

中華民國第四十四屆中小學科學展覽會

作品說明書

國中組 化學科

030211

南投縣立宏仁國民中學

指導老師姓名

王金源

陳光榮

作者姓名

陳敬雅

徐藝珈

溫蕙菱

曾逸修

中華民國第四十四屆中小學科學展覽會

作品說明書

科 別：化學科

組 別：國中組

作品名稱：**電來了~看你往哪裡跑**

關鍵詞：[離子運動](#)、[氣體測微器](#)、[離子導入](#)

編號：

電來了~看你往哪裡跑

壹、摘要：

研究電解水的過程中，裡面因電離子產生電化學反應，爲了作更進一步探討電解時的變化情形，我們必須設計比目前更精密的測量儀器利用細管體積的變化設計出「氣體體積測微器」，其測量將準度可達 10^{-3} ml，實驗中我們發現水遇電極產生酸鹼變化，又更進一步的探討其電離子移動的情形，設計酸鹼電解器，探討電解水正、負極的酸鹼變化。發現正、負極可改變測試管中水的 PH 值，爲了解電解離子運動反應，我們設計離子運動測試器及多種離子導入的方法，實驗中發現因電解實驗離子分解，跑至中間物體，希望離子滲透的原理，能應用於醫學上，電解的物質如果是離子性藥品，是否直接亦可利用此原理將治療藥劑送至需要治療的位置。

貳、動機：

參觀過學長〈姊〉們電解水的研究實驗，對利用電流對水產生化學效應萌發出莫大的興趣，而現行理化課本第三冊電解水裝置操作不易且效果不甚理想，是否可改良此傳統式儀器?我們簡單地改良一安全簡便電解反應的測量儀器，以便更進一步的了解反應的過程，是否能應用在日常生活中。

參、研究目的

- 一、探討基本電解的原理。
- 二、設計精密且方便的測量儀器。
- 三、探討電解水電解後的酸鹼的影響。
- 四、如何活用電解水的原理。

肆、實驗器材及藥品

一、實驗器材

PH 計、安培計、游標尺、整流計、脫脂棉花、鱷魚夾、注射針筒、熱熔膠、熱熔槍、導線燒杯、量筒、橡皮塞、電子天秤、稱量紙、砂紙、線鋸、鑽孔器。

二、實驗藥品：

1. 硫酸銅、氫氧化鈉(1M.2M)。

伍、研究過程方法

一、探討基本傳統電解原理

實驗一、固定電壓，對電解水反應的影響

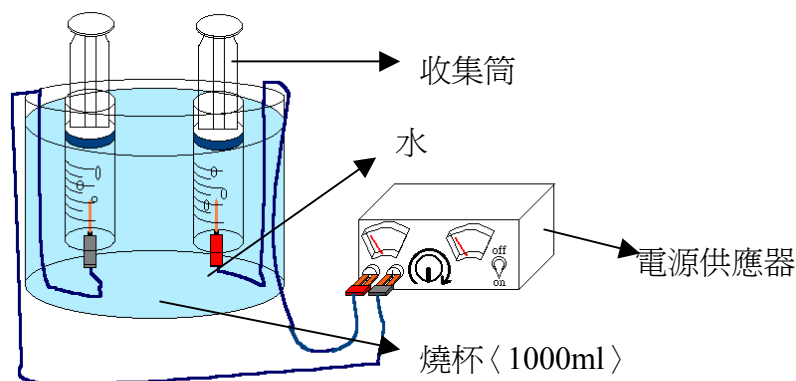
(一)實驗方法

1. 將燒杯〈1000ml〉內裝入 2/3 的水。
2. 將兩試管裝水至入燒杯內的水中使試管內充滿水。
3. 兩電極線連接到電源供應器上，連成一電路並將兩電極的距離固定為三公分。
4. 用兩 25c.c.注射針筒切掉前端，改裝成收集器。
5. 固定電壓 6v 通電 5 分鐘測量正、負極試管內氣體得生成量。

(二)結果：表 1 固定電壓，對電壓的反應情形。 單位：ml

| 反應 正負極 | 次數 | | | | | | 平均值 |
|------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|
| | 第一次 | 第二次 | 第三次 | 第四次 | 第五次 | 第六次 | |
| 正極〈O ₂ 〉 (c.c) | 1.6 ml | 1.5 ml | 1.4 ml | 1.3 ml | 1.4 ml | 1.5 ml | 1.45 ml |
| 負極〈H ₂ 〉 (c.c) | 3 ml | 3 ml | 2.8 ml | 2.7ml | 2.9ml | 3 ml | 2.9 ml |

圖 1



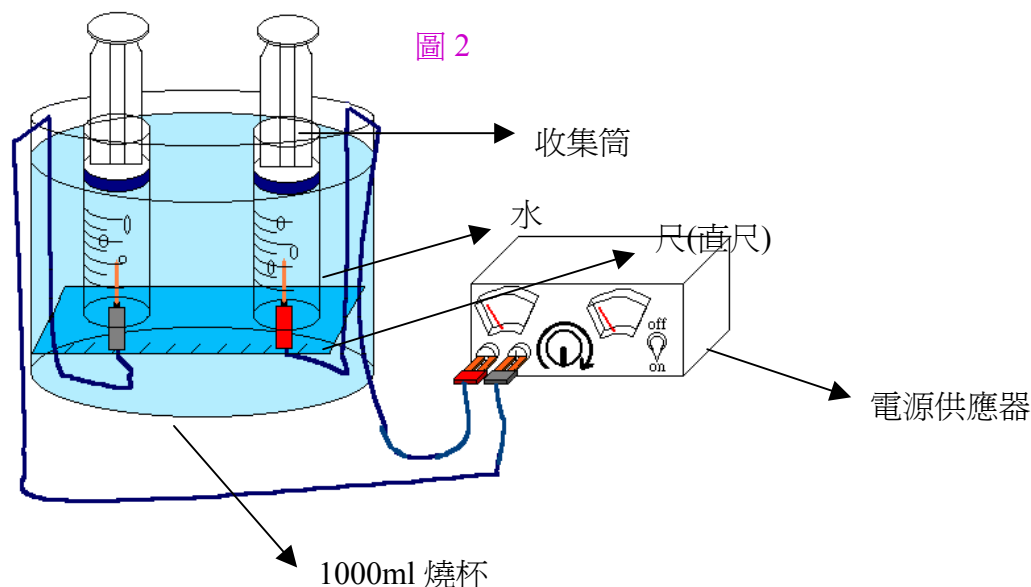
(三)討論：

1. 由表一可知正、負極試管收集的氣體經多次經驗的平均值得知，正極所收集的 O₂ 氣體，負極收集的 H₂ 氣體，H₂ : O₂ 約為 2 : 1
2. 在負極收集的氣體，以點燃火柴移進試管口則發出爆鳴聲，且有淡藍色火焰，但插入試管則火柴則熄滅表示氫沒有助燃性。由正極所收集氣體，可使將熄滅的火柴復燃，表示氧有助燃性。
3. 收集器的刻度 0.5ml 為單位，小數點部份只能由判斷誤差極大。

