

風雲變色－鐵鏽的探討

國中組 第三名

縣 市：台北市

校 名：大直高中

作 者：潘奕呈、黃聿明王怡婷

指導教師：惠沁宜、張秀玲



潘奕呈：民國七十五年五月二十八日生，台北市人。目前就讀於台北市立大直高級中學國中部。在學成績尚佳，身為設備組義工。熱愛實驗與科學，並多次參加科學展覽比賽，數次得獎。性情活潑開朗，樂觀且有自信。

黃聿明：這大概是這輩子最美好的回憶了吧！和兩個伙伴在實驗室觀望夕陽，等待日初，終於發現，台北早晨的空氣，也能如此清新！「第三名」，真是一個好名次，不但能砥礪人繼續向上努力，也不會低得令人喪志。科展，將永遠成為我的興趣；把它當成是興趣，就永遠也不會感覺到疲倦了！

王怡婷：為科展而忙的日子中—爆發的硝酸反應，校園中寧靜夜晚的實驗…點滴都是我國中三年深刻的記憶。一連串的比賽中遇到許多志同道合的朋友，真摯的情誼成為我美好的回憶。也特別感謝指導老師全程參與，我們將會更努力，盼再創科學的新巔峰。

關鍵詞：氧化、鐵鏽、除鏽

一、研究動機

國二理化第一冊中，鋼絲絨生鏽的實驗提到鐵生鏽需要氧氣和水，然而影響鐵生鏽的原因僅是如此嗎？鐵鏽只有黃褐色的嗎？我們生活中因為鐵被腐蝕而帶來不少損失和困擾，坊間防鏽及除鏽的偏方五花八門，在在引起我們對於鐵被鏽蝕的興趣，雖然老師說這個化學反應很複雜，我們仍希望藉助電子媒體來詳細探討一番。

二、研究目的

- 1.觀察鐵在日常環境下生鏽的情形。
- 2.觀察鐵釘在不同濃度的不同溶液中生鏽的情形。
- 3.探討除鏽方法。
- 4.加強做實驗的能力（學會利用相機、攝影機及立體顯微鏡來觀察記錄、照相及設計變因）、培養團隊合作精神。

三、研究設備

器 材—自動對焦雙眼傻瓜相機、單眼長鏡頭相機、攝影機、立體顯微鏡（含照相設備）、蒸餾水機、抽風廚、烘箱、800W電鍋、玻璃片、培養皿、小玻璃瓶、溫度計、燒杯、試管架、試管、角架、標籤、鑷子

物 質—鐵釘、鐵片、鐵粉、超級小刀、純硫酸、鹽酸、硝酸、醋酸、磷酸、碳酸、草酸、酒精、雙氧水、洗碗精、果酸沐浴精、米酒、沙拉油、鹽水、檸檬汁、雨水、蔗糖水、茶水、自來水、蒸餾水、棉花、廣用試紙、廣用指示劑、衛生紙、秤量紙、鋁箔、小蘇打水、可口可樂、百事可樂、健怡可樂

