

現形－探討電解的奧妙

國中組化學科第三名

台中市立向上國民中學

作者：李琬婷、鍾宜芳、黃苡恆、林暉凱

指導教師：林淑娟、吳美瑩

一、研究動機

報紙上的一則小消息吸引了我們的注意，並引起我們的興趣－「遭解體的汽車車體上識別號碼已被磨掉，警方鑑識人員正以電解方法使號碼重現，以便追查贓車」（附圖一）於是我們懷著躍躍欲試的心情，想利用電解法來實驗一下，看看真否能在被磨掉的金屬表面上找回一些蛛絲馬跡，並研究那些條件能使字跡顯現效率更高。那麼以後不但是被磨掉的車體號碼，甚至保險箱的號碼、槍械號碼、金戒指上的刻字等等都能依「法」追回。於是開始了我們下列一連串有趣的實驗。

二、研究目的

- (一) 研究金屬上打造的字，被磨平後經過一段時間電解，能否使原來字形重現。
- (二) 探討不同的電解液濃度、不同的電流強度，及不同撞擊力之金屬片，字型重現的速率。
- (三) 探討不同的金屬對字型重現的影響。
- (四) 探討被磨去的字再度重現所依據的原理。

三、研究設備器材

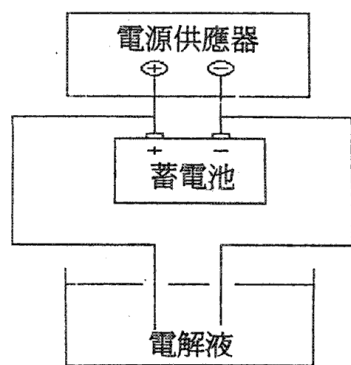
- (一) 器材：整流器、蓄電池、導線、天平、磨刀石、燒杯、量筒、玻棒、鐵片、鋁片、銅片。
- (二) 化學藥品：硫酸亞鐵、硫酸鋁、硫酸銅、蒸餾水。

四、研究過程

取十四塊鐵片（鐵片先行除銹）及一片鋁片、一塊純銅片、一塊青銅片，經打造「A」字後再以磨刀石磨至金屬面不見字跡，當作樣品。以硫酸亞鐵、硫酸鋁、硫酸銅分別配製成400ml的電解液，置於500ml的燒杯中。將樣品置於陽極，碳棒置於陰極，分別做下列四個實驗。（每個實驗做四組）

（實驗一）不同的電流強度

1. 控制變因：敲擊力相同的鐵塊（四片）
電解液的濃度為0.4M
時間90分鐘
2. 電流強度：0.3安培、0.6安培、0.85安培、1.0安培
3. 電解裝置圖：



(實驗二) 不同濃度的電解液

1. 控制變因：敲擊力相同的鐵塊（四片）
電流均為1.0安培
時間90分鐘
2. 電解液濃度：0.1M、0.2M、0.4M、0.8M
3. 電解裝置圖同（實驗一）

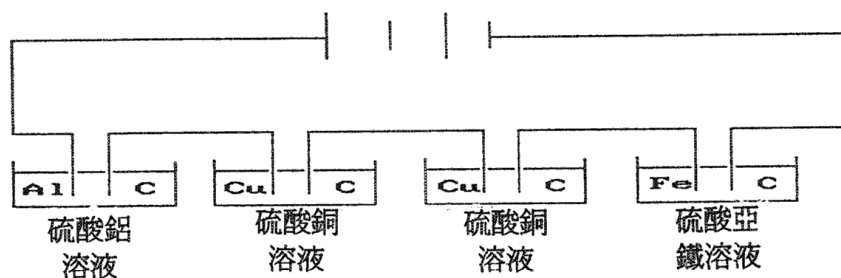
(實驗三) 不同的敲擊力

1. 控制變因：電解液濃度0.2M
電流強度1.0安培
時間120分鐘
2. 打 造 力：重擊、中擊、輕擊、未敲擊。
3. 裝置圖同（實驗一）

(實驗四) 不同的金屬片

1. 控制變因：電解液濃度0.2M
電流強度維持固定（通過每個電解槽的電流相同）
材質的敲擊力相同
時間為六小時
2. 金 屬 片：鋁、青銅、純銅、鐵

3. 電解裝置圖



五、實驗結果

(實驗一)

1. 四組實驗結果都有「A」顯現，由此可證明鐵片被打上字後再磨掉，經電解後仍可出現原來的字形。
2. 設定的四種不同電流強度：0.3A、0.6A、0.85A、1.0A 都能使敲擊後磨掉的「A」字顯現出來，而顯現的速率與清晰度為1.0A > 0.85A > 0.6A > 0.3A
3. 電解過程如下表(一)：

