

2022 年【全國科學探究競賽-這樣教我就懂】

高中 (職) 組 成果報告表單

題目名稱：「鏽」出你的實力-鐵在不同酸鹼環境下生鏽的程度

一、摘要：

運用日常生活中常見飲料或食物的 pH 值為基礎，像是 pH 值 2 代表生活中的碳酸飲料、pH 值 4 代表柳橙汁、pH 值 6 代表牛奶、pH 值 8 代表紅蘿蔔、pH 值 10 代表菠菜、pH 值 12 代表茼蒿。探討鐵在不同酸鹼度的環境，所造成的生鏽程度，利用迴紋針作為控制變因，從顏色與吸光度等方面，觀察「時間」、「pH 值」與「生鏽程度」的關係。

二、探究題目與動機

你是否會擔心食用酸性飲料或是含電解質的食物會讓使用的鐵製器皿生鏽呢？

短時間得接觸雖然沒辦法讓鐵生鏽，但長時間的接觸就有可能會造成鐵生鏽了，當長時間將含電解質得食物存放於鐵製器皿而後食用，可能會對身體健康造成一些影響，因此，為了找出在哪種酸鹼環境下使鐵較容易生鏽以及多酸或多鹼會如何影響生鏽的程度，我們設計了這個實驗來探討。

三、探究目的與假設

我們透過對生活經驗的觀察，鐵只要有水、有氧的環境下，水會促使鐵原子分離，而鐵在與氧結合，形成氧化鐵也就是我們所看到的鐵鏽，然而，水溶液的酸鹼度也會影響生鏽速率的快慢

● 目的:

- 一. 找出在酸和鹼哪個環境生鏽速率最快，以及多酸或多鹼生鏽速率是所有組別最快的
- 二. 找出氫離子濃度與生鏽速率之間的關係

● 假設:

因此我們假設當迴紋針在越酸的環境下，迴紋針在相同的時間下，產生的鐵鏽會最多，再利用柳酸去檢測鐵鏽生成的多寡。

四、探究方法與驗證步驟

(一)、校正 pH meter 並調配溶液

➔ 利用未知濃度的硫酸水溶液和氫氧化鈉水溶液，透過對水的調控稀釋成目標的 pH 值 [註]為了讓變因只受氫離子濃度控制，因此我們沒有直接選用生活中含電解質的飲料作為實驗材料，而是以氫氧化鈉水溶液與硫酸水溶液替代



(二)放置迴紋針

➔ 先將迴紋針折成不規則狀，擴大接觸面積並放入不同 pH 值溶液中，接著密封分別放置 4 天及 22 天

(三)調配 0.1M 的 KOH 溶液

➔ 稱 0.56 克的 KOH 加入少許水先將其溶解，再倒入定量瓶加水至 100 mL

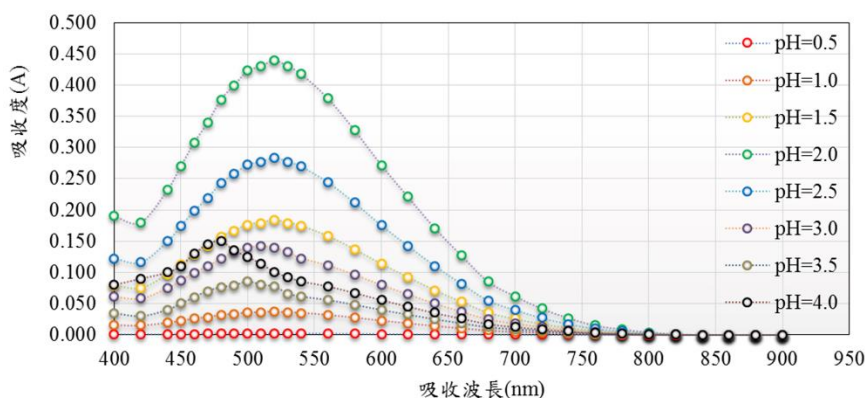
(四)取出迴紋針

➔ 取出迴紋針之後將裝有鐵鏽的瓶子拿去震盪，使其從邊壁上脫落至水中

➔ 取出 4 mL 的溶液並加入 5 mL 的 KOH 溶液，再加入 2 滴硝酸(溶解鐵鏽)及 1 匙柳酸(偵測鐵鏽)，靜置 20 分鐘，觀察其顏色變化

(五)檢測吸光度

➔ 吸取 1.5 mL 溶液至離心管離心，再以波長為 520 nm(根據文獻，波長 520 奈米的光大約是鐵離子與柳酸螯合形成錯合物的最大吸收波長)的光測量不同 pH 值溶液的吸光程度，最後剔除顏色為黑色、深紅色和淺橘色的數據