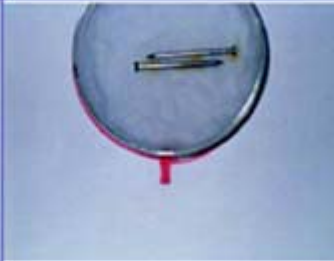
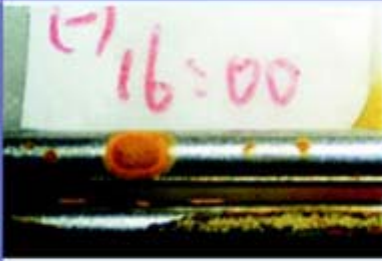
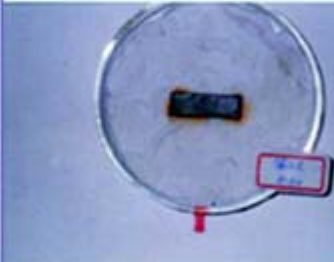
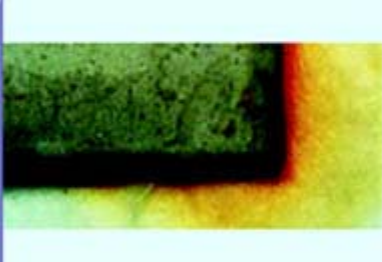
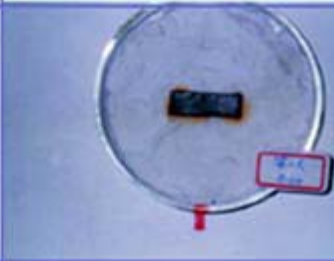
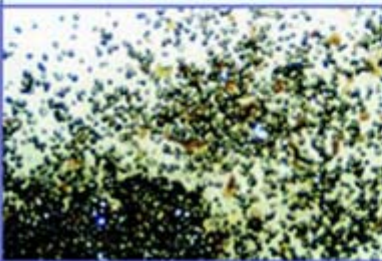
四、研究過程及結果

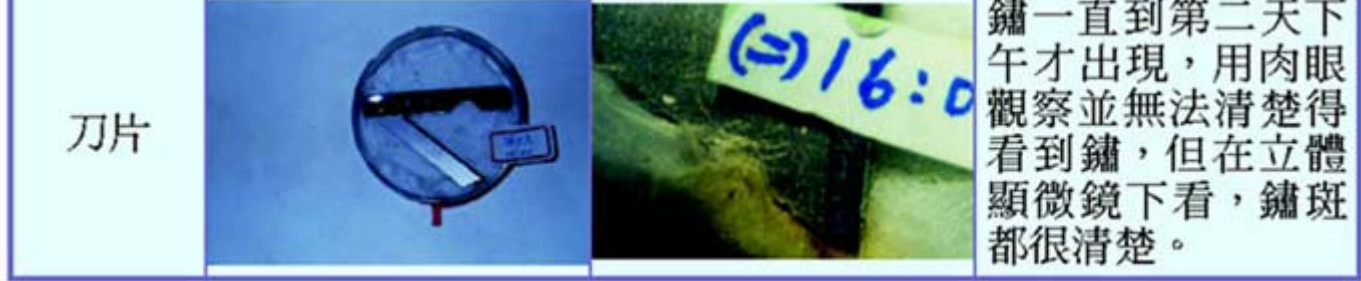
實驗(一) 尋找研究用之鐵材

實驗方法

在四個培養皿裡鋪上沾濕的棉花，將我們認為含鐵的物質如鐵釘、鐵片、鐵粉、超級小刀分別放在棉花上，每天用水噴濕，每隔四小時觀察一次，利用第一節上課前、第四節下課及第七節下課時間用立體顯微鏡觀察及拍照、記錄生鏽情形，連續觀察三天。

實驗結果

物質	一般照相	立體顯微照相	說明
鐵釘			鐵釘放在棉花上約半小時，就在鐵釘附近的棉花上產生黃褐色的鏽斑，可見鐵釘生鏽迅速。
鐵片			鐵片乃是向鐵工廠訂做的純鐵，所以一暴露在空氣中就失去光澤，是四種鐵器之中最容易生鏽的物質。
鐵粉			鐵粉從頭到尾幾乎毫無變化，和我們預期的純鐵粉有一段差距。



實驗(二)探討鐵釘在日常水溶液中的生鏽情形

實驗方法

- 1.將20支全新鐵釘放在電子天平上秤重，再求出每支鐵釘的平均質量。
- 2.取12支乾淨試管，各放入兩支鐵釘，再依序各倒入5毫升廚房及浴室常見的淺色溶液，如洗碗精、果酸沐浴精、米酒、沙拉油、鹽水、檸檬汁、雨水、蔗糖水、茶水、自來水，各溶液儘量採用平常所見的濃度，並分別以廣用試紙測試各溶液的酸鹼度。洗碗精、洗衣精以說明標籤上的建議濃度調配，鹽水配成重量百分濃度3.5%（仿海水），果汁採用新鮮壓榨的原汁，雨水是十月在大直地區收集到的，蔗糖水配成重量百分濃度10%，茶水濃度是用購買的無糖古道烏龍茶沖泡而成。
- 3.再取一支乾淨試管，放入兩支鐵釘，不加任何溶液，作為對照組。
- 4.平均每四小時觀察並記錄生鏽情形，連續觀察三天。
- 5.取出各試管中的鐵釘用純水清洗再烘乾、秤重，並用立體顯微鏡觀察及拍照。

