

中華民國第四十八屆中小學科學展覽會
作品說明書

國小組 自然科

第三名

081535

會呼吸的鐵鏽

學校名稱：桃園縣桃園市慈文國民小學

作者：	指導老師：
小六 黃麗瑾	章筑嫻
小六 徐劭瑄	陳淑楸
小六 何筱莉	
小六 余采庭	
小六 簡品君	
小六 邱淑慎	

關鍵詞： 鐵鏽、實驗方法、水位變化

摘要

隨著實驗方法的改良可以發現，當鋼棉處在酸性環境時，會先和氧氣與水反應產生氫氧化亞鐵和氫氣，造成水位 3、5 分鐘內急速上升，約 50 分後，水位不但降至最低點，還會不斷冒出氣泡，這氣泡就是氫氣。經過我們改良的實驗方法，不但可以在兩節課內看見水位上升、下降，放置約一星期後，還可看見水位再上升。氣球實驗的部分也可以看到先扁掉、後膨脹，之後又再扁掉。我們的實驗方法可以明確的證明出，鋼棉遇酸性環境時，會先消耗氧氣、產生氫氣、再消耗空氣，與理論相吻合，就像植物吸二氧化碳吐出氧氣一樣，這就是我們所說的鐵鏽也會呼吸喔！

壹、研究動機：

我們從自然教科書上（六上一防鏽與防腐單元）的實驗結果得知，酸性溶液使鋼棉生鏽的速度較快，其中一個實驗更表示酸性溶液導致廣口瓶內水位上升的高度最高，但我們實際操作後發現，雖然鋼棉生鏽速度最快，但水位並沒有上升，真是令人好奇，為什麼結果差異這麼大呢？另外，除了酸性水溶液容易造成鐵器生鏽外，其他性質的水溶液是否也會造成如此結果呢？

所以，我們決定重新設計實驗，以期找出造成水位沒有上升的原因。實驗過程中發現沾醋的鋼棉實驗不斷冒出氣泡，是不是這個原因使水位無法上升？現在就讓我們從實驗中來驗證這其中的祕密吧！

貳、文獻探討

一、鐵在酸性環境下，鐵會先和氧氣與水反應產生氫氧化亞鐵和氫氣。氫氧化亞鐵又會繼續和空氣與水反應產生鐵鏽水合物。（參考資料三、四）

二、水質與含鐵管線生鏽的關聯：

不論是使用含鐵、含鉛或是塑膠管、不鏽鋼管製成的水管，用久了，都會有髒污、鏽、霉等物質存在，所以每隔一段時間就需要清洗水塔和水管，以維護用水的品質。有時由清洗過程中可以清楚看出污水的顏色和內含雜質的類型，其中朱紅色及咖啡色乃鐵鏽所致，這是因為熱水管常使用鐵製的水管。而濁白色代表細菌叢，綠色代表藻類與藻毒，中藥色代表重金屬，黑色代表以上皆有。（參考資料五）

參、研究目的

- 一、實作南一、康軒、翰林、牛頓四種版本中有關鋼棉生鏽的實驗方法並加以分析研究。
- 二、運用各種改良的實驗方法，將各溶液分別與鋼棉加在一起進行操作，並加以分析比較。
- 三、先將鋼棉分別浸泡於溶液中，取出甩乾後，依各種改良的實驗方法進行實作，並加以分析比較。
- 四、運用改良的實驗方法，進行不同濃度醋酸環境下之實作，並加以分析比較。
- 五、比較各實驗結果，找出適合於課堂上使用的實驗方法並加以推廣。

肆、研究主要設備及器材

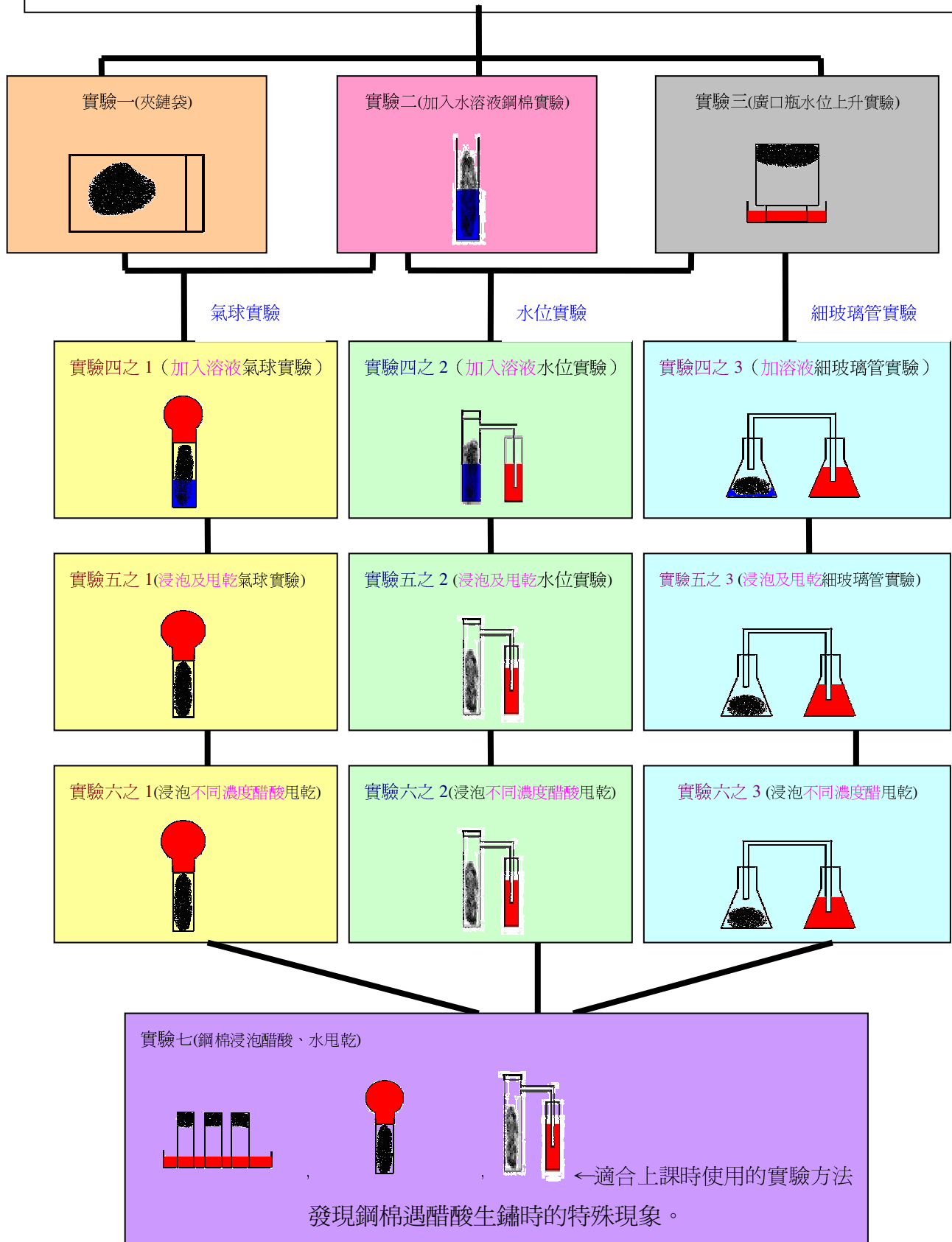
- | | |
|-----------------|---------------|
| 一、 等臂天平 | 五、 量筒、塑膠吸管及夾子 |
| 二、 試管、側支試管、及試管塞 | 六、 三角錐瓶、廣口瓶 |
| 三、 細玻璃管（毛細管） | 七、 夾鏈袋、氣球打氣筒 |
| 四、 橡膠軟管 | 八、 氣球 |