實驗二、不同電壓對電解水反應的影響

(一)實驗方法：

1. 如實驗一。
2. 調整不同電壓為 3v、6v、9v、12v 測試。
3. 電解反應時間固定 5 分鐘。



(二)結果：如 2 表

不同電壓對電解的反應情形。

單位：ml

| 反應 電壓 | 次 數 | 第 1 次 | | 第 2 次 | | 第 3 次 | | 平均 | |
|----------|--------|-------|-----|-------|-----|-------|-----|-----|-----|
| | | 正 | 負 | 正 | 負 | 正 | 負 | 正 | 負 |
| 3v | | 0.5 | 1.5 | 0.6 | 1.8 | 0.5 | 1.8 | 0.5 | 1.7 |
| 6v | | 2.1 | 2.5 | 1.9 | 2.8 | 2 | 2.2 | 2 | 2.5 |
| 9v | | 2.5 | 4 | 3 | 4 | 3.0 | 4 | 3 | 4 |
| 12v | | 3 | 5.5 | 7 | 8 | 3.5 | 6 | 4.3 | 6.5 |

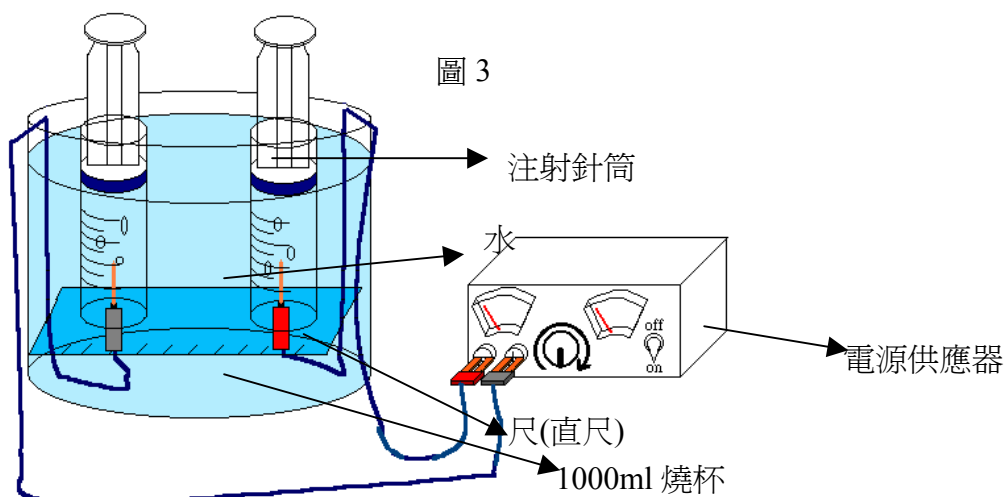
(三)討論：

1. 由表 2 實驗結果得知電壓愈大，電流通過正、負電極的反應速率隨電壓增大而加快。
2. 收集筒的測量以 0.5ml 為單位，測量誤差很大，須改進。

實驗三、電極距離，對電解的反應的影響

(一)實驗方法：

1. 如實驗一實驗方法。
2. 將二電極用橡皮圈固定在尺上。
3. 電壓固定 9v 兩電極距離分別 1.0、1.5、2、2.5 公分。
4. 電解反應的時間：固定為 5 分鐘。



(二)結果：如表 3

電極距離對電解的反應情形。

單位：ml

| 反應 距離 | 次數 結果 | 第 1 次 | | 第 2 次 | | 第 3 次 | | 平均 | |
|----------|----------|-------|-----|-------|-----|-------|-----|-----|------|
| | | 正 | 負 | 正 | 負 | 正 | 負 | 正 | 負 |
| 1 cm | | 2.5 | 4.5 | 2.3 | 4.1 | 2.5 | 5 | 2.3 | 4.5 |
| 1.5 cm | | 2.2 | 4.2 | 2.2 | 4.1 | 2.5 | 4.5 | 2.2 | 4.13 |
| 2 cm | | 2 | 4.2 | 2.1 | 4.0 | 2.1 | 4.5 | 2.1 | 4.6 |
| 2.5 cm | | 2 | 3.4 | 2 | 3.6 | 2.2 | 4.4 | 2.0 | 3.8 |

(二)討論：

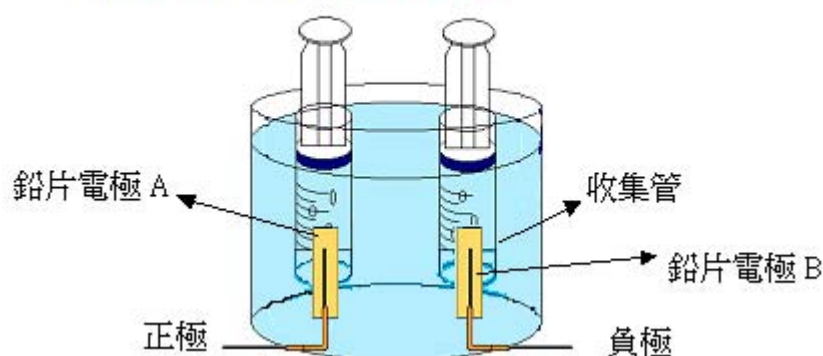
1. 由表 3 得知電流接通正、負電極，調整電極距離的電解反應速率，隨兩電極距離加大而減弱。
2. 傳統式的電極用固定不同距離，器材非常浪費。
3. 將電極用橡皮固定在測量尺上，操作不方便。
4. 由實驗過程得知我們覺得做電解反應的實驗必須有調整方便的電解反應器。

實驗四、電極面積對電解反應的影響

(一)實驗方法

1. 如實驗一實驗方法。
2. 將電線一端接附釣魚用之鉛片。
3. 鉛片的寬度為 0.5cm 長度分別為 1cm、2cm、3cm，電極距離固定為 5cm。
4. 電壓固定為 9V。時間固定為 5 分鐘，以不同濃度的 NaOH 溶液測試。

