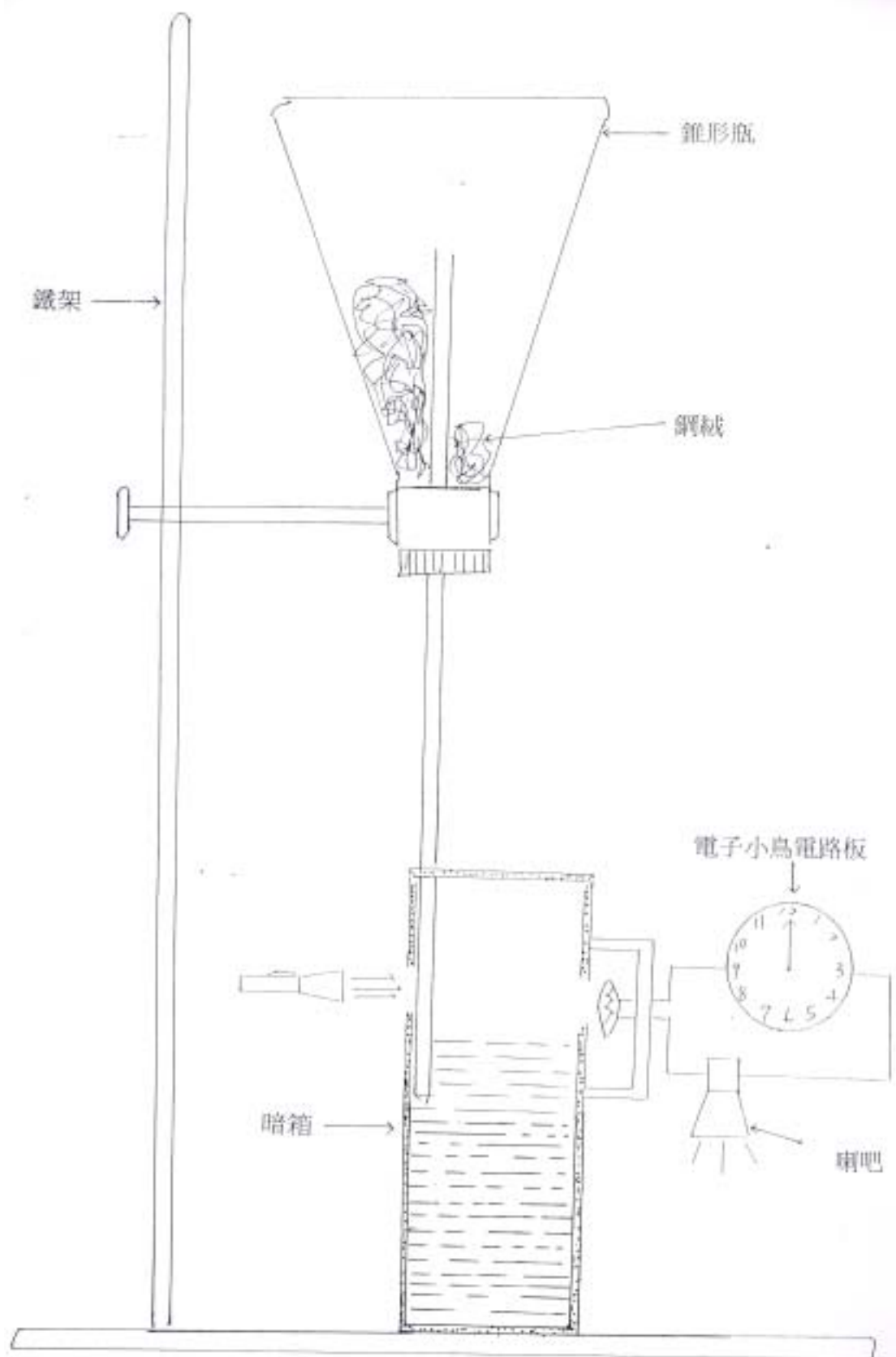
圖二：量筒法



圖三：水壓法



圖四：自動計時裝置電路圖



圖五：自動計時法

陸、研究結果與討論:

一、吹氣球法:短頸玻璃瓶

表一、鋼絨在不同條件下的生銹現象： T= 22 °C

試管	第一天	第二天	第三天	第四天	第五天
A(乾燥)	無反應	無反應	無反應	無反應	無反應
	氣球沒脹	氣球沒脹	氣球沒脹	氣球沒脹	氣球沒脹
B(沙拉油)	無反應	無反應	無反應	無反應	無反應
	氣球沒脹	氣球沒脹	氣球沒脹	氣球沒脹	氣球沒脹
C(肥皂水)	微小黑點	黑點變多	局部紅棕	紅棕擴大	整個紅棕
	氣球微脹	氣球微脹	氣球再脹	氣球脹大	氣球脹大
D(醋酸)	微小黑點	黑點變多	局部紅棕	紅棕擴大	整個紅棕
	氣球微脹	氣球微脹	氣球再脹	氣球脹大	氣球脹大
E(海水)	微小黑點	黑點變多	局部紅棕	紅棕擴大	整個紅棕
	氣球微脹	氣球微脹	氣球再脹	氣球脹大	氣球脹大
F(汽水)	微小黑點	黑點變多	局部紅棕	紅棕擴大	整個紅棕
	氣球微脹	氣球微脹	氣球再脹	氣球脹大	氣球脹大

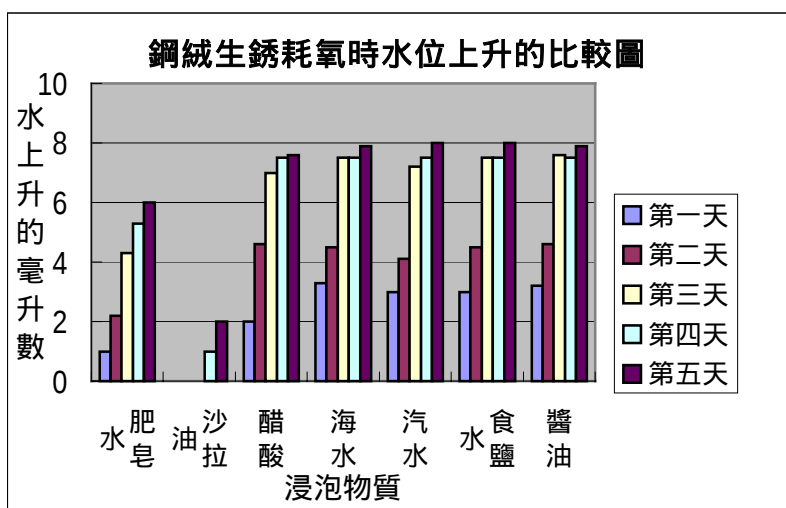
討論:

1. 吹氣法可以由氣球在容器內，自動的吹氣中，簡易的證明鐵生銹會耗掉空氣中的氧，而且由氣球的大小約略的比較出容器中氧所佔的體積百分比。
2. 選取容器以透明的玻璃容器為佳，若以保特瓶代替，要選擇質地足夠承受壓力者，根據我們的經驗，實驗三天以上，瓶內的壓力也呈半真空，一般的保特瓶也無法承受，而變形內凹，影響實驗結果。
3. 為了容易觀察，玻璃也選擇以短頸者為佳，如紹興酒瓶。

二、量筒法:

表二、鋼絨在不同條件下的生銹現象：T= 20 ℃

試管	第一天	第二天	第三天	第四天	第五天	備註
肥皂水	1	2.2	4.3	5.3	6	水位上升的單位是毫升
沙拉油	0	0	0	1	2	
醋酸	2	4.6	7	7.5	7.6	
海水	3.3	4.5	7.5	7.5	7.9	
汽水	3	4.1	7.2	7.5	8	
食鹽水	3	4.5	7.5	7.5	8	
醬油	3.2	4.6	7.6	7.5	7.9	



討論:

1. 由實驗結果，知經沙拉油處理過的鋼絨幾乎不生銹。
2. 第三天開始，水位上升幾乎已達到最高。
3. 量筒法可以很容易的由水位的上升，與鋼絨的變化，觀察出鐵的生銹現象，但無法精準的量出反應速率，只能約略的作個比較。
4. 以家庭常見的用品，作為本實優先的選擇。