伍、主要藥品及試劑

- 一、純醋酸（或冰醋酸）
- 二、氨水
- 三、一般食用鹽（台鹽精鹽加蒸餾水配成飽和食鹽水）
- 四、蒸餾水（藥局販售的）
- 五、海水（大甲溪出口處）
- 六、其他溶液

陸、研究實驗流程

廣口瓶水位上升實驗，不但沒有觀察到裝了沾醋鋼棉的廣口瓶內水位上升，反而發現倒立的瓶口一直冒氣泡，所以收集各版本有關鋼棉生鏽的實驗加以分析。



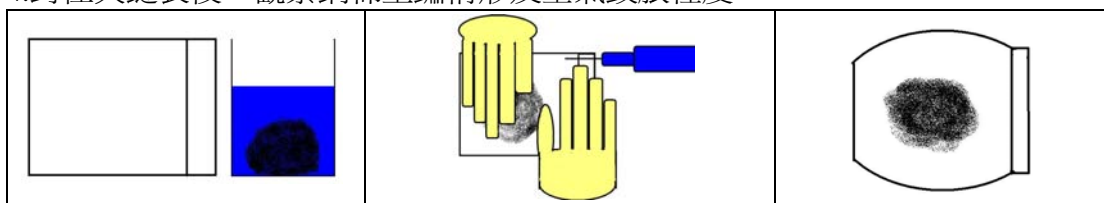
柒、研究過程、結果與討論

實驗一：夾鏈袋實驗

一、想法：鐵器生鏽會消耗空氣，所以夾鏈袋裡的空氣應該會來越少；鐵器生鏽速度越快，空氣消耗越多，則夾鏈袋越乾扁。

二、實驗步驟：

1. 將 2g 鋼棉揉成球狀分別浸泡在食鹽水、自來水、氨水、醋酸各 10 分鐘。
2. 取出鋼棉甩乾，放入夾鏈袋。
3. 擠出袋中空氣，並用打氣筒抽拉十次，以期打入等量空氣。
4. 封住夾鏈袋後，觀察鋼棉生鏽情形及空氣鼓脹程度。



三、實驗結果：

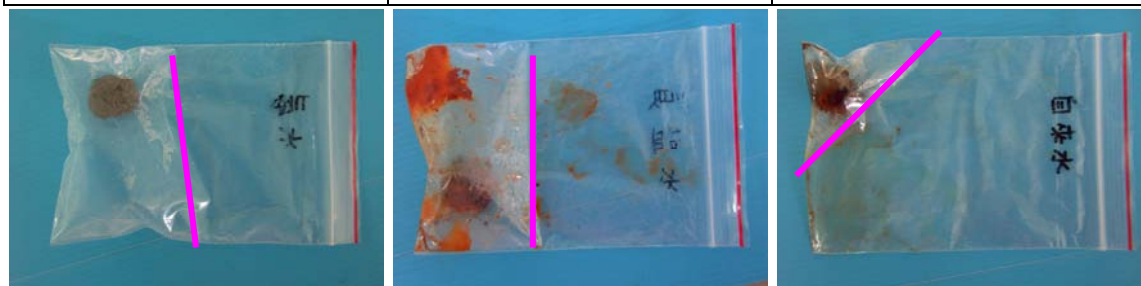
1. 鋼棉生鏽情形：



說明：
剛操作完 30 分鐘：醋與氨水組鼓脹程度高，但食鹽水、自來水已開始消扁。

說明：
二星期後各夾鏈袋剩下的空氣量（切線部分）

說明：
沾醋酸之鋼棉二星期後，夾鏈袋依然鼓脹。



沾氨水之鋼棉二星期後

沾食鹽水之鋼棉二星期後

沾自來水之鋼棉二星期後

2. 二星期後，除醋酸組外，各夾鏈袋皆有消扁的現象，可見鐵器生鏽會消耗空氣。

3. 沾醋鋼棉生鏽顏色為紅褐色，沾氨水鋼棉顏色變黑，沾食鹽水鋼棉生鏽顏色為橘紅色，沾自來水鋼棉則為茶色。

4. 從顏色判斷生鏽速度：醋酸 > 自來水 > 食鹽水 > 氨水。

5. 夾鏈袋中鼓脹程度：醋酸組 > 氨水組 > 食鹽水組 > 自來水組。

6.從結論 4、5 比較，發現醋酸生鏽最快但夾鏈袋的鼓脹程度卻最高，無法驗證生鏽速度與空氣消耗越快的關係。

三、討論：

- 1.此實驗法的困難處在於夾鏈袋中的空氣量非常不容易控制；當打氣筒抽拉時，夾鏈袋易破，且需要三人同時一起操作，一人打氣，另兩人幫忙擠壓空氣、固定夾鏈袋、及打氣筒出氣處。
- 2.雖然使用打氣筒打氣，但受到夾鏈袋材質、氣密度……等影響，無法確認空氣量是否相同，此點造成本實驗結果受質疑。
- 3.沾過醋酸的鋼棉雖然最快生鏽，但卻看不到夾鏈袋扁過，此種現象會與鐵生鏽時會消耗氧氣的觀念相牴觸。

實驗二：加入水溶液鋼棉實驗

一、想法：潮濕的鋼棉較易生鏽。

二、實驗步驟：

- 1.在平底試管中裝入一半的水溶液。
- 2.將鋼棉搓成條狀並壓入水溶液中。
- 3.觀察鋼棉分別於頂端、水中及水面接觸部分的生鏽情形。

三、實驗結果：

- 1.頂端的鋼棉完全無法生鏽，水中的鋼棉顏色變深但較無生鏽情形，水面接觸部分生鏽較多；也就是生鏽部分：水面接觸部份（水+空氣）>水中部份（水）>頂端部份（空氣）。
- 2.鋼棉（鐵器）生鏽時，需有水分和空氣。

四、討論：

- 1.透過毛細作用，水溶液沿著細縫上升，與水面接觸部分生鏽較多；可見鐵器生鏽需要空氣與水。
- 2.操作過程若將步驟 1、2 顛倒，將水溶液淋在鋼棉上，發現鋼棉頂端到水面接觸部份會生鏽最多，水中的生鏽部份會較少；可見鐵器生鏽時需要的水量不需太多。

實驗三：廣口瓶水位上升實驗

一、想法：鐵器生鏽會消耗空氣，所以廣口瓶裡的空氣應該會來越少；鐵器生鏽速度越快，空氣消耗越多，則廣口瓶中的水位越高（空氣柱縮短）。

二、實驗步驟：

- 1.取出鋼棉甩乾，放入廣口瓶內，並用玻棒將多餘水分擠乾。
- 2.蓋上培養皿並用膠帶黏貼固定並倒置放入培養箱。
- 3.在培養箱倒入有色水，並蓋過培養皿。
- 4.觀察各廣口瓶中的水位上升情形，及鋼棉生鏽情形。

三、實驗結果：

1.各班的實驗數據：(單位：公分)

(1)：第一實驗組

	自來水	雨水	食鹽水	可樂	醋酸	乾鋼棉	石灰水	沙拉油
第一天	3.2 cm	2.7 cm	3.9 cm	2.6 cm	0 cm	0.3 cm	0.8 cm	0 cm
結果	生鏽：醋酸 > 自來水 > 雨水 > 食鹽水 > 可樂 > 乾、石灰水、沙拉油							
第三天	3.5 cm	2.7 cm	3.9 cm	3.6 cm	0 cm	0.3 cm	0.8 cm	0 cm
結果	生鏽：醋酸 > 自來水 > 雨水 > 食鹽水 > 可樂、石灰水 > 乾、沙拉油							
第七天	3.1 cm	2.3 cm	3.9 cm	3.7 cm	0 cm	0.6 cm	1.1 cm	0 cm
結果	生鏽：醋酸 > 自來水 > 雨水 > 食鹽水 > 可樂、石灰水 > 乾、沙拉油							