圖4:
電極面積對電解反應的裝置圖



(二)結果：如表 4 電極面積對電解反應情形。 單位：ml

| 反應 結果 藥品 | 面積 | 小電極 1cm×2cm×2 | | 中電極 2cm×2cm×2 | | 大電極 3cm×2cm×2 | |
|----------------|----|------------------|--------|------------------|--------|------------------|--------|
| | | 正 | 負 | 正 | 負 | 正 | 負 |
| 0.1M | | 0.4 ml | 0.9 ml | 0.7 ml | 1.5 ml | 1.1 ml | 2.1 ml |
| 0.2M | | 0.6 ml | 1.1 ml | 1.0 ml | 2.0 ml | 1.3 ml | 2.7 ml |
| 0.3M | | 0.9 ml | 1.8 ml | 1.4 ml | 2.8 ml | 1.8 ml | 3.6 ml |

註：藥品為 NaOH，M 為體積莫耳濃度。

(三)討論：

1. 由表 4 可知各正極生氣體(O₂)多寡以電極面積的大小變化如下
甲、3cm×2cm×2 > 2cm×2 cm×2 > 1cm×2 cm×2。
2. 各負極電極面積大小所產生得氣體氫(H₂)的多少變化為：3cm×2cm×2 > 2cm×2cm×2 > 1cm×2cm×2。
3. 由表 4，測驗結果得知，電解反應的強弱隨電極的表面積越大電解效率越高。
4. 實驗的過程中隨時要注意，鉛片與電極的接觸導電是否良好。實驗前必須先用三用電表測量。

二、設計精密方便的測量儀器

學校沒有精密的測量器，上述四個實驗其測量基本單位為 0.5ml，電解反應使用電源供應器直流電最大可調整至 12v，但設計電解的電極表面積太小電解反應所產生的氣體很少，延長電解反應時間，勉強可以看出反應的結果，但要有效的進一步的研究，應該先從測量器具著手。有了精密的測量器，改良的反應器稍微化學反應變化，亦能容易觀察變化情形。

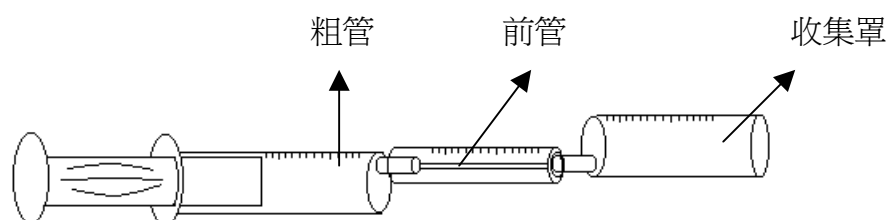
實驗五：氣體體積測微器的設計(第一代)

(一) 實驗方法：

1. 將一跟 0.5ml 的注射針筒兩端切掉。
2. 切掉的兩端的 0.5ml 注射針管上有 10^{-2} ml 的刻度為前管。
3. 前管一端接 25ml 的完整注射針筒，另一端接住收集氣體的收集罩。”如圖 5”

圖 5

氣體測微器的裝置圖(第一代)



(二) 討論

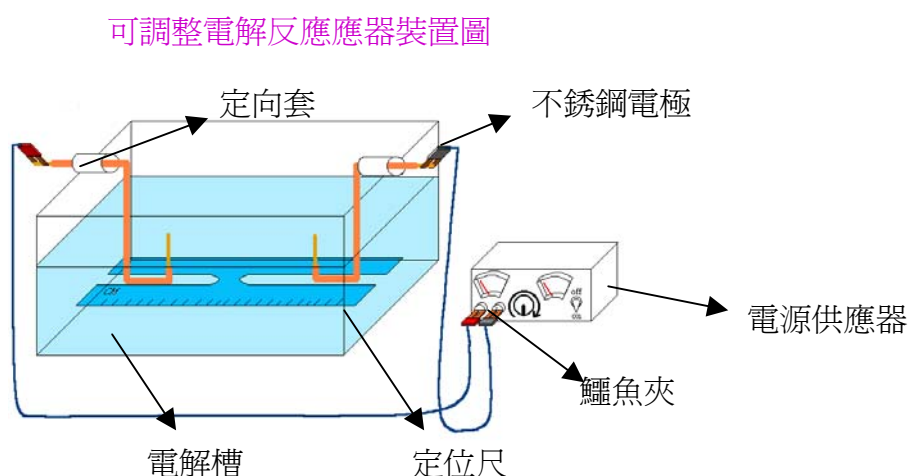
1. 測微器因非一體成型，其粗管與前管，前管與收集罩接合處為 0.08ml 測量時需計算在內。
2. 5ml 前管上有 10^{-2} ml 的標準刻度，故測量之準確度能至 10^{-2} ml。

實驗六：自製可調整電解反應器

(一) 實驗方法

1. 將 10 公分長膠包銅線，銅線直徑 2mm 兩端均將去膠皮長 3cm，折其如圖 5 不銹鋼電極
2. 將與反應盒同寬之塑膠尺從兩端各具兩直條缺口，如圖 5 定住尺
3. 將 1cm 長筆管作成定向套，將銅電極一端穿入，使一端插在定位直尺，可左右移動，調整距離
4. 如實驗一，以相同電壓 9v 兩極以不同距離電解 0.5M 的 NaOH 溶液時間為 5 分鐘
5. 電解反應正、負極所產生的氣體用氣體測微器(第一代)測量

圖 6



(二)結果：如表 6。調節電解反應器使用第一代氣體測微器測量情形。單位：ml

| 反應距離 | 次數 | 第 1 次 | | 第 2 次 | | 第 3 次 | | 平均 | |
|-------|----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-------|
| | | 正 | 負 | 正 | 負 | 正 | 負 | 正 | 負 |
| 1cm | | 6.98 | 14.12 | 6.78 | 13.56 | 6.32 | 13.53 | 6.69 | 13.73 |
| 1.5cm | | 6.12 | 13.78 | 5.98 | 12.80 | 5.83 | 12.90 | 5.97 | 13.16 |
| 2 cm | | 5.38 | 12.58 | 5.21 | 11.65 | 5.31 | 11.48 | 5.30 | 11.90 |
| 2.5cm | | 4 | 10.08 | 5.01 | 10.07 | 5.08 | 10.50 | 4.69 | 10.21 |

