

中華民國第四十六屆中小學科學展覽會
作品說明書

國中組 理化科

031615

鐵杵磨成『鏽』花針

學校名稱： 臺北市立南門國民中學

作者：	指導老師：
國二 洪偉倫	楊文榮
國二 黃逸宏	
國二 陳麒安	
國二 黃煒傑	

關 鍵 詞：鐵生鏽、氧化、反應速率

壹、摘要

以日常生活中常見的化學變化『鐵生鏽』為主題，研究在不同的環境中發生反應：以相同量之鋼絲絨，改變周遭的液體（酸鹼性）、溫度、色光照射、以及磁化等變因，進而瞭解在不同的環境下所造成鋼絲絨生鏽速率的快慢。最後得到在酸性環境、高溫、藍光照射以及未經磁化的鋼絲絨反應速率較快。

貳、研究動機

當升上八年級時接觸到理化，第一堂上課聽到老師所說的第一句話：「生活處處是理化！」這句話讓我們印象深刻！第一章中教到了物理及化學變化，進而瞭解到鐵生鏽是化學變化。鐵生鏽是日常生活中隨處可見的，從課本中我們知道鐵的生鏽是鐵、水及氧氣所產生的化學反應，所以我們便從水溶液的性質著手。檢測日常生活中常見水溶液的酸鹼，看看哪些物品容易使鐵生鏽。而後來學到了光，我們突然想到，鐵的生鏽是否也與光有關係呢？若光會影響到鐵的生鏽，那磁場是否也會有影響呢？於是我們便設計了以下的實驗！

參、研究目的

- 一、探討各種不同液體對鐵生鏽速度的影響。
- 二、探討各種不同溫度對鐵生鏽速度的影響。
- 三、探討各種不同色光、光度對鐵生鏽速度的影響。
- 四、探討磁場對鐵生鏽速度的影響。

肆、研究設備及器材

一、器材：天平、燒杯(100mL)、試管、試管塞、細玻璃管、鐵架、玻璃紙、溫度計。

物品：凡士林、鋼絲絨、水、漂白水、增豔漂白水、肥皂水、生物酵素清潔劑、廁所清潔劑、漱口水、沐浴乳、水果醋、可樂、食鹽水、檸檬水、糖水、醬油、小蘇打、紅色玻璃紙、綠色玻璃紙、藍色玻璃紙、漆包線、電池、60W 燈泡、100W 燈泡。

伍、研究過程或方法

一、探討各種不同液體對鐵生銹速度的影響：

(一)步驟：

1.取鋼絲絨，用天平秤 1 公克後，將鋼絲絨置於試管

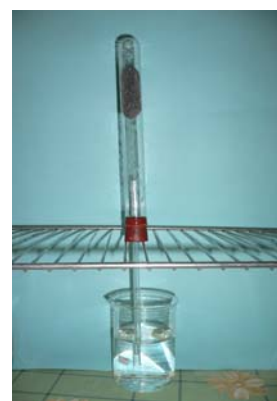
A 中，裝置如右圖（一）。

2.重複步驟 1.的操作分別將鋼絲絨置入試管 B~H 中，將

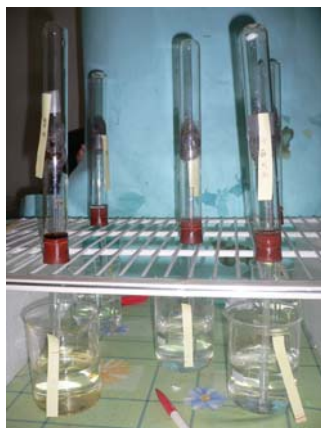
鋼絲絨浸於家中常用清潔劑：漂白水、增豔漂白水、肥

皂水、生物酵素清潔劑、廁所清潔劑、漱口水、沐浴乳等不同溶液中，擰乾

後置入試管中，並用試管塞塞住 A~H 試管。如下圖（二）。



圖（一）



圖（二）

3.準備妥當，將每支試管置於鐵架上，每五分鐘觀察一次細試管的位置並記錄。

- 4.換八隻試管，將鋼絲絨浸於廚房中常見的食用溶液：自來水、水果醋、可樂、食鹽水、檸檬水、糖水、醬油、小蘇打水等不同溶液中，擰乾後置入試管中，重複步驟 1~3。

二、探討各種不同溫度對鐵生銹速度的影響。

(一)步驟：

- 1.取鋼絲絨，用天平秤 1 公克後，將鋼絲絨浸於水中，擰乾後置入試管中。
- 2.為控制試管溫度，將試管放入保溫瓶中，如右圖（三），並測量水溫。
- 3.準備妥當後，將試管置於鐵架上，每二分鐘觀察一次細試管的位置，並記錄。
- 4.保溫瓶中放入不同溫度的水，重複步驟 1~3 的操作。



圖（三）

三、探討各種不同色光對鐵生銹速度的影響。

(一)步驟一：

- 1.取鋼絲絨，用天平秤 2 公克後，將鋼絲絨浸入水中，擰乾後置入試管 A。
- 2.重複步驟(1)的操作分別將鋼絲絨置入 B~E 中，並將試管分別包上紅色、藍色、綠色玻璃紙及黑色紙，如右圖（四），並用試管塞塞住 A~E 試管。
- 3.準備妥當後，置於鐵架上，每五分鐘觀察一次細試管的位置，並記錄。
- 4.三小時後測量水面高度及鋼絲絨重量，並觀察鋼絲絨外觀變化。



圖（四）

(二)步驟二：

- 1.取鋼絲絨，用天平秤 1 公克後，將鋼絲絨浸入水中，擰乾後置入試管 A。
- 2.重複步驟(1)的操作分別將鐵釘置入 B~D 中，並將試管分別包上包上一層、二層、三層、四層紅色玻璃紙，如下圖，並用試管塞塞住 A~D 試管。



圖（五）



圖（六）



圖（七）

- 3.準備妥當後，置於鐵架上，並準備一未包上玻璃紙的對照組，每五分鐘觀察一次細試管的位置，並記錄。
- 4.重複步驟 1~3 的操作，但將玻璃紙改為綠色、藍色，並記錄。