〈2〉：第二實驗組

	茶	雨水	食鹽水	糖水	自來水	飲水機冷水
第一天	2.7 cm	1.9 cm	2.3 cm	1.9 cm	2.5 cm	2.4 cm
結果	生鏽：茶 > 雨水 > 食鹽水 > 糖水 > 自來水 > 飲水機冷水					
第三天	2.7 cm	1.9 cm	2.6 cm	1.9 cm	1.9 cm	2.4 cm
結果	生鏽：雨水 > 自來水 > 茶水 > 食鹽水 > 飲水機冷水 > 糖水					
第七天	2.3 cm	1 cm	2.1 cm	1.7 cm	0.7 cm	1.8 cm
結果	生鏽：雨水 > 茶水 > 自來水 > 食鹽水 > 糖水 > 飲水機冷水					

〈3〉：第三實驗組

	雨水	自來水	醋酸	飽和食鹽水	可樂	飽和石灰水
第一天	3.3 cm	2.9 cm	0 cm	2.7 cm	3.2 cm	0 cm
結果	生鏽：醋酸 > 雨水 > 自來水 > 飽和食鹽水 > 可樂 > 飽和石灰水					
第三天	3 cm	2.8 cm	0 cm	2.7 cm	2.9 cm	0 cm
結果	生鏽：醋酸 > 雨水 > 自來水 > 飽和食鹽水 > 可樂 > 飽和石灰水					
第七天	1.3 cm	1.5 cm	0 cm	2.5 cm	2.6 cm	0.7 cm
結果	生鏽：醋酸 (黑) > 雨水 > 自來水 > 飽和食鹽水 > 飽和石灰水 > 可樂					

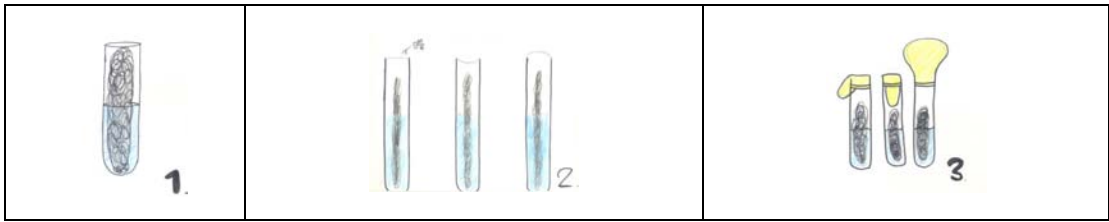
2.從一、三實驗組發現醋酸使鋼棉生鏽最快，但水位卻是最低。

四、討論：

- 1.生活中有許多水溶液，雖利用石蕊試紙可以將其分成酸性、中性及鹼性水溶液，但卻無法了解其成分，無法控制其變因；所以往後的實驗組溶液以能了解純度、成分的水溶液為主。
- 2.廣口瓶的磨砂口會造成水位不容易測量，有時還會內外水位分不清楚；所以將廣口瓶汰換成平底塑膠容器。

實驗四之 1：加入各種液體於試管中之鋼棉生鏽氣球實驗

一、想法：生鏽會消耗空氣，氣球應收縮。



二、實驗步驟：

1. 準備 6 個氣球、試管、3 克的條狀鋼棉和各種溶液。
2. 將鋼棉條放入試管中，並倒入各種溶液 10 cc。
3. 壓出氣球中的空氣，再把氣球套在試管口，並且用膠帶封緊。
4. 觀察並記錄鋼棉生鏽情形及氣球鼓脹現象。

三、實驗結果：

1. 氣球鼓脹情形：



(1) 25 分氣球鼓脹的情形：



說明：

- ① 醋酸組、氨水組氣球有些鼓脹，皆可壓出球形。
- ② 蒸餾組氣球有些微凹陷，而自來水組氣球已內縮置管中。
- ③ 其餘皆與對照組同。



說明：
鋼棉加入水溶液 25 分鐘，醋酸組的氣球已鼓脹。



說明：
鋼棉加入水溶液 25 分鐘，蒸餾水組有些微凹陷。

(2) 65 分氣球鼓脹的情形：



說明：







裝有醋酸之鋼棉組可看到氣球是先扁掉後才膨脹，之後又再度扁掉，與先消耗氧氣、產生氫氣、再消耗空氣的理論相吻合。



說明：
65 分時，醋酸組氣球比氨水組氣球更為鼓脹。

2.鋼棉生鏽情形：







(1) 25 分時鋼棉浸泡於水溶液中的生鏽情形：

水溶液	食鹽水	純醋酸	自來水	海水	蒸餾水	氨水
照片						
說明	<p>①浸泡鋼棉的食鹽水變黃褐色、純醋酸變成深咖啡色、自來水及蒸餾水變成很淡的淺褐色、海水出現草綠色、氨水變得更為澄澈。</p> <p>②水溶液中的鋼棉生鏽情形不易分辨，只能由水溶液的變化猜測生鏽情形。</p>					

(2) 35 分時，鋼棉頂端淋到水溶液部分的生鏽情形：

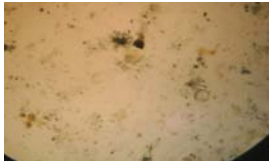
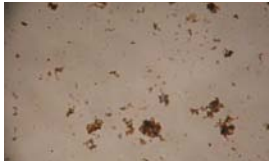
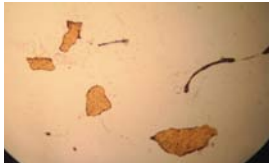
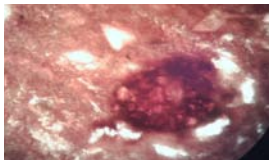
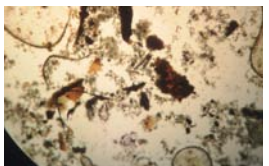

水溶液	食鹽水	純醋酸	自來水	海水	蒸餾水	氨水
照片						
說明	<p>①鋼棉頂端淋到水溶液的部份開始出現鏽斑：醋酸組呈現黑褐色、自來水呈現褐色、食鹽水及海水僅在管壁上出現褐色水珠，猜測應該是裡面鋼棉產生的生鏽情形、蒸餾水在頂端有一塊褐色的鏽斑、氨水組沒有改變。</p> <p>②有空氣及水的成分會加速鋼棉（鐵器）的生鏽。</p>					

(3) 70 分時鋼棉浸泡於水溶液中的生鏽情形：

水溶液	食鹽水	純醋酸	自來水	海水	蒸餾水	氨水
照片						
說明	<p>① 浸泡鋼棉的食鹽水及自來水褐色變得較深、純醋酸變成咖啡色且出現白色物體、蒸餾水變成很淡的淺褐色、海水出現紅褐色、氨水保持透明澄澈。</p> <p>② 浸泡時間越久，鋼棉（鐵器）生鏽情形越明顯；但是氨水組水溶液維持澄澈透明且表面無生鏽現象。</p> <p>③ 純醋酸、自來水、海水造成鋼棉生鏽情形嚴重、顯著。</p>					

3. 試管中浸泡鋼棉水溶液在顯微鏡下的情形：

(1) 想法：各組鋼棉出現不同的生鏽顏色，尤其醋酸組鋼棉上出現類似霉狀的白色物體，希望透過顯微鏡可以一探究竟；然而鋼棉的生鏽部分因為不透光，所以改採可透光的各組水溶液為樣本。