實驗結果



鐵釘	
說明	沙拉油－鐵釘完全無鏽 檸檬汁、沐浴精、洗碗精－液面處鏽得最為厲害 茶水－液面下有黃褐色的鏽 糖水、米酒、雨水、自來水、鹽水－液面下有黃褐色的鏽，以在鹽水中鏽得最厲害

實驗（三）探討鐵釘在不同濃度的酸性溶液中生鏽影響

實驗方法

- 1.將100支全新鐵釘放在電子天平上秤重，再求出每支鐵釘的平均質量。
- 2.以實驗室現有的硫酸、鹽酸、硝酸、醋酸、磷酸、酒精、雙氧水、氨水當作100%溶液，加水稀釋後，分別調配出體積百分濃度75%、50%、25%、5%的溶液，分別以廣用試紙測試酸鹼度。
- 3.將小蘇打、草酸、蔗糖、食鹽先配成飽和溶液，當作100%溶液，加水稀釋後，分別調配出體積百分濃度75%、50%、25%、5%的溶液，分別以廣用試紙測試酸鹼度。
- 4.在乾淨試管中各放入兩支鐵釘，再依序各倒入5毫升上述溶液。
- 5.再取一支乾淨試管，放入兩支鐵釘，不加任何溶液，作為對照組。
- 6.平均每四小時觀察並記錄生鏽情形，連續觀察三天。
- 7.取出各試管中的鐵釘用純水清洗再風乾、秤重，並用立體顯微鏡觀察及拍照。

實驗結果

資料過多，無法羅列，請參考附件一。

實驗(四) 探討除鏽的方法

方法一

發現月刊第36期談到可樂能除鏽是因為磷酸之故，我們也來測試一下。

實驗方法

溶液種類	5%磷酸	25%磷酸	50%磷酸	75%磷酸	100%磷酸	可口可樂	百事可樂	健怡可樂
試紙顏色	粉紅	粉紅	粉紅	粉紅	粉紅	淡粉紅	淡粉紅	淡粉紅
溶液顏色	無色	淺灰色	灰色	深灰色	無色	黑色	黑色	黑色
鐵釘質量	實驗前	0.9673	0.9702	0.9723	0.9603	0.9726	0.9676	0.9678
	實驗後	0.7206	0.4924	0.2130	0.0774	0.6327	0.9672	0.9665
	質量差	-0.2467	-0.4778	-0.7593	-0.8829	-0.3399	-0.0004	-0.0013

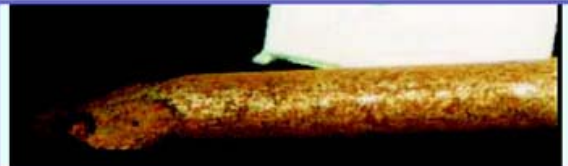
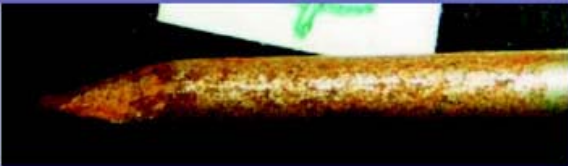
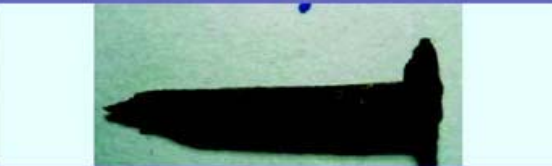
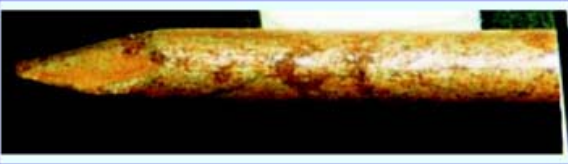
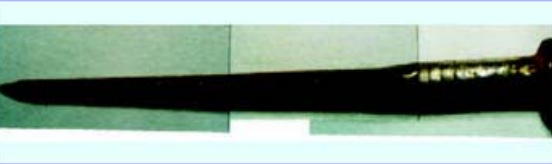
- 1.取8個小玻璃瓶，各放入兩支已秤重、照相的生鏽鐵釘，再依序倒入10毫升的可口可樂、百事可樂、健怡可樂.....。