(三)討論：

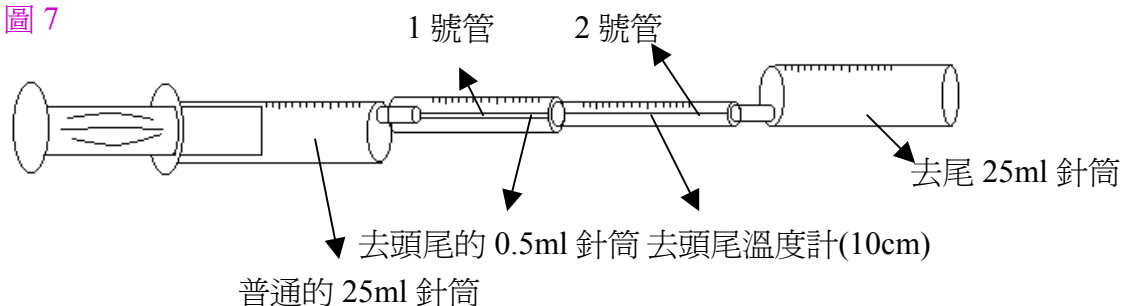
1. 由實驗可知電極的距離調整操作常容易。
2. 自製反應器調整測量的精準度為 10^{-1} cm 明顯判斷電級的距離加大反應愈慢。
3. 可調整電解反應器作容易可調距離為 10^{-1} cm 正負電極電解所產生相差甚微需要設計更精密的氣體測量器才能觀察反應結果。
4. 測微器(第一代)有待突破。

實驗七：氣體體積測微器的設計(第二代)

(一) 實驗方法

1. 將第一代氣體測微器的收集罩取下。
2. 再接更細的管，用溫度計去接前、後端做成爲 2 號前管。
3. 2 號前管再接收集罩如圖七。
4. 如實驗六，電解時電極調整的距離 1.0、1.1、1.2、1.3、1.5、2cm。

圖 7



(二) 結果：如圖表 7

表 7

氣體體積測微器的測量情形

(單位 ml)

| 反 應 距 離 | 次 數 結 果 | 第 1 次 | | 第 2 次 | | 第 3 次 | | 平均 | |
|------------------|------------------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|
| | | 正 | 負 | 正 | 負 | 正 | 負 | 正 | 負 |
| 1.0cm | | 6.892 | 14.173 | 6.790 | 13.680 | 6.902 | 13.830 | 6.861 | 13.994 |
| 1.1 cm | | 6.490 | 13.013 | 6.488 | 12.980 | 6.492 | 12.806 | 6.490 | 12.933 |
| 1.2 cm | | 6.088 | 12.210 | 6.140 | 12.180 | 6.084 | 12.210 | 6.104 | 12.200 |
| 1.3 cm | | 5.686 | 11.402 | 5.785 | 11.510 | 5.680 | 11.412 | 5.717 | 11.441 |
| 1.4 cm | | 5.288 | 10.613 | 5.432 | 10.980 | 5.410 | 11.008 | 5.376 | 10.867 |
| 1.5 cm | | 5.283 | 10.418 | 5.382 | 10.802 | 5.264 | 10.612 | 5.309 | 10.610 |

(三) 討論：

1. 第二代氣體測微器非一體成型接合處的氣體粗管與 1 號前管爲 0.078ml。2 號前管與 1 號前管爲 0.032ml，2 號前管與收集罩爲 0.082ml。
2. 由實驗結果如表 6 得知自製氣體積測微器的精準度可爲 10^{-3} ml。

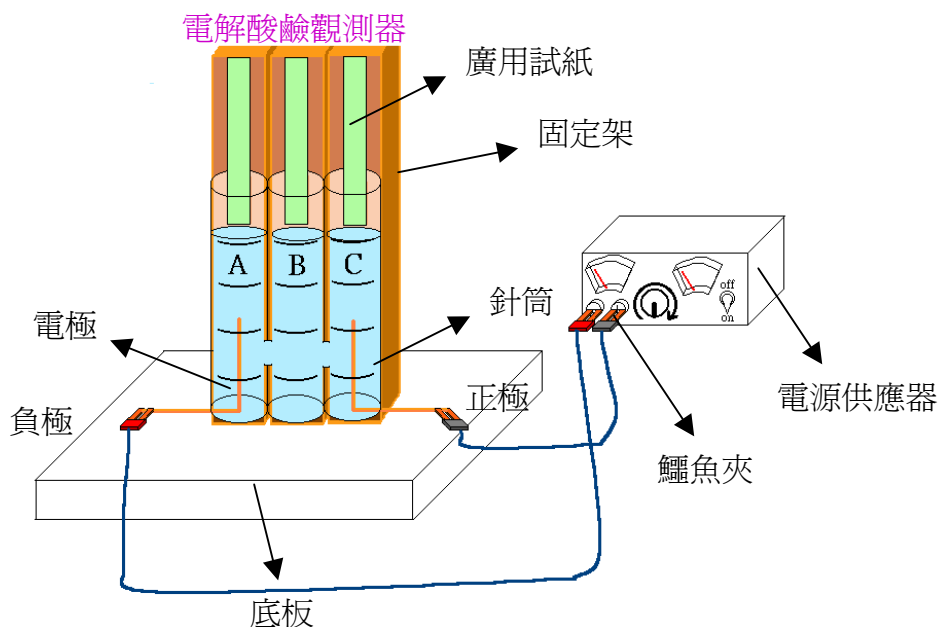
三、探討電解水的酸鹼變化的影響

實驗八：電解酸鹼變化觀測器的設計

(一) 實驗方法：

1. 利用 3 支 50ml 的注射針作成 A、B、C 三反應管，針頭部用熱熔膠黏住不會漏水。
2. A、B 管間鑽一個孔相通 B、C 管間亦有一圓孔相用熱熔膠將其黏住不會漏水。
3. A、B 兩管底部各黏入電極，電極長各為 3 公分直徑 0.2 cm 的銅線做成。
4. A、B、C 三管後均有固定架，便於黏住試紙。
5. 通過直流電 12v，A 電極管的電極接負極電流，C 電極管的電極接正極電源，觀察酸鹼試紙的變化。

圖 8



(二) 結果：如表 8

表 8

電解酸鹼變化的情形

| 反應時間 | 試管結果 | A 負極 | B | C 正極 |
|------|------|------|---|-------|
| 20 分 | | 淺綠 | 綠 | 淺綠黃 |
| 30 分 | | 淺綠 | 綠 | 淺黃綠 |
| 40 分 | | 變淺綠藍 | 綠 | 淺黃、黃綠 |
| 50 分 | | 淺藍綠 | 綠 | 淺黃、黃綠 |
| 60 分 | | 淺藍 | 綠 | 淺黃 |