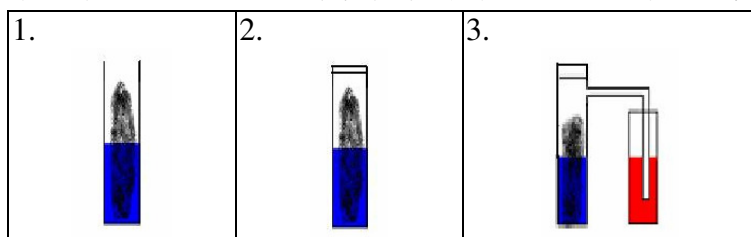
水溶液	顯微鏡下的水溶液 照片	水溶液	顯微鏡下的水溶液 照片	水溶液	顯微鏡下的水溶液 照片
食鹽水		自來水		蒸餾水	
純醋酸		海水		氨水	
說明	<p>① 鏽的顏色有差異性，我們使用顯微鏡 10×10 觀察，發現鐵鏽的顯微鏡下的鐵鏽，醋酸組的顏色為紅棕色、食鹽水有綠色的斑點出現、自來水有褐色的鏽斑、海水中除了褐色為鏽斑還有其他微生物、蒸餾水為褐色、氨水出現一類似薄膜的片狀物，顏色為透明。</p> <p>② 各組鋼棉生鏽情形不完全相同與課本中定義的「生鏽為紅褐色物質」相違。</p>				

四、討論：

- 1.可能受到內裝溶液性質的影響，氣球的鼓脹程度與鋼棉生鏽情形沒有相吻合，所以將溶液裝入試管內的方法是不恰當的。
- 2.有些鐵鏽發生在鋼棉條內層無法在外層觀察。
- 3.留在管壁上的鏽斑不易清除，造成器材再次使用時的困擾。

實驗四之 2：加入各種液體於試管中之鋼棉生鏽水位上升實驗

一、改良實驗步驟的想法：由水位變化觀察鐵器生鏽時的耗氧情形。



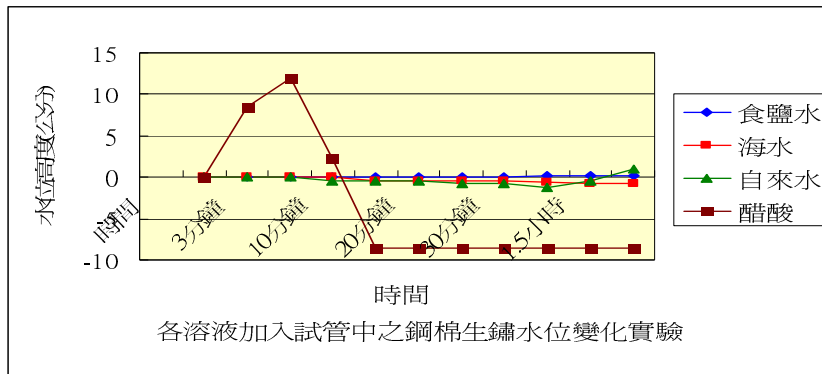
二、實驗步驟：

- 1.將 2g 的鋼棉搓成條狀，放入有側支的試管中，另取 12ml 的有色水，裝入一般的試管中，並用塑膠管連接裝有鋼棉及有色水的兩根試管。
- 2.分別將 8ml 各種液體倒入裝有鋼棉的試管中，塞上試管塞，並用膠帶固定試管塞。
- 3.觀察並記錄鋼棉生鏽情形和水位的變化。

三、實驗結果：

1.水位變化：(公分)

名稱 時間	食鹽水	海水	自來水	醋酸
0 分鐘	0	0	0	0
3 分鐘	0	0	0	8.5
5 分鐘	0	0	0	12
10 分鐘	0	0	-0.5	2.3
15 分鐘	0	-0.5	-0.5	-8.5
20 分鐘	0	-0.5	-0.5	<-8.5
25 分鐘	0	-0.5	-0.8	<-8.5
30 分鐘	0	-0.5	-0.8	<-8.5
1 小時	0.2	-0.6	-1.2	<-8.5
1.5 小時	0.2	-0.8	-0.5	<-8.5
2 小時	0.2	-0.8	1	<-8.5



2.生鏽情形：

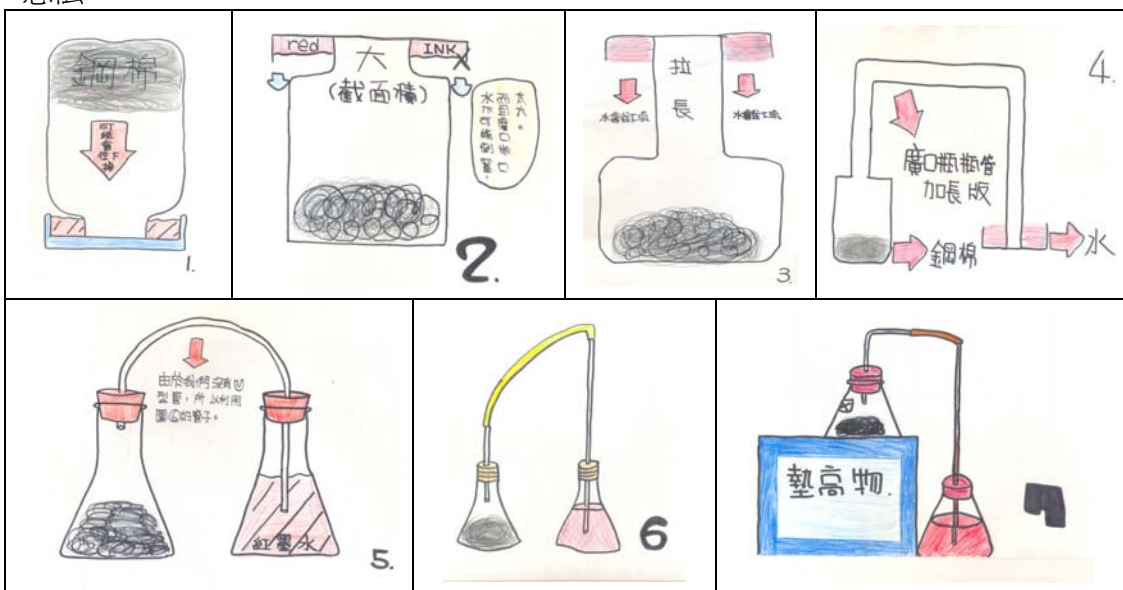


四、討論：

- 1.鋼棉生鏽情形明顯但水位變化不大，所以此種實驗方式有再改進的必要。
- 2.鋼棉對紅墨水有過濾的作用，溢流的紅墨水會變成澄清的液體留在試管底部。

實驗四之 3：加入各種液體於三角錐瓶中鋼棉生鏽之細玻璃管實驗

一、想法：



二、實驗步驟：

- 1.取 3g 的鋼棉放入三角錐瓶內，另取 200ml 有色水裝入另一個三角錐瓶內，用細玻璃管和橡膠管連接兩個三角錐瓶。
- 2.分別將 10ml 的各種液體倒入裝有鋼棉的三角錐瓶並在細玻璃管上標示原始水位線。
- 3.每隔一段時間觀察並記錄鋼棉生鏽情形和水位的變化。

4.器材準備情形：



取 3g 鋼棉的情形



器材就定位

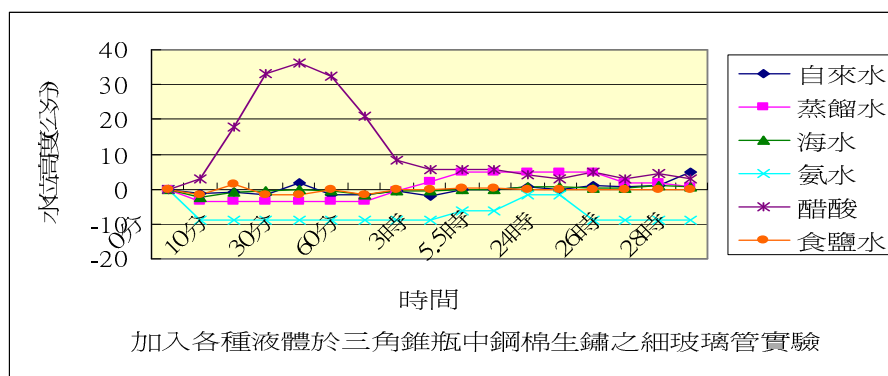


將細玻璃管插入三角錐瓶的情形

三、實驗結果：

1.水位變化：(單位：公分)

