

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

031628

監獄大逃亡-利用電與腐蝕逃出監獄

學校名稱： 花蓮縣立國風國民中學

|        |       |
|--------|-------|
| 作者：    | 指導老師： |
| 國二 程凱煜 | 林宥廷   |
| 國二 蔡宜靜 | 林瓊音   |
| 國二 葉先博 |       |
| 國二 凌岳群 |       |

關 鍵 詞：食用調味料、電池效應、電化學腐蝕  
(Electro-chemical corrosion)

# 監獄大逃亡--利用電與腐蝕逃出監獄

## 壹、摘要

我們以生活中常見的食品，如：蕃茄醬、醬油、醋等酸性物質，對監獄中的鐵窗進行侵蝕模擬，針對不同金屬（鐵、不鏽鋼、銅、鋅、鋁）腐蝕情形進行實驗。其中本組與歷屆科展實驗較不同的是一通上了直流電，我們意外的發現了蕃茄醬、醬油及醋的腐蝕性極佳，其次是味精水溶液。而以鹽水來說，金屬的體積不減反增。關於通上直流電的實驗我們發現以金屬充當兩極也有可能造成腐蝕情形，結論為味精水溶液的腐蝕性極佳，便以它當作電解液來實驗。結果意外發現活性小的銅用此種方法的腐蝕效果極佳，而鐵的作用也不差。我們實驗的五種金屬的最佳腐蝕方法如下：

- 一、銅在味精水溶液中作為兩極的腐蝕效果極佳。
- 二、鐵普遍會氧化，在味精水溶液中作為兩極的腐蝕效果極佳。
- 三、不鏽鋼在電解的醬油和蕃茄醬中效果最佳。
- 四、鋁在電解的醬油和蕃茄醬中效果最佳。
- 五、鋅普遍在酸性溶液中腐蝕效果都不錯。

## 貳、研究動機

某天巧妙地在網路上看見一封來自墨西哥的流言，是說一位在監獄裡的囚犯花了六年的時間在鐵窗上塗抹莎莎醬逃出監獄。看過這封流言後不知道此事是不是真的，正當我們疑惑時，**Discovery** 有個節目「流言破解者」證明了這個流言屬實，但他們只針對莎莎醬來腐蝕鐵窗，我們不免提出質疑。如果在台灣呢？台灣並不是莎莎醬的產地，但這美食之都卻有無數食品醬料，如果把範圍限定為台灣，同樣的情況，是否可像那位囚犯一樣使用監獄中可以帶進去的東西逃出監獄？這讓我們十分傷腦筋。因此激發了我們的好奇心。如果可以，那要如何加快腐蝕速度呢？

## 參、研究目的

一、檢驗所聽流言是否為真。

(一) 探討生活中常見的食物對金屬的腐蝕效果。

1. 鹽水
2. 自來水
3. 味精水溶液
4. 可樂
5. 食用醋
6. 蕃茄醬
7. 醬油

二、檢驗所聽流言之腐蝕速度是否能加快。

(一) 探討生活中常見的食物通直流電對金屬的腐蝕效果。

三、探討以金屬當兩極的腐蝕效果。

(一) 何種食物當電解液，通電後腐蝕效果最佳。

(二) 何種金屬在味精水溶液中當兩極下，通電後腐蝕效果最佳。

四、探討伏打電池對金屬的腐蝕效果。

(一) 探討鋅銅電池的腐蝕效果。

(二) 探討鐵銅電池的腐蝕效果。

(三) 探討鋁銅電池的腐蝕效果。

(四) 探討不鏽鋼銅電池的腐蝕效果。

## 肆、研究設備及器材

表一 研究設備及器材

| 研究設備及器材   | 數量   | 研究設備及器材   | 數量   |
|-----------|------|-----------|------|
| 燒杯 250ml  | 27 個 | 燒杯 1000ml | 1 個  |
| 電線（附鱷魚夾）  | 16 條 | 刮勺        | 1 支  |
| 伏特計       | 1 座  | 玻璃棒       | 4 支  |
| 電子天平      | 1 座  | 鑷子        | 4 支  |
| 鐵釘        | 數多支  | 銅片        | 1 大片 |
| 不鏽鋼片 18-8 | 1 大片 | 鋁片        | 1 大片 |
| 醬油        | 1 罐  | 鋅片        | 1 大片 |
| 醋酸        | 1 瓶  | 鹽（NaCl）   | 1 包  |
| 可樂        | 1 瓶  | 味精        | 1 包  |
| 直流電源供應器   | 1 座  | 蕃茄醬       | 1 罐  |

|         |     |               |     |
|---------|-----|---------------|-----|
| 脫脂棉     | 少許  | U 型管          | 4 支 |
| 硫酸鋅     | 少許  | 硫酸銅           | 少許  |
| 氫氧化鈉    | 少許  | 硫酸鐵           | 少許  |
| 直流電源供應器 | 1 台 | 酸鹼計(pH Meter) | 1 台 |

## 伍、研究過程或方法

一、檢驗生活中常見的食物對金屬的腐蝕效果。

※預備實驗：

(一)測量各實驗水溶液酸鹼度

- 1.將酸鹼計校正並測量；
- 2.每測量完便以蒸餾水沖洗；
- 3.反覆 1.2.步驟。

表二 預備實驗各溶液酸鹼度

| 溶液  | 味精水  | 醋    | 醬油   | 蕃茄醬  | 鹽水   | 可樂   | 自來水  |
|-----|------|------|------|------|------|------|------|
| 酸鹼度 | 7.22 | 4.17 | 5.38 | 4.87 | 7.17 | 3.98 | 7.56 |

(二)調查各實驗金屬密度

表三 預備實驗各金屬密度

| 金屬                 | 銅 | 不鏽鋼  | 鋁   | 鐵   | 鋅   |
|--------------------|---|------|-----|-----|-----|
| 密度<br>( $g/cm^3$ ) | 9 | 7.85 | 2.7 | 7.9 | 7.2 |

※實驗一：探討生活中常見的食物對金屬的腐蝕效果。

實驗一以常見的金屬對食物進行腐蝕的實驗，並找出能普遍腐蝕各種金屬且效果佳的食物。

(一)實驗材料：

1. 食品—鹽水、自來水、味精水溶液、可樂、食用醋、蕃茄醬、醬油；
2. 金屬—鐵釘、銅片、鋅片、不鏽鋼片、鋁片；
3. 燒杯。

(二)實驗步驟：

1. 調製水溶液：
  - (1) 鹽水：調製飽和食鹽水。
  - (2) 味精水溶液：調製飽和味精水。
  - (3) 可樂：市售可口可樂。
  - (4) 自來水：學校一般用水（未放置或曝曬過）。
  - (5) 食用醋：市售工研用醋。
  - (6) 蕃茄醬：市售可果美蕃茄醬。
  - (7) 醬油：市售味全醬油。
2. 將鹽水、自來水、味精水溶液、可樂、食用醋、蕃茄醬、醬油各取 200 cc 置於燒杯中。
3. 剪取等重的銅、鐵、鋁、鋅、不鏽鋼片 0.8g 各 7 片。
4. 將金屬片放入食品溶液中，各金屬片以不接觸的方式放入食品溶液中。
5. 放置三天後將金屬片取出放至陰乾，後擦拭乾淨秤重（單位克）。
6. 此實驗觀察 12 天，3 天記錄一次金屬片的重量，共記錄 5 次。

## 二、檢驗所聽流言之腐蝕速度是否能加快。

### ※實驗二：探討生活中常見的食物通直流電對金屬的腐蝕效果。

再取 200 cc 實驗一 的食品溶液來進行實驗。將 5 種金屬放入其中，並通上直流電，觀察是否能加快腐蝕速度。

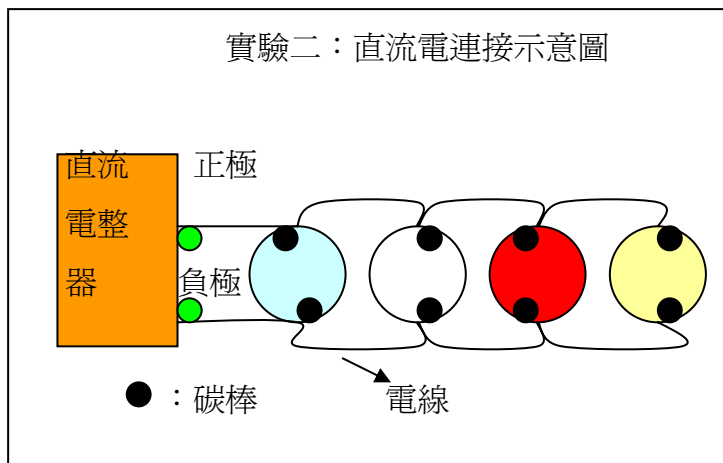
#### （一）實驗材料：

1. 食品—鹽水、自來水、味精水溶液、可樂、食用醋、蕃茄醬、醬油；
2. 金屬—鐵釘、銅片、鋅片、不鏽鋼片、鋁片；
3. 燒杯、碳棒、電線（附鱷魚夾）、直流電源供應器。

#### （二）實驗步驟：

1. 調製與實驗一相同水溶液。
2. 將鹽水、自來水、味精水溶液、可樂、食用醋、蕃茄醬油倒入燒杯至 200 cc。
3. 剪取等重的銅、鐵、鋁、鋅、不鏽鋼片 0.8g 各 7 片。
4. 將金屬片放入食品溶液中，各金屬片以不接觸的方式放入食品溶液中。
5. 將碳棒與電線連接，放入溶液的燒杯中，各燒杯以串聯方式連接（如圖一）。
6. 以 10 伏特的直流電電擊溶液，且碳棒不可接觸金屬片。
7. 此實驗觀察 5 天，每天記錄一次金屬片的重量，共記錄 5 次。

（備註：此實驗重複 3 次）



圖一 實驗二：直流電連接示意圖

三、探討以金屬當兩極的腐蝕效果。

※實驗三：探討何種溶液當電解液腐蝕效果最好。

用實驗一的食品溶液來進行實驗。將鐵釘當兩極，並通上直流電，觀察是否能加快腐蝕速度。

(一) 實驗材料：

1. 食品—鹽水、自來水、味精水溶液、可樂、食用醋、蕃茄醬、醬油；
2. 金屬—鐵釘；
3. 燒杯、電線（附鱷魚夾）、直流電源供應器。

(二) 實驗步驟：

1. 調製與實驗一相同水溶液。
2. 使用實驗二連接方式將碳棒換為鐵釘。
3. 將鐵釘秤重，並記錄正負極的質量變化，實驗一天，共記錄一次。

（備註：此實驗重複 3 次）

※實驗四：何種金屬兩極下，通電後腐蝕效果最佳。

在實驗三中我們發現味精水當電解液腐蝕效果特好，進而以金屬的兩極放入其中，並探討其腐蝕能力。

(一) 實驗材料：

1. 食品—味精水溶液；
2. 金屬—鐵釘、銅片、鋅片、不鏽鋼片、鋁片；
3. 燒杯、電線（附鱷魚夾）、直流電源供應器。

(二) 實驗步驟：

1. 選出實驗三中腐蝕效果最好的溶液—味精水溶液。調製味精水溶液：以 200 cc 水：40g 味精調製飽和溶液。
2. 使用實驗二連接方式將碳棒換為鐵釘、銅片、鋅片、不鏽鋼片、鋁片。
3. 將金屬秤重，並記錄正負極的質量變化，此實驗觀察一小時的變化，並記錄結果。