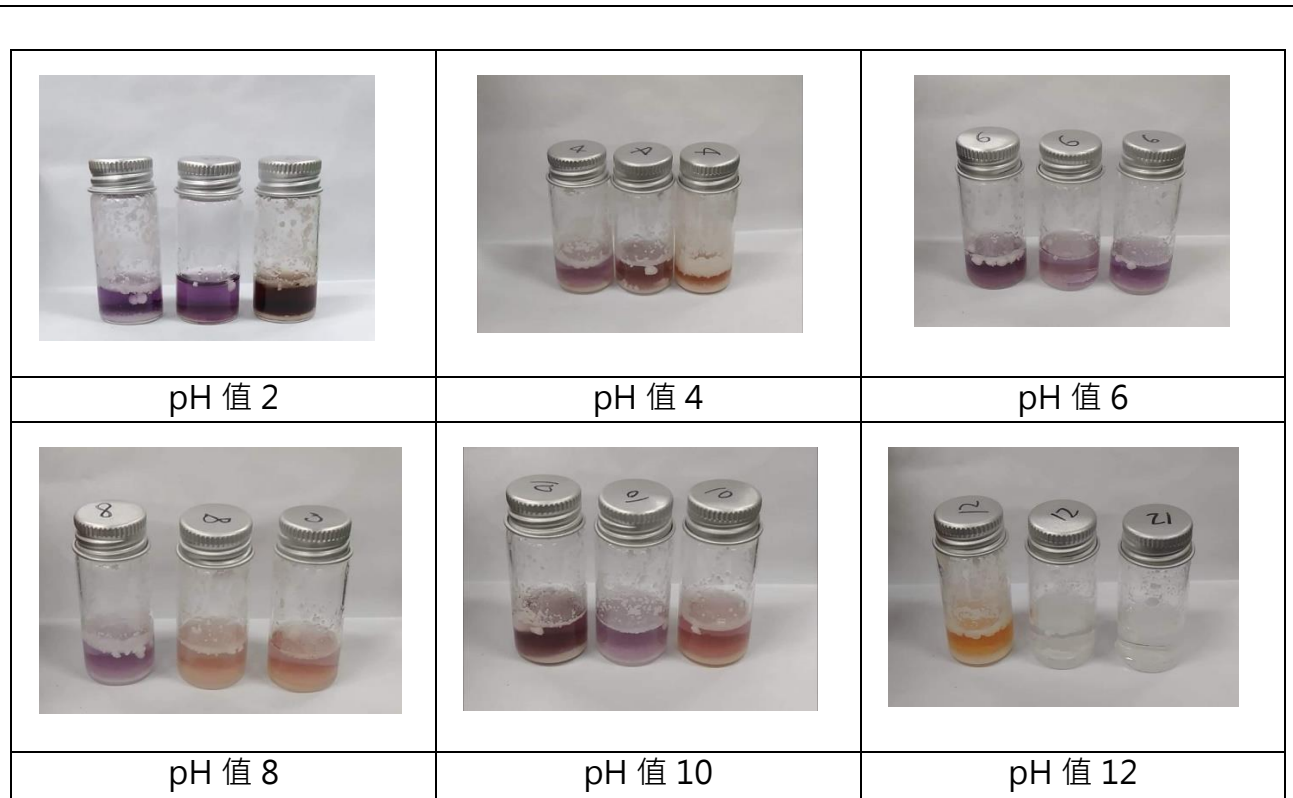
▲ 圖(一)鐵離子與柳酸在不同 pH 值環境螯合形成錯合物的吸收光譜
(參考第 17 屆旺宏科學獎作品)

(六)實驗結果

● 4 天

▲ 表(一)實驗數據

pH 值/吸光度	A 組	B 組	C 組	平均
2	0.835	0.677	2.168	0.756
4	0.158	0.570	0.499	0.535
6	0.184	0.341	0.388	0.365
8	0.185	0.239	0.136	0.212
10	0.198	0.234	0.444	0.216
12	0.014	0.070	0.238	0.042