(注意：每次記錄水位時，需利用鐵架上鐵夾的升降來調整量筒內外水面的等高，在壓力相等的條件下測量體積的變化才是準備的。)

三、水氣壓式法:

表 3-1:不同鹽分下的銹蝕情形 T= 26 °C

		鋼絨的質量(克)					備註
溶液濃度(百分比)		0.5克	1克	1.5克	2.0克	2.5克	
食鹽水	5	15.8	8.3	4.8	4	4	水上一 毫升所 需的時 間以 「分」
食鹽水	10	36.2	27.2	15	10	8	
食鹽水	15	55.4	29.3	28	25	22	
食鹽水	20	116	62.8	55.5	50	48	
海水		58.3	29.3	10.3	8	8	

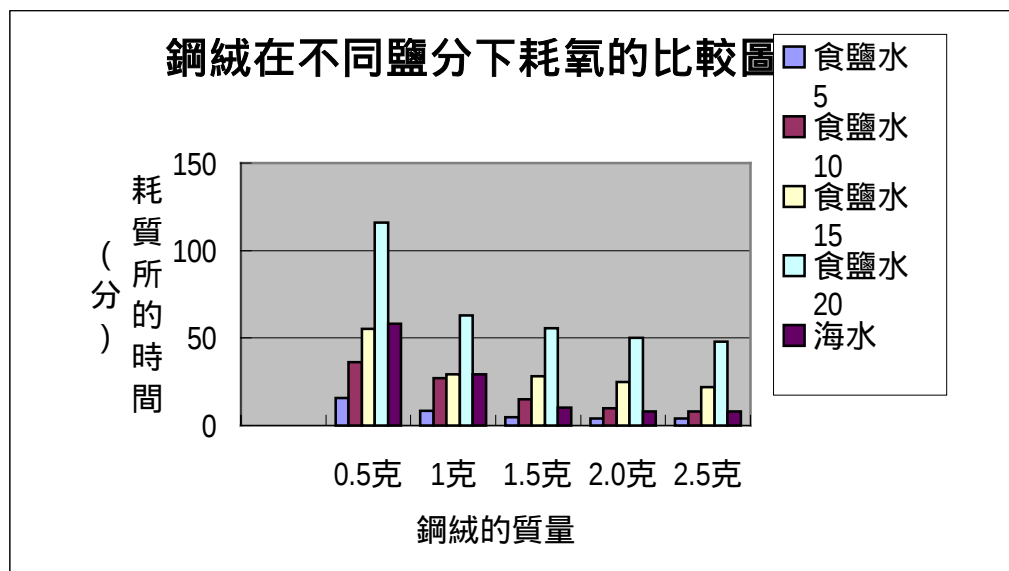


表 3-2、不同氯化銨濃度下的銹蝕情形 T= 26 ℃

		鋼絨質量					備註
		0.5克	1.0克	1.5克	2.0克	2.5克	
氯化銨	5	56	48	38	15	12	
	10	46.2	36.4	27.8	25	18	
	15	21.3	3.5	3.3	3	3	
	20	4.7	3.3	2.5	2	3	