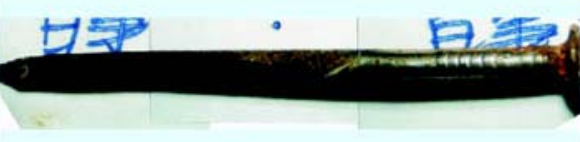
2.以實驗室之磷酸溶液當作100%溶液，加蒸餾水稀釋後，分別調配出體積百分濃度75%、50%、25%、5%的溶液，各取10毫升倒入8個裝有生鏽鐵釘的小玻璃瓶。

3.利用第一節上課前、第四節下課及第七節下課時間觀察並記錄生鏽情形，連續觀察三天。

4.分別取出各玻璃瓶中的鐵釘，先拍照並用蒸餾水清洗，衛生紙吸除大部分的水分再風乾、秤重、照相。

實驗結果

溶液種類	實驗前	實驗後
5%磷酸		
說明		
25%磷酸		
說明	液面下鐵釘愈來愈細	
50%磷酸		
說明	第二天－鐵釘只剩下半截	
75%磷酸		
說明	第三天－鐵釘只剩下半截	
100%磷酸		
說明	100 %磷酸作用反而沒有 75%、50%那麼強烈	

可口可樂		
說明	可樂反應沒有那麼強烈但確實有除鏽效果	
百事可樂		

說明	可樂反應沒有那麼強烈但確實有除鏽效果	
健怡可樂		
說明	可樂反應沒有那麼強烈但確實有除鏽效果	

方法二

奕呈的媽媽說用鋁箔和小蘇打水可以去除銀鏽，我們決定測試鋁箔和小蘇打水是否能去除鐵鏽。

實驗方法

- 1.將一批鐵釘均勻插在細紗網上，浸入水中半天後移出，每天噴水使其保持潮濕而生鏽，一週後將各鐵釘用純水沖洗、風乾，成為生鏽的鐵釘。
- 2.以飽和小蘇打水和實驗室內瓶裝的雙氧水、氨水當作100%溶液，加水稀釋後，分別調配出體積百分濃度75%、50%、25%、5%的溶液。
- 3.準備寬3.5公分和長分別為30、60、90公分的鋁箔，並將鋁箔折成百褶狀。
- 4.取容量250毫升的燒杯64個，各放入一支生鏽鐵釘（事先秤重、照相），再依序放入鋁箔（0、30、60、90cm）加純水、鋁箔（0、30、60、90cm）加小蘇打水（5%、25%、50%、75%、100%）、鋁箔（0、30、60、90cm）加氨水（5%、25%、50%、75%、100%）、鋁箔（0、30、60、90cm）加雙氧水（5%、25%、50%、75%、100%），各溶液以能淹沒鋁箔為宜，所以各加入150毫升。
- 5.準備一個大同800W的電鍋內裝適量的熱水，通電將水煮沸，將裝了上述溶液的燒杯每五個一起放進電鍋內隔水加熱，使其溶液溫度大致維持約100C，每隔十五分將鐵釘取出觀察並拍照，持續加熱一小時。
- 6.取出燒杯中的鐵釘，用純水清洗再以低溫風乾、秤重、照相。
- 7.另取一個燒杯，放入一支生鏽鐵釘（事先秤重、照相），不加任何溶液或鋁箔，與步驟6中的鐵釘對照，觀察除鏽程度。
- 8.步驟4中的64個燒杯均以步驟5到7操作。
- 9.茲將鐵釘三天後改變的質量除以原有質量，結果以百分率表示，姑且稱之為質量變化比率，質量變化比率= (改變的質量/原有質量)□%