(三)步驟三：

- 1.取鋼絲絨，用天平秤 2 公克後，將鋼絲絨浸於水中，擰乾後置入試管 A。
- 2.重複步驟 1.的操作分別將鋼絲絨置入 B~D 中，並將試管分別包上二層紅色、藍色、綠色玻璃紙，如圖（八），並用試管塞塞住 A~D 試管。



圖（八）

3.取 100W 燈泡為光源，每 5 分鐘記錄一次水面高度，共記錄 30 分鐘。

4.將光源改為 60W 重複步驟 1~3 的步驟。

四、探討磁場對鐵生銹速度的影響。

(一)步驟一：

1.取鋼絲絨，用天平秤 2 公克後，將鋼絲絨浸於水中，擰乾後置入試管 A。

2.重複步驟 1.的操作分別將鐵釘置入 B~E 中，並用試管塞塞住 A~E 試管，將試

管分別繞上 50 圈、100 圈、150 圈、200 圈漆包線，如圖（九）。



圖（九）

3.線圈接上 3 伏特的電源，通電後開始計時，每 5 分鐘記錄一次水面高度，如圖

（十）。



圖（十）

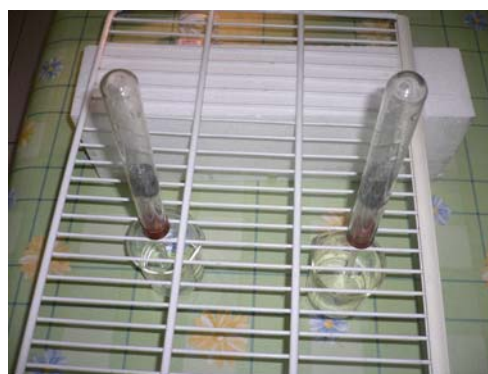
(二)步驟二：

1.利用 1000 圈線圈連接 9 伏特電源，通電後將鋼絲絨置入中央磁化，如圖（十一）。



圖（十一）

2.取鋼絲絨，用天平秤 2 公克後，將鋼絲絨浸於水中，擰乾後置入試管 A，另取已磁化鋼絲絨 2 公克，浸於水中，擰乾後置入試管 B。並用試管塞塞住 A、B 試管，如下圖（十二），每 5 分鐘記錄一次水面高度，共記錄 30 分鐘。



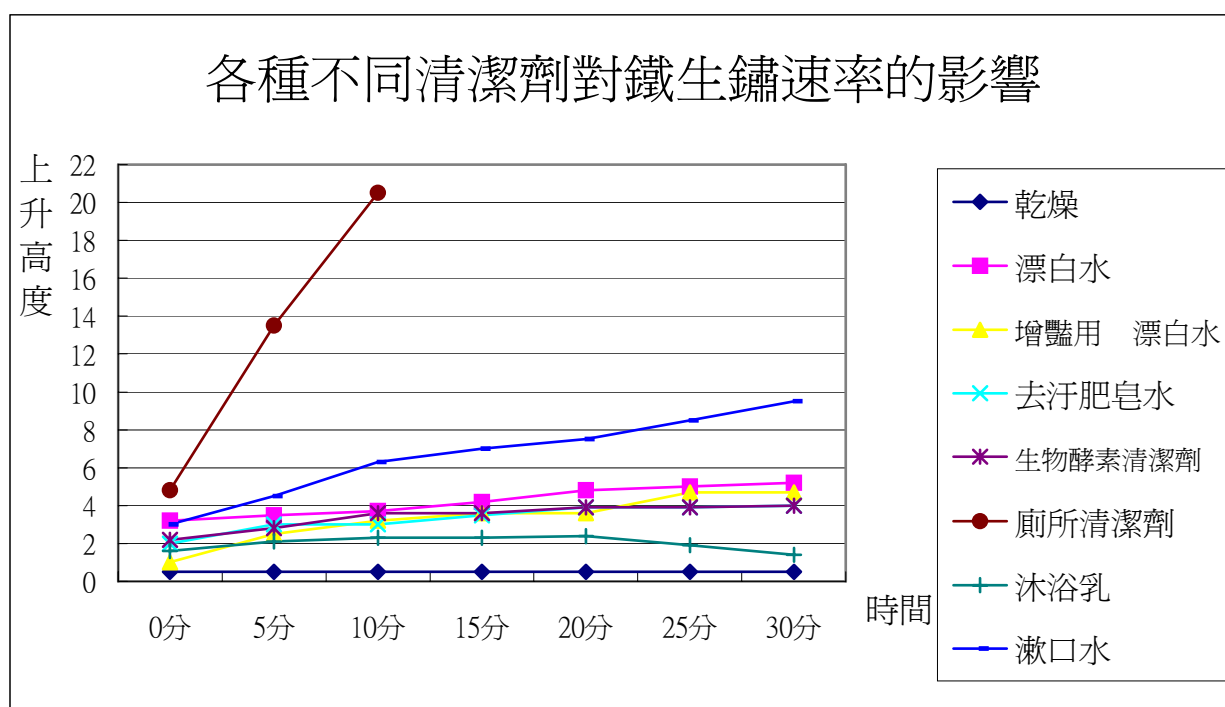
圖（十二）

陸、研究結果

一、探討各種不同清潔劑對鐵生鏽速度的影響。(記錄為上升高度)

	乾燥	漂白水	增豔用 漂白水	肥皂水	生物酵素 清潔劑	廁所清潔 劑	沐浴乳	漱口水
0 分	0.5cm	3.2cm	1.0cm	2.0cm	2.2cm	4.8cm	1.6cm	3.0cm
5 分	0.5cm	3.5cm	2.5cm	3.0cm	2.8cm	13.5cm	2.1cm	4.5cm
10 分	0.5cm	3.7cm	3.2cm	3.0cm	3.6cm	20.5cm	2.3cm	6.3cm
15 分	0.5cm	4.2cm	3.6cm	3.5cm	3.6cm	22.0cm	2.3cm	7.0cm
20 分	0.5cm	4.8cm	3.6cm	3.9cm	3.9cm	-cm	2.4cm	7.5cm
25 分	0.5cm	5.0cm	4.7cm	3.9cm	3.9cm	-cm	1.9cm	8.5cm
30 分	0.5cm	5.2cm	4.7cm	4.0cm	4.0cm	-cm	1.4cm	9.5cm

表（一）



表（二）

廚房中各種不同食用溶液對鐵生銹速度的影響。(記錄為上升高度)