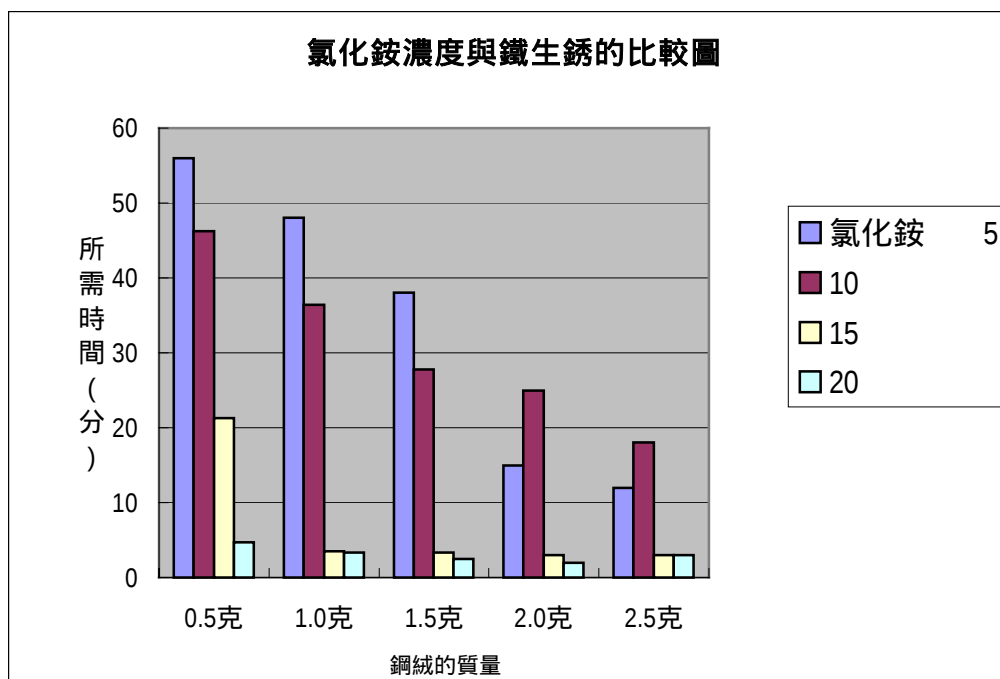
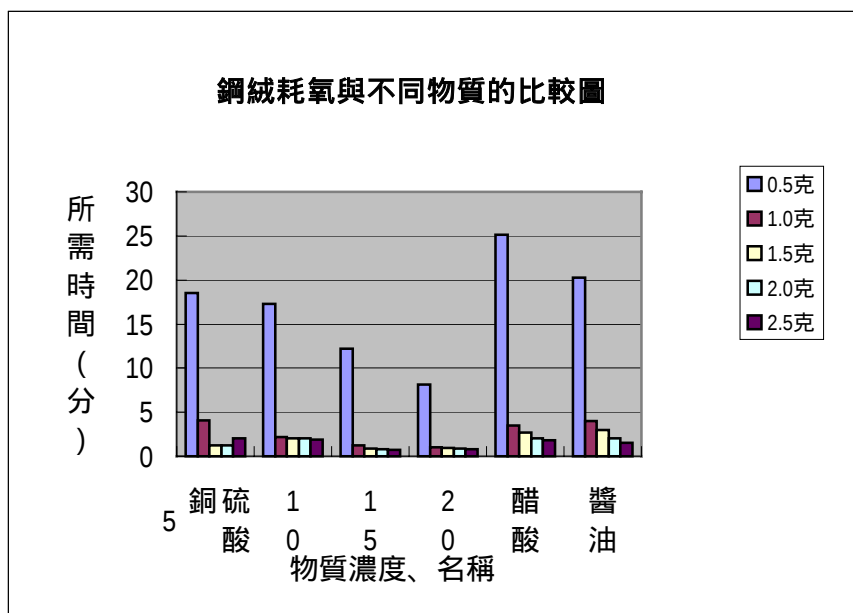


表 3-3、不同物質濃度下的銹蝕情形 T= 26 ℃

		鋼絨質量					備註
		0.5克	1.0克	1.5克	2.0克	2.5克	
硫酸銅		18.5	4.1	1.2	1.2	2	
	10	17.3	2.2	2	2	1.9	
	15	12.2	1.2	0.9	0.8	0.7	
	20	8.1	1	0.98	0.9	0.8	
醋酸		25.1	3.5	2.7	2	1.8	
醬油		20.3	4	3	2	1.5	