(三)討論

1. 由上表得知 A 管的試紙隨時間的增加漸由奶油色轉變成淺綠顏色漸深。
2. B 管試紙的顏色則為綠色不會隨時間而產生變化。
3. C 管試紙的顏色則為淺綠黃色隨時間的增加轉變成淺黃綠色漸成淺黃色。
4. 因是測試顏色雖能觀測出大概，但不容易瞭解，時間所產生的變化情形。

再次實驗用 PH 計測量其結果如下。

表 8-B PH 計測量電解酸鹼變化情形

| PH 值 反應 時間 試管 結果 | A 負極 | B | C 正極 |
|------------------------------|---------|-----|---------|
| 20 分 | 7.8 | 7.1 | 6.1 |
| 30 分 | 8.31 | 7.1 | 5.9 |
| 40 分 | 8.3 | 7.2 | 5.8 |
| 50 分 | 8.6 | 7.2 | 5.2 |
| 60 分 | 8.7 | 7.2 | 5.1 |

(四)再討論：

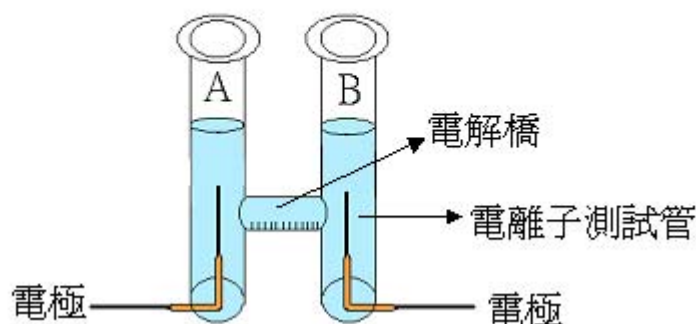
1. 實驗的結果得知前 1~15 分正、負極的 PH 值變化甚小，所以將電解測試時間從 20 分起每隔 10 分鐘測試一次。
2. 由上表可知 A 管接負極電流後的 PH 值隨電解時間增加。
3. C 試管正極水的 PH 值隨電解時間減少，而 B 試管測過的水變化甚微。

實驗九：自製簡易電解離子運動觀測器的設計

(一) 實驗方法：

1. 分別用 2 之 30ml 注射針筒，裝入一不鏽鋼電極作成測試管。
2. 分別鑽一圓孔，用 2.5ml 注射針筒，做成的電解橋接住，使二測試管接成”H”型。
3. 電解橋上有刻度便於測量擴散的情形。
4. 器材設計完成，後兩測試管均 3/5 的水，同時 A 管滴 5c.c 進濃度 0.5M 的硫酸銅 B 管滴進 5c.c 的水，A、B 兩試管各接通電源的正、負極或不通電的不同情況測試擴散情形。
5. 不加電流，測量藍色硫酸銅由 A 擴散到 B 的時間。
6. A 接正極，B 接負極，測量擴散至 B 的時間。
7. A 接負極，B 接正極，測量擴散至 B 的時間。

圖9: 電解電離子運動觀測器裝置圖



(二)結果：如表 9

不同狀況擴散情形

單位：秒

| 時 次 | 電 源 供 應 | 不加電壓 | 加電壓 | 加電壓 |
|--------|------------------|---------|--------------|--------------|
| | | | A(+) B(-) | A(-) B(+) |
| 1 | | 12''8 秒 | 8''6 秒 | 15''3 秒 |
| 2 | | 13''1 秒 | 9''6 秒 | 16''1 秒 |
| 3 | | 12''7 秒 | 8''7 秒 | 15''5 秒 |
| 平均 | | 12''9 秒 | 8''9 秒 | 15''6 秒 |

(三)討論：

- 1.由實驗結果如表 9 得知，其擴散速率的快慢順序為
A(+)B(-)，>A、B 不加電壓>A(-)B(+)
- 2.滴入硫酸銅溶液之測試管接正極電，擴散速度較快，測試管接通負極電與擴散速率反而較慢。

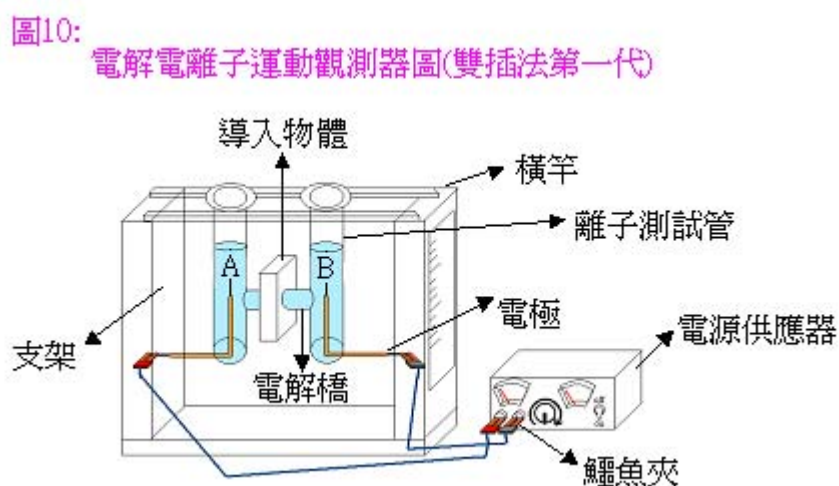
四、如何活用電解原理

直流電導入離子性化合物的溶液，帶了電荷的離子化合物，正離子便移到帶負電的電極，化合物之負離子便移到帶正電的電極，如果兩電極間隔一導電物體，是否可以將化合物離子化導入導電物體，使課本所學的電解原理更能廣泛運用到實際之生活上。

實驗十：離子導入物體(導電)方法的探索(雙插法第一代)

(一)實驗方法

1. 兩離子測試管支電解橋相向，同時插入測試物體，A、B 兩測試管各注入濃度 0.5M 硫酸銅電解溶液，測試不同狀況不同時間電解後中間物體的顏色滲透深度，中間物體是利用蘿蔔片切成 1 cm×2 cm×3 cm塊狀。
 2. 不加電壓測量不同時間，用游標尺測量硫酸銅滲透到物體的深度。
 3. A 接正極，B 接負極，操作同上。
 4. A 接負極，B 接正極，操作同上。
- } 固定電壓 12v