（備註：此實驗重複 3 次）

#### 四、探討伏打電池對金屬的腐蝕效果。

※實驗五：探討伏打電池的腐蝕效果。

運用實驗四的方法是否能轉為伏打電池而能在沒電源的地方腐蝕金屬，並且探索其腐蝕力。

##### （一）實驗材料：

燒杯、刮勺、玻璃棒、脫脂棉、U 型管、電線（附鱷魚夾）、鐵釘、銅片、鋅片、不鏽鋼片、鋁片、伏特計、硫酸銅、硫酸鋅、硫酸鐵、氫氧化鈉、鹽。

##### （二）實驗步驟：

##### 1. 製作電池。

（1）鋅銅電池。調製 0.1M 硫酸鋅與硫酸銅分別倒入杯中，並放入銅片與鋅片，再用導線連接毫安培計和銅、鋅片。

（2）鐵（不鏽鋼）銅電池。調製 0.1M 硫酸鐵與硫酸銅分別倒入杯中，並放入鐵片與鋅片，再用導線連接毫安培計和鐵、鋅片。

（3）鋁銅電池。調製 0.1M 氫氧化鈉與硫酸銅分別倒入杯中，並放入鋁片與鋅片，再用導線連接毫安培計和鋁、鋅片。

（備註：註：將金屬片裁為 0.8g 重）

##### 2. 觀察並記錄各金屬片的重量。

（備註：此實驗重複 3 次）

## 陸、研究結果

### 一、檢驗所聽流言是否為真

※實驗一：探討生活中常見的食物對金屬的腐蝕效果。

以常見的金屬對食物進行腐蝕的實驗，並找出能普遍腐蝕各種金屬且效果佳的食

品，共觀察了 12 天，爲了取用客觀的數值以減少的體積做圖，(密度= $\frac{\text{質量}}{\text{體積}}$ ；體積= $\frac{\text{質量}}{\text{密度}}$ )

數據整理成圖表如下：

表四 實驗一：金屬減少體積（第三天）

| 實驗一（第三天） |              |              |              |              |              | 單位：克 |
|----------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|------|
| 金屬<br>溶液 | 銅            | 不鏽鋼          | 鋁            | 鐵            | 鋅            |      |
| 味精水      | 0.001        | 0.099        | <b>0.006</b> | <b>0.019</b> | <b>0.018</b> |      |
| 醋        | 0.002        | 0.100        | -0.009       | 0.004        | 0.013        |      |
| 醬油       | <b>0.009</b> | 0.097        | 0.000        | 0.007        | -0.002       |      |
| 蕃茄醬      | 0.007        | 0.098        | -0.006       | 0.013        | -0.005       |      |
| 鹽水       | 0.002        | 0.097        | -0.014       | <b>0.019</b> | -0.006       |      |
| 可樂       | 0.007        | 0.100        | -0.023       | 0.004        | 0.000        |      |
| 自來水      | 0.002        | <b>0.102</b> | -0.029       | 0.005        | -0.011       |      |

表五 實驗一：金屬減少體積（第六天）

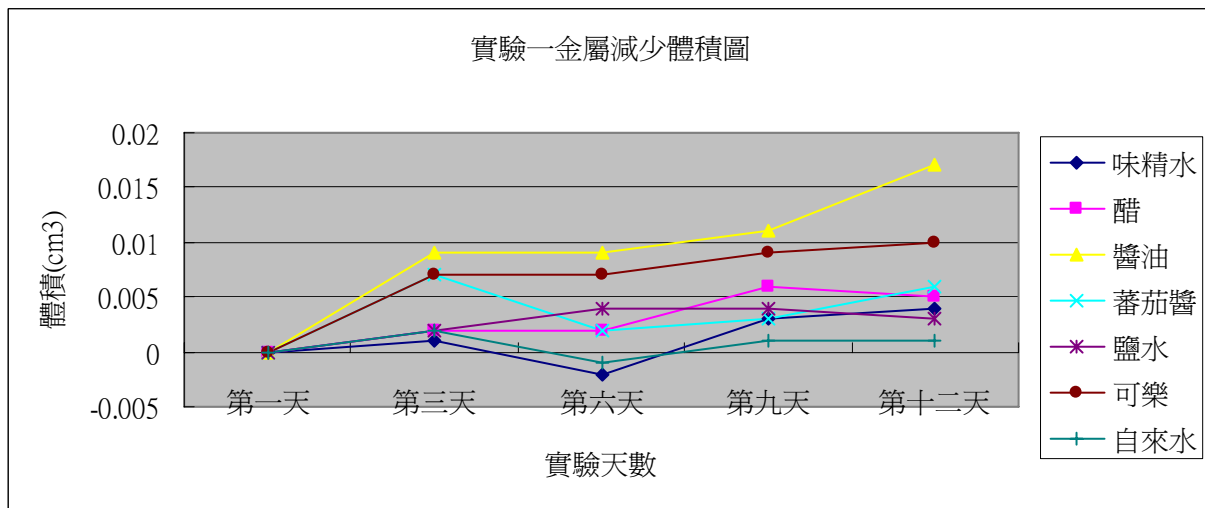
| 實驗一（第六天） |              |              |              |              |              | 單位：克 |
|----------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|------|
| 金屬<br>溶液 | 銅            | 不鏽鋼          | 鋁            | 鐵            | 鋅            |      |
| 味精水      | -0.002       | 0.094        | <b>0.021</b> | <b>0.022</b> | <b>0.044</b> |      |
| 醋        | 0.002        | 0.101        | -0.010       | 0.004        | 0.030        |      |
| 醬油       | <b>0.009</b> | 0.099        | -0.003       | 0.007        | 0.007        |      |
| 蕃茄醬      | 0.002        | 0.096        | -0.020       | 0.013        | -0.001       |      |
| 鹽水       | 0.004        | 0.098        | -0.033       | 0.015        | -0.007       |      |
| 可樂       | 0.007        | <b>0.102</b> | -0.006       | 0.007        | 0.002        |      |
| 自來水      | -0.001       | 0.100        | -0.034       | 0.003        | -0.018       |      |

表六 實驗一：金屬減少體積（第九天）

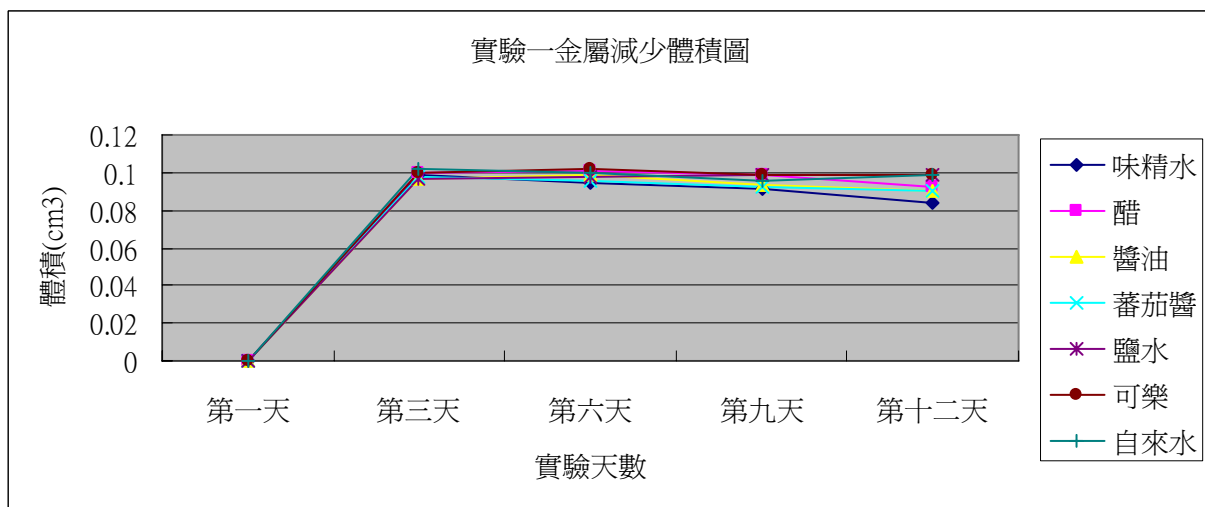
| 實驗一（第九天） |              |              |              |              |              | 單位：克 |
|----------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|------|
| 金屬<br>溶液 | 銅            | 不鏽鋼          | 鋁            | 鐵            | 鋅            |      |
| 味精水      | 0.003        | 0.091        | <b>0.038</b> | <b>0.023</b> | 0.038        |      |
| 醋        | 0.006        | <b>0.099</b> | -0.007       | 0.007        | <b>0.091</b> |      |
| 醬油       | <b>0.011</b> | 0.093        | -0.012       | 0.009        | 0.007        |      |
| 蕃茄醬      | 0.003        | 0.092        | -0.007       | 0.012        | -0.005       |      |
| 鹽水       | 0.004        | <b>0.099</b> | -0.017       | 0.020        | -0.007       |      |
| 可樂       | 0.009        | <b>0.099</b> | -0.016       | 0.010        | 0.002        |      |
| 自來水      | 0.001        | 0.096        | -0.032       | 0.007        | -0.013       |      |

表七 實驗一金屬減少體積（第十二天）

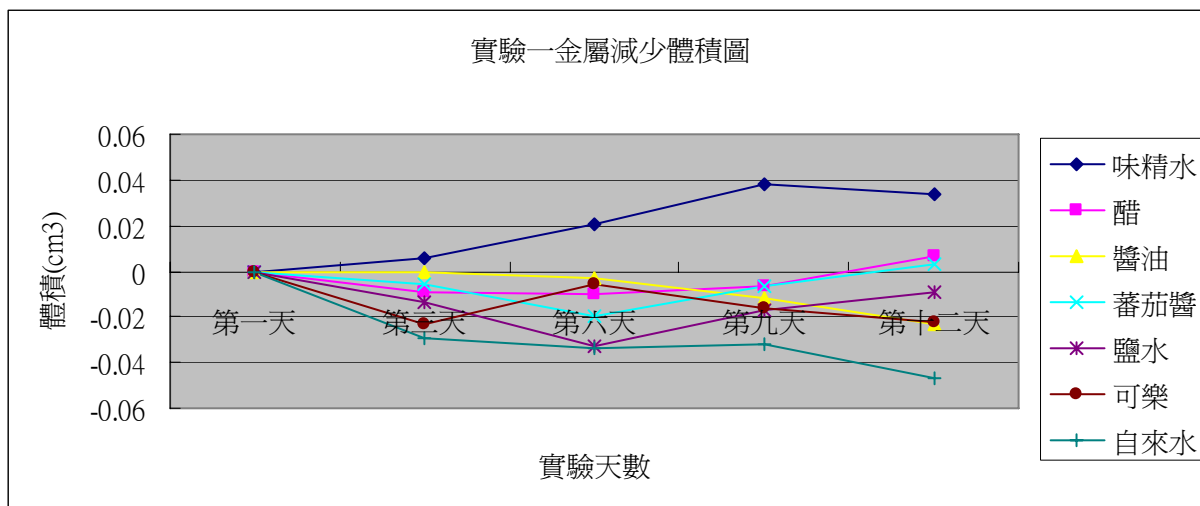
| 實驗一（第十二天） |              | 單位：克         |              |              |              |  |
|-----------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--|
| 金屬<br>溶液  | 銅            | 不鏽鋼          | 鋁            | 鐵            | 鋅            |  |
| 味精水       | 0.004        | 0.084        | <b>0.034</b> | 0.018        | 0.051        |  |
| 醋         | 0.005        | 0.092        | 0.007        | 0.014        | <b>0.103</b> |  |
| 醬油        | <b>0.017</b> | 0.090        | -0.023       | 0.014        | 0.005        |  |
| 蕃茄醬       | 0.006        | 0.090        | 0.003        | 0.009        | -0.005       |  |
| 鹽水        | 0.003        | <b>0.099</b> | -0.009       | <b>0.019</b> | -0.008       |  |
| 可樂        | 0.010        | <b>0.099</b> | -0.022       | 0.009        | 0.004        |  |
| 自來水       | 0.001        | <b>0.099</b> | -0.047       | 0.002        | -0.019       |  |