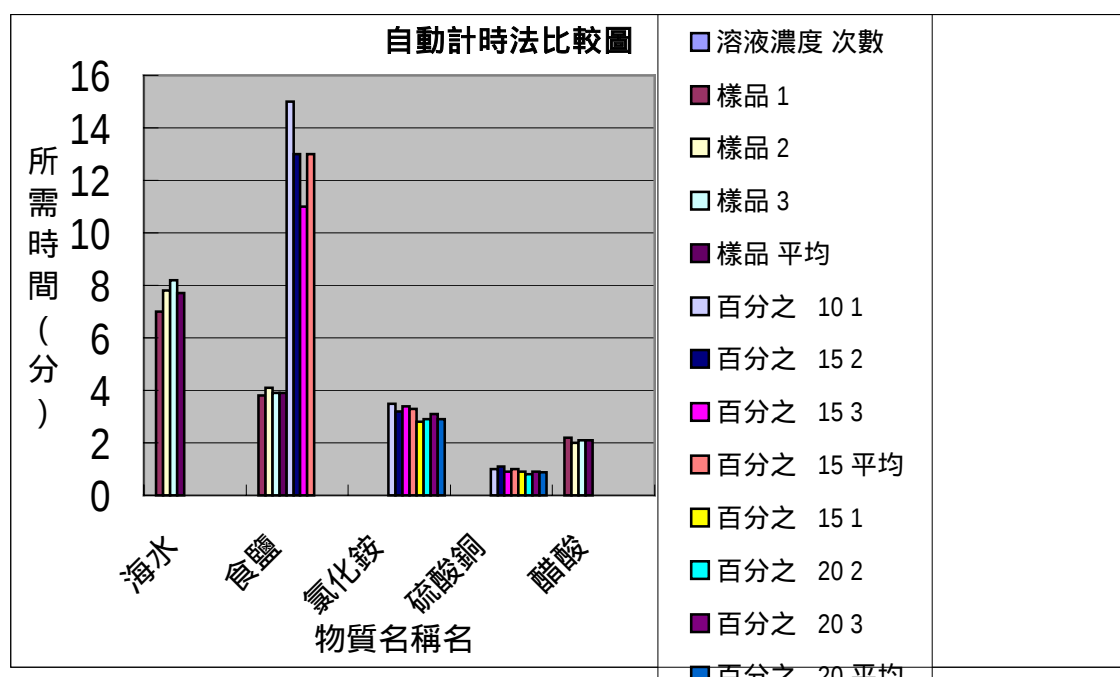


討論:

1. 本實驗因鐵生銹耗掉瓶中的氧氣，造成內外的壓力差，致使玻璃細管的水位上升，只要量得水上升一定量所需得時間，即可約略的比較出鐵的生銹速率(反應所需的時間愈長，反應速率愈慢)。
2. 水壓法的反應速率比較，是實驗裝置妥善(如圖二)開搖計時，而以水柱上升一毫升停止。
3. 因為玻璃細管的刻度精密佳，比量筒法更易觀察，相對的受到溫度、壓力的變化影響也大，所以藥品選擇也以反應時較短，儘量能以一小時內觀察為佳，而且同組的實驗，也力求在同一時間一起操作計時，務必使實驗減至最低。

四、自動計時法： 表四、不同物質濃度下的銹蝕情形 T= 24 ℃

			海水	食鹽	氯化銨	硫酸銅	醋酸	備註
溶液濃度	次數							
樣品	1	7	3.8				2.2	
	2	7.8	4.1				2	
	3	8.2	3.9				2.1	
	平均	7.7	3.9				2.1	
百分之 10	1		15	3.5	1			海水以學校旁海濱公灣內漲潮時取得
	2		13	3.2	1.1			
	3		11	3.4	0.9			
	平均		13	3.3	1			
百分之 15	1			2.8	0.9			
	2			2.9	0.8			
	3			3.1	0.9			
	平均			2.9	0.87			



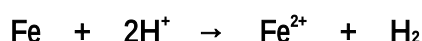
討論：

1. 本實驗的鋼絨質量是 2.0 克，主要是這個質量的反應較快，觀察時間，受氣溫、壓力變化的影響最小。
2. 實驗中的海水濃度以當日取得樣品為準，醋酸濃度仍以家庭用的釀造醋為樣品 (3%-5%)，食鹽樣品濃度為 5%。

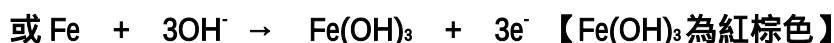
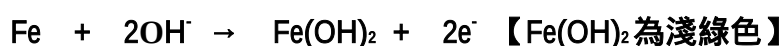
柒、研究結論