	自來水	蒸餾水	海水	氨水	醋酸	食鹽水
0 分	0	0	0	0	0	0
5 分	-1.3	-3.4	-2.5	-9	3.1	-1.5
10 分	-1	-3.4	-0.8	-9	18	1.5
20 分	-1.5	-3.5	-0.5	-9	33	-1.6
30 分	1.8	-3.4	0	-9	36	-1.8
40 分	-1.8	-3.6	-0.5	-9	32.5	0
60 分	-1.6	-3.4	-1.8	-9	21	-1.5
2 時	-0.4	-0.5	-0.4	-9	8.4	0
3 時	-2	2.3	-0.6	-9	5.5	0
4 時	0	5	-0.2	-6.2	5.5	0.3
5.5 時	0	5	-0.2	-6.2	5.5	0.3
23 時	0.5	5	0.5	-1.5	4	0
24 時	0	5	0.5	-1.5	3	0
25 時	1	5	0.2	-9	5	0
26 時	0.7	1.7	0.4	-9	3	0
27 時	1	1.7	1	-9	4.5	0
28 時	5	0.8	0.5	-9	3	0



2.生鏽情形：

		
<p>標示起始水位</p>	<p>才八分鐘沾醋酸鋼棉就已變色</p>	<p>十分鐘醋酸組的水位明顯上升</p>
		
<p>2小時後海水組的鋼棉呈現紅棕色</p>	<p>2小時後醋酸組的鋼棉呈現深紅褐色</p>	<p>2小時後食鹽水組的鋼棉有些微黃褐色斑點</p>
		
<p>2小時後自來水組的鋼棉呈現褐色</p>	<p>2小時後蒸餾水組的鋼棉呈現深紅褐色</p>	<p>2小時後氨水組的鋼棉無變色</p>
		
<p>4小時後海水組的鋼棉呈現較深的紅棕色</p>	<p>4小時後醋酸組的鋼棉呈現更深紅褐色</p>	<p>4小時後食鹽水組的鋼棉有黃褐色斑點變多</p>
		
<p>4小時後自來水組的鋼棉呈現更深褐色</p>	<p>4小時後蒸餾水組的鋼棉呈現更深紅褐色</p>	<p>4小時後氨水組的鋼棉無變色</p>

3.結論：

- ①醋酸的細玻璃管水位變化得知，鋼棉與醋酸反應一開始急速的耗氧，而後逐漸排出氣體，使細玻璃管的水位降低。
- ②由顏色變化可知，影響鐵器生鏽的水溶液性質為：酸性 > 鹽類 > 鹼性。

四、討論：

- 1.此種方式較麻煩，在鋼棉未放入前必須先裝置好並靜置以便等待水位平衡。
- 2.溶液留在瓶內會造成生鏽部位偏在瓶底不好觀察。
- 3.此次實驗的細玻璃管為內徑 3 mm外徑 6 mm長 50 cm的玻璃管，如果能改用內徑更細的管子，水位變化將會更明顯。

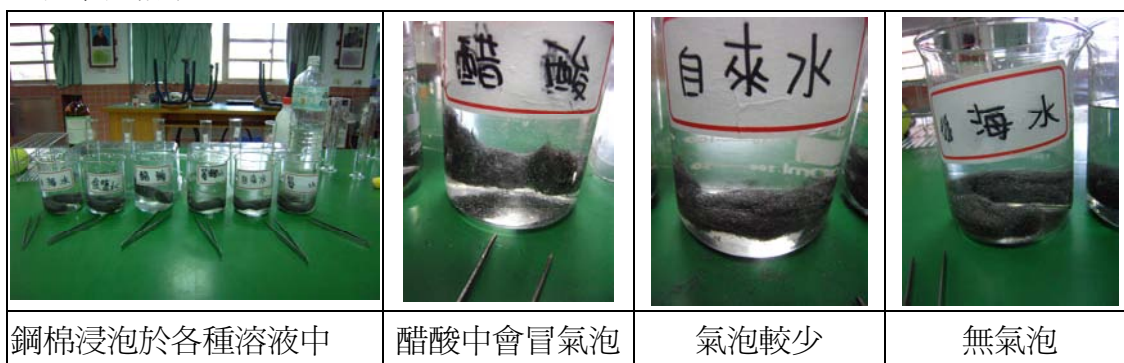
實驗五之 1：浸泡各種液體用乾後之鋼棉生鏽氣球實驗

一、改良實驗步驟的想法：為避免溶液留在瓶內製造困擾，我們改成將鋼棉先浸泡後用乾，重作氣球、水位、毛細管實驗。

二、實驗步驟：

- 1.準備氣球、試管、3 克的條狀鋼棉和各種溶液。
- 2.將鋼棉泡入各種溶液 5 分鐘。
- 3.取出鋼棉，甩乾，並放入試管中。
- 4.壓出氣球中的空氣，再把氣球套在試管口，並且用膠帶封緊。
- 5.觀察並記錄鋼棉生鏽情形及氣球的鼓脹現象。

6.器材準備情形：



三、實驗結果：

1. 氣球鼓脹情形：

食鹽水	蒸餾水	海水	自來水	純醋酸	氨水
					
剛套好氣球一		剛套好醋酸的氣球就內縮		20分食鹽水	20分醋酸
					
20分氣球一		20分氣球二		20分氣球三	
					
25分食鹽水	25分醋酸	25分海水	25分蒸餾水	25分自來水	25分氨水
					
45分食鹽水	45分醋酸	45分海水	45分蒸餾水	45分自來水	45分氨水
					
65分食鹽水	65分醋酸	65分海水	65分蒸餾水	65分自來水	65分氨水
說明	<p>①醋酸及氨水組皆排出氣體，使氣球膨脹。</p> <p>②一裝好，沾醋酸-鋼棉的氣球先縮入試管中，25分後漸漸膨脹出試管；65分後甚至膨脹的比沾氨水-鋼棉的氣球更大。</p> <p>③其他氣球隨著時間變長逐漸收縮呈現乾扁狀，甚至縮入試管內。</p>				

2.鋼棉生鏽情形：



四、討論：

- 1.本實驗簡便又有趣，除氨水組外，氣球會隨鋼棉生鏽變化而內縮或鼓脹，很好觀察，所以值得推展。
- 2.縮入管內的氣球因受大氣壓力及鋼棉生鏽消耗掉氧氣的的影響，在試管內也會呈現膨脹的情形。
- 3.沾氨水-鋼棉及沾醋酸-鋼棉在實驗進行時除了可以看進氣球的膨脹，也可以聞到刺鼻的氣味；猜想，這兩種液體都具揮發性，氣體不斷竄出使氣球膨脹了。

實驗五之 2：浸泡各種液體並用乾後之鋼棉生鏽水位上升實驗

一、想法：欲從用乾的鋼棉觀察接觸空氣面積加大的鋼棉生鏽變化。

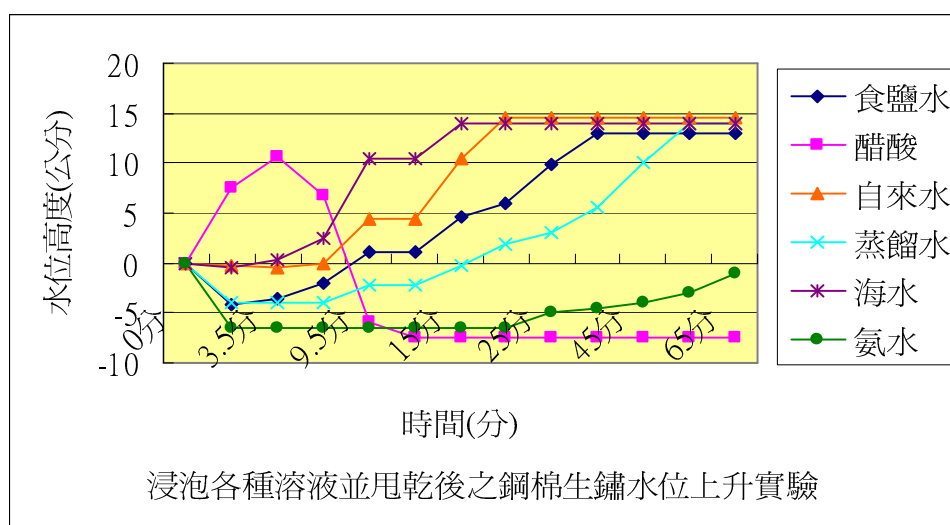
二、實驗步驟：

- 1.將側支試管，與裝有 12ml 有色水的一般試管，用塑膠管相連接。
- 2.將 2g 的鋼棉搓成條狀，分別浸入各種溶液 5 分鐘，取出用乾，放入側支試管中，並蓋上塞子，並用膠帶固定塞子。
- 3.每隔一段時間觀察並記錄鋼棉生鏽情形和水位的變化。