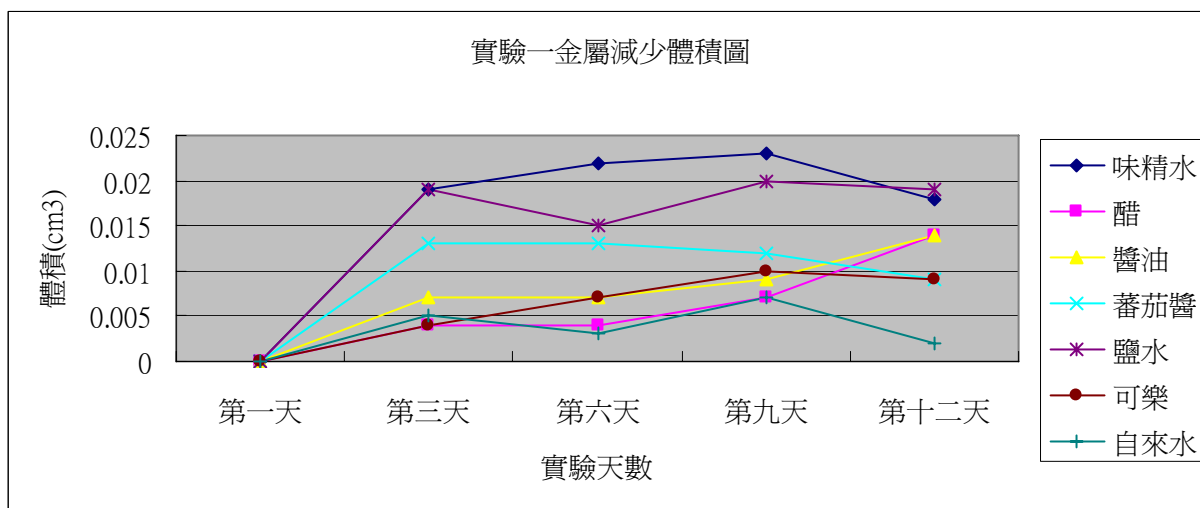
圖二 實驗一：金屬—銅體積減少圖



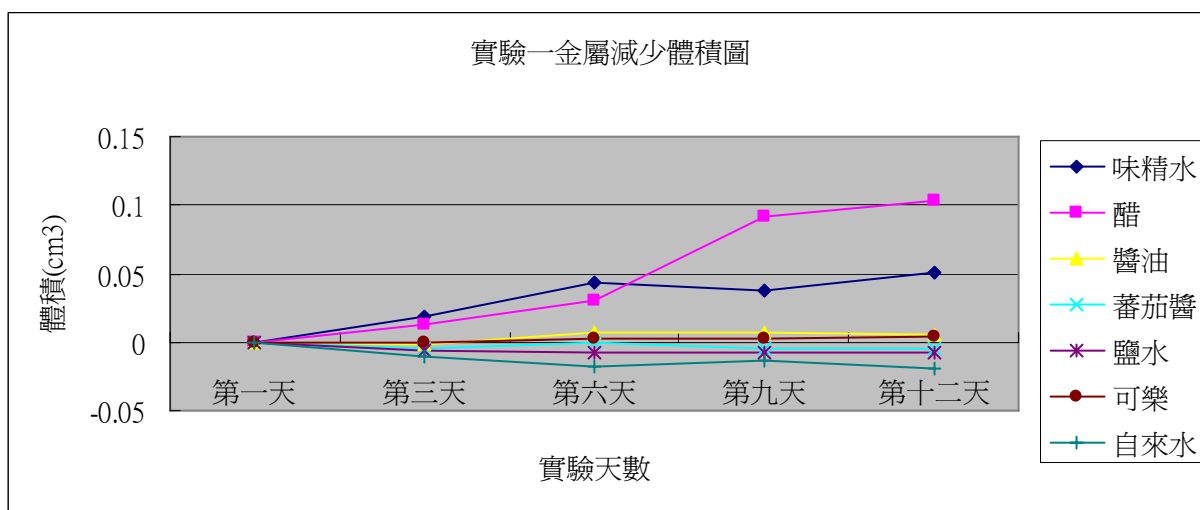
圖三 實驗一：金屬—不鏽鋼體積減少圖



圖四 實驗一：金屬—**鋁**體積減少圖



圖五 實驗一：金屬—**鐵**體積減少圖



圖六 實驗一：金屬—**鋅**體積減少圖

◎結果說明：

- (一) 銅：腐蝕效果皆不顯著，醬油的腐蝕銅能力稍好，可樂其次。自來水則最差。
- (二) 不鏽鋼：腐蝕效果皆不顯著，味精水的腐蝕銅能力稍好，醬油其次。可樂則最差。
- (三) 鋁：腐蝕效果皆不顯著，味精水的腐蝕銅能力稍好，醋其次。自來水則最差。
- (四) 鐵：腐蝕效果皆不顯著，味精的腐蝕鐵能力稍好，鹽水其次。自來水則最差。
- (五) 鋅：醋的腐蝕銅能力較好，自來水則最差。

證明所聽的流言有可能是真的，但無法證明是否能在六年內侵蝕完畢。

二、探討生活中常見的食物通電與金屬的腐蝕。

※實驗二：探討生活中常見的食物通直流電對金屬的腐蝕效果。

用實驗一的食物溶液來進行實驗。將 5 種金屬放入其中，並通上直流電，觀察是否能加快腐蝕速度，共觀察了 4 天，為了取用客觀的數值以減少的體積做圖，(密度= $\frac{\text{質量}}{\text{體積}}$ ；

體積= $\frac{\text{質量}}{\text{密度}}$ )，將數據整理如下：

表八 實驗二：金屬減少體積（第二天）

| 實驗 二（第二天） |              |              |              |              |              | 單位：克 |
|-----------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|------|
| 金屬<br>溶液  | 銅            | 不鏽鋼          | 鋁            | 鐵            | 鋅            |      |
| 味精        | -0.003       | 0.099        | -0.031       | 0.009        | 0.004        |      |
| 醋         | -0.001       | 0.090        | <b>0.043</b> | <b>0.016</b> | <b>0.067</b> |      |
| 醬油        | <b>0.012</b> | 0.099        | 0.029        | 0.005        | 0.051        |      |
| 蕃茄醬       | 0.000        | 0.106        | 0.035        | 0.009        | 0.021        |      |
| 鹽         | -0.003       | <b>0.111</b> | -0.049       | 0.006        | 0.005        |      |
| 可樂        | -0.019       | 0.102        | -0.010       | 0.012        | 0.008        |      |
| 自來水       | -0.002       | 0.099        | -0.009       | 0.014        | -0.009       |      |

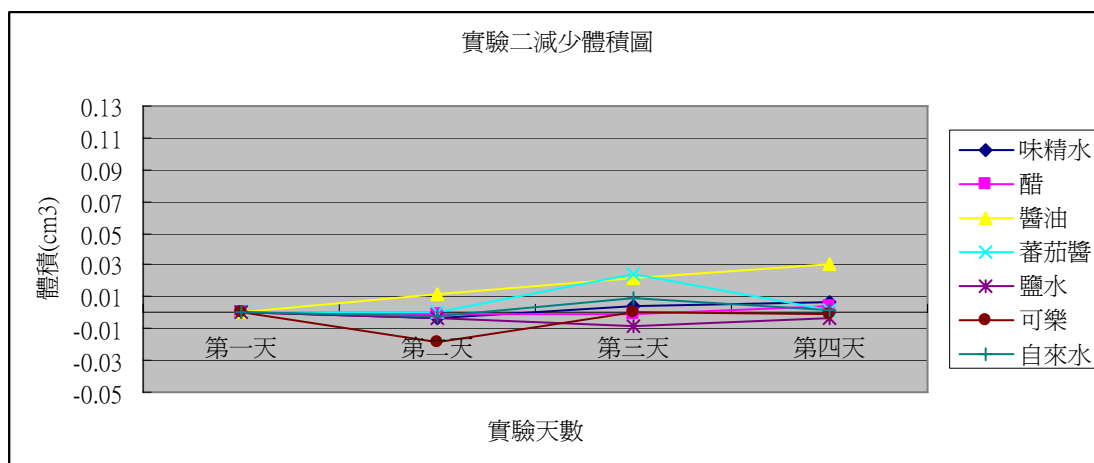
表九 實驗二：金屬減少體積（第三天）

| 實驗 二（第三天） |        |       |        |       |              | 單位：克 |
|-----------|--------|-------|--------|-------|--------------|------|
| 金屬<br>溶液  | 銅      | 不鏽鋼   | 鋁      | 鐵     | 鋅            |      |
| 味精        | 0.004  | 0.090 | -0.038 | 0.014 | 0.005        |      |
| 醋         | -0.001 | 0.083 | 0.022  | 0.031 | <b>0.076</b> |      |
| 醬油        | 0.022  | 0.084 | 0.079  | 0.012 | 0.064        |      |

