

中華民國 第 49 屆中小學科學展覽會  
作品說明書

---

國中組 物理科

最佳創意獎

030104

正正有「磁」——磁場對水表面張力之影響

學校名稱：新竹市立光武國民中學

|        |       |
|--------|-------|
| 作者：    | 指導老師： |
| 國二 黃靖瑜 | 林茂成   |
| 國二 林迺晏 | 吳昇錦   |
| 國二 吳尚霖 |       |
| 國二 余佩欣 |       |

關鍵詞：磁化水、表面張力、氫鍵

## 摘要:

飲水機的說明中常宣稱磁化水有神奇功效，使我們好奇。我們由實驗室發展出的同步攝影法，與水滴微觀測量法，設計出可精密測量水滴接觸角的儀器，觀察水磁處理後表面張力的改變。在 4150Oe 的磁場下，為磁場降低水表面張力的極值。我們發現若要製造一杯高效能的磁化水需要高均勻度、強磁場強度、30 秒之磁化時間。磁化水有效時間與水滴角度成正比。磁處理現象是因為水是極性分子，外加磁場下分子排列整齊改變其表面張力。我們將磁化水的特性應用於生活中。電解磁化水可增加 43% 的反應速率，可用於氫能源之製造。我們用磁化水的特性製作磁化動力船，在一安培的電流下船的前進速率為 3cm/min。檢測市售磁化水發現表面張力並無降低，建議可將表面張力列入檢測項目中。

## 壹、實驗動機:

近年來國人更加注重身體健康，就連飲用水也越來越講究，因此各大賣場紛紛販售可製造出「能量水」飲水機。細看之下，多台機器皆標榜其所產生的水有高溶解力、擴散力，人體吸收速度快。且聲稱飲用後可促進血液循環、幫助新陳代謝、活化細胞。製作方法則籠統的寫出經特殊方法將水磁化後，使其帶有「磁能量」。看著這些琳琅滿目的飲水機，不禁令人懷疑這些能量水究竟有何特別？溶解度、滲透、擴散都和表面張力有關。於是我們想要自製磁化水，並研究其與表面張力之關係。

## 貳、實驗目的:

1. 自製表面張力測量器
2. 磁鐵或電磁鐵的磁場對水表面張力之影響
3. 磁場影響水及水溶液表面張力降低機制之探討
4. 如何製造高效能磁化水
5. 磁化水於日常生活之應用

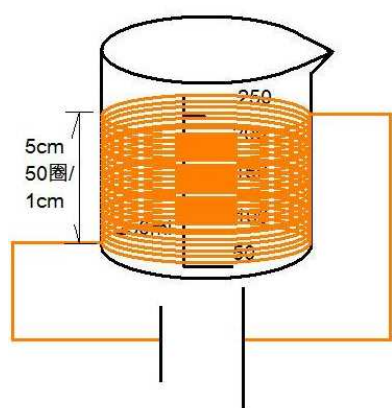
## 參、實驗器材:

|                   |                                 |
|-------------------|---------------------------------|
| 微吸量管 x1           | 漆包線一捲                           |
| 單電源供應器 x1         | 可變電阻 x2                         |
| 鱷魚夾 x5            | 燒杯 x3(50mlx1, 100mlx1, 250mlx1) |
| 線圈 x3             | 培養皿 x3                          |
| C 型夾 x1           | 玻璃管 x2                          |
| 數位相機(SONY.T100)x1 | 試管 x3                           |
| 放大鏡 x1            | 鐵架 x1                           |

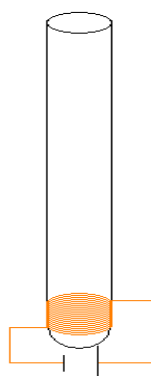
|                      |                |
|----------------------|----------------|
| 三用電表(DM-9027)x1      | 碼表 x1          |
| 三腳架 x1               | 天然磁鐵(500G)x2   |
| Adobe illustrator 軟體 | Movie Maker 軟體 |
| LakeShore            |                |

表 0-1 磁化槽編號

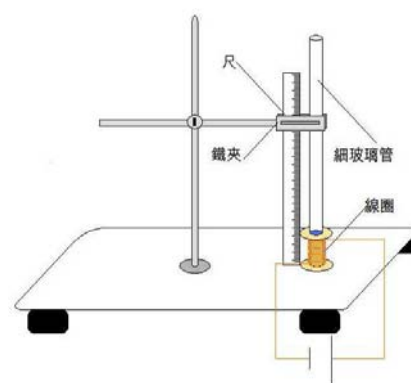
| 磁化槽編號 | 總圈數(圈) | 線圈高度(cm) | 半徑(cm) | 一次磁化水量(ml) |
|-------|--------|----------|--------|------------|
| A     | 250    | 5        | 3.45   | 60         |
| B     | 200    | 4        | 2.65   | 24         |
| C     | 150    | 3        | 2.155  | 12         |
| D     | 50     | 1        | 1.22   | 8          |
| E     | 50     | 1        | 0.75   | 3          |
| F     | 150    | 1.84     | 0.41   | 1          |