實驗結果

由附件二可約略看出鋁箔長度越長除鏽效果越好，但是可能因為每30分鐘就取出觀察、拍照，以至於實驗數據並不十分規律，尤其溶液的濃度大小更看不出對除鏽效果的影響。茲將鐵釘放在5%、50%、100%各溶液中加熱，比較未放鋁箔及放置90公分鋁箔的實驗前後照片，以幫助了解本實驗的除鏽效果。

五、討論

- 1.為何決定使用鐵釘作為本研究之主要鐵材？

經過實驗(一)的研究，我們決定以鐵釘作為研究之主要鐵材，原因如下：

鐵釘－鐵釘是日常生活中常用的鐵器，雖然表面有做過前處理但仍然非常容易生鏽。

鐵片－因為是向鐵工廠訂製的純鐵片，所以放置半天左右，鐵片表面就有明顯的鏽斑。一方面，為了減少鐵片做前處理帶來的麻煩及影響實驗的變因，另一方面為了使此實驗能更為生活化，所以我們不採用

鐵片作為研究的鐵材。

鐵粉—原以為做磁鐵實驗的鐵粉應該最容易生鏽，結果竟然一點也沒有生鏽，甚至後來將之放在稀硫酸中也不生鏽，詢問賣鐵粉的化學材料行也不知道原因，經過一番努力去查資料，我們猜測那應該是磁鐵礦砂(Fe_3O_4)，而非純鐵。

超級小刀—超級小刀是我們日常生活中常用的文具之一，我們原以為超級小刀和鐵片一樣非常容易生鏽，結果只有在刀間有微微的鏽斑，經查證，小刀中含有鋼的成分，所以較一般鐵器不易生鏽。

綜上所述，鐵釘是既便宜又容易生鏽的研究用材料。

2. 為什麼使用體積百分濃度？

由於我們想測試的溶液種類相當多，各溶液的飽和濃度差異很大，所以這次只探討鐵釘在同種溶液不同濃度中的反應情形，暫時不作各溶液之比較(或許可作為下次研究之主題呢!)。又因為理化第三冊所介紹的各種濃度表示法中以體積百分濃度的調配方式最簡便，考量我們自身的能力以及研究方向以定性為主，因此決定採用體積百分濃度來作表示與分析，但是事後我們仍請教指導老師將體積百分濃度轉換為重量百分濃度及重量莫耳濃度的方法，換算結果皆在各實驗紀錄中。

3. 如何判定鐵釘被鏽蝕的程度？

主要是經由顯微鏡觀察鐵釘表面的顏色變化，及蝕刻情形(包含鐵釘直徑及長度的變化)，用文字記錄並描述觀察結果，再以精密天平秤出鐵釘反應前後的質量，分析其質量變化比率(參考附表一)，作為輔助說明。如果新鐵釘的質量減輕就代表鐵被腐蝕，減輕愈多表示腐蝕程度愈厲害，實驗(三)中以鹽酸、硝酸、磷酸的腐蝕性最強，三天後的鐵釘幾乎只有原來一半重而已，鹽水、酒精、糖水、雙氧水的鐵釘質量變化最小，但是看起來具有明顯產物的醋酸，鐵釘質量變化卻不大。部份新鐵釘的質量不減反增(可能是該鐵釘上附有不易清洗掉的物質)，出乎我們的預料，由於化學反應複雜，我們一時也無法得知真正原因。由於本次實驗採用的鐵釘質量原本就很小，測量中的誤差實不可忽視，所以我們不敢只由質量變化曲線就判定鏽蝕程度，只是由質量變化比率約略看出在各濃度間被鏽蝕的傾向。