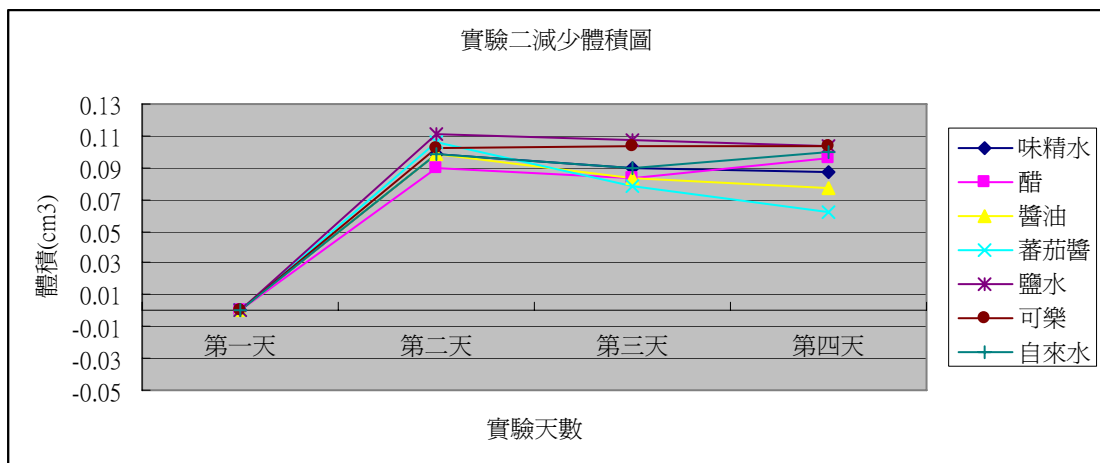
|     |              |              |              |              |       |  |
|-----|--------------|--------------|--------------|--------------|-------|--|
| 蕃茄醬 | <b>0.024</b> | 0.078        | <b>0.129</b> | <b>0.038</b> | 0.051 |  |
| 鹽   | -0.009       | <b>0.107</b> | -0.044       | 0.013        | 0.016 |  |
| 可樂  | 0.000        | 0.104        | -0.021       | 0.025        | 0.024 |  |
| 自來水 | 0.009        | 0.090        | 0.036        | 0.008        | 0.000 |  |

表十 實驗二：金屬減少體積（第四天）

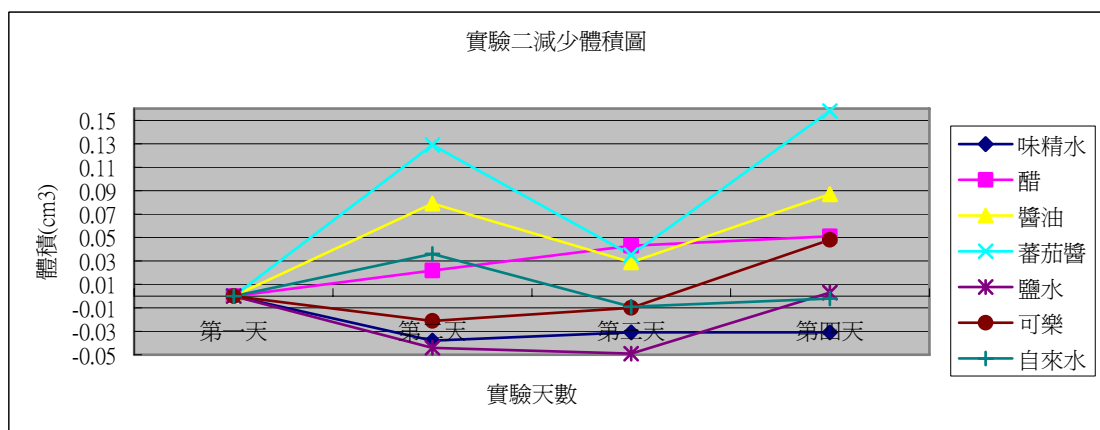
| 實驗 二（第四天） |              |              |              |              |              | 單位：克 |
|-----------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|------|
| 金屬<br>溶液  | 銅            | 不鏽鋼          | 鋁            | 鐵            | 鋅            |      |
| 味精水       | <b>0.007</b> | 0.087        | -0.031       | 0.022        | 0.002        |      |
| 醋         | 0.004        | 0.096        | 0.051        | <b>0.035</b> | <b>0.088</b> |      |
| 醬油        | 0.030        | 0.077        | 0.087        | 0.000        | 0.087        |      |
| 蕃茄醬       | 0.002        | 0.062        | <b>0.158</b> | <b>0.035</b> | 0.044        |      |
| 鹽水        | -0.003       | <b>0.104</b> | 0.003        | 0.008        | 0.010        |      |
| 可樂        | -0.001       | <b>0.104</b> | 0.048        | 0.029        | 0.008        |      |
| 自來水       | 0.001        | 0.100        | -0.002       | 0.009        | -0.013       |      |



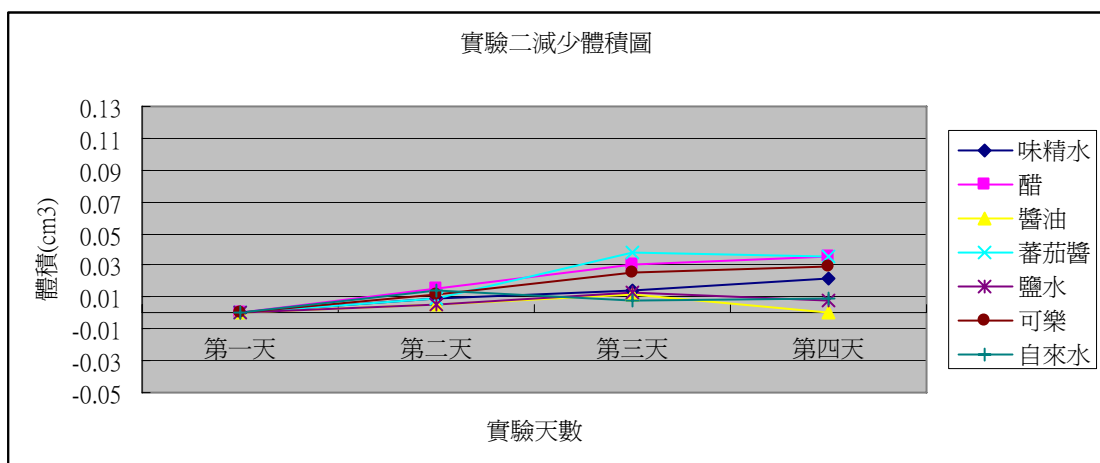
圖七 實驗二：金屬—銅體積減少圖



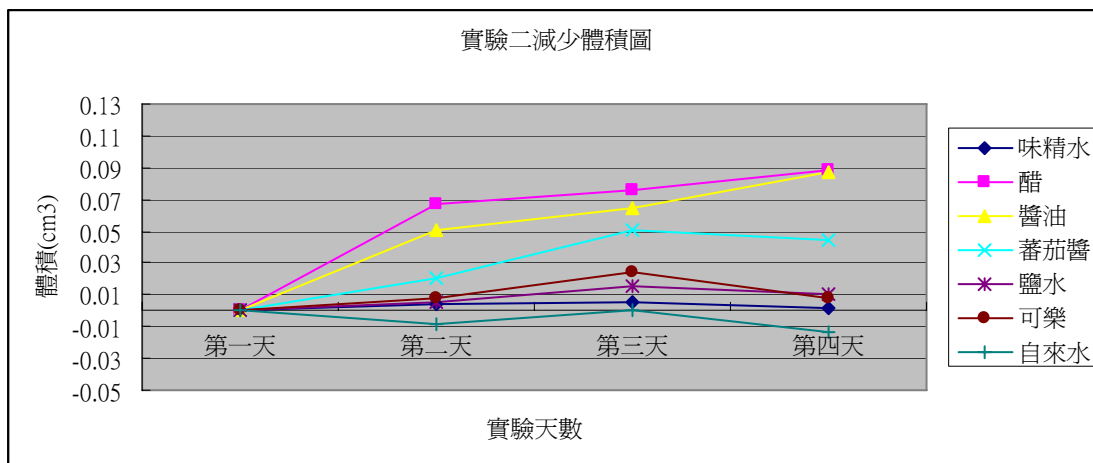
圖八 實驗二：金屬—不鏽鋼體積減少圖



圖九 實驗二：金屬—鋁體積減少圖



圖十 實驗二：金屬—鐵體積減少圖



圖十一 實驗二：金屬—**鋅**體積減少圖

◎ 結果說明：由數據發現生活中常見的食物通電與不同金屬的腐蝕情形如下：

- (一) 銅：醬油的腐蝕銅能力較好，而鹽水最差。有可能因為氧化而質量增加。
- (二) 不鏽鋼：蕃茄醬腐蝕不鏽鋼的能力較好，醬油其次，鹽水則最差。有可能因為氧化而質量增加。
- (三) 鋁：腐蝕效果皆不顯著，蕃茄醬腐蝕鋁的能力稍好，醬油其次，味精水則最差。
- (四) 鐵：腐蝕效果皆不顯著，蕃茄醬腐蝕鐵的能力稍好，醋其次，醬油則最差。
- (五) 鋅：醋和醬油腐蝕銅的能力較好，自來水則最差。

◎ 結果發現：統整發現蕃茄醬腐蝕效果普遍很好，醬油也不錯，但腐蝕鐵就沒那麼好，證明我們聽到的流言有可能是事實，並且找到更快速腐蝕金屬的方法。

三、探討以金屬當兩極的腐蝕效果。

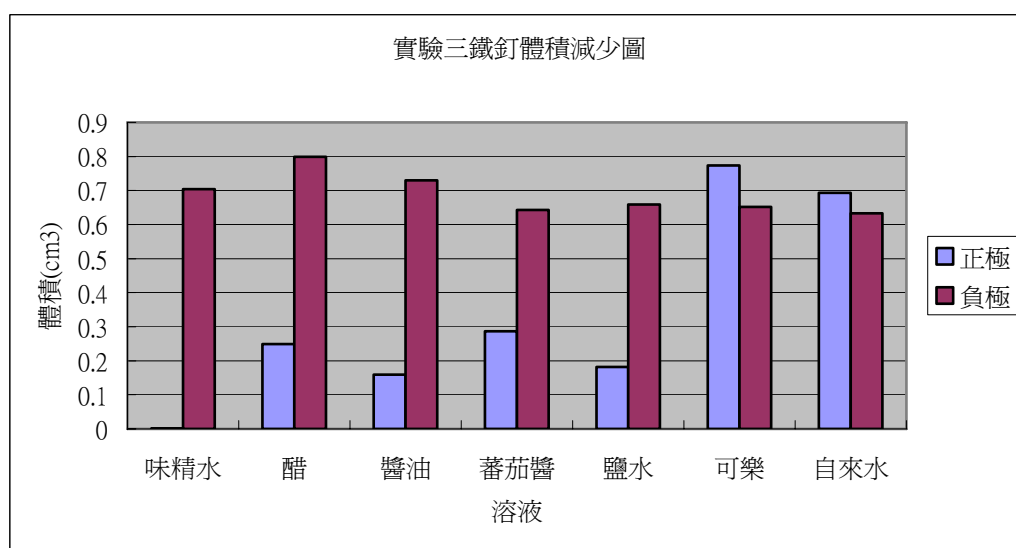
※實驗三：探討何種溶液當電解液腐蝕效果最好。

用實驗一的食品溶液來進行實驗。將鐵釘當兩極，並通上直流電，觀察是否能加快腐蝕速度，共觀察了 3 天，為了取用客觀的數值以**體積**做圖，(密度= $\frac{\text{質量}}{\text{體積}}$ ；體積= $\frac{\text{質量}}{\text{密度}}$ )