(二)結果：表 10

雙插法第一代滲透測試情形

單位：cm

| 滲透 程 度 時 間 | 電 源 供 應 | 不加電壓 | 加電壓 | 加電壓 |
|------------------------|------------------|--------|--------------|--------------|
| | | | A(+) B(-) | A(-) B(+) |
| 2 分 | | 0.10cm | 0.20cm | 0.15cm |
| 4 分 | | 0.21cm | 0.41cm | 0.19cm |
| 6 分 | | 0.30cm | 0.62cm | 0.27cm |
| 8 分 | | 0.58cm | 1.20cm | 0.38cm |
| 10 分 | | 0.85cm | 1.52cm | 0.40cm |

(三)討論：

由實驗結果如”表 10”得知其滲透的速率快慢。

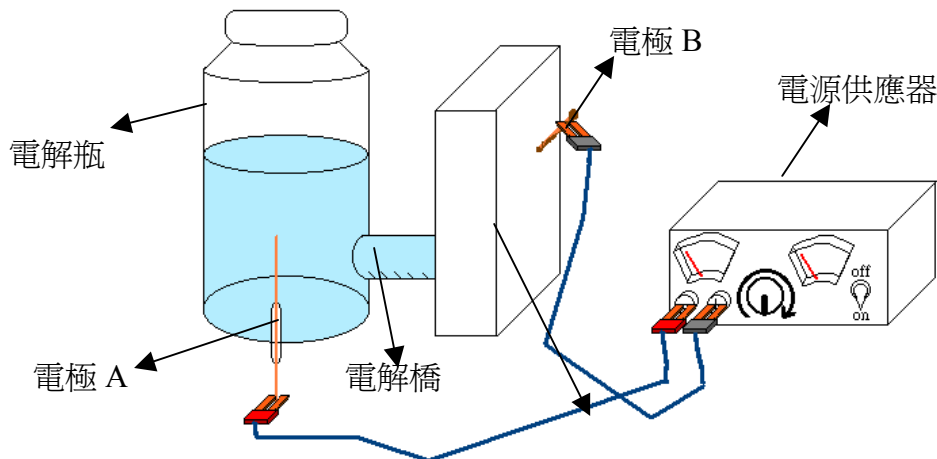
1. A(+)B(-)，>A、B 管不加電壓，>A(-)B(+)。
2. 正、負極不同位置變化會影響離子導入的速率。
3. 蘿蔔片風乾影響導電性，未使用前需浸泡水裏。

實驗十一：離子導入物體(導電體)方法的探討(單插法第一代)

(一)實驗方法

1. 電解瓶是用空塑膠瓶，底部裝一電極下端接一直徑 0.5cm 圓管的電解橋作成。
2. 另一電極直接 2 cm×1 cm×3 cm的塊狀菜頭。
3. 瓶中裝入 3/5 的濃度 0.5M 的硫酸銅溶液。
4. 方法如”實驗十”測比較滲透入物體深度。

圖 11 離子導入(單插法第一代)的裝置圖



導入物體

(二)結果：如表 11 離子導入(單插法第一代)的測試情形

| 滲透 程 度 時 間 | 電 源 供 應 | | |
|------------------------|------------------|--------------|--------------|
| | 不加電壓 | A(+) B(-) | A(-) B(+) |
| 2 分 | 0.11cm | 0.21cm | 0.01cm |
| 4 分 | 0.22cm | 0.40cm | 0.19cm |
| 6 分 | 0.32cm | 0.63cm | 0.22cm |
| 8 分 | 0.61cm | 1.08cm | 0.30cm |
| 10 分 | 0.80cm | 1.58cm | 0.41cm |

(三)討論

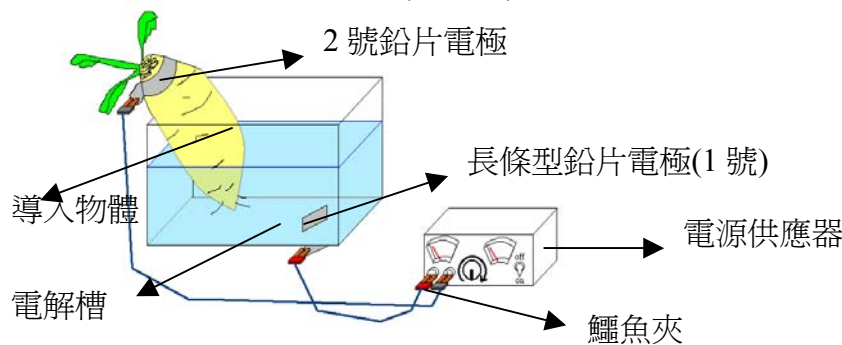
1. 由實驗結果”表 11”得知直流電解 A 電極通正電時滲透速率較快。
2. 實驗所用的電極，利用注射針頭做成，體積太小，反應速率太慢。有待改進。
3. “實驗十”雙插法第一代及”實驗十一”單插法第一代操作時，時常發現化合物溶液外漏，需再改進。

實驗十二：離子導入物體(導電體)方法的探討(浸泡法)

(一)實驗方法

1. 利用一長方形塑膠桶做成電解槽，底部鉅開裝入一長方形鉛片當作電極，半公分長露出便於夾住電源。
2. 電解槽裝 3/5 的 0.5M 硫酸銅溶液。
3. 導入導電物體為 2 cm×1 cm×5 cm塊狀蘿蔔，電極由帶狀知鉛片包住導電體，用鱷魚夾夾住。
4. 將導入物體一端投入電解槽的硫酸銅溶液中。

圖 12 離子導入(浸泡法)的裝置圖



(二)結果：如表 12 離子導入(浸泡法)的測試情形 單位：cm

| 滲透 程 度 時 間 | 電 源 供 應 | 不加電壓 | 加電壓 | 加電壓 |
|------------------------|------------------|---------|--------------|--------------|
| | | | A(+) B(-) | A(-) B(+) |
| 2 分 | | 0.10 cm | 0.31 cm | 0.10 cm |
| 4 分 | | 0.22 cm | 0.52 cm | 0.19 cm |
| 6 分 | | 0.32 cm | 0.52 cm | 0.27 cm |
| 8 分 | | 0.60 cm | 1.32 cm | 0.31 cm |
| 10 分 | | 0.72 cm | 1.83 cm | 0.41 cm |

(三)討論：

1. 浸泡法的兩電極均用鉛片做成電極的表面積增大反應速率加快。
2. 由離子導入浸泡法的實驗結果得知其滲透速率比雙插法、單插法的滲透情形較佳。
3. 當電解槽 1 號電極通入負電電源 2 號電極通入正電電源時其滲透效果最佳。
4. 浸泡法所需的硫酸銅溶液較多，需浸泡實驗所用之導入物體，非常浪費材料，有待改進。