電流強度 觀察項目	0.3A	0.6A	0.85A	1.0A
通電後之反應速率	最慢	慢	快	最快
反應前後溶液顏色變化	草綠澄清液體變深混濁，且有沉澱物	草綠澄清液體變深混濁，且有沉澱物	草綠澄清液體變深混濁，且有沉澱物	草綠澄清液體變深混濁，且有沉澱物
陰極碳棒上的反應情形	①有H ₂ 產生 ②有珊瑚狀鐵屑附著 ③發熱	①有H ₂ 產生 ②有珊瑚狀鐵屑附著 ③發熱	①有H ₂ 產生 ②有珊瑚狀鐵屑附著 ③發熱	①有H ₂ 產生 ②有珊瑚狀鐵屑附著 ③發熱
鐵片上之反應情況	表面有一層黑色粘稠物質手摸或水洗即可除去	表面有一層黑色粘稠物質手摸或水洗即可除去	表面有一層黑色粘稠物質手摸或水洗即可除去	表面有一層黑色粘稠物質手摸或水洗即可除去
鐵片上字跡顯示之情況	不清楚	清楚	很清楚	最清楚

(實驗二)

1. 0.1M、0.2M、0.4M、0.8M的四種不同濃度的硫酸亞鐵電解液中使用相同之電流強度，顯現出「A」字的速率及清晰度皆相同。

2. 樣品電解過程如下表(二)：

FeSO ₄ 觀察項目	0.1M	0.2M	0.4M	0.8M
通入電流後之反應速率	相同	相同	相同	相同
反應前後溶液顏色變化	淡綠澄清液體變深混濁，且有沉澱物	黃綠澄清液體變深混濁，且有沉澱物	草綠澄清液體變深混濁，且有沉澱物	綠色澄清液體變深混濁，且有沉澱物
陰極碳棒上的反應情形	①有H ₂ 產生 ②有珊瑚狀鐵屑附著 ③發熱	①有H ₂ 產生 ②有珊瑚狀鐵屑附著 ③發熱	①有H ₂ 產生 ②有珊瑚狀鐵屑附著 ③發熱	①有H ₂ 產生 ②有珊瑚狀鐵屑附著 ③發熱
鐵片上之反應情況	表面有一層黑色粘稠物質手摸或水洗即可除去	表面有一層黑色粘稠物質手摸或水洗即可除去	表面有一層黑色粘稠物質手摸或水洗即可除去	表面有一層黑色粘稠物質手摸或水洗即可除去
鐵片上字跡顯示之情況	清楚	清楚	清楚	清楚

(實驗三)

1. 重、中、輕三種不同重力打造的「A」字磨掉後經電解後顯現的字以重力敲擊之字最明顯、最清晰，中擊者次之，而輕擊者字仍可見，但字痕較淺，而未敲擊者其陰極與陽極之反應情況大致如前三者，但無字跡顯示出來。

2. 樣品電解過程如下表(三)：

敲擊力 觀察項目	重 度	中 度	輕 度	未 敲 擊
通入電流後之反應速率	十分鐘後出現	十分鐘後出現	十五分鐘後出現	無
反應前後溶液顏色變化	黃綠澄清液體變深混濁，且有沉澱物	黃綠澄清液體變深混濁，且有沉澱物	黃綠澄清液體變深混濁，且有沉澱物	黃綠澄清液體變深混濁，且有沉澱物
陰極碳棒上的反應情形	①有H ₂ 產生 ②有珊瑚狀鐵屑附著 ③發熱	①有H ₂ 產生 ②有珊瑚狀鐵屑附著 ③發熱	①有H ₂ 產生 ②有珊瑚狀鐵屑附著 ③發熱	①有H ₂ 產生 ②有珊瑚狀鐵屑附著 ③發熱
鐵片上之反應情況	表面有一層黑色粘稠物質手摸或水洗即可除去	表面有一層黑色粘稠物質手摸或水洗即可除去	表面有一層黑色粘稠物質手摸或水洗即可除去	表面有一層黑色粘稠物質手摸或水洗即可除去
鐵片上字跡顯示之情況	很清楚	清楚	較不清楚	無字

(實驗四)

1. 由此實驗我們發現不僅鐵有此反應，鋁、銅亦有。
2. 出現「A」字痕的速率以鋁最早，其次為鐵，而青銅、純銅則出現得很晚，但最後發現青銅、純銅的字跡最清楚。
3. 樣品電解過程如下表(四)：

金屬 觀察項目	鋁	青銅	純銅	鐵
通入電流後之反應速率	最快 10分	慢 4時 37分	最慢 4時 40分	快 25分
反應前後溶液顏色變化	反應前後硫酸鋁溶液均是無色透明	反應前後硫酸銅溶液均是藍色透明	反應前後硫酸銅溶液均是藍色透明	黃綠澄清液體變深混濁，且有沉澱物
陰極碳棒上的反應情形	①有鋁銹 ②有氣體產生 ③發熱	①鍍上一層紅色金屬光澤物質 ②發熱	①鍍上一層紅色金屬光澤物質 ②發熱	①有鋁 ②有氣體產生 ③發熱
樣品的反應情況	①被腐蝕 ②鋁片上有一層銀色稠物	外表無明顯變化	外表無明顯變化	表面有一層黑色稠物質手摸或水洗即可除去
樣品字跡顯示之情況	較不清楚	清楚	最清楚	清楚