將數據整理如下頁：

表十一 實驗三：鐵釘體積

| 實驗三      |       | 單位：克  |              |              |
|----------|-------|-------|--------------|--------------|
| 鐵釘<br>溶液 | 原來體積  |       | 結果體積         |              |
|          | 正極    | 負極    | 正極           | 負極           |
| 味精水      | 0.633 | 0.633 | <b>0.001</b> | 0.704        |
| 醋        | 0.633 | 0.633 | 0.249        | 0.799        |
| 醬油       | 0.633 | 0.633 | 0.159        | 0.734        |
| 蕃茄醬      | 0.633 | 0.633 | 0.286        | 0.643        |
| 鹽水       | 0.633 | 0.633 | 0.182        | 0.659        |
| 可樂       | 0.633 | 0.633 | 0.774        | <b>0.651</b> |
| 自來水      | 0.633 | 0.633 | 0.693        | 0.686        |



圖十二 實驗三：鐵釘體積減少圖

◎ 結果說明：從平均數中發現味精水中的鐵釘正極幾乎快消失了，而醋和醬油中的也所剩無幾，證明味精在鐵釘當兩極的情況下，能腐蝕鐵釘。證明了將金屬換作成兩極，其腐蝕速率將比上一個實驗（實驗二「探討生活中常見的食物通直流電對金屬的腐蝕效果」）來得更快。但缺點為：含有金屬離子的味精水可能有劇毒。

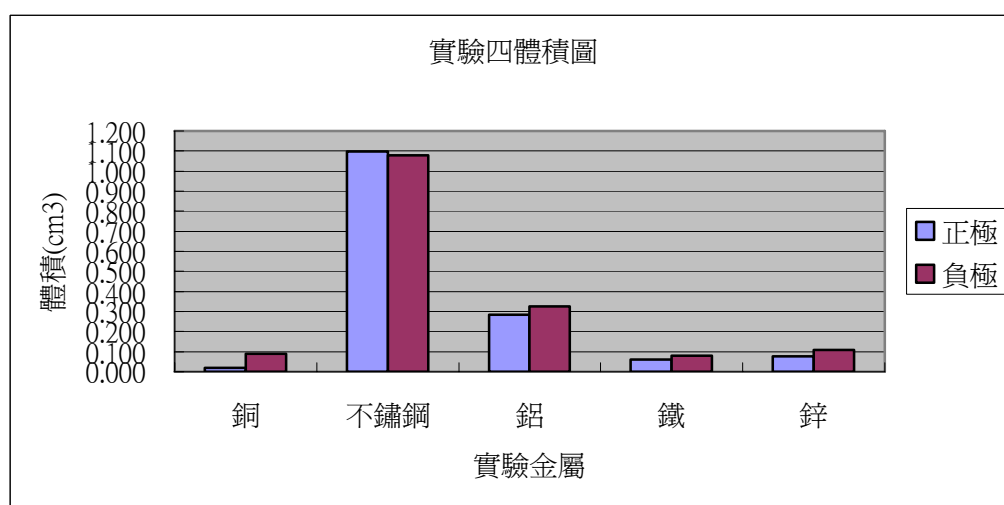
※實驗四：何種金屬為兩極下，通電後腐蝕效果最佳。

在實驗三中我們發現味精水當電解液腐蝕效果特好，進而以金屬的兩極放入其中，並探討其腐蝕能力，共觀察 3 小時，爲了取用客觀的數值以體積做圖，(密度= $\frac{\text{質量}}{\text{體積}}$ ；

體積= $\frac{\text{質量}}{\text{密度}}$ )，將數據整理如下：

表十二 實驗四：兩極金屬減少圖

| 實驗四兩極金屬減少圖（單位：克） |              |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|------------------|--------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 金屬<br>溶液         | 銅            |       | 不鏽鋼   |       | 鋁     |       | 鐵     |       | 鋅     |       |
|                  | 正極           | 負極    | 正極    | 負極    | 正極    | 負極    | 正極    | 負極    | 正極    | 負極    |
| 原來體積             | 0.089        | 0.089 | 1.067 | 1.067 | 0.296 | 0.296 | 0.101 | 0.101 | 0.111 | 0.111 |
| 平均               | <b>0.020</b> | 0.088 | 1.097 | 1.080 | 0.284 | 0.326 | 0.060 | 0.078 | 0.078 | 0.108 |



圖十三 實驗四：金屬之兩極體積圖

◎ 結果說明：

由表中得知負極消失速率：銅＞鐵＞鋅＞鋁＞不鏽鋼，表示銅在此實驗中（負極）被腐蝕速率最快，而不鏽鋼最差。正極消失速率鐵＞鋅＞銅＞不鏽鋼＞鋁，表示鐵在此實驗中（正極）被腐蝕速率最快。

四、探討伏打電池對金屬的腐蝕效果。

※實驗五：探討伏打電池的腐蝕效果。

運用實驗四的方法是否能轉為伏打電池而能在沒電源的地方腐蝕金屬，並且探察其腐蝕力。共觀察 3 天，為了取用客觀的數值以體積做表，(密度= $\frac{\text{質量}}{\text{體積}}$ ；體積= $\frac{\text{質量}}{\text{密度}}$ )

將數據整理如下頁：

表十三 實驗五：伏打電池減少體積

| 實驗五 伏打電池的腐蝕效果實驗數據（單位：克） |       |       |              |       |       |       |       |       |
|-------------------------|-------|-------|--------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 項目 \ 金屬                 | 鋁     | 銅     | 鐵            | 銅     | 不鏽鋼   | 銅     | 鋅     | 銅     |
|                         | 負極    | 正極    | 負極           | 正極    | 負極    | 正極    | 負極    | 正極    |
| 原來體積                    | 0.296 | 0.089 | 0.101        | 0.089 | 0.102 | 0.089 | 0.111 | 0.089 |
| 實驗後體積                   | 0.210 | 0.107 | <b>0.071</b> | 0.091 | 0.096 | 0.104 | 0.078 | 0.106 |
| 安培數                     | 4.873 |       | 0.366        |       | 0.056 |       | 1.913 |       |
| 伏特數                     | 0.416 |       | 0.336        |       | 0.126 |       | 0.74  |       |

◎ 結果說明：

由上表得知伏打電池腐蝕鐵的效果都不錯，只有不鏽鋼較差而已，而鋁銅電池的電流最大，鋅銅電池的伏特數最大。

## 柒、討論

### 一、檢驗所聽流言是否為真。

（一）在探討生活中常見的食物對金屬的腐蝕效果實驗中經過討論做了以下的修改與推論：

1. 根據結果發現醋的腐蝕性是最好的，但有可能是因為能與鋅產生反應而在結果使它的腐蝕能力顯的較好。但醋是許多料理中所需，也能在監獄中方便取得，因此建議監獄中的食物少用醋來作為調理。
2. 因時間不足無法驗證流言中所說的，六年使鐵窗腐蝕，但由短期的實驗找出了腐蝕能力較好的食品。
3. 因時節不同無法找到便宜且大量的檸檬，便缺少了水果的腐蝕能力，十分的可惜，若有機會再做實驗應多加檸檬汁這個項目。
4. 未能探討其腐蝕關鍵因素，但推測應該與酸鹼度和金屬活性有關

### 二、檢驗所聽流言之腐蝕速度是否能加快。

（一）在探討生活中常見的食物通直流電對金屬的腐蝕效果實驗中經過討論做了以下的修改與推論：

1. 本實驗在放置時必須十分小心，切勿讓碳棒接觸在溶液中的金屬而一次在實驗完後不小心將碳棒接觸到金屬進而產生火花，而金屬減少了，由這次意外開始了接下來的實驗。

2. 通了直流電的食物有可能會改變其性質，是否變成有害物質或強酸強鹼，也有可能使環境污染，因此無法運用在生活中。

（提醒您！此實驗實驗後有一點噁心的味道應要打開窗戶，保持室內之空氣流通。）

### 三、探討以金屬當兩極的腐蝕效果。

（一）在何種食物當電解液，通電後腐蝕效果最佳實驗中經過討論做了以下的修改與推論：

1. 看似平凡的味精在實驗一完時，溶液呈現淡藍色，我們推斷有可能是些微的銅
2. 被溶解在其中，而後又在此實驗中證明了味精水的腐蝕力，因此不建議大家使用味精，一方面為了健康一方面是避免金屬製的餐具被溶解於其中。
3. 而結果知道正極較容易被腐蝕，我們也想到若將電池兩端連接後在放入味精水中也有可能造成電力加速耗損。

（二）在何種金屬在味精水溶液中當兩極下，通電後腐蝕效果最佳實驗中經過討論做了以下的修改與推論：

1. 若改變味精水的濃度是否能更加快腐蝕速度，此問題值得探討。
2. 在銅這組溶液中發現溶液成鮮豔的藍紫色，因有銅離子，而鋁的溶液中也發現混濁的白色，應該有鋁離子。這些容易皆有毒因要好好回收，並切記別誤食。

### 四、探討伏打電池對金屬的腐蝕效果。

（一）在探討伏打電池的腐蝕效果實驗中經過討論做了以下的修改與推論：

1. 經過次實驗發現，也許能用水果電池達到相同效果下次應要檢驗水果電池的腐蝕能力，或者改良伏打電池（例：電解液果凍化.改變鹽橋等…）來增加腐蝕的效果。
2. 建議廚房鋁、銅等金屬用具別放在一起，若有電解液的情況下有可能造成金屬餐具腐蝕。

## 捌、結論

從實驗當中觀察金屬被腐蝕的能力，本研究對實驗溶液提出以下比較：

|       | 味精水 | 醋 | 醬油 | 蕃茄醬 | 鹽水 | 可樂 | 自來水 |
|-------|-----|---|----|-----|----|----|-----|
| 是否為酸  |     | ✓ | ✓  | ✓   |    | ✓  |     |
| 是否含鹽類 | ✓   |   | ✓  | ✓   | ✓  | ✓  |     |