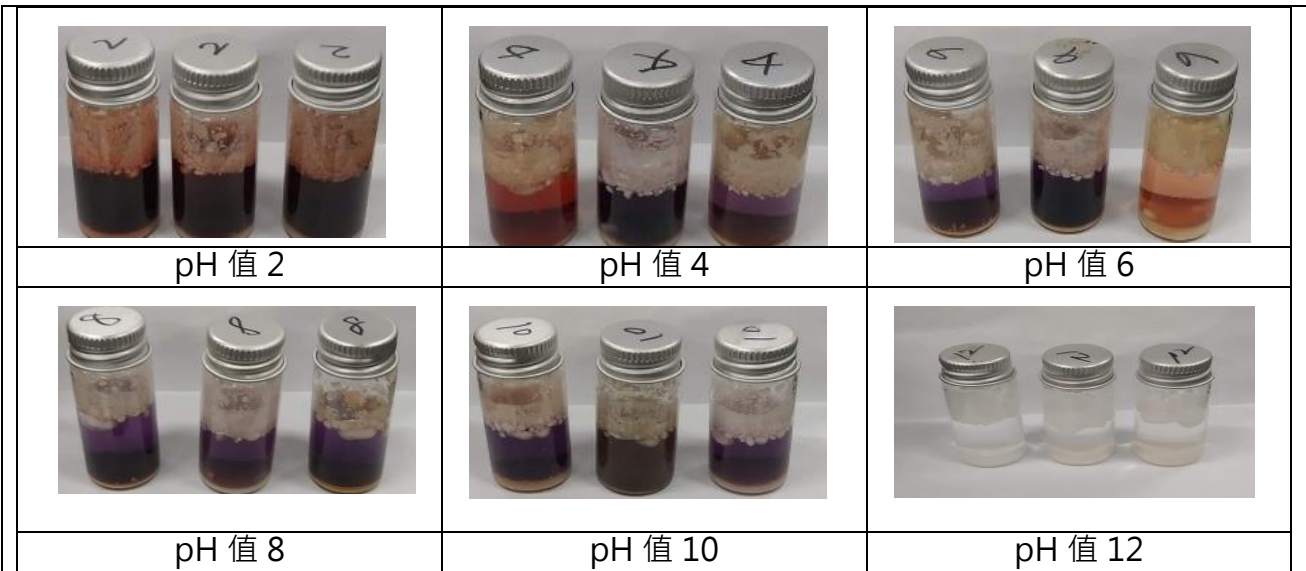


▲ 圖(二)所有 4 天組別的實驗結果

- 分析
由表格可知，在 pH 值 2 時產生的鐵鏽最多，以至於在滴入柳酸後，顏色是所有組別中最深的，因此其吸光度的數值是最大的；與之相反的是 pH 值 12 的組別，在滴入柳酸後幾乎沒有顏色的變化，致使其吸光度數值是最小的。此外，除了 pH 值 6 的數據有稍微上升了一些，但以整體來說，可說 pH 值與吸光度之間的關係趨於負相關。
- 22 天

▲ 表(二)22 天的數據

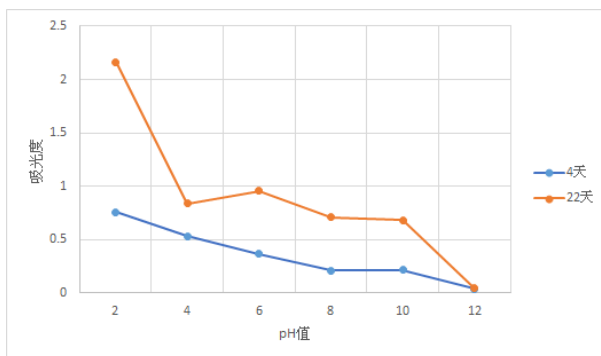
pH 值/吸光度	A 組	B 組	C 組	平均
2	2.300	2.097	2.093	2.163
4	1.029	0.837	0.567	0.837
6	0.956	0.483	0.155	0.956
8	0.571	0.710	0.706	0.708
10	0.378	0.728	0.640	0.683
12	0.038	0.018	0.034	0.045



▲ 圖(三)22 天所有組別的實驗結果

- 分析
因為放置時間的加長，所以在 pH 值 2 環境下的迴紋針更能產生更多的鐵鏽，因此他所測得的吸光度數值又會較放置 4 天來的小，且顏色更深；在這組數據中，在 pH 值 10 時數據有些微上升，但以整體來說是跟 4 天那組一樣，pH 值與吸光度之間的關係也是趨於負相關。

(七)比較









[註]不同 pH 值所造成的生鏽程度



▲ 圖(四)兩組數據間的比較(波長 520 nm)