	自來水	水果醋	可樂	糖水	檸檬水	食鹽水	醬油	小蘇打水
0 分	3.2cm	0.4cm	0.5cm	0.1cm	0.6cm	3.8cm	3.0cm	0.6cm
5 分	3.6cm	6.7cm	1.2cm	0.3cm	1.2cm	4.1cm	5.6cm	0.3cm
10 分	4.1cm	6.9cm	2.3cm	1.1cm	3.2cm	4.6cm	7.0cm	0.1cm
15 分	4.4cm	11.9cm	2.5cm	1.8cm	3.2cm	4.9cm	7.6cm	0.1cm
20 分	4.6cm	16cm	2.7cm	2.6cm	3.6cm	5.6cm	8.8cm	0.1cm
25 分	4.7cm	20cm	2.7cm	3.3cm	3.8cm	5.3cm	8.8cm	0.1cm
30 分	4.8cm	-cm	2.7cm	3.3cm	3.8cm	5.3cm	9.1cm	0.1cm

表 (三)

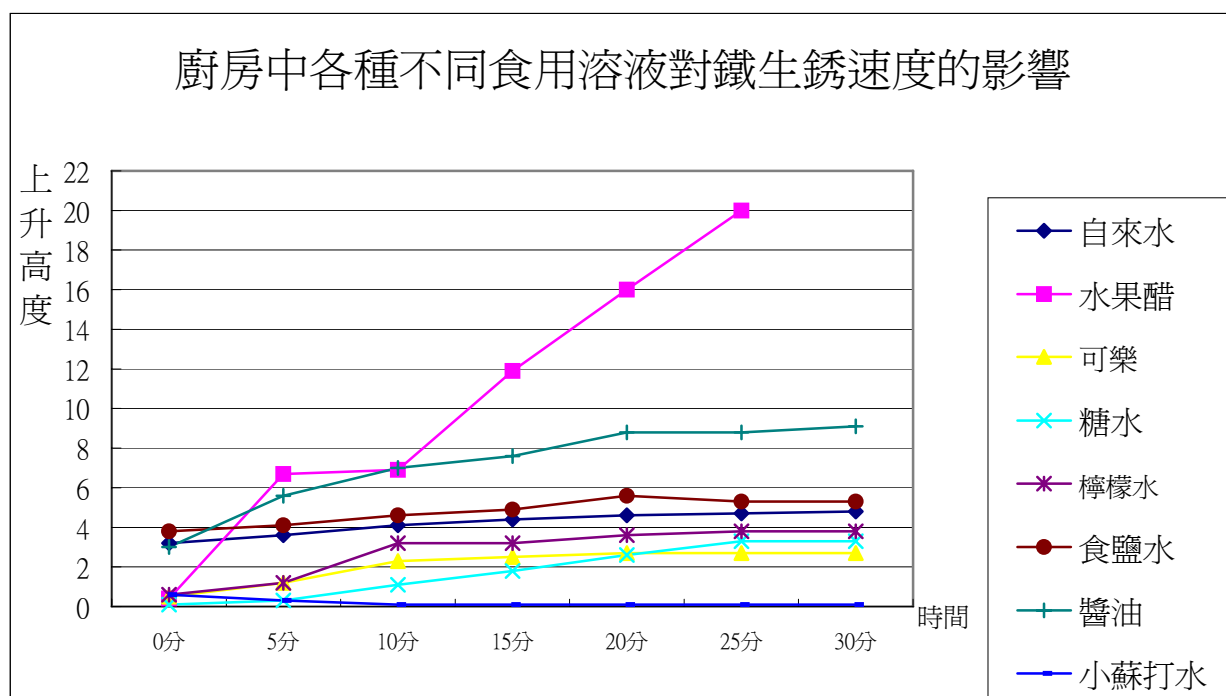
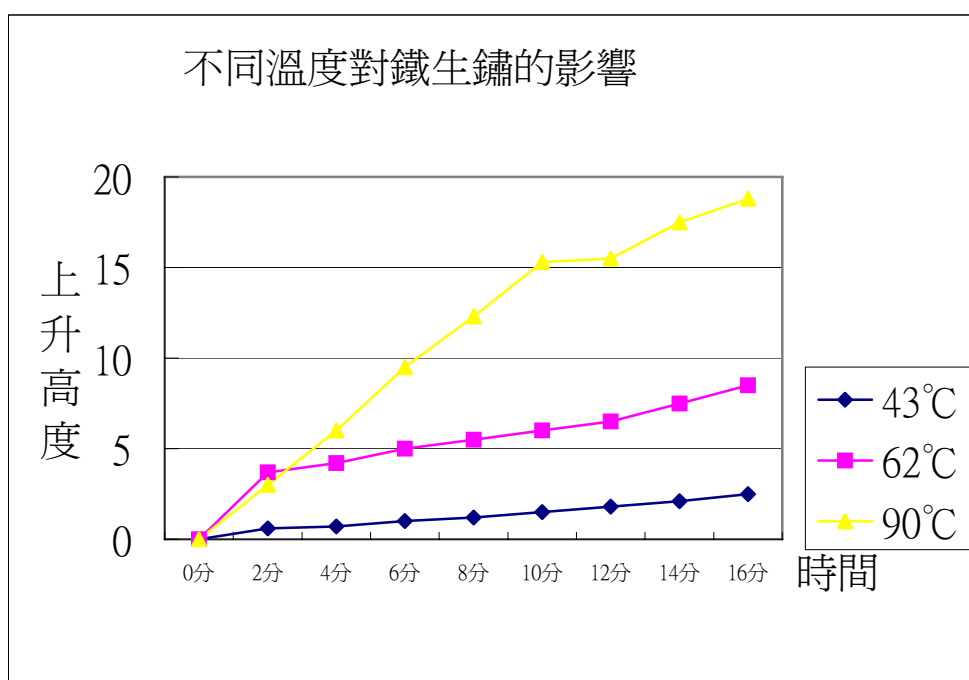


表 (四)

二、探討各種不同溫度對鐵生鏽速度的影響。

	43℃	62℃	90℃
0 分	0cm	0cm	0cm
2 分	0.6cm	3.7cm	3.0cm
4 分	0.7cm	4.2cm	6.0cm
6 分	1.0cm	5cm	9.5cm
8 分	1.2cm	5.5cm	12.3cm
10 分	1.5cm	6cm	15.3cm
12 分	1.8cm	6.5cm	15.5cm
14 分	2.1cm	7.5cm	17.5cm
16 分	2.5cm	8.5cm	18.8cm