磁化槽 A、B、C



磁化槽 D、E



磁化槽 F

## 肆、實驗步驟與結果:

### 實驗一、自製表面張力測量器

為了能夠證實水經過磁處理後，表面張力的確有降低的現象，我們自製了一個表面張力測量器。以 SONYT100 數位相機作為拍攝工具，利用微吸量管定量的水，滴於培養皿及方格紙做成的觀測平台，最後分別拍下五滴水滴，匯入電腦。

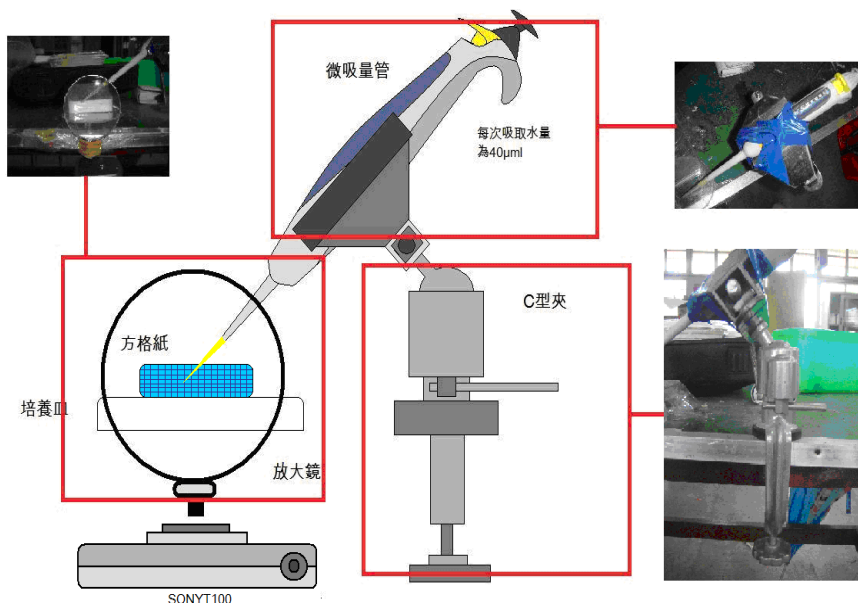


圖 1-1-1 微吸量管測量儀器

我們使用上面儀器得到五張攝有水滴之照片。將照片放大十六倍，再從水滴與介面的接觸點，將游標水平移動 5pt 後，垂直向上至水滴之邊緣。以此線段之長度用三角函數求得水滴與介面接觸角。分別測量五個水滴，刪去一組極值，取剩餘四組求平均，即為平均水滴與介面接觸角。



圖 1-1-3 水滴之介面接觸角測量(2)

以下為先前實驗室發展出來的測量方法：手動拉出水滴與界面夾角之兩線，經由程式算出兩線之夾角。不過此方法會因為操作的人不同而有所差別，所以我們改良成上面單純移動滑鼠測量線段長度的方法。

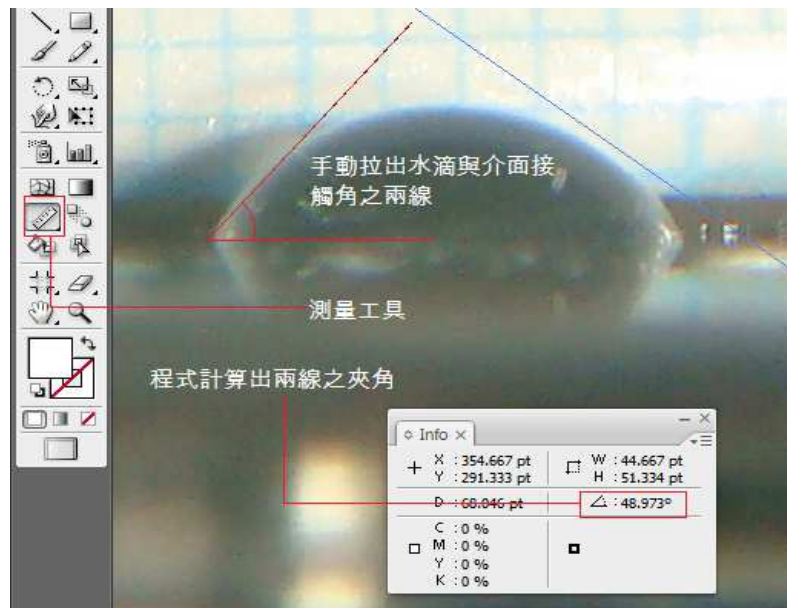


圖 1-1-2 水滴之介面接觸角測量(1)

此外，為了能夠推算出將水滴與介面接觸角直接換算成表面張力的公式，我們使用專門測量表面張力的毛細管，來測量磁化水的表面張力。最後再將接觸角與毛細管求得之表面張力進行比對，推出水滴角度與表面張力的換算公式。另外，毛細管之實驗一次需 20ml 之水量，因此使用了可一次磁化 60ml 的磁化槽 A。