▲ 22 天所有組別的颜色變化

		
pH 值 2	pH 值 4	pH 值 6
		
pH 值 8	pH 值 10	pH 值 12

▲ 圖(四)實驗結果比較，左 4 天；右 22 天

(八)數據分析與討論

從數據中可知，不論是放 4 天還是 22 天，當迴紋針在 pH 值 2 的環境中生鏽的程度都是最大的，推測應是氫離子濃度大加上表面積夠大而導致其顏色變化最明顯且最深。透過觀察數據，在 4 天的這組 pH 值 2、4、6、8 的關係近似於正比而 pH 值 10、12 的區間變化不一，因此並不是氫離子濃度增加 100 倍，鐵的生鏽程度就會變成 100 倍；在 22 天這組，每組數據間的關係則較難推論，經與組員討論過後，認為是迴紋針的曲折的程度不一導致接觸面積有些差別或者是迴紋針本身生鏽速率不一所導致的誤差，但不管是哪一組，都可以很明顯地觀察到當氫離子濃度越來越小時，所測得的吸光度數值有逐漸遞減的趨勢。另外，從顏色中可以觀察到，紫色、深紅色、淺橘、橘紅，為了數據的準確性，我們將太深或太淺的顏色排除，再進行平均，減少極端值的影響。

(九)實驗過程中所遭遇的困難

一開始我們與老師討論要用什麼去偵測生鏽的程度，老師建議我們使用普魯士藍和黃血鹽賴觀察顏色的變化，但當我們實際操作後卻發現並沒有我們想像中那麼的容易觀察，我們開始

思考是什麼原因導致這個問題的產生，後來我們覺得是否是鐵鏽生成的太少，便做一次並且延長放置時間，卻還是發現還是不明顯，經過與老師的討論我們改用柳酸來偵測，操作一輪後，柳酸對於鐵鏽多寡的偵測真的較為明顯。此外，在以未知濃度的硫酸與氫氧化鈉水溶液調配不同的 pH 值時，在數值上的調控不是很好，導致無法準確的調製溶液，因此我們運用酸鹼指試劑去偵測其 pH 值所在範圍。

五、結論與生活應用

(一)酸鹼對鐵鏽生成的關係與影響

1. 氫離子濃度與鐵鏽生成多寡的關係並非是線性關係，隨著作用時間越長，生成的鐵離子也越多，與氧結合形成三氧化二鐵的機率也越大，致使鐵鏽生成的量也越多，因此在最後測得的吸光度數值變化也越大。
2. 不管是放置 4 天或者是 22 天，測得的吸光度數值都會隨著氫離子濃度的下降而又遞減的趨勢，由此可以驗證我們一開始所假設的迴紋針在越酸的環境中越容易生鏽。
3. 部分組別的實驗結果中，有淺橘色的顏色出現，是因為 KOH 及硝酸大約都在 pH 值 2 附近，但我們在實驗過程中不小心將 KOH 加太多，才導致有了這樣的顏色，而沒有出現紫色。

(二)檢測方法的改善

1. 在檢測生成物多寡的方法上，柳酸會較黃血鹽更容易偵測到鐵離子的含量，因為普魯士藍的顏色變化沒有那麼明顯。

(三)極端值的影響

1. 從最後的結果中，我們發現同一組數據中，會有顏色差別很大的現象，像是深紅色和淺橘色，進而影響其吸光度，我們推測可能是迴紋針本身差異或是接觸面積的影響，所以我們藉由排除極端值的方式，減少極端值對整體數據的影響。

(四)生活應用

1. 如果河川被酸性廢水汙染，那在河中的鐵製品就更容易生鏽。
2. 北投因為有硫穴，當地居民深受其害，而鐵製品在含有硫化氫的環境下，又更容易生鏽，因此那邊除了房價低廉以外，那裡的居民也常需要購買防鏽劑來保護家電。
3. 越酸的環境下越容易生鏽，尤其是碳酸飲料，我們可以避免使用鐵製器皿盛裝含電解質的食物或飲料，抑或是不要陳放太久。

參考資料

1. 大紀元-檸檬、番茄是鹼性食物？酸鹼性食物怎樣區分，取自 <https://reurl.cc/jkNp9Z>
2. 維基百科-黃血鹽，取自 <https://reurl.cc/5G6aRV>
3. 維基百科-柳酸，取自 <https://reurl.cc/bkLxmv>
4. Gogle 圖片-食物飲料的 pH 值參考，取自 <https://reurl.cc/pWzXKb>
5. 蘋果新聞網-北投有免費溫泉季的家電先塗保護層 <https://reurl.cc/02L4kM>
6. 鐵杵磨成「鏽」花針-第 46 屆科展