實驗十三：離子導入(雙插法第二代)

(一)實驗方法：

1. 實驗方法如同”實驗十”
2. 電解橋設置於測試管下瑞。
3. A，B 兩測試管及電解橋均用棉花塞滿。
4. 將兩測試管浸泡在濃度 0.5M 硫酸銅溶液中，使測試管及電解橋中的棉花吸滿硫酸銅溶液。

(二)結果：表 13

離子導入雙插法第二代測試情形

| 滲透 程度 時間 | 電 源 供 應 度 | 不加電壓 | 加電壓 | 加電壓 |
|----------------|-----------------------|--------|--------------|--------------|
| | | | A(+) B(-) | A(-) B(+) |
| 2 分 | | 0.08cm | 0.16cm | 0.10cm |
| 4 分 | | 0.18cm | 0.38cm | 0.18cm |
| 6 分 | | 0.22cm | 0.48cm | 0.20cm |
| 8 分 | | 0.29cm | 0.66cm | 0.25cm |
| 10 分 | | 0.38cm | 0.84cm | 0.34cm |

(三)討論：

1. 由實驗結果”表十三”與”實驗十”的實驗結果”表十”其加電壓 A(+)
B(-)的效果略同。
2. 實驗的過程硫酸銅溶液不會外漏。

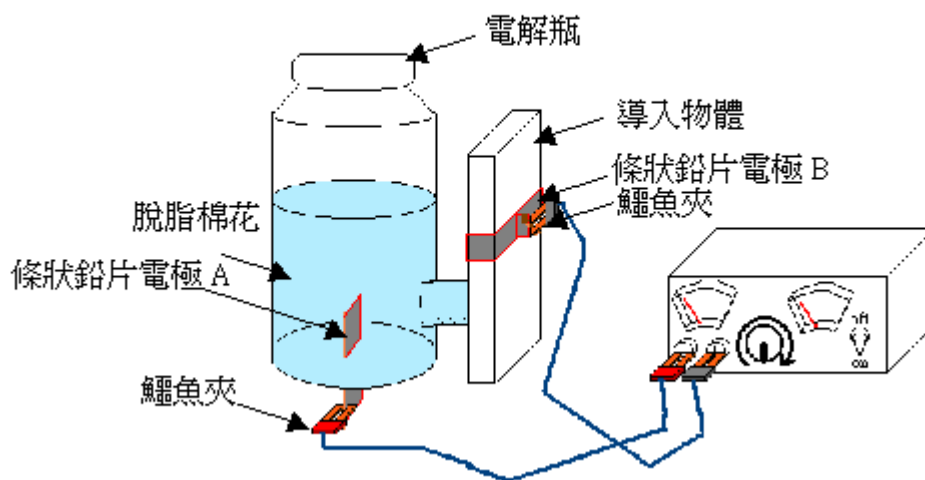
實驗十四：離子導入(單插法第二代)

(一)實驗方法：

1. 驗方法如同”實驗十一”
2. 將電解瓶底部之電極用寬 0.5cm 長 2cm 厚 0.2cm 的鉛片做成，如”A 電極”。
3. 另一電極由帶狀鉛片做成包住導入物體，如”B 電極”。
4. 電解瓶及電解橋塞滿脫脂棉花硫酸銅溶液。

圖 14

離子導入單插法第二代裝置圖



(二)結果：如表十四

離子導入單插法第二代測試情形

| 滲透 程度 時間 | 電源 供應 程度 | 不加電壓 | 加電壓 A(+) B(-) | 加電壓 A(-) B(+) |
|----------------|----------------|--------|---------------------|---------------------|
| | | 2 分 | 0.08cm | 0.18cm |
| 4 分 | 0.14cm | 0.40cm | 0.16cm | |
| 6 分 | 0.22cm | 0.52cm | 0.26cm | |
| 8 分 | 0.29cm | 0.78cm | 0.32cm | |
| 10 分 | 0.38cm | 1.10cm | 0.40cm | |

(三)討論：

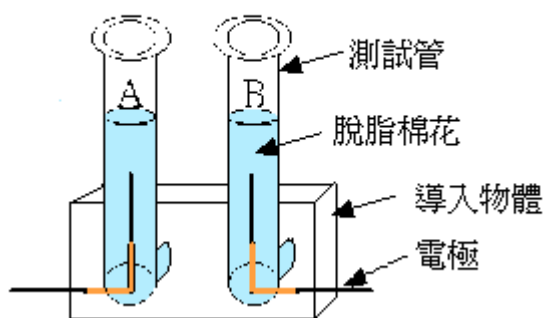
1. 實驗結果”表 14”與”實驗十一”的實驗結果”表 11”比較得知，加電壓後 A(+)
B(-)的反應效率比較，”實驗十四”優於”驗十一”。
2. “實驗十四”的裝置，電極的表面積較大，反應效率較好。
3. 實驗的過程硫酸銅溶液不會外漏。

實驗十五：平面離子導入（雙插法第三代）

(一)實驗方法

1. 方法如同”實驗十三”A,B 兩測試管裝置。
2. 入物體為 2cm×1cm×5cm 塊狀蘿蔔片。
3. A,B 兩電極測試管距離 2cm，貼緊在同平面之導入物體如”圖十五”。

圖 15 離子導入雙插法第三代裝置圖



(二) 結果：如表 15

離子導入雙插法第三代的測試情形

條件：A(+)、B(-)

| 擴散程度 時間 | 電源供應度 | 不加電壓 | 加電壓 A → B | 加電壓 B → A |
|------------|---------|---------|--------------|--------------|
| | | 2 分 | 0.08 cm | 0.22 cm |
| 4 分 | 0.18 cm | 0.36 cm | 0.18 cm | |
| 6 分 | 0.22 cm | 0.48 cm | 0.24 cm | |
| 8 分 | 0.29 cm | 0.92 cm | 0.32 cm | |
| 10 分 | 0.38 cm | 1.25 cm | 0.40 cm | |

(三)討論：

1. 由實驗的結果”表 15”得知，平面測量加電壓 A(+)B(-)時電解橋 A→B、電解橋 B→A 的擴散速率較不加電壓時快。
2. 兩測試管加電壓的條件為 A (+) B (-) 時，A 測試管向 B 測試管的擴散速率較 B 測試管朝 A 測試管快。