4. 鐵釘在日常溶液中的生鏽情形如何？

經實驗(二)之研究結果，將鐵釘在日常溶液中的生鏽情形分為如下數種：

不易生鏽—在沙拉油中完全沒有生鏽的情形，所以塗油確實可以隔絕空氣與水分以防鏽，驗證了課本所述。

微量生鏽—在檸檬汁、沐浴精中唯有液面處生鏽，其他部位則未生鏽。鐵釘在茶水中亦僅有液面處微量生鏽，且茶色日益變黑，經上網查詢資料得知，可能是因為茶水中含有單寧酸，所以整杯水呈黑色，且不易和鐵釘發生反應。

嚴重生鏽—鐵釘在下列溶液中有明顯且嚴重的生鏽情形：

蔗糖水—在此使用的蔗糖水屬於飽和溶液，經過一段時間後，有非常明顯的分層現象，整杯溶液從下而上，濃度漸高，鏽的情形亦愈厲害，可與實驗(三)之結果相印證。

洗碗精—我們實驗用的洗碗精會使鐵釘生鏽，可藉此提醒使用此牌洗碗精的家庭注意其對鐵器可能造成的生鏽問題。

米酒—米酒放置一段時間後會形成醋酸，而醋酸是所有酸性物質中最容易使鐵釘生鏽的酸類，所以放在米酒中的鐵釘鏽得非常厲害，可與實驗(三)相印證。

雨水—課本中告訴我們雨水中可能溶有極微量的二氧化硫(會形成亞硫酸)、二氧化碳(會形成碳酸)，而酸性物質容易使鐵釘生鏽，所以放在雨水中的鐵釘比放在自來水中的鐵釘鏽的更為厲害，可與實驗(三)相印證。

自來水—從鐵釘在自來水中的生鏽情形，我們可以推測自來水必是混合物，且消毒過程中所遺留的餘氯可能是生鏽厲害的原因之一。

鹽 水—我們查資料得知鹽水中含有氯離子，而氯離子會加速鐵釘的生鏽，並且和鐵釘形成三氯化鐵，使反應後的鹽水呈棕色，並有棕色沉澱物，且鐵鏽為棕色，因此經常曝露在海邊的鐵器會比一般情況鏽得更為厲害。

5.是否溶液濃度愈大，鐵釘愈容易生鏽？

從實驗（三）的結果及附表一得知，各種溶液對鐵的腐蝕能力皆不一致，甚至同種溶液在不同濃度下和鐵的反應也不一樣，茲分別討論如下：

(1)硫酸—鐵釘在5%硫酸溶液中出現很明顯的黃褐色鐵鏽；25%硫酸溶液中有白色半透明結晶附在鐵釘上，瓶底有藍色透明結晶(很漂亮!)；50%硫酸溶液中的鐵釘出現白色物質；75%硫酸溶液中的鐵釘附近有紅色絲狀物；100%的硫酸則完全不和鐵釘反應；質量變化曲線近似拋物線，以25%為曲線頂點。表示腐蝕程度最大。

(2)鹽酸—鹽酸溶液的顏色及鐵釘變化隨濃度漸增成漸進式改變；5%鹽酸溶液中鐵釘沒什麼變化；25%鹽酸溶液中鐵釘有黑色物質，溶液呈綠色；50%鹽酸溶液中鐵釘上有黑色物質，溶液呈綠色；75%鹽酸溶液中鐵釘也變細，溶液呈黃綠色；100%鹽酸溶液液面上鐵釘有黃色結晶，液中鐵釘變得很細，瓶底有灰白色沉澱，溶液呈墨綠色。100%鹽酸溶液是本次研究中腐蝕程度最大者。