三、實驗結果：

1.側支試管中水位上升變化：(單位：公分)

時間(分)	食鹽水	醋酸	自來水	蒸餾水	海水	氨水
0分	0	0	0	0	0	0
1分	-4.2	7.5 鋼棉變黑 水位上升快速 摸起來熱熱的	-0.2	-4	-0.4	-6.5
3.5分	-3.5	10.6	-0.4	-4	-0.4	-6.5
5分	-2.1 黃褐色鏽	6.8	-0.1	-4	2.5 鋼棉變黑	-6.5 鋼棉變黑
10分	1.1 黃褐色鏽增加	-7.5 水位到底並冒 氣泡且有水氣	4.5	-2.3	10.5 黃褐色鏽	-6.5
15分	4.7	-7.5 鋼棉更黑	10.5 黃褐色鏽	-0.3	>14 黃褐色鏽增加	-6.5 一點黃褐色鏽
20分	5.9	-7.5 持續冒氣泡 鐵鏽有白粉狀	14.5 黃褐色鏽增加	1.9	>14	-6.5
25分	9.9	-7.5 有鏽色水氣 鋼棉成粉狀 底部白色沉澱	>14.5 有些微紅墨水	3.1 鋼棉黃褐色鏽 管壁黑色鏽	>14	-5
35分	13	-7.5 白色鏽變黑	>14.5 紅墨水明顯	5.5 一圈黑色鏽	>14 紅墨水明顯	-4.5
45分	>13	-7.5 鏽色更黑	>14.5 底部有水	10	>14	-4
55分	>13	-7.5 鋼棉成乾粉狀	>14.5	>14 紅墨水明顯	>14	-3
65分	>13	-7.5	>14.5	>14	>14	-1



2.鋼棉生鏽情形：

		
<p>說明： 5-10 分醋酸組水位已開始消退，海水組水位上升明顯。</p>	<p>說明： 10-15 分醋和氨水冒氣泡 水位：海>自>食鹽>其他</p>	<p>說明： 25-35 分氨水不冒氣泡 海水,自來水水位超過食鹽水組水位即將到頂</p>
		
<p>說明： 35-45 分氨水水位上升 海,自,食鹽水水位超過蒸餾水組水位即將到頂</p>	<p>說明： 55 分氨水水位上升 醋冒氣泡 其餘水位皆超過試管口</p>	<p>說明： 65 分各組水位變化</p>
		
<p>0-5 分鐘鋼棉生鏽情形</p>	<p>10-15 分鐘鋼棉生鏽情形</p>	<p>25-35 分鐘鋼棉生鏽情形</p>
		
<p>35-45 分鐘鋼棉生鏽情形</p>	<p>55 分鐘鋼棉生鏽情形</p>	<p>65 分鐘鋼棉生鏽情形 序：乾,海,醋,自,氨,蒸,食鹽</p>

			
25-35 分食鹽組	25-35 分蒸餾水組	65 分食鹽組	65 分蒸餾水組
			
25-35 分氨水組	25-35 分自來水組	65 分氨水組	65 分自來水組
			
25-35 分醋酸組	25-35 分海水組	65 分醋酸組	65 分海水組

四、討論：

- 1.此種方法連氨水組的生鏽都可以觀察到，如果拿乾的鋼棉做色澤比較會更完整。
- 2.由結果顯示，醋酸、自來水、海水、飽和食鹽水、蒸餾水等組的水位變化與鋼棉生鏽速度，不但可以明顯觀察到，並互相吻合，操作簡便可以在兩節課內做完，只是需要添購側支試管與試管塞，適合在課堂上進行。

實驗五之 3：浸泡各種水溶液並用乾後之鋼棉生鏽細玻璃管實驗

一、想法：因為加入水溶液於三角錐瓶中使鋼棉的生鏽情形不易觀察，因此改成先將鋼棉浸泡後用乾再做觀測，試圖從細玻璃管的水位變化看出其影響。

二、實驗步驟：

- 1.取兩個三角錐瓶，一個保持空的，另一個裝入 200ml 有色水，用細玻璃管和橡膠管連接兩個三角錐瓶。
- 2.分別取 3g 的鋼棉浸泡於各液體中，五分鐘後取出甩乾，放入步驟 1 的空三角錐瓶內。
- 3.在細玻璃管上標示原始水位線。
- 4.每隔一段時間觀察並記錄鋼棉生鏽情形和水位的變化。

5.器材準備情形：



準備 3g 鋼棉

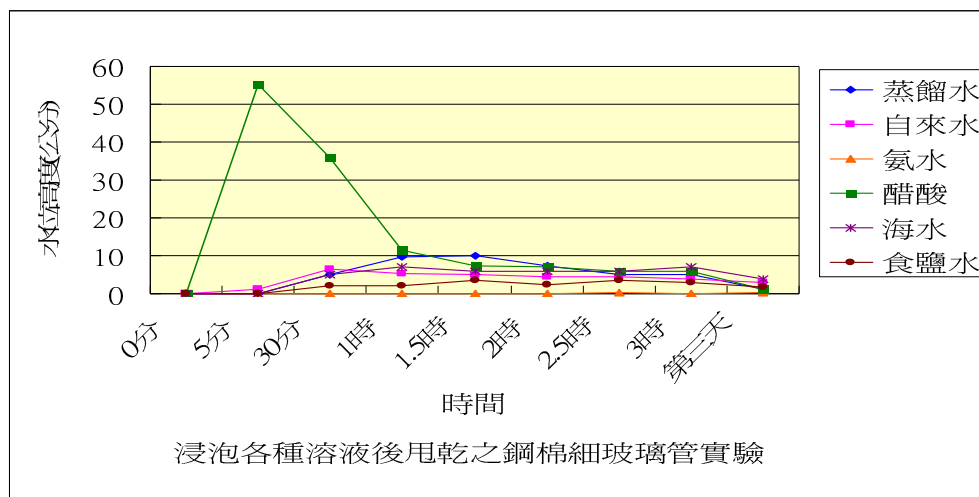


裝置情形

三、實驗結果：













1.細玻璃管水位變化：(單位：公分)

時間	蒸餾水	自來水	氨水	醋酸	海水	食鹽水
0分	0cm	0cm	0cm	0cm	0cm	0cm
5分	0cm	1.1cm	0cm	55.2cm	0cm	0cm
30分	5cm	6.5cm	0cm	36cm	5cm	2.2cm
1時	9.6cm	5.2cm	0cm	11.5cm	7.1cm	2.2cm
1.5時	10.1cm	5cm	0.1cm	7.5cm	6cm	3.5cm
2時	7.3cm	4.5cm	0.1cm	7.2cm	6cm	2.3cm
2.5時	5cm	4.5cm	0.2cm	6cm	6cm	3.5cm
3時	5cm	3.9cm	0.1cm	6cm	7cm	3cm
第三天	1.3cm	2.9cm	0.4cm	1.2cm	3.8cm	1.7cm