表（五）



表（六）

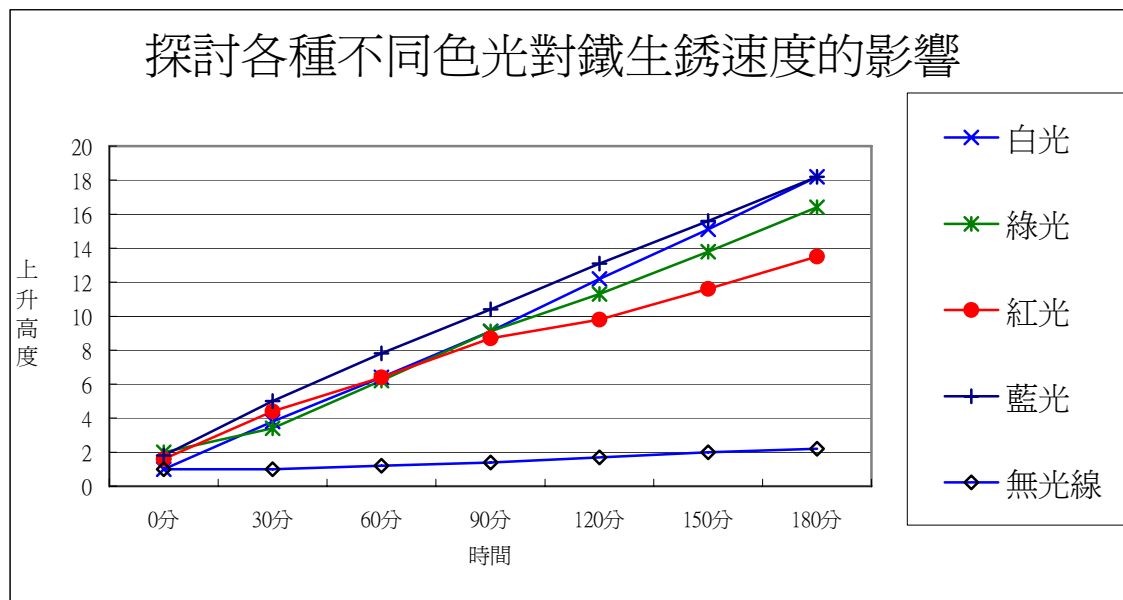
三、探討各種不同色光、光度對鐵生鏽速度的影響。

(一)步驟一：

(1)各種不同色光對鐵生銹速度的影響

	白光	無光	藍色光	紅色光	綠色光
0 分	1cm	1 cm	2 cm	1. 6 cm	1.8 cm
30 分	3.8cm	1 cm	3. 4 cm	4. 4 cm	5 cm
60 分	6.4cm	1.2 cm	6. 2 cm	6. 4 cm	7.8 cm
90 分	9.1cm	1.4 cm	9. 1 cm	8. 7 cm	10.4 cm
120 分	12.2cm	1.7 cm	11. 3 cm	9. 8 cm	13.1 cm
150 分	15.1 cm	2 cm	13. 8 cm	11. 6 cm	15.6 cm
3 小時	18.2cm	2.2cm	16. 4cm	13. 5cm	18.2cm

表（七）



表（八）

(2)三小時後水面持續上升至大試管，如下圖(十三)。且水面藍光最高，其次為綠光，最低為紅光。測量質量均大於原來的 2 公克，且外觀顏色比原來的鋼絲絨較為深，且出現黃褐色的鏽斑如圖(十四)。



(圖十三)



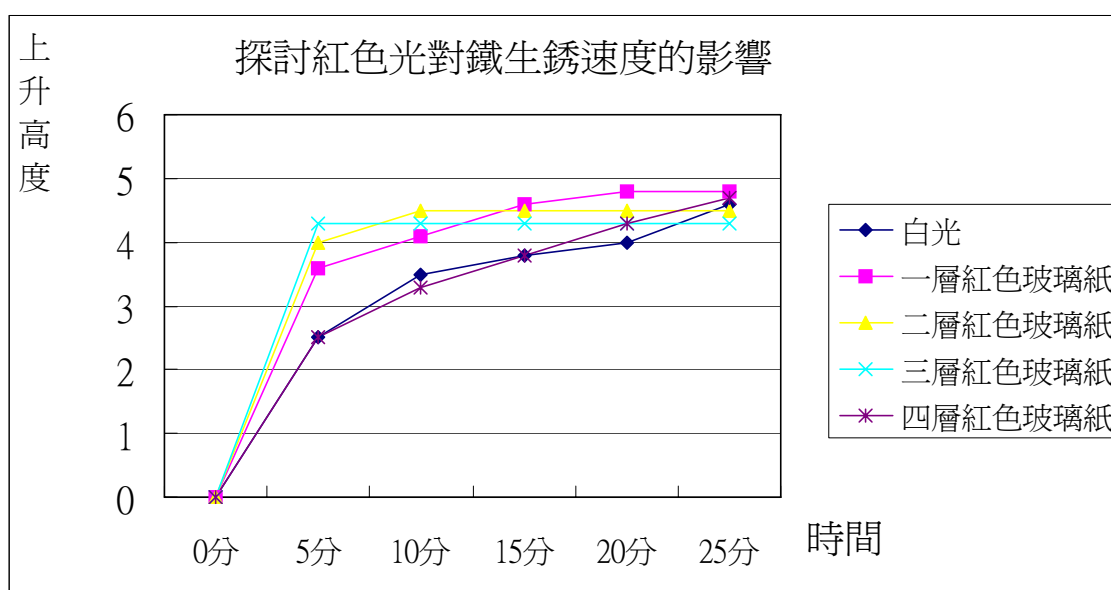
(圖十四)