陸、討論

一、我們多次實驗得知固定電壓的電解水負極試管收集的氣體 H₂ 及正極試管收集的氣體 O₂ 氣體的體積 H₂ : O₂ 約 2 : 1。

- 1.反應速率隨電壓的增高而加快。
- 2.電解時電極的距離愈大反應速率愈慢。
- 3.電解正、負極所產生的氣體均隨電極面積加大而產生氣體愈多。

二、電極距離對電極的反應實驗過程中，傳統式的電極採用固定不同距離材料浪費，或用兩電極固定在測量尺，操作非常不方便，故我們設計可調整電解反應器，兩電極均套在定向套上，可隨意調整距離精準度可達 10⁻² cm。

三、我們多次實驗過程，電極反應電極所產生的氣體，利用現有的收集器測量刻度為 0.5ml 為單位，小數點都只能由感官判斷，誤差很大，經討論後，我們利用”體積 = 面積×高”，縮小面積增加高度，增加高度便於標示刻度，設計出氣體體積測微器(第一代)如”實驗五”，利用原來的粗管在接上 0.5ml 注射針管，針管上已經有 10⁻²ml 的刻度，則本收集器的準確度提升至 10⁻²ml。

四、要提測微器的精準度的方法，我們已經知道，故我們決定”突破”賞試細管中穿入較細的銅線，操作時管內銅線不易固定，製作困難，需”再突破”最後決定利用溫度計，切掉兩端，接在第一代測微器 0.5ml 針管的前端如”實驗七”測微器第二代則設計完成，其測量的準確度可達 10⁻³cm。

五、電解水時電流通入陰極會產生氫氣，陽極產生氧氣，為知移除後的水的酸鹼變化我們設計電解酸鹼變化觀測器如”實驗八”電解後用廣用試紙，其顏色的變化甚微，故我們再次實驗，用 PH 計測量負極管水的 PH 值隨電解時間增加，正極管水的 PH 值，隨電解時間的增加而減少。中間水的 PH 值變化甚微。

六、我們為探討離子性溶液通電後的擴散速率的變化情形，我們自製電解離子運動觀測器如”實驗九”滴入硫酸銅溶液之試管接通正極電，另一試管通入負極電時的擴散速率，較其正、負極互換的擴散速率快。

七、我們經過多次電解基本理論的實驗得知，直流電解導電性，化合物溶液時，帶電荷的離子化合物，陽離子便移動至帶負電的電極，化合物的陰離子便移動至帶正電的電極，若要將電解原理更廣泛的應用於身上，必須從化合物離子導入的方法作探討，我們設計多種不同方式的導入的方法，如”實驗十”的雙插法第一代”實驗十一”的單插法第一代及”實驗十二”的浸泡法，實驗結果得知，上述三種方法均能有效的將溶液中化合物的離子，導入導體的內部。

八、”雙插法第一代”及”單插法第一代”在實驗操作的過程中發現測試管與導入物體接觸處很容易漏，此點必須改進。故我們研發”雙插法第二代”及”單插法第二代”，其主要是利用會吸水的棉花，塞滿測試管，電解橋及電解瓶，經實驗的結果得知改良型亦能有效的將溶液中化合物的離子導入導體的內部，而且實驗的過程中電解橋與導入物體接觸處不會漏出溶液。

九、上述設計多種離子導入方法的實驗，兩電極均隔導入物體相對，故我們設計”實驗十五”平面離子導入雙插法第三代，實驗結果得知亦能有效的將溶液化合物的離子導入物體。

十、大膽的假設：

經我們設計多種離子導入的方法如雙插法第一代、單插法第一代、雙插法第二代、單插法第二代、浸泡法及平面導入雙插法第三代，實驗證明通入直流電，均能有效將”離子性化合物”導入”兩極間物體”，若將”離子性化合物”變換成”治療藥劑”，”兩極間物體”變換成”動、植物治療部位”是否可行，值得作為進一步研究的主題。

柒：結論

研究電解水的過程中，經過多次實驗，我們秉持**大膽的假設**，**設計實驗**，**證明假設成立**的大原則下，遇到困難尋求**突破**，故現有的實驗器材不理想，則設法改良設計實驗的工具。此次科學的研究，我們設計有**可調距離的電解器**，精準度高達 10^{-3} ml 的**氣體測微器**”如圖九”及**電解酸鹼觀測器**”如圖八” ，實驗得知直流電導入離子性化合物溶液，帶了電荷的離子化合物，正離子便移至帶負電的電極，化合物之負離子便移至帶正電的電極，若兩電極間隔一導電物體在電解中是否可以將化合物離子化導入導電物體，經我們設計多種離子導入的方法，如(**雙插法第一代**、**單插法第一代**、**雙插法第二代**、**單插法第二代**、**浸泡法**及**平面導入**，**雙插法第三代**)實驗證明通入直流電能有效的將溶液中離子性化合物導入兩極間之導電物體。

動植物體內大部份均含百分之 70%的水，是**導電體**。很多藥品又都是離子性、化合物，如氯化鈣、硫酸鎂、氯化鉀及我們實驗常用可治療手足癱的硫酸銅，如果經醫師指導，對醫療部位及症狀，用所需要藥劑，實驗中間物體換成病患需治療的部位，將一般藥劑配製成水溶液，以電解方法是否可行藥劑能解離成正電荷或負電荷的離子，藥劑離子的極性應較明確，由於離子的同性相斥異性相吸的原理，**陽離子**的藥物由**陽極導入**，**陰離子**的藥物由**陰極導入**，非單純某一離子的藥物，由**兩極**同時導入。

捌、參考資料

一、國民中學理化第三冊國立編譯館

二、認識電解水

<http://ecaaser2.ecaa.ntu.edu.tw/weifang/water/%E8%AA%8D%E8%AD%98%E9%9B%BB%E8%A7%A3%E6%B0%B4.htm>

三、交流電解水的直觀研究

<http://www.ccjh.tcc.edu.tw/study/tecnologe/s40/sty40-1.html>

四、電流的化學反應

http://ntds.fsjh.ilc.edu.tw/%E9%A0%98%E5%9F%9F%E8%B3%87%E6%96%99%E5%A4%BE/%E8%87%AA%E7%84%B6%E8%88%87%E7%94%9F%E6%B4%BB%E7%A7%91%E6%8A%80/Web_Link/%E7%B6%B2%E9%A0%81%E8%B3%87%E6%96%99/%E7%B7%A8%E8%AD%AF%E9%A4%A8/24-2a.html

五、長壽村電解水

<http://www.longlife77.idv.tw/>

評語

030211 國中組化學科

電來了一看你往哪裡跑

有創意的設計，但概念知識可增強。