(3)硝酸—5%硝酸溶液液面上的鐵釘仍有光澤，液中鐵釘出現很明顯的紅褐色鐵鏽；25%硝酸溶液面上的鐵釘附著黑色物質，溶液呈黑色黏稠狀；50%硝酸溶液面上的鐵釘附著黑色物質，溶液呈深咖啡色黏稠狀；75%硝酸水溶液面上的鐵釘附著黑色物質，溶液呈黑色黏稠狀；100%硝酸溶液中鐵釘無明顯改變，溶液呈黃色，以75%的腐蝕程度最大。本次研究中以50%硝酸溶液的反應最為劇烈，有如火山噴發一般，鐵釘一放進硝酸溶液中立即產生黃褐色濃煙(應是二氧化氮)，溶液也因此噴出近乎半瓶之多，實在非常壯觀！

(4)醋酸—5%醋酸溶液面上的鐵釘附著黑色物質，溶液呈淡黃色；25%醋酸溶液面上的鐵釘附著黑色物質較5%明顯，溶液呈黃色；50%醋酸溶液面上的鐵釘附著黑色物質較25%明顯，溶液呈橘色；75%醋酸溶液面上的鐵釘附著黑色物質，溶液呈暗褐色；100%醋酸溶液面上的鐵釘附著黑色物質，溶液呈黑色。醋酸的顏色隨濃度增大而加深，黏稠狀產物的量及鐵釘減輕的質量都隨濃度增大而增加，但是鐵釘的質量變化比率很小，最多約-5%而已。

(5)酒精—5%、25%、50%液中的鐵釘有出現紅色鐵鏽，但質量變化極小。

(6)磷酸—除了100%磷酸溶液中的鐵釘外，5%、25%、50%、75%磷酸溶液中的鐵釘腐蝕後仍具有光澤；5%磷酸溶液面處漂浮著一層乳白色薄膜，黑色的水溶液被氣泡分成兩層；25%磷酸溶液被氣泡分成兩層，上層為黑色，下層為淺綠色，瓶底有黑色沉澱物，液面下鐵釘呈黑色；50%磷酸溶液呈黑色，在液面處鐵釘上有有色物質出現；75%磷酸水溶液在液面處有大顆粒的固定氣泡，溶液呈暗褐色；100%磷酸溶液呈紅褐色，鐵釘呈深灰色。50%磷酸溶液的腐蝕程度最大。

(7)草酸—25%、50%、100%草酸溶液中的鐵釘出現鵝黃色物質，50%、75%、100%液面處有鉻黃色結晶，5%、75%草酸水溶液中鐵釘呈黑色，各濃度的質量變化都很小。

(8)糖水—糖水溶液表面浮有一層亮亮的油，液面上鐵釘皆有光澤，5%、25%、50%糖水溶液中鐵釘皆有黃褐色的鐵鏽，生鏽程度皆差不多；25%糖水溶液顏色較淺；75%糖水溶液呈橘色，液面下鐵釘呈深灰色；100%糖水溶液呈橘紅色，鐵釘呈深灰色，各濃度的質量變化都很小。

(9)鹽水—鐵釘在不同濃度的鹽水溶液中，鐵釘生鏽變化皆一致，液面上鐵釘仍保有光澤，在液面處浮有一層亮亮的油，瓶底有鐵鏽的沉澱，各濃度的質量變化都很小。

(10)雙氧水—鐵釘在不同濃度的雙氧水溶液中都沒有改變。

6.鐵釘在可樂中的生鏽情形如何？

我們從實驗（四）發現磷酸和實驗（三）的酸類相似，反應速率和濃度並不成正比，從5%至75%有明顯的正相關，100%反而反應較慢。可樂中因含有少量的磷酸，其pH值大約是2~3，和醋酸差不多，但我們喝可樂感覺不出酸味，是因為可樂中含有大量的糖，在味覺上甜味會蓋過酸味，所以可樂的腐蝕性

其實相當強，只是我們未感覺到而已。

磷酸的腐蝕性相當強，我們將鐵釘放在5%磷酸中，經過30秒~2分鐘便發覺鐵釘表面的鐵鏽被腐蝕掉了，鐵釘呈銀白色，若再經過2~3小時，鐵釘會慢慢變細，3天後幾乎完全溶掉。可樂中的磷酸量較少，腐蝕速度較慢，所以有人認為可以利用可樂來除鏽。我們從網路上查到：服用鐵劑者，應避免同時飲用可樂，大概就是因為可樂會和鐵反應之故吧！