說明：5 分鐘後醋酸組水位急速上升，30 分鐘後醋酸組水位的消退情形，除了氨水組，其他水溶液中的水位也逐漸上升。

2.鋼棉生鏽情形：

1 小時 後 鋼 棉 生 鏽 情 形			
			
3 小時 後 鋼 棉 生 鏽 情 形			
			

三、討論：




- 1.由照片可知鋼棉甩的不夠乾。
- 2.由折線圖可以發現，先浸泡後甩乾的操作法，比溶液留在瓶中時水位變化明顯，可見溶液留在瓶內會干擾到實驗的觀測。
- 3.本實驗雖然可以對鋼棉生鏽時，空氣量的變化明顯的反應出來，但操作起來費時費事，且容易因密閉性不足而失敗，所以此種實驗方法適合作長時間觀測研究，而不適合課堂上操作。

實驗六之1：浸泡不同濃度醋酸後甩乾之鋼棉生鏽氣球實驗

- 一、想法：之前所使用的都是純醋酸（冰醋酸），它會使鋼棉生鏽反應非常快且於日常生活中不常用，所以為了便利且不讓反應發生太快，我們試著減低醋酸的濃度，讓大家上課做實驗時能更安全。













二、實驗步驟：

- 1.準備氣球、試管、3 克的條狀鋼棉和各種濃度醋酸。
- 2.將鋼棉泡入各種溶液 5 分鐘。
- 3.取出鋼棉，甩乾，並放入試管中。
- 4.壓出氣球中的空氣，再把氣球套在試管口，並且用膠帶封緊。
- 5.觀察並記錄鋼棉生鏽情形及氣球的鼓脹現象。

		
說明：準備器材情形	浸泡情形：依醋酸濃度不同產生的氣泡數、速度也不同	浸泡完鋼棉的水溶液：純醋酸已呈現銅色

三、實驗結果：

1.氣球鼓脹及鋼棉生鏽情形：

 純醋酸	 10% 醋酸	 5% 醋酸	 2.5% 醋酸	 1% 醋酸	 0.5% 醋酸	 對照組 (乾)
				說明： 氣球內縮的快慢與醋酸濃度的關連性不大，反而是氣球裝好的快慢嚴重影響氣球內縮的速度。		
剛套上氣球一		剛套上氣球二				
5-10 分各組氣球膨脹特寫		5-10 分各組鋼棉頂端特寫		5-10 分各組鋼棉底部特寫		
						
純醋酸有些微凹陷		純醋酸有白色霉狀物出現		純醋酸有白色霉狀物出現		

		
10%醋酸氣球已縮入試管中	10%醋酸鋼棉呈現深褐色	10%醋酸試管內出現大量水氣
		
5%醋酸氣球乾扁且縮入試管中	5%醋酸鋼棉呈現紅褐色	5%醋酸鋼棉呈現紅褐色
		
2.5%醋酸氣球較 5%醋酸乾扁且縮入試管中	2.5%醋酸鋼棉呈現紅褐色	2.5%醋酸鋼棉呈現紅褐色
		
1%醋酸氣球 5%醋酸乾扁且縮入試管中	1%醋酸鋼棉呈現紅褐色及水氣	1%醋酸鋼棉呈現紅褐色及水氣
		
0.5%醋酸氣球已縮入試管中	0.5%醋酸呈現紅褐色及水氣	0.5%醋酸呈現紅褐色及水氣

說明：

①以 2.5%醋酸濃度為分隔，發現 0.5%~2.5%醋酸的氣球在濃度越高的情況下，

氣球乾扁情形越明顯。

②5%~純醋酸雖然氣球呈現凹陷情形，但觸摸時明顯可以發現氣球中有氣體。

③鋼棉已在套上氣球前與空氣迅速氧化，濃度越高的醋酸反應越快，所以5~10分鐘時所見到的純醋酸組鋼棉已開始有氣體排出了。

④從鋼棉生鏽情形與氣球的鼓脹程度無法證實越酸的環境造成鐵器生鏽越嚴重，所消耗的空氣量越多。



20-25 分各組氣球膨脹情形

50-55 分各組氣球膨脹情形

80-85 分各組氣球膨脹情形



20-25 分純醋已能直立



35-40 分純醋膨脹更多



65-70 分已鼓成球狀

四、討論：

- 1.沾過純醋酸的鋼棉組氣球比0.5%、1%、2.5%、5%、10%醋酸組的氣球更快縮入試管內，但也證明，即使只是0.5%的醋酸溶液可以使鋼棉很快的生鏽（5-10分）。
- 2.雖然市售的白醋濃度約在5%左右，但因為廠牌眾多，裡面又含有其他我們不知道的物質，為了避免干擾實驗，所以我們不建議使用市售白醋或醋精。

實驗六之2：浸泡不同濃度醋酸後用乾之鋼棉生鏽水位上升實驗

一、想法：欲利用側支試管中的水位上升情形了解不同濃度醋酸對鐵器生鏽的影響。

二、實驗步驟：

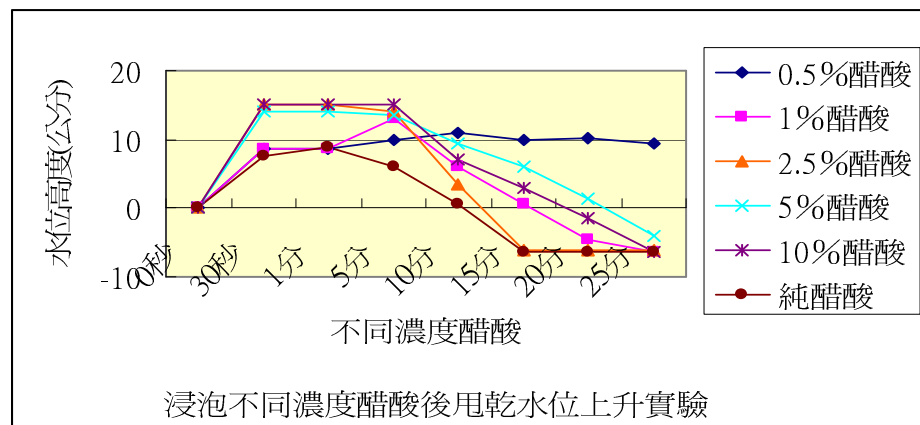
- 1.將側支試管，與裝有12ml有色水的一般試管，用塑膠管相連接。
- 2.將2g的鋼棉搓成條狀，分別浸入各種濃度的醋酸中5分鐘，取出甩乾，放入側支試管中，並蓋上試管塞，並用膠帶固定試管塞。
- 3.每隔一段時間觀察並記錄鋼棉生鏽情形和水位的變化。

三、實驗結果：

1.側支試管水位上升情形：（單位：公分）

	0.5%醋酸	1%醋酸	2.5%醋酸	5%醋酸	10%醋酸	純醋酸
0秒	0	0	0	0	0	0

30秒	8.5	8.5	15	14	>15	7.5
1分	8.5	8.5	15	14	>15	9
5分	10	13	14	13.5	>15	6
10分	11	6	3.5	9.5	7	0.5
15分	10	0.6	-6	6	3	-6.5
20分	10.2	-4.5	-6	1.5	-1.5	-6.5
25分	9.5	-6.5	-6	-4	-6.5	-6.5