從實驗當中觀察金屬被腐蝕的能力，本研究提出以下結論：

一、如果要使用莎莎醬逃出監獄，本實驗發現使用醋或味精水會比較好。而實驗結果依序如下：

(一) 銅：醬油>可樂>蕃茄醬>醋>味精水>鹽水>自來水

以醬油表現最佳，可樂其次。

(二) 不鏽鋼：味精水>蕃茄醬>醬油>醋>可樂=鹽水=自來水

以味精水表現最佳，蕃茄醬其次。

(三) 鋁：味精水>醋>蕃茄醬>鹽水>可樂>醬油>自來水

以味精水表現最佳，醋其次。

(四) 鐵：鹽水>味精水>醬油>醋>蕃茄醬>可樂>自來水

以鹽水表現最佳，味精水其次。

(五) 鋅：醋>味精水>醬油>可樂>蕃茄醬>鹽水>自來水

以醋表現最佳，味精水其次。

所以利用莎莎醬逃出監獄是有可能的。

二、如果要快速的腐蝕金屬，本實驗發現各種溶液通電後腐蝕金屬的能力不同，而實驗結果如下：

(一) 銅：醬油>味精水>醋>蕃茄醬>自來水>可樂>鹽水

以醬油表現最佳，味精水其次。

(二) 不鏽鋼：蕃茄醬>醬油>味精水>醋>自來水>鹽水=可樂

以蕃茄醬表現最佳，醬油其次。

(三) 鋁：蕃茄醬>醬油>醋>可樂>鹽水>自來水>味精水

以蕃茄醬表現最佳，醬油其次。

(四) 鐵：蕃茄醬>醋>可樂>味精水>鹽水>自來水>醬油

以蕃茄醬表現最佳，醋其次。

(五) 鋅：醋>醬油>蕃茄醬>鹽水>可樂>味精水>自來水

以醋表現最佳，醬油其次。

統整發現蕃茄醬和醬油都不錯。

二、在 7 種溶液中味精水當電解液效果最為顯著，而實驗結果味精水>醬油>鹽水>醋>蕃茄醬>自來水>可樂。

三、在味精水中，銅（正極）幾乎快被腐蝕完，而實驗結果的重量為：

(一) 正極：銅<鐵<鋅<鋁<不鏽鋼。

(二) 負極：鐵<鋅<銅<不鏽鋼<鋁。

所以銅當正極在味精水中被腐蝕能力是最好的，而鋁當負極在味精水中是重量增加最多

的。

四、若在無電源的情況下使用伏打電池來腐蝕，而結果重量為：

（一）正極：鋁銅電池 > 鋅銅電池 > 不鏽鋼銅電池 > 鐵銅電池。

（二）負極：鐵銅電池 = 鋅銅電池 < 鋁銅電池 < 不鏽鋼銅電池。

所以鐵銅電池中的鐵（負極）被腐蝕能力最好，而鋁銅電池的銅（正極）是重量增加最多的。

## 玖、參考資料及其他

一、點石成金：鋁銅電池－廢鋁罐的第二春（第 41 屆科展）。

二、電！電！電！－電解、電解質、電池相關問題之探討（第40屆科展）。

三、流言終結者：莎莎醬大逃亡（**Discovery2006.1.1**）。

四、<http://www.belzona.com.tw/html/welcome2.htm> 為何會發生腐蝕？

五、<http://www.createsky.com/myzlg1/jsfs/jsdfs.htm> 金屬的腐蝕

## 拾、附錄 各項實驗數據

附錄一：實驗一檢驗生活中常見的食物對金屬的腐蝕效果

第一天(2006 年 3 月.27 日)

| 實驗一      |      | 單位：克 |      |      |      |  |
|----------|------|------|------|------|------|--|
| 金屬<br>溶液 | 銅    | 不鏽鋼  | 鋁    | 鐵    | 鋅    |  |
| 味精水 1    | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 |  |
| 味精水 2    | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 |  |
| 味精水 3    | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 |  |
| 平均       | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 |  |
| 醋 1      | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 |  |
| 醋 2      | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 |  |
| 醋 3      | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 |  |
| 平均       | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 |  |
| 醬油 1     | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 |  |
| 醬油 2     | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 |  |
| 醬油 3     | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 |  |
| 平均       | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 |  |
| 蕃茄醬 1    | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 |  |
| 蕃茄醬 2    | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 |  |
| 蕃茄醬 3    | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 |  |
| 平均       | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 |  |
| 鹽水 1     | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 |  |
| 鹽水 2     | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 |  |
| 鹽水 3     | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 |  |
| 平均       | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 |  |
| 可樂 1     | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 |  |
| 可樂 2     | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 |  |
| 可樂 3     | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 |  |
| 平均       | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 |  |
| 自來水 1    | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 |  |
| 自來水 2    | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 |  |
| 自來水 3    | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 |  |
| 平均       | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 |  |

第三天(2006 年 3 月 30 日)

| 實驗一      |       |       |       |       |       |  |
|----------|-------|-------|-------|-------|-------|--|
| 單位：克     |       |       |       |       |       |  |
| 金屬<br>溶液 | 銅     | 不鏽鋼   | 鋁     | 鐵     | 鋅     |  |
| 味精水 1    | 0.81  | 0.76  | 0.79  | 0.62  | 0.66  |  |
| 味精水 2    | 0.79  | 0.8   | 0.77  | 0.67  | 0.68  |  |
| 味精水 3    | 0.78  | 0.78  | 0.79  | 0.65  | 0.66  |  |
| 平均       | 0.793 | 0.78  | 0.783 | 0.647 | 0.667 |  |
| 醋 1      | 0.79  | 0.79  | 0.88  | 0.77  | 0.71  |  |
| 醋 2      | 0.77  | 0.8   | 0.82  | 0.78  | 0.67  |  |
| 醋 3      | 0.78  | 0.76  | 0.77  | 0.76  | 0.73  |  |
| 平均       | 0.78  | 0.783 | 0.823 | 0.77  | 0.703 |  |
| 醬油 1     | 0.71  | 0.78  | 0.82  | 0.71  | 0.82  |  |
| 醬油 2     | 0.73  | 0.77  | 0.81  | 0.79  | 0.83  |  |
| 醬油 3     | 0.72  | 0.74  | 0.77  | 0.74  | 0.79  |  |
| 平均       | 0.72  | 0.763 | 0.8   | 0.747 | 0.813 |  |
| 蕃茄醬 1    | 0.72  | 0.75  | 0.82  | 0.68  | 0.91  |  |
| 蕃茄醬 2    | 0.7   | 0.77  | 0.81  | 0.74  | 0.78  |  |
| 蕃茄醬 3    | 0.78  | 0.8   | 0.82  | 0.68  | 0.81  |  |
| 平均       | 0.733 | 0.773 | 0.817 | 0.7   | 0.833 |  |
| 鹽水 1     | 0.78  | 0.76  | 0.86  | 0.62  | 0.88  |  |
| 鹽水 2     | 0.77  | 0.77  | 0.84  | 0.63  | 0.84  |  |
| 鹽水 3     | 0.8   | 0.76  | 0.81  | 0.7   | 0.8   |  |
| 平均       | 0.783 | 0.763 | 0.837 | 0.65  | 0.84  |  |
| 可樂 1     | 0.74  | 0.77  | 0.94  | 0.76  | 0.8   |  |
| 可樂 2     | 0.73  | 0.78  | 0.82  | 0.78  | 0.8   |  |
| 可樂 3     | 0.75  | 0.8   | 0.83  | 0.77  | 0.79  |  |
| 平均       | 0.74  | 0.783 | 0.863 | 0.77  | 0.797 |  |
| 自來水 1    | 0.78  | 0.8   | 0.9   | 0.71  | 0.88  |  |
| 自來水 2    | 0.77  | 0.8   | 0.87  | 0.74  | 0.87  |  |
| 自來水 3    | 0.79  | 0.79  | 0.86  | 0.82  | 0.88  |  |
| 平均       | 0.78  | 0.797 | 0.877 | 0.757 | 0.877 |  |

第六天(2006 年 4 月 2 日)

| 實驗一 單位：克 |       |       |       |       |       |  |
|----------|-------|-------|-------|-------|-------|--|
| 金屬<br>溶液 | 銅     | 不鏽鋼   | 鋁     | 鐵     | 鋅     |  |
| 味精水 1    | 0.89  | 0.72  | 0.72  | 0.61  | 0.44  |  |
| 味精水 2    | 0.78  | 0.73  | 0.77  | 0.65  | 0.54  |  |
| 味精水 3    | 0.78  | 0.77  | 0.74  | 0.63  | 0.47  |  |
| 平均       | 0.817 | 0.74  | 0.743 | 0.63  | 0.483 |  |
| 醋 1      | 0.81  | 0.81  | 0.88  | 0.79  | 0.51  |  |
| 醋 2      | 0.76  | 0.81  | 0.83  | 0.77  | 0.61  |  |
| 醋 3      | 0.78  | 0.76  | 0.77  | 0.75  | 0.63  |  |
| 平均       | 0.783 | 0.793 | 0.827 | 0.77  | 0.583 |  |
| 醬油 1     | 0.72  | 0.81  | 0.84  | 0.74  | 0.7   |  |
| 醬油 2     | 0.72  | 0.76  | 0.81  | 0.75  | 0.78  |  |
| 醬油 3     | 0.71  | 0.76  | 0.77  | 0.74  | 0.77  |  |
| 平均       | 0.717 | 0.777 | 0.807 | 0.743 | 0.75  |  |
| 蕃茄醬 1    | 0.82  | 0.76  | 0.89  | 0.71  | 0.83  |  |
| 蕃茄醬 2    | 0.74  | 0.76  | 0.82  | 0.7   | 0.79  |  |
| 蕃茄醬 3    | 0.78  | 0.75  | 0.85  | 0.68  | 0.81  |  |
| 平均       | 0.78  | 0.757 | 0.853 | 0.697 | 0.81  |  |
| 鹽水 1     | 0.76  | 0.81  | 0.92  | 0.65  | 0.88  |  |
| 鹽水 2     | 0.77  | 0.76  | 0.84  | 0.74  | 0.84  |  |
| 鹽水 3     | 0.75  | 0.75  | 0.91  | 0.65  | 0.83  |  |
| 平均       | 0.76  | 0.773 | 0.89  | 0.68  | 0.85  |  |
| 可樂 1     | 0.79  | 0.79  | 0.83  | 0.75  | 0.79  |  |
| 可樂 2     | 0.71  | 0.8   | 0.79  | 0.71  | 0.77  |  |
| 可樂 3     | 0.72  | 0.81  | 0.83  | 0.78  | 0.8   |  |
| 平均       | 0.74  | 0.8   | 0.817 | 0.747 | 0.787 |  |
| 自來水 1    | 0.86  | 0.78  | 0.93  | 0.77  | 1.01  |  |
| 自來水 2    | 0.8   | 0.79  | 0.88  | 0.75  | 0.87  |  |
| 自來水 3    | 0.78  | 0.79  | 0.87  | 0.81  | 0.9   |  |
| 平均       | 0.813 | 0.787 | 0.893 | 0.777 | 0.927 |  |