六、討 論

- (一) 取得的鐵片生滿許多鐵銹，實驗之初先使用砂紙將鐵銹磨掉，很耗時且不易去除乾淨，後來發現鐵銹易溶於酸性溶液中，故採用濃度2M的鹽酸來除銹，效果非常好，由此了解家中為何用鹽酸來清除廚房及浴室。
- (二) 金屬片經撞擊而破壞了金屬的結晶構造，造成結晶變形，受撞擊部份的結晶粒子排列方式改變，變成化學活性較大的小結晶雖然經磨平但其晶粒粗粗的分佈依舊依字形的位存在著，原凹陷部份活性高於其它部分，故在電解時，反應較快，因此可將原有的字形顯示出來。
- (三) 實驗初使用蓄電池做電源供應器，但發現電流隨時間而衰減，為解決此問題改用電源供應器，但電壓依然不穩定，為固定電壓，改採用6V的鉛電池與6V的電源供應器並聯使用，當電源供應器的電壓小於6V時，鉛電池可提供電壓，當電源供應器的電壓大於6V時，則可同時對鉛電池充電，同時適時調整兩電極間的距離，使其達到定電流、定電壓之目的。
- (四) 實驗一中，採用相同濃度的電解液而各金屬片受撞擊程度亦約略相同，用不同

電流強度執行電解，發現電流愈大，則字體出現愈快愈清晰。 $Q = I \times T$ Q ：電量， I ：電流強度， T ：時間，在同樣時間下電流愈大，則電荷數目愈多， $Q / 2 \times 6.25 \times 10^{18}$ 是Fe原子被電解數目($Fe \rightarrow Fe^{2+} + 2e^-$)電荷數目愈大則代表電解鐵的數目愈多，故可合理解釋電流愈大，愈可及早到達字跡的現形。

- (五) 實驗二中採用相同的電流強度且金屬片撞擊的程度也約略相同，選用不同的電解液濃度執行電解，實驗發現電解液的濃度大小與字跡出現的快慢及清晰程度無關。因為電流強度一定電解時間相同，那麼每個鐵片可以獲得的電荷數目相同，亦使鐵被電解的數目相同，因此字跡出現沒有差別。由此經驗在以後做電解實驗時溶液的濃度可以不要太濃。
- (六) 相同材質的鐵片在受到不同大小的撞擊下結晶粒子應受到輕重不同的破壞，受到重創的鐵片結晶粒子應分裂的更細更具有化學活性更易被電解出來，為了證明此一想法故設計了相同電流強度及電解時間但使用不同力量撞擊過的鐵片來執行電解實驗。實驗的結果完全吻合理論的推導。
- (七) 於實驗四中選用的四種不同金屬片於相同的條件下進行反應，結果字體出現的先後順序分別為鋁、鐵、青銅、純銅，原因可由金屬的活性來討論。此三種元素的活性大小為鋁 > 鐵 > 銅。活性大的金屬本身進行反應時所需要反應的時間短，但最後字跡出現的清晰程度卻是銅 > 鐵 > 鋁，此點可用下列兩個觀點來討論：
1. 固定電流下定時的電解能使每一金屬片獲得相同之電荷數， $Q = I \times T$ ，而電解一莫耳的鋁原子須要3莫耳的電子 $Al \rightarrow Al^{3+} + 3e^-$ 但電解1莫耳的鐵或銅卻是要2莫耳的電子 $Fe \rightarrow Fe^{2+} + 2e^-$ $Cu \rightarrow Cu^{2+} + 2e^-$ 如今提供等量的電荷當然可電解較多量的鐵和銅，所以鐵和銅最後出現的字跡較清晰。
 2. 電解後字跡可以顯示出來是由於金屬本身破壞部分與未被破壞部分對電解反應的差異性。撞擊部分位移程度不同使得氧化反應較快，但最後字跡的清晰度可推知外力破壞銅的原子結構最劇烈，鐵次之，而鋁較不明顯。

七、結 論

- (一) 經實驗證明受撞擊後業以改變結晶粒子的性質，即使將金屬表面磨平也可藉由科學方法將其重新顯示出來。
- (二) 金屬在電解後的清晰度與通過的電荷數成正比。電流大時間短
- (三) 進行電解實驗時，電解液濃度對反應沒有太大影響，故可使用較小濃度，以節省藥品。
- (四) 晶粒受撞擊愈大，性質改變愈強烈，愈容易被電解出來。

(ㄨ) 活性愈大的金屬，愈容易被電解出來。

(ㄨ) 法網恢恢疏而不漏，不可以爲所作所爲是天衣無縫而可逍遙法外，奉勸不法者不可以身試法，誤入歧途而遺憾終身。

八、參考資料

1. 中國時報1992-11-03 十七版
2. 國中理化課本(三)、(四)

評語

優點：

1. 聯想力豐富，能從生活化的資訊產生研究主題，並加以探討。
2. 初步構想正確，因金屬結構曾遭破壞即會影響其電解速率，此與金屬經彎曲後較易銹蝕同樣道理。

待改進部分：

1. 較缺乏量化之觀念，敲擊力之大小應予量化，不可只以人爲感覺分重、中、輕。
2. 字跡再現性與磨平之程度息息相關，如何控制其磨平的一致性應有一套方法。