(二)步驟二：不同厚度的玻璃紙對鐵生銹速度的影響

1.紅光

	白光	一層紅色玻璃紙	二層紅色玻璃紙	三層紅色玻璃紙	四層紅色玻璃紙
0 分	0cm	0cm	0cm	0cm	0cm
5 分	2.5cm	3.6cm	4.0cm	4.3cm	2.5cm
10 分	3.5cm	4.1cm	4.5cm	4.3cm	3.3cm
15 分	3.8cm	4.6cm	4.5cm	4.3cm	3.8cm
20 分	4.0cm	4.8cm	4.5cm	4.3cm	4.3cm
25 分	4.6cm	4.8cm	4.5cm	4.3cm	4.7cm

表（九）

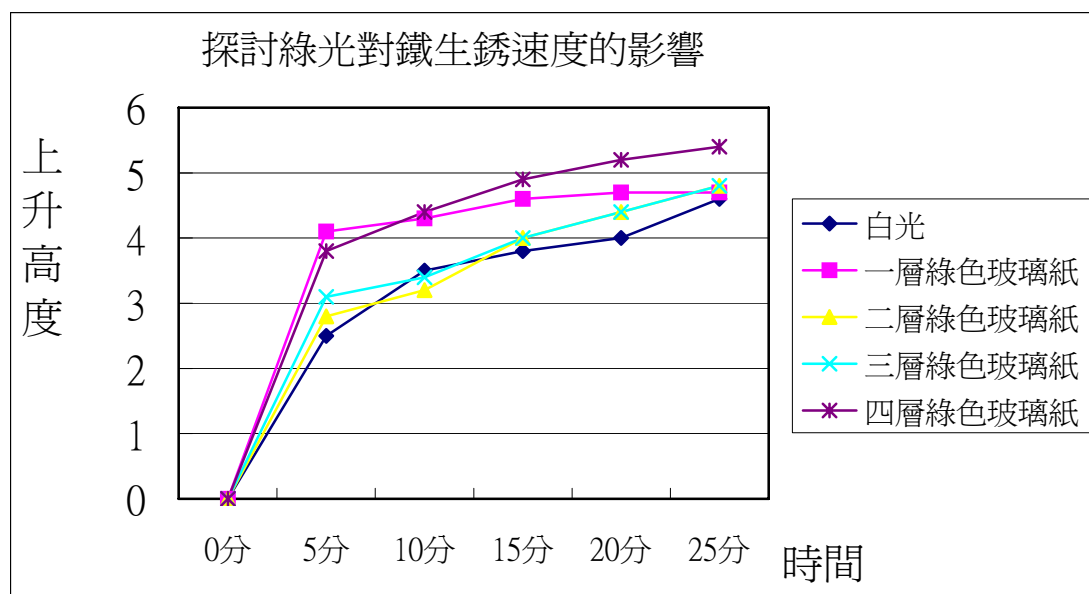


表（十）

2.綠光

	白光	一層綠色玻璃紙	二層綠色玻璃紙	三層綠色玻璃紙	四層綠色玻璃紙
0 分	0cm	0cm	0cm	0cm	0cm
5 分	2.5cm	4.1cm	2.8cm	3.1cm	3.8cm
10 分	3.5cm	4.3cm	3.2cm	3.4cm	4.4cm
15 分	3.8cm	4.6cm	4cm	4cm	4.9cm
20 分	4cm	4.7cm	4.4cm	4.4cm	5.2cm
25 分	4.6cm	4.7cm	4.8cm	4.8cm	5.4cm

表（十一）

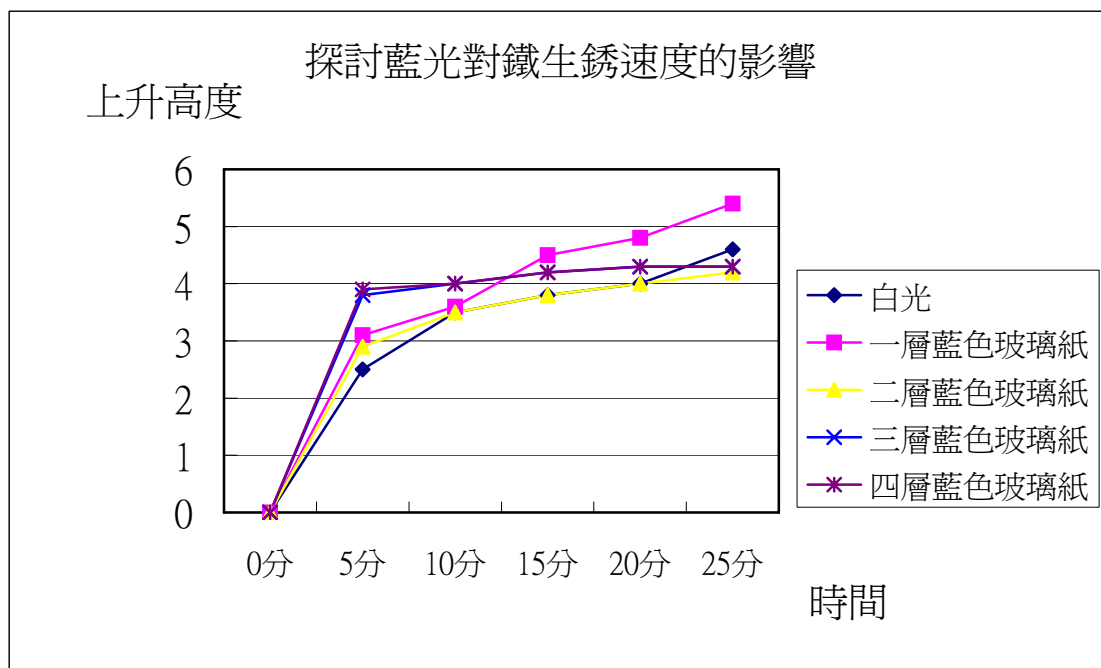


表（十二）

3.藍光

	白光	一層藍色玻璃紙	二層藍色玻璃紙	三層藍色玻璃紙	四層藍色玻璃紙
0 分	0cm	0cm	0cm	0cm	0cm
5 分	2.5cm	3.1cm	2.9cm	3.8cm	3.9cm
10 分	3.5cm	3.6cm	3.5cm	4cm	4cm
15 分	3.8cm	4.5cm	3.8cm	4.2cm	4.2cm
20 分	4cm	4.8cm	4cm	4.3cm	4.3cm
25 分	4.6cm	5.4cm	4.2cm	4.3cm	4.3cm