7.除鏽偏方二是否真的可以去除鐵鏽？

參考附表二，可發現真的有除鏽效果，鋁箔長度越長除鏽效果越好，溶液的濃度大小較不影響除鏽效果，比較鐵釘在不同的溶液中(不加鋁箔)的除鏽效果為：雙氧水>小蘇打水>氨水>蒸餾水；而鐵釘在不同溶液中(加鋁箔) 的除鏽效果為：氨水>小蘇打水>雙氧水>蒸餾水。高濃度的溶液與較長的鋁箔除鏽效果最好，四種溶液能除下的鐵鏽大都為黃褐色和紅褐色，附著在鐵釘表面的黑色斑點物質則不易在浸泡的溶液中去除，但取出清洗後容易鬆脫剝落。小蘇打水和氨水處理過後，鐵釘表面會變得較具有光澤。

六、結論

- 1.利用小蘇打水及鋁箔來除鏽時，鋁箔的量愈多除鏽效果愈好。這兩樣東西幾乎每個家庭的廚房裡都有，也很方便購買，下次如有生鏽、不怕加熱的鐵器就可以試試我們這個除鏽方法。
- 2.可樂及磷酸確實有很好的除鏽效果，帶有金屬假牙者可能要注意了！不要讓可樂停留在口腔中過久，最好喝完可樂就立即漱口，以免金屬假牙被腐蝕掉。經由本次研究，我們下次想研究市面上的漱口水、牙膏對金屬假牙的影響了！
- 3.食鹽水確實易腐蝕鐵，沿海建築應加強防鏽處理。
- 4.鐵釘在酸性溶液中較易生鏽，但是不同的酸對鐵有不同的反應，酸濃度和反應程度沒有明顯線性關係。

評語

本件以日常生活中常見的鐵生鏽為研究的主題，探討鐵生鏽的原因，進而研究除鏽的方法，研究方法有系統，器具簡單，而呈現方式相當生動(以立體顯微鏡觀察記錄)。

七、研究心得

我們第一次透過立體顯微鏡觀察鐵釘被鏽蝕的情形，立刻被清晰的景象所震撼，原來平常看來毫不起顯眼的鐵鏽，竟是如此豔麗！一些黑黝黝的鐵粉在鏡頭下竟成一顆顆美麗的礦砂。硝酸和鐵釘的劇烈反應，像火山噴發般的壯觀，因為用攝影機拍攝下來，所以我們得以再三回味。我們長期實驗用的白蓋小玻璃瓶，及時在照相機的喀嚓聲中留下反應的紀錄，每一瓶都珍藏了我們的心血。凡此種種都是在這次研究中讓我們不斷驚呼與驚豔之處，雖然我們沒有能力與時間一一探索這些化學反應，但是我們充分領略了化學變化之美，也對現代科技能提供如此方便的記錄方式大為折服。

我們在這次研究中學會控制各種變因、尋找生活題材，學會操作各種儀器設備，學會剪接錄影帶、用WORD打報告、用掃描器整理照片。除了獲得這些技能之外，為了長時間觀察、記錄，有時我們會留在實驗室過夜，那種接力賽似的實驗經歷及深夜校園的寧靜，讓我們的感情更濃郁，不管有怎樣的成果，我們都非常珍惜這次的研究過程，也深刻體驗到科學知識是用多少不眠不休的歲月與經驗才能換得呀！

八、參考資料

- 1.發現月刊第36期（88/8/1出刊）
- 2.中華民國中小學科學展覽第二十一屆至三十屆優勝作品專輯國中組化學科合訂本
- 3.大英百科全書
- 4.化學辭典
- 5.劉富雄編譯，北村義治、鈴木紹夫著：防蝕技術. 4（1999）
- 6.黃楹昌：捷運機電設施腐蝕防制理論與實務.

[回到目錄頁../Index.htm](#)