- 一、本實驗測量鐵氧化速率，都與氣溫及大氣壓力有關，在無法控制氣溫與氣壓的現實條件下，同一組實驗只得在同一時間下進行實驗，以便將溫度、壓力所造成的誤差，減至最低。
- 二、由實驗一得知，吹氣法觀察鐵生鏽，不但極易觀察，也饒富趣味，眼看氣球日益脹大，而鋼絨則由鐵灰轉棕褐，唯一美中不足的是----反應速率只能作約略的比較而已，至於作精確的測量，得由其他的裝置來代勞了。
- 三、由實驗二的「量筒法」結果得知：50ml 的空氣與 2.0g 1.5g 的鋼絨反應最佳，原因為鋼絨小於 1.0 克時，造成反應時間長；大於 2.0 克時，則鋼絨的體積不能被忽略。
- 四、由結果得知，對鐵氧化生鏽速率為酸(醋酸)與鹼類(如肥皂)，均有加速的現象，而酸比鹼的影響大。

鐵在酸中的反應為：



鐵在鹼中的反應為：



鐵生鏽速率的影響，酸大於鹼，其原因為：酸中之氫離子會使腐蝕速率增加；而在鹼溶液中鐵的腐蝕是受氧擴散通過沈澱的腐蝕生成物 Fe(OH)_2 的速率所控制，故腐蝕率較低。

- 五、由表二、表 3-3、表四結果知，鋼絨浸泡在醋酸溶液時，鋼絨需加水清洗反應。若未清洗，則水面上升至某一高度後，會因產生氫氣，使水面有下降的情形。
- 六、由結果知，各種鹽類中以銅鹽對鐵氧化生鏽的影響最大，可能為當鋼絨浸入銅鹽的水溶液中時，由於發生氧化還原反應，部分鋼絨的表面有銅生成，結果造成了鐵—銅電池，就像馬口鐵有部分的錫脫落時，更易腐蝕生鏽一樣，所以浸有銅鹽的鋼絨更易腐蝕，這一方面的實驗，我們的數據不多，是今後努力的方向。
- 七、由表結果知，各種濃度之食鹽水中，以濃度 5% 之食鹽水影響鐵生鏽之速率最大。而海水對鐵之生鏽速率比 5% 之食鹽水要大，可能海水中除含有氯化鈉成分外，尚有多種物質的影響。
- 八、由本實驗得知，金門地區鐵容易生鏽，是由於靠近海邊，濕空氣中含鹽之故；欲使鐵不易生鏽，必須使鐵器保持乾燥，隔離空氣，少與酸、鹽類接觸，或在鐵表面做隔離如塗油漆、鍍其他金屬處理。

九、改進與建議：

(一)、由上述的結果知，海水、銅鹽..等，均能影響鐵的生鏽，其中所含成份相當複雜，這方面的研究我們涉入不多，數據不夠周詳是美中不足的地方，也是研究小組今後有待努力的方向。

(二)自動計時裝置設計的優點:

- 1.以光控代替眼睛，自動計時結合直接計時器，能將人為的誤差減至最低，增加實驗的客觀性，又有鬧鈴裝置，更可提升實驗者的樂趣。
- 2.本實驗裝置也可作為理化課程「溫度對反應速率的實驗」--硫代硫酸鈉與鹽酸的實驗，可說是一物數用。
- 3.自動計時器所用的電路板，約新台幣 250 元，可配合生技教學---電子實習，至於暗箱的製作亦同，妥善結合木工，大量製作，所費不多，建議各校，試製一批，作為教學教材之用。

捌、參考資料:

1. <http://www.isst.edu.tw/s44/quarterly/45/quarterl-45-7.htm>(花蓮女師)
- 2.化學(上、下冊) 曾國輝編著 P471-P474, P665-667 藝軒出版社
- 3..工業觸媒概論 中華民國 72 年 3 月初版 吳榮宗著 P17-20 黎明書局
- 4..國中理化(1,4 冊) 中華民國八十九年版 國立編譯館
- 5..工業分析暨實驗 正文書局 p155 涂漢欽著
- 6.科學教育資訊 中華民國 82 年八月出版 金門縣政府 p53-64