表（十三）

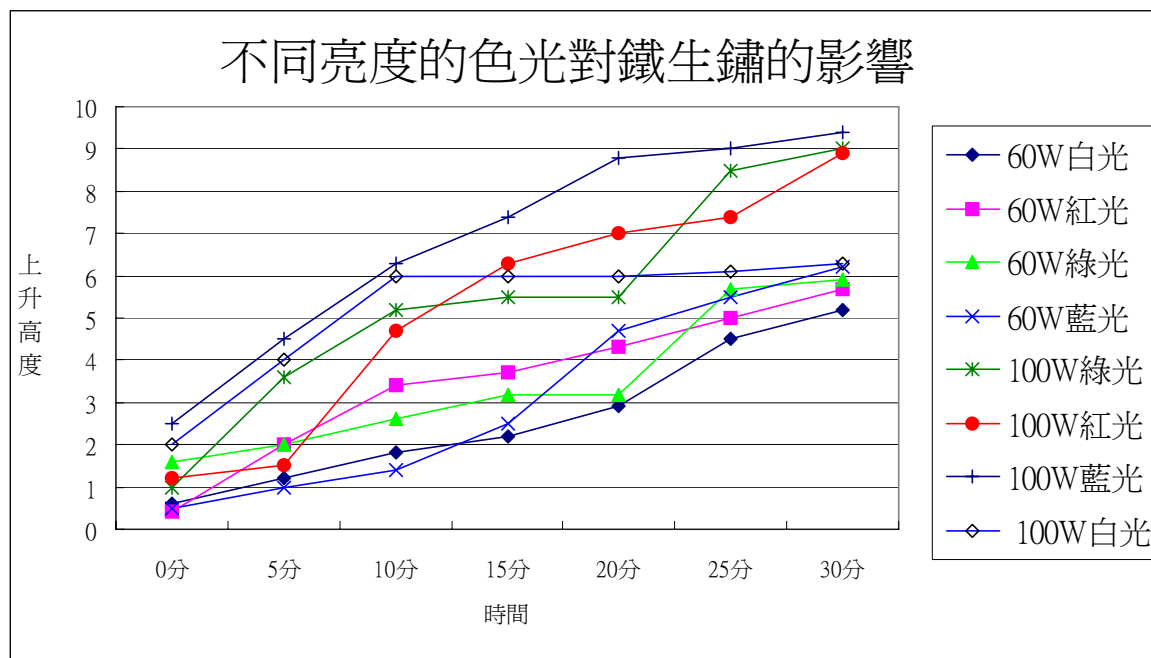


表（十四）

(三)步驟三：各種不同光度對鐵生鏽速度的影響(鋼絲絨 2 公克)

	60W 白光	60W 紅光	60W 綠光	60W 藍光	100W 白光	100W 綠光	100W 紅光	100W 藍光
0 分	0.6cm	0.4cm	1.6cm	0.5cm	2cm	1cm	1.2cm	2.5cm
5 分	1.2cm	2cm	2cm	1cm	4cm	3.6cm	1.5cm	4.5cm
10 分	1.8cm	3.4cm	2.6cm	1.4cm	6cm	5.2cm	4.7cm	6.3cm
15 分	2.2cm	3.7cm	3.2cm	2.5cm	6cm	5.5cm	6.3cm	7.4cm
20 分	2.9cm	4.3cm	3.2cm	4.7cm	6cm	5.5cm	7cm	8.8cm
25 分	4.5cm	5cm	5.7cm	5.5cm	6.1cm	8.5cm	7.4cm	9cm
30 分	5.2cm	5.7cm	5.9cm	6.2cm	6.3cm	9cm	8.9cm	9.4cm

表（十五）



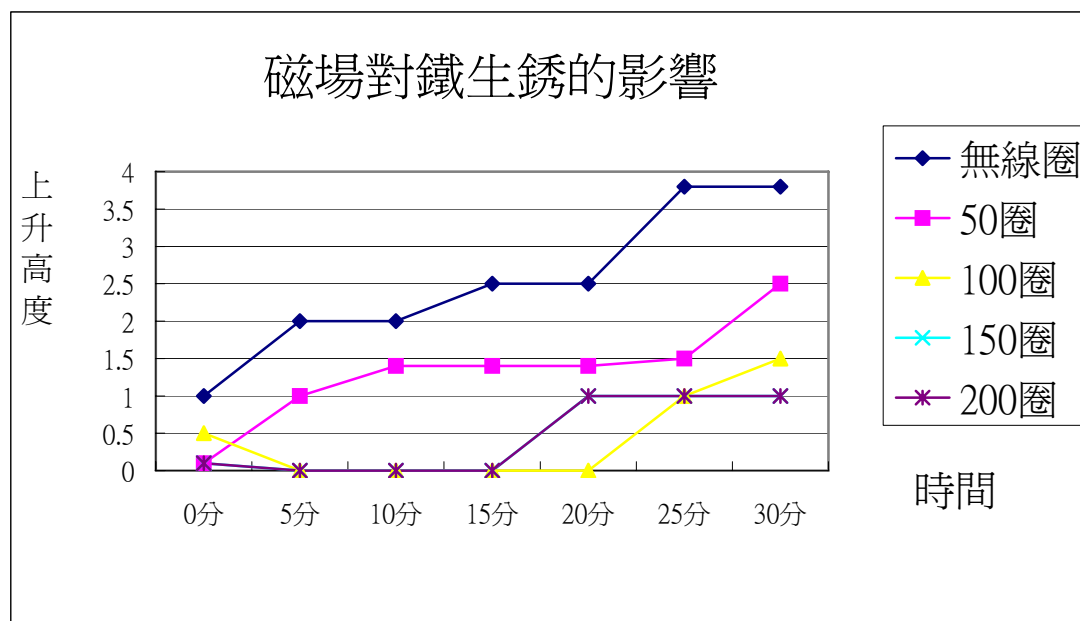
表（十六）

三、探討磁場對鐵生鏽速度的影響。

(一)步驟一、線圈磁場對鐵生鏽速率的影響

	無線圈	50 圈	100 圈	150 圈	200 圈
0 分	1cm	0.1cm	0.5 cm	0.1 cm	0.1 cm
5 分	2cm	1 cm	0 cm	0cm	0 cm
10 分	2cm	1.4 cm	0 cm	0 cm	0cm
15 分	2.5cm	1.4 cm	0 cm	0 cm	0 cm
20 分	2.5cm	1.4cm	0 cm	1 cm	1.0 cm
25 分	3.8 cm	1.5cm	1 cm	1 cm	1.0 cm
30 分	3.8 cm	2.5cm	1.5 cm	1 cm	1.0 cm