2. 實驗過程照片：



四、討論：

- 1.實驗不到三分鐘各組的水位上升幾乎均達到最高點，且純醋組開始有水位在下降的現象。表示即使只含 0.5%體積濃度的醋酸溶液，也能消耗許多氧氣使鋼棉快速生鏽。

實驗六之 3：浸泡不同濃度醋酸後用乾之鋼棉生鏽細玻璃管實驗

一、想法：欲比較酸性水溶液與自來水對鐵器生鏽的影響差異，希望從細玻璃管中的水位變化觀察酸性水溶液濃度是否對鐵器生鏽時的耗氧過程有嚴重影響。

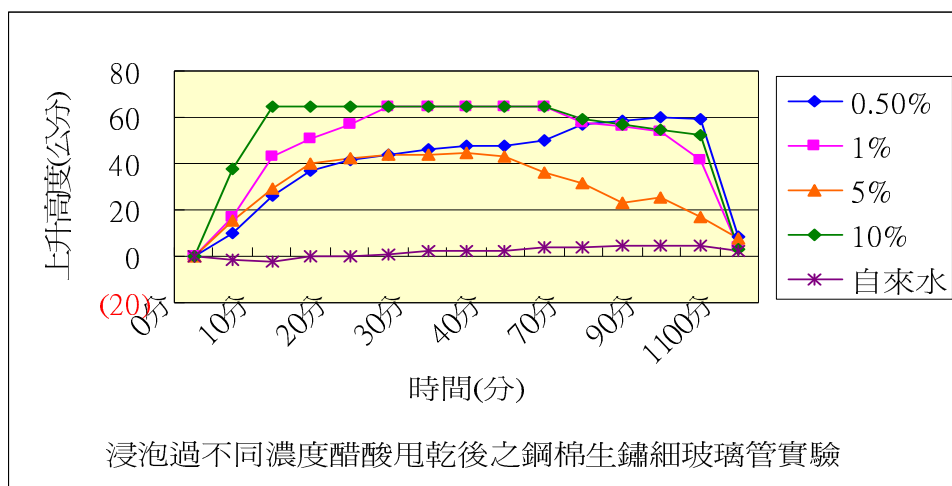
二、實驗步驟：

- 1.取兩個三角錐瓶，一個保持空的，另一個裝入 200ml 有色水，用細玻璃管和橡膠管連接兩個三角錐瓶。
- 2.分別取 3g 的鋼棉浸泡於各種濃度的醋酸中，五分鐘後取出、甩乾，放入步驟 1 的空三角錐瓶內。
- 3.在細玻璃管上標示原始水位線。
- 4.觀察並記錄鋼棉生鏽情形和水位的變化。

三、實驗結果：

1.細玻璃管的水位變化（單位：公分）

	0.5%	1%	5%	10%	自來水
0 分	0	0	0	0	0
5 分	10	17	15.5	37.5	-1.3
10 分	26	43	29.5	65	-2
15 分	37	51	40	>65	0
20 分	41.5	57.3	42	>65	0
25 分	44	65	43.5	>65	1
30 分	46	>65	44	>65	2
35 分	48	>65	44.5	>65	2
40 分	48	>65	43	>65	2.5
60 分	50.2	>65	36	>65	4
70 分	57	58	31.5	59	4
80 分	58.5	56	23	57	5
90 分	60	54	25.5	55	5
100 分	59	41.5	17	52	5
1100 分 (隔天)	8.8	3.5	7.6	2.8	2



四、討論：

- 1.由折線圖可以發現，濃度 5% 在二節課的課堂中完整呈現鋼棉遇酸生鏽氣體量的變化過程，然而需事先調配，對實驗室需輪用的班級較不便；濃度 0.5% 醋酸調配方便，但必需在第二節的下課中才能看見其排出氣體的情形。
- 2.濃度 0.5% 的醋酸組上升曲線平緩，且上升高度高，適合只想觀測鋼棉生鏽前段反應的教學使用。

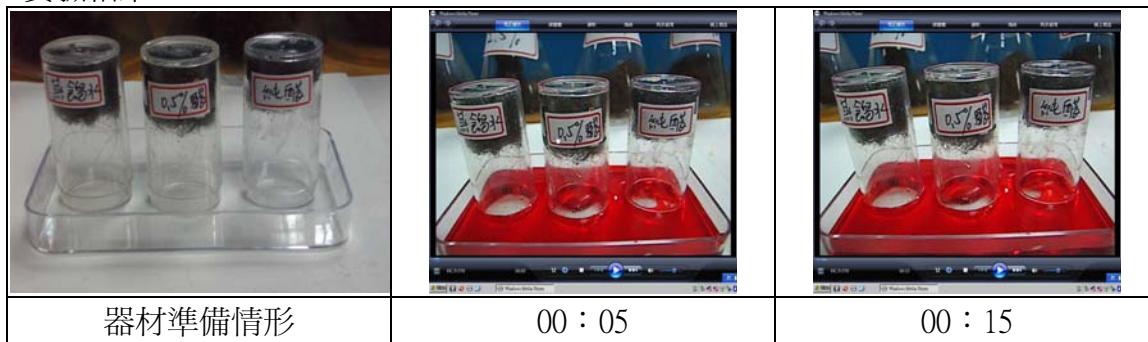
實驗七：透明小塑膠盒水位上升實驗

一、想法：當我們在商店尋找可以替代細玻璃管的材料時，發現了裝亮片、珠珠等材料的透明小塑膠盒，心想如果拿來替代廣口瓶不知效果如何？所以買來試試看。

二、實驗步驟：

- 1.各取 1g 的鋼棉，分別浸泡於 100ml 的純醋酸、0.5% 醋酸、和蒸餾水中 5 分鐘。
- 2.取出鋼棉甩乾，放入透明小塑膠盒內，並壓緊。
- 3.倒置放入雷射筆的透明蓋中，並在透明蓋中倒入有色水到一定高度。
- 4.觀察各透明小塑膠盒中的水位上升情形，及鋼棉生鏽情形。

三、實驗結果：





四、討論：

- 1.本實驗方法可以將沾過純醋的鋼棉在生鏽時空氣量的變化「耗氧→產生氫氣→消耗空氣」的過程完全呈現出來。
- 2.沾了 0.5%醋酸的鋼棉在生鏽時，水位明顯比蒸餾水組的水位早上升許多，雖然不會像沾過純醋的鋼棉組一般將水完全排光，但最終水位比蒸餾水組的水位下降一些，即證明「即使在極微的酸性環境下，也能使鋼棉生鏽時產生耗氧→產生氫氣→消耗空氣的過程」。

- 3.本實驗器材可以避免鋼棉在廣口瓶中易掉落的情形，同時也可以清楚觀測到鋼棉在酸性環境時水位的變化。
- 4.本實驗操作簡便，易於觀測，且鋼棉用量少，管壁就算留有洗不掉的鐵鏽，也能回收處理，減少玻璃製品的損耗，符合環保要求，非常適合在課堂上使用。

捌、結論

- 一、綜合實驗一到實驗七均可發現鋼棉酸性環境下具有兩階段的生鏽現象與文獻探討一「鐵在酸性環境下，鐵會先和氧氣與水反應產生氫氧化亞鐵和氫氣；氫氧化亞鐵又會繼續和空氣與水反應產生鐵鏽水合物」相吻合。
- 二、比較上述所有實驗結果，我們找到先將鋼棉浸泡於各種水溶液後，甩乾，再進行氣球、水位上升、及小塑膠盒等三種實驗方式，最適合推廣於課堂上使用。

玖、參考資料

- 一、第 47 屆台北市永安國小科展作品：

<http://tw.classf0001.urlifelinks.com/css000000001173/cm7kfile-1187533024-5375-73.pdf>

- 二、南一、翰林、康軒、牛頓自然與生活科技教科書

- 三、南一自然與生活科技六上教師手冊

- 四、影響鐵生鏽的探討：<http://www.isst.edu.tw/s44/quarterly/45/quarterl-45-7.htm>

- 五：「水管家」 要讓您喝好水、用好水 澎湖時報：

<http://www.penghutime.com.tw/newsdata.php?no=07120126>

【評語】 081535

本項作品利用鐵在酸性環境下容易氧化的性質進行觀察氣體生成的實驗，利用氣球的消氣來顯示氧氣的消耗，利用傳導管使氫氣冒泡於紅色的液體，均有助於定性觀測，應可再加強改進朝定量氣體變化的方向來探討。