第九天(2006 年 4 月 5 日)

| 實驗一 單位：克 |       |       |       |       |       |  |
|----------|-------|-------|-------|-------|-------|--|
| 金屬<br>溶液 | 銅     | 不鏽鋼   | 鋁     | 鐵     | 鋅     |  |
| 味精水 1    | 0.78  | 0.68  | 0.67  | 0.59  | 0.58  |  |
| 味精水 2    | 0.76  | 0.72  | 0.73  | 0.65  | 0.52  |  |
| 味精水 3    | 0.77  | 0.75  | 0.69  | 0.61  | 0.47  |  |
| 平均       | 0.77  | 0.717 | 0.697 | 0.617 | 0.523 |  |
| 醋 1      | 0.75  | 0.79  | 0.87  | 0.74  | 0.02  |  |
| 醋 2      | 0.76  | 0.77  | 0.82  | 0.74  | 0.31  |  |
| 醋 3      | 0.74  | 0.77  | 0.77  | 0.75  | 0.11  |  |
| 平均       | 0.75  | 0.777 | 0.82  | 0.743 | 0.147 |  |
| 醬油 1     | 0.69  | 0.73  | 0.9   | 0.73  | 0.75  |  |
| 醬油 2     | 0.69  | 0.71  | 0.83  | 0.74  | 0.74  |  |
| 醬油 3     | 0.71  | 0.75  | 0.77  | 0.71  | 0.76  |  |
| 平均       | 0.697 | 0.73  | 0.833 | 0.727 | 0.75  |  |
| 蕃茄醬 1    | 0.79  | 0.71  | 0.83  | 0.74  | 0.88  |  |
| 蕃茄醬 2    | 0.74  | 0.72  | 0.82  | 0.69  | 0.81  |  |
| 蕃茄醬 3    | 0.78  | 0.74  | 0.81  | 0.68  | 0.81  |  |
| 平均       | 0.77  | 0.723 | 0.82  | 0.703 | 0.833 |  |
| 鹽水 1     | 0.79  | 0.82  | 0.84  | 0.61  | 0.86  |  |
| 鹽水 2     | 0.77  | 0.78  | 0.83  | 0.69  | 0.85  |  |
| 鹽水 3     | 0.74  | 0.74  | 0.87  | 0.62  | 0.84  |  |
| 平均       | 0.767 | 0.78  | 0.847 | 0.64  | 0.85  |  |
| 可樂 1     | 0.73  | 0.77  | 0.89  | 0.71  | 0.81  |  |
| 可樂 2     | 0.71  | 0.78  | 0.82  | 0.7   | 0.76  |  |
| 可樂 3     | 0.72  | 0.79  | 0.82  | 0.75  | 0.79  |  |
| 平均       | 0.72  | 0.78  | 0.843 | 0.72  | 0.787 |  |
| 自來水 1    | 0.78  | 0.74  | 0.91  | 0.75  | 0.93  |  |
| 自來水 2    | 0.79  | 0.78  | 0.89  | 0.74  | 0.86  |  |
| 自來水 3    | 0.79  | 0.73  | 0.86  | 0.75  | 0.88  |  |
| 平均       | 0.787 | 0.75  | 0.887 | 0.747 | 0.89  |  |

第十二天(2006 年 4 月 8 日)

| 實驗一 單位：克 |       |        |       |       |       |  |
|----------|-------|--------|-------|-------|-------|--|
| 金屬<br>溶液 | 銅     | 不鏽鋼    | 鋁     | 鐵     | 鋅     |  |
| 味精水 1    | 0.78  | 0.63   | 0.73  | 0.71  | 0.45  |  |
| 味精水 2    | 0.77  | 0.64   | 0.71  | 0.61  | 0.39  |  |
| 味精水 3    | 0.75  | 0.71   | 0.68  | 0.65  | 0.45  |  |
| 平均       | 0.767 | 0.66   | 0.707 | 0.657 | 0.43  |  |
| 醋 1      | 0.81  | 0.71   | 0.78  | 0.69  | 0     |  |
| 醋 2      | 0.75  | 0.69   | 0.81  | 0.71  | 0.14  |  |
| 醋 3      | 0.71  | 0.76   | 0.75  | 0.68  | 0.03  |  |
| 平均       | 0.757 | 0.72   | 0.78  | 0.693 | 0.057 |  |
| 醬油 1     | 0.61  | 0.71   | 0.96  | 0.67  | 0.79  |  |
| 醬油 2     | 0.63  | 0.68   | 0.86  | 0.69  | 0.73  |  |
| 醬油 3     | 0.69  | 0.74   | 0.77  | 0.7   | 0.78  |  |
| 平均       | 0.643 | 0.71   | 0.863 | 0.687 | 0.767 |  |
| 蕃茄醬 1    | 0.78  | 0.69   | 0.78  | 0.78  | 0.85  |  |
| 蕃茄醬 2    | 0.73  | 0.71   | 0.83  | 0.71  | 0.81  |  |
| 蕃茄醬 3    | 0.74  | 0.71   | 0.77  | 0.69  | 0.84  |  |
| 平均       | 0.75  | 0.7033 | 0.793 | 0.727 | 0.833 |  |
| 鹽水 1     | 0.79  | 0.78   | 0.81  | 0.67  | 0.91  |  |
| 鹽水 2     | 0.78  | 0.78   | 0.81  | 0.64  | 0.81  |  |
| 鹽水 3     | 0.75  | 0.78   | 0.85  | 0.63  | 0.85  |  |
| 平均       | 0.773 | 0.78   | 0.823 | 0.647 | 0.857 |  |
| 可樂 1     | 0.72  | 0.78   | 0.89  | 0.76  | 0.81  |  |
| 可樂 2     | 0.69  | 0.79   | 0.83  | 0.7   | 0.79  |  |
| 可樂 3     | 0.71  | 0.77   | 0.86  | 0.73  | 0.71  |  |
| 平均       | 0.707 | 0.78   | 0.86  | 0.73  | 0.77  |  |
| 自來水 1    | 0.79  | 0.8    | 0.99  | 0.79  | 1.01  |  |
| 自來水 2    | 0.79  | 0.79   | 0.9   | 0.8   | 0.93  |  |
| 自來水 3    | 0.79  | 0.75   | 0.89  | 0.76  | 0.87  |  |
| 平均       | 0.79  | 0.78   | 0.927 | 0.783 | 0.937 |  |

附錄二 實驗二：探討生活中常見的調味料通直流電對金屬的腐蝕效果

第一天(2006 年 3 月 31 日)

| 實驗二      |     | 單位：克 |     |     |     |  |
|----------|-----|------|-----|-----|-----|--|
| 金屬<br>溶液 | 銅   | 不鏽鋼  | 鋁   | 鐵   | 鋅   |  |
| 味精水一     | 0.8 | 0.8  | 0.8 | 0.8 | 0.8 |  |
| 味精水二     | 0.8 | 0.8  | 0.8 | 0.8 | 0.8 |  |
| 味精水三     | 0.8 | 0.8  | 0.8 | 0.8 | 0.8 |  |
| 平均       | 0.8 | 0.8  | 0.8 | 0.8 | 0.8 |  |
| 醋一       | 0.8 | 0.8  | 0.8 | 0.8 | 0.8 |  |
| 醋二       | 0.8 | 0.8  | 0.8 | 0.8 | 0.8 |  |
| 醋三       | 0.8 | 0.8  | 0.8 | 0.8 | 0.8 |  |
| 平均       | 0.8 | 0.8  | 0.8 | 0.8 | 0.8 |  |
| 醬油一      | 0.8 | 0.8  | 0.8 | 0.8 | 0.8 |  |
| 醬油二      | 0.8 | 0.8  | 0.8 | 0.8 | 0.8 |  |
| 醬油三      | 0.8 | 0.8  | 0.8 | 0.8 | 0.8 |  |
| 平均       | 0.8 | 0.8  | 0.8 | 0.8 | 0.8 |  |
| 蕃茄醬一     | 0.8 | 0.8  | 0.8 | 0.8 | 0.8 |  |
| 蕃茄醬二     | 0.8 | 0.8  | 0.8 | 0.8 | 0.8 |  |
| 蕃茄醬三     | 0.8 | 0.8  | 0.8 | 0.8 | 0.8 |  |
| 平均       | 0.8 | 0.8  | 0.8 | 0.8 | 0.8 |  |
| 鹽水一      | 0.8 | 0.8  | 0.8 | 0.8 | 0.8 |  |
| 鹽水二      | 0.8 | 0.8  | 0.8 | 0.8 | 0.8 |  |
| 鹽水三      | 0.8 | 0.8  | 0.8 | 0.8 | 0.8 |  |
| 平均       | 0.8 | 0.8  | 0.8 | 0.8 | 0.8 |  |
| 可樂一      | 0.8 | 0.8  | 0.8 | 0.8 | 0.8 |  |
| 可樂二      | 0.8 | 0.8  | 0.8 | 0.8 | 0.8 |  |
| 可樂三      | 0.8 | 0.8  | 0.8 | 0.8 | 0.8 |  |
| 平均       | 0.8 | 0.8  | 0.8 | 0.8 | 0.8 |  |
| 自來水一     | 0.8 | 0.8  | 0.8 | 0.8 | 0.8 |  |
| 自來水二     | 0.8 | 0.8  | 0.8 | 0.8 | 0.8 |  |
| 自來水三     | 0.8 | 0.8  | 0.8 | 0.8 | 0.8 |  |
| 平均       | 0.8 | 0.8  | 0.8 | 0.8 | 0.8 |  |

第二天(2006 年 4 月 1 日)

| 實驗二      |       | 單位：克  |       |       |       |  |
|----------|-------|-------|-------|-------|-------|--|
| 金屬<br>溶液 | 銅     | 不鏽鋼   | 鋁     | 鐵     | 鋅     |  |
| 味精水一     | 0.80  | 0.91  | 0.91  | 0.71  | 0.71  |  |
| 味精水二     | 0.83  | 0.71  | 0.88  | 0.73  | 0.79  |  |
| 味精水三     | 0.86  | 0.72  | 0.96  | 0.74  | 0.82  |  |
| 平均       | 0.83  | 0.78  | 0.883 | 0.726 | 0.773 |  |
| 醋一       | 0.77  | 0.51  | 0.43  | 0.56  | 0.52  |  |
| 醋二       | 0.83  | 0.79  | 0.83  | 0.74  | 0.4   |  |
| 醋三       | 0.84  | 0.81  | 0.79  | 0.73  | 0.03  |  |
| 平均       | 0.813 | 0.703 | 0.683 | 0.676 | 0.316 |  |
| 醬油一      | 0.76  | 0.84  | 0.80  | 0.77  | 0.80  |  |
| 醬油二      | 0.68  | 0.79  | 0.73  | 0.73  | 0.39  |  |
| 醬油三      | 0.65  | 0.7   | 0.61  | 0.78  | 0.11  |  |
| 平均       | 0.696 | 0.776 | 0.723 | 0.76  | 0.433 |  |
| 蕃茄醬一     | 0.79  | 0.79  | 0.79  | 0.78  | 0.91  |  |
| 蕃茄醬二     | 0.79  | 0.78  | 0.78  | 0.69  | 0.81  |  |
| 蕃茄醬三     | 0.83  | 0.88  | 0.55  | 0.71  | 0.23  |  |
| 平均       | 0.803 | 0.833 | 0.706 | 0.726 | 0.65  |  |
| 鹽水一      | 0.91  | 0.92  | 0.91  | 0.78  | 0.8   |  |
| 鹽水二      | 0.78  | 0.84  | 0.98  | 0.71  | 0.69  |  |
| 鹽水三      | 0.80  | 0.86  | 0.91  | 0.76  | 0.81  |  |
| 平均       | 0.83  | 0.873 | 0.933 | 0.75  | 0.766 |  |
| 可樂一      | 1.18  | 0.89  | 0.80  | 0.81  | 0.72  |  |
| 可樂二      | 0.87  | 0.74  | 0.83  | 0.62  | 0.73  |  |
| 可樂三      | 0.86  | 0.77  | 0.85  | 0.69  | 0.79  |  |
| 平均       | 0.97  | 0.8   | 0.826 | 0.706 | 0.746 |  |
| 自來水一     | 0.88  | 0.77  | 0.80  | 0.80  | 0.89  |  |
| 自來水二     | 0.78  | 0.77  | 0.84  | 0.64  | 0.87  |  |
| 自來水三     | 0.79  | 0.79  | 0.83  | 0.63  | 0.84  |  |
| 平均       | 0.816 | 0.776 | 0.823 | 0.69  | 0.866 |  |