表（十七）

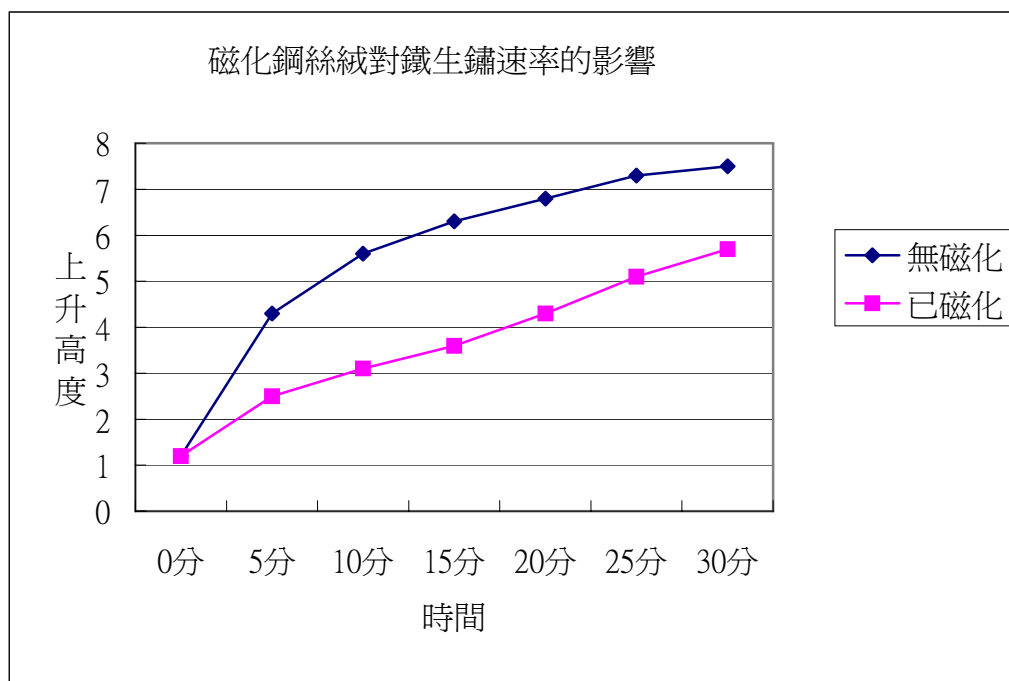


表（十八）

(二)步驟二、磁化鋼絲絨對鐵生鏽速率的影響

	無磁化	已磁化
0 分	1.2	1.2
5 分	4.3	2.5
10 分	5.6	3.1
15 分	6.3	3.6
20 分	6.8	4.3
25 分	7.3	5.1
30 分	7.5	5.7

表（十九）



表（二十）

柒、討論

一、爲了比較鐵生鏽的速率，觀察表面生成的鐵鏽，不但所需時間較長，且無法定量說明，故利用細玻璃管中水面上升高度，亦即氧氣消耗量，來判斷反應速率的快慢。

二、爲了解各種不同液體的酸鹼性，利用廣用試紙對照「廣用試紙對照表」，測出各液體的酸鹼性如下表（二十一）：

樣品			
液體	漂白水	增豔用 漂白水	去汙肥皂水
pH 值	9.0	4.0	9.0
樣品			
液體	生物酵素清潔劑	廁所清潔劑	沐浴乳
pH 值	10.0	6.0	8.0
樣品			
液體	漱口水	水果醋	自來水
pH 值	5.0	4.0	7.0

樣品			
液體	可樂	食鹽水	檸檬水
pH 值	3.0	7.0	3.0
樣品			
液體	糖水	醬油	小蘇打水
pH 值	7.0	7.0	9.0

表（二十一）

三、對照實驗的結果顯示，鐵的生鏽和 pH 值有一定的關係。但其中酸性最強的檸檬水、可樂，氧氣消耗速率不如預期，究其原因是鐵會和其反應生成氫氣，因鐵的氧化能力大於氫，促使鐵的表面和 H^+ 作用，導致表面反而較亮而看不到生鏽，水面因生成氫氣而無法明顯上升。

四、漂白劑區分有氧化型與還原型兩類型，日常生活中所用的漂白水大致為含氯的漂白水 and 含雙氧水的漂白水。增豔用漂白水含 H_2O_2 ，為弱酸性，和鋼絲絨反應過程中會生成氫氣，鏽斑較不明顯，而含氯的漂白水主要成分為次氯酸鈉，雖然為鹼性物質，但為強氧化劑，所以可以加速鐵生鏽。

五、食鹽水雖為中性溶液，但因為是強電解質，在鐵的氧化反應中，也可以幫助鐵的氧

化。使鐵的生鏽速率變快。而醬油的釀造，傳統方法是在甕中醱酵，主要是利用微生物分解豆子的養分，但在化學工業發達之後，人們發展出可利用酸液將豆子的養分加以分解，再經鹼液調配酸鹼度，雖為中性溶液，但其中含食鹽，所以也可以使鐵的生鏽速率變快。

六、鐵生鏽為一放熱的化學變化，所以在試管鋼絲絨處有一些霧氣生成，做 2 公克鋼絲絨時效果更明顯。

七、溫度的控制，借助保溫杯的效果幫助，控制鐵生鏽時的溫度，因溫度越高，粒子具有較高的能量，而且運動速度也較快，使得粒子碰撞的頻率較高，化學反應速率也較快。

八、光線的控制又比酸鹼度、溫度更難控制，白光是由紅、綠、藍三原色所組成，為了控制鐵生鏽時光線來源為單色光，利用光線入射透明物體，部分色光被吸收，其餘穿透過去的色光，決定透明物所呈現的顏色。所以用紅色玻璃紙將試管包起來，紅色玻璃紙可讓紅光通過而吸收其他顏色的光，所以鐵生鏽所在的環境為紅光。因此拿玻璃紙來控制透光性，比較紅、綠、藍三原色的頻率及波長如下表（二十二）：

顏色	頻率範圍(THz)	真空中波長(nm)
紅	384-482	622-780
綠	520-610	492-577
藍	610-659	455-492

表（二十二）

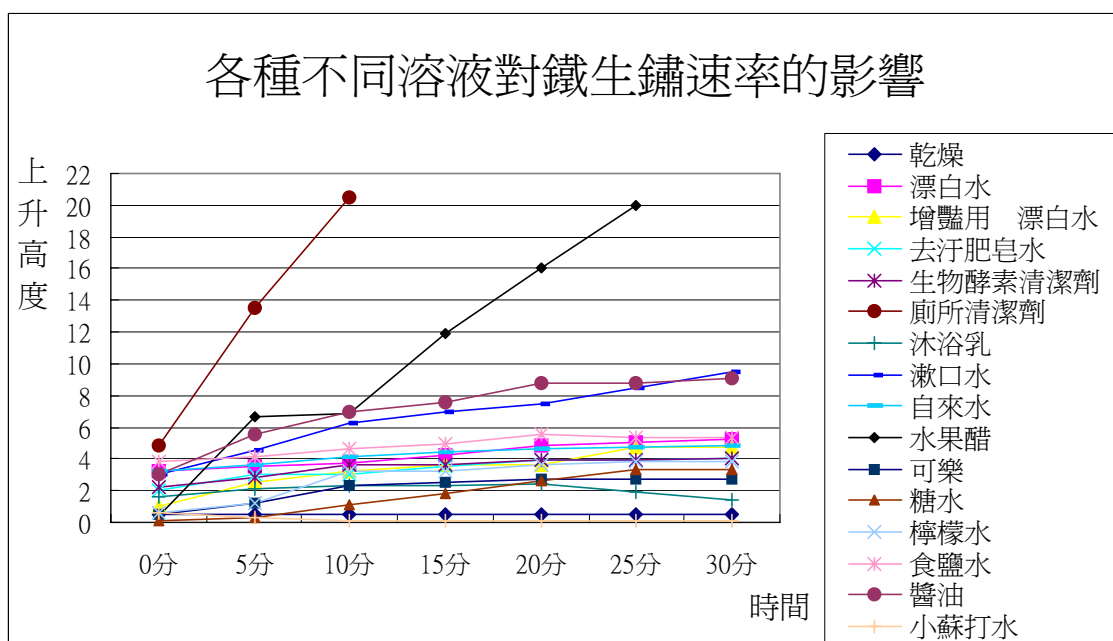
不同頻率色光攜帶能量不同，所以對化學反應速率應該有些影響。

九、根據電流磁效應，線圈數越多，所產生的磁場也越強，所以利用線圈數控制磁場強

度，因為鐵生鏽也牽涉到電子的轉移，電、磁之間理論上應該有一些的關係。

捌、結論

一、鐵的生鏽和 pH 值的關係雖然明顯，但家中可取得的不同溶液，因成份複雜，除了酸、鹼的因素之外，因鐵生鏽本身也是氧化還原反應，所以強電解質，強氧化劑亦有助於鐵的生鏽，在此次實驗中酸性的廁所清潔劑、水果醋、漱口水，強氧化劑的漂白水，強電解質的食鹽、醬油反應均較自來水快。而鹼性的小蘇打水、沐浴乳、肥皂水反應均較自來水慢，在乾燥環境下，鐵不生鏽。其結果比較如下：



表（二十三）

二、高溫潮濕的地點，鐵比較容易生鏽，如果溫度很高，短時間效果將很明顯，實驗中

90℃時反應較常溫下快很多，所以若工廠環境溫度很高的情形下，鐵非常容易生鏽。

三、比較白光、紅光、綠光、藍光及黑暗中，發現藍光、紅光、綠光均比遮光時為快，

且其中藍光中生鏽速率最快，尤其放置 3 小時後，反應更明顯，而黑暗中鏽得最慢。

四、比較多層玻璃紙的反應結果，差異不大，但均比白光鏽得快。

五、比較 60W 及 100W 燈泡下，100W 均較 60W 反應快，這是因為 100W 單位時間提供的能量較高，但比較色光之後，發覺短時間內各色光速率變化較不明顯，但 3 小時後觀察便能看出藍光 > 綠光 > 紅光。

六、放置 9 小時之後，水面上升至大試管 3cm 處，不再上升，再加上細管中水量約合大試管 1cm，共約用去氣體 4cm，大試管長約 19.5cm，計算可得大約 20.5% 的量，約是試管中氧氣的量。

七、經線圈所產生的磁場，可以看出線圈圈數越多鐵生鏽速率越慢，尤其線圈 150~200 圈時，鐵生鏽速率幾乎為 0，因線圈漆包線外接電池，耗電率高，所以改為直流電源供應器，控制電源電壓為 3 伏特，可知磁場可抑止鐵生鏽。

八、經磁化後的鋼絲絨和未磁化的鋼絲絨反應速率的比較，可看出磁性物質較不易氧化。

九、綜合所作結果鐵生鏽條件：酸性環境、含強電解質溶液、含強氧化劑溶液、高溫、強光、無磁場環境。

玖、參考資料及其他

- 一、丁錫鏞編輯，牛頓科學研習百科－化學篇，生鏽的化學反應，牛頓出版社，p104 頁。
- 二、伽利略工房「66 個挑戰創意的科學實驗」，瀧川洋二、山村紳一郎編著，誰的釘子最會生鏽，p72 頁。
- 三、科學教育月刊，有趣的化學實驗，我讓鐵釘生鏽了，第 241 期，p69 頁。
- 四、南一版自然與生活科技課本，第三冊第一章認識物質的世界、第三冊第三章光與色的世界、第四冊第二章反應速率和化學平衡、第四冊第三章酸鹼鹽、第四冊第四章氧化還原，康軒版自然與生活科技課本第六冊第二章電流與磁現象。
- 五、翰林文教網國中自然期刊第五期－光(電磁波)，

<http://www.hle.com.tw/bookmark/nature/05/05-04.asp> 泰山高中盧政良老師整理。

評語

031615 鐵杵磨成『鏽』花針

鐵氧化生鏽是一個經常被探討的問題，本實驗中以不同色先對鐵生鏽的影響作研究是一個新的實驗構想，然而基本概念不明確，所得實驗結果不具說服力，若能強化實驗設計應該是個好的題目。