第三天(2006 年 4 月 2 日)

| 實驗二      |       | 單位：克  |       |       |       |  |
|----------|-------|-------|-------|-------|-------|--|
| 金屬<br>溶液 | 銅     | 不鏽鋼   | 鋁     | 鐵     | 鋅     |  |
| 味精水一     | 0.65  | 0.78  | 0.86  | 0.68  | 0.78  |  |
| 味精水二     | 0.78  | 0.66  | 0.93  | 0.67  | 0.56  |  |
| 味精水三     | 0.87  | 0.68  | 0.93  | 0.73  | 0.95  |  |
| 平均       | 0.766 | 0.706 | 0.903 | 0.693 | 0.763 |  |
| 醋第一      | 0.74  | 0.76  | 0.41  | 0.58  | 0.45  |  |
| 醋第二      | 0.87  | 0.45  | 0.88  | 0.42  | 0.35  |  |
| 醋第三      | 0.81  | 0.75  | 0.93  | 0.67  | 0     |  |
| 平均       | 0.806 | 0.653 | 0.74  | 0.556 | 0.256 |  |
| 醬油一      | 0.79  | 0.76  | 0.80  | 0.73  | 0.85  |  |
| 醬油二      | 0.60  | 0.75  | 0.62  | 0.75  | 0     |  |
| 醬油三      | 0.43  | 0.47  | 0.34  | 0.64  | 0.17  |  |
| 平均       | 0.606 | 0.66  | 0.586 | 0.706 | 0.34  |  |
| 蕃茄醬一     | 0.82  | 0.71  | 0.78  | 0.76  | 0.93  |  |
| 蕃茄醬二     | 0.45  | 0.57  | 0.35  | 0.43  | 0     |  |
| 蕃茄醬三     | 0.47  | 0.55  | 0.23  | 0.30  | 0.37  |  |
| 平均       | 0.58  | 0.61  | 0.453 | 0.496 | 0.433 |  |
| 鹽水一      | 0.91  | 0.91  | 0.92  | 0.76  | 0.82  |  |
| 鹽水二      | 0.87  | 0.89  | 0.97  | 0.75  | 0.57  |  |
| 鹽水三      | 0.87  | 0.75  | 0.87  | 0.67  | 0.67  |  |
| 平均       | 0.883 | 0.843 | 0.92  | 0.696 | 0.686 |  |
| 可樂一      | 0.89  | 1.12  | 0.80  | 0.67  | 0.71  |  |
| 可樂二      | 0.79  | 0.65  | 0.89  | 0.63  | 0.48  |  |
| 可樂三      | 0.71  | 0.65  | 0.88  | 0.50  | 0.69  |  |
| 平均       | 0.796 | 0.813 | 0.856 | 0.60  | 0.626 |  |
| 自來水一     | 0.80  | 0.77  | 0.79  | 0.76  | 0.92  |  |
| 自來水二     | 0.67  | 0.56  | 0.75  | 0.78  | 0.70  |  |
| 自來水三     | 0.69  | 0.67  | 0.57  | 0.60  | 0.79  |  |
| 平均       | 0.72  | 0.71  | 0.703 | 0.74  | 0.803 |  |

第四天(2006. 4 月 3 日)

| 實驗二      |       | 單位：克  |       |       |       |  |
|----------|-------|-------|-------|-------|-------|--|
| 金屬<br>溶液 | 銅     | 不鏽鋼   | 鋁     | 鐵     | 鋅     |  |
| 味精水一     | 0.55  | 0.71  | 0.76  | 0.63  | 0.81  |  |
| 味精水二     | 0.85  | 0.67  | 0.89  | 0.61  | 0.67  |  |
| 味精水三     | 0.81  | 0.67  | 1.0   | 0.64  | 0.87  |  |
| 平均       | 0.736 | 0.683 | 0.883 | 0.626 | 0.783 |  |
| 醋第一      | 0.65  | 0.73  | 0.39  | 0.52  | 0.33  |  |
| 醋第二      | 0.83  | 0.73  | 0.75  | 0.47  | 0.17  |  |
| 醋第三      | 0.81  | 0.81  | 0.85  | 0.58  | 0     |  |
| 平均       | 0.763 | 0.756 | 0.663 | 0.523 | 0.166 |  |
| 醬油一      | 0.17  | 0.45  | 0.76  | 0.71  | 0.53  |  |
| 醬油二      | 0.71  | 0.72  | 0.61  | 0.81  | 0     |  |
| 醬油三      | 0.43  | 0.65  | 0.33  | 0.88  | 0     |  |
| 平均       | 0.533 | 0.606 | 0.566 | 0.8   | 0.176 |  |
| 蕃茄醬一     | 0.91  | 0.00  | 0.73  | 0.71  | 0.92  |  |
| 蕃茄醬二     | 0.71  | 0.69  | 0.21  | 0.51  | 0     |  |
| 蕃茄醬三     | 0.72  | 0.78  | 0.18  | 0.34  | 0.54  |  |
| 平均       | 0.78  | 0.49  | 0.373 | 0.52  | 0.486 |  |
| 鹽水一      | 0.78  | 0.86  | 0.67  | 0.73  | 0.91  |  |
| 鹽水二      | 0.81  | 0.78  | 0.91  | 0.78  | 0.41  |  |
| 鹽水三      | 0.88  | 0.8   | 0.80  | 0.71  | 0.86  |  |
| 平均       | 0.823 | 0.813 | 0.793 | 0.733 | 0.726 |  |
| 可樂一      | 0.68  | 0.89  | 0.79  | 0.56  | 0.69  |  |
| 可樂二      | 0.89  | 0.78  | 0.61  | 0.59  | 0.77  |  |
| 可樂三      | 0.85  | 0.77  | 0.67  | 0.56  | 0.78  |  |
| 平均       | 0.806 | 0.813 | 0.67  | 0.57  | 0.746 |  |
| 自來水一     | 0.78  | 0.75  | 0.72  | 0.73  | 0.91  |  |
| 自來水二     | 0.81  | 0.81  | 0.88  | 0.67  | 0.89  |  |
| 自來水三     | 0.78  | 0.8   | 0.82  | 0.78  | 0.88  |  |
| 平均       | 0.79  | 0.786 | 0.806 | 0.726 | 0.893 |  |

附錄三 實驗三：探討何種溶液當電解液腐蝕效果最好

| 實驗三      |      | 單位：克 |       |      |       |      |       |      |       |       |
|----------|------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|-------|
| 鐵釘<br>溶液 | 原來重量 |      | 一天後 1 |      | 一天後 2 |      | 一天後 3 |      | 平均    |       |
|          | 正極   | 負極   | 正極    | 負極   | 正極    | 負極   | 正極    | 負極   | 正極    | 負極    |
| 味精水      | 5    | 5    | 0     | 5.91 | 0.02  | 5.34 | 0     | 5    | 0.006 | 5.56  |
| 醋        | 5    | 5    | 3.45  | 6.62 | 2.34  | 6.54 | 0.12  | 5.77 | 1.97  | 6.31  |
| 醬油       | 5    | 5    | 0     | 6.31 | 3.56  | 5.54 | 0.21  | 5.46 | 1.256 | 5.77  |
| 蕃茄醬      | 5    | 5    | 1.13  | 5.1  | 3.12  | 5.01 | 2.54  | 5.13 | 2.263 | 5.08  |
| 鹽水       | 5    | 5    | 0     | 5.15 | 4.31  | 5.23 | 0     | 5.24 | 1.436 | 5.206 |
| 可樂       | 5    | 5    | 6.57  | 5.12 | 5.64  | 5.2  | 6.13  | 5.12 | 6.113 | 5.146 |
| 自來水      | 5    | 5    | 5.45  | 5.46 | 5.34  | 5.55 | 5.64  | 5.24 | 5.476 | 5.416 |

附錄四 實驗四：何種金屬兩極下，通電後腐蝕效果最佳

| 實驗 四     |       | 單位：克  |       |      |       |      |       |      |      |       |
|----------|-------|-------|-------|------|-------|------|-------|------|------|-------|
| 金屬<br>溶液 | 銅     |       | 不鏽鋼   |      | 鋁     |      | 鐵     |      | 鋅    |       |
|          | 正極    | 負極    | 正極    | 負極   | 正極    | 負極   | 正極    | 負極   | 正極   | 負極    |
| 原來重      | 0.8   | 0.8   | 0.8   | 0.8  | 0.8   | 0.8  | 0.8   | 0.8  | 0.8  | 0.8   |
| 一小時後 1   | 0.43  | 0.79  | 0.87  | 0.8  | 0.87  | 0.9  | 0.51  | 0.73 | 0.49 | 0.8   |
| 一小時後 2   | 0.03  | 0.81  | 0.80  | 0.83 | 0.65  | 0.86 | 0.38  | 0.52 | 0.52 | 0.8   |
| 一小時後 3   | 0.09  | 0.78  | 0.8   | 0.8  | 0.78  | 0.88 | 0.53  | 0.61 | 0.67 | 0.73  |
| 平均       | 0.183 | 0.793 | 0.823 | 0.81 | 0.766 | 0.88 | 0.473 | 0.62 | 0.56 | 0.776 |

附錄五：實驗五探討伏打電池的腐蝕效果

| 實驗五      |       |       |       |       |       |      |       |      |
|----------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-------|------|
|          | 鋁 銅   |       | 鐵 銅   |       | 不鏽鋼 銅 |      | 鋅 銅   |      |
| 原來重量     | 0.8   | 0.8   | 0.8   | 0.8   | 0.8   | 0.8  | 0.8   | 0.8  |
| 一天後(第一次) | 0.6   | 0.95  | 0.63  | 0.86  | 0.72  | 0.85 | 0.62  | 0.85 |
| 安培數      | 4.3   |       | 0.36  |       | 0.05  |      | 1.34  |      |
| 伏特數      | 0.41  |       | 0.23  |       | 0.11  |      | 0.75  |      |
| 一天後(第二次) | 0.66  | 0.91  | 0.53  | 0.81  | 0.75  | 1.03 | 0.45  | 1.06 |
| 安培數      | 4.81  |       | 0.42  |       | 0.07  |      | 2.3   |      |
| 伏特數      | 0.4   |       | 0.3   |       | 0.1   |      | 0.65  |      |
| 一天後(第三次) | 0.44  | 1.03  | 0.52  | 0.78  | 0.78  | 0.94 | 0.61  | 0.94 |
| 安培數      | 5.51  |       | 0.32  |       | 0.05  |      | 2.1   |      |
| 伏特數      | 0.44  |       | 0.48  |       | 0.17  |      | 0.82  |      |
| 平均       | 0.566 | 0.963 | 0.56  | 0.816 | 0.75  | 0.94 | 0.56  | 0.95 |
| 平均安培數    | 4.873 |       | 0.366 |       | 0.056 |      | 1.913 |      |
| 平均伏特數    | 0.416 |       | 0.336 |       | 0.126 |      | .74   |      |

## 評語

031628 監獄大逃亡-利用電與腐蝕逃出監獄

本實驗針對不同金屬在多種食物中腐蝕情形作研究，並探討通電流及伏打電池對腐蝕效果的影響。整體概念完整，實驗數據詳實。主要缺失為各項食物濃度取樣不一致，以致無法作成足以說服性的結論。