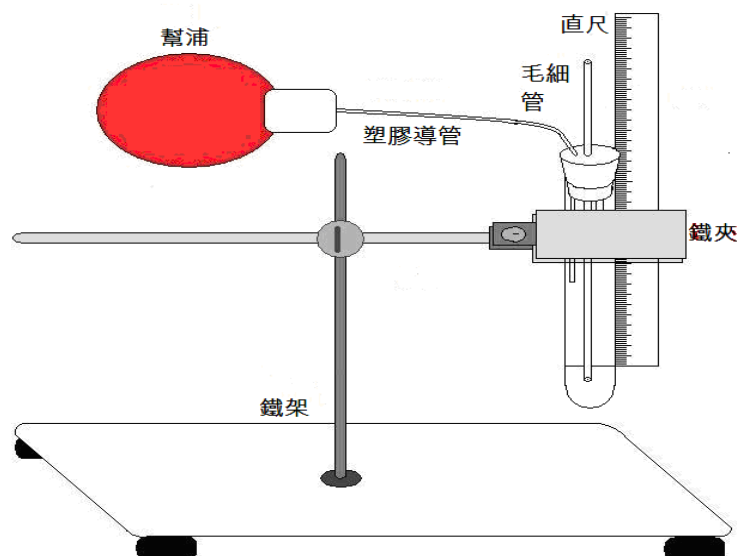


圖 1-2-1 毛細管測量儀器

### (一)實驗步驟:

#### 實驗 1-1 直流電之磁處理效果

以磁化槽 A，分別通以 0.5、1、1.5、2 安培的電流，磁處理 3 分鐘取樣，分析並記錄結果。

#### 實驗 1-2 以毛細管測量磁化水之效果

以磁化槽 A，分別加入 0.5、1、1.5、2 安培的磁化水，以毛細管測量其高度。

## (二)實驗結果:

(表 1-1 磁化槽 A、磁化三分鐘)

| 電流大小(A) | 對照     | 0.5      | 1        | 1.5    | 2       |
|---------|--------|----------|----------|--------|---------|
| 水滴角度(度) | 61.011 | 58.19475 | 56.23025 | 52.366 | 50.2565 |

(表 1-2 毛細管、磁化三分鐘、磁化槽 A)

| 液面高度(cm)\電流大小(A) | 對照組  | 0.5A | 1A   | 1.5A | 2A   |
|------------------|------|------|------|------|------|
| 高度(水面至液面)(cm)    | 3.11 | 3.45 | 4.12 | 4.49 | 5.25 |

## (三)討論與分析:

由表 1-1 繪出圖 1-1、表 1-2 繪出圖 1-2

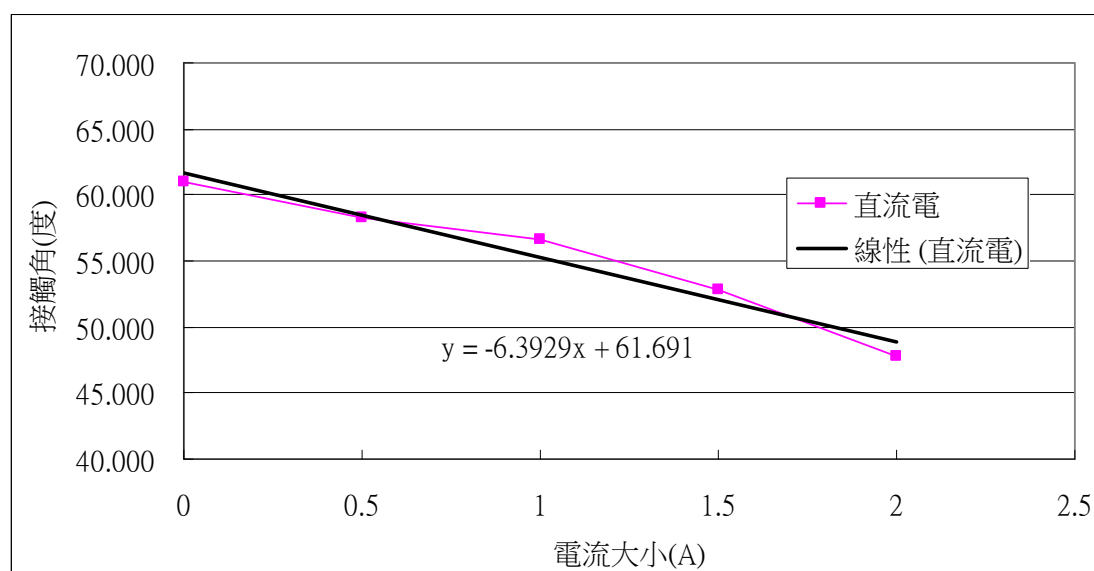


圖 1-1 不同電流量對於水磁處理後表面張力改變之影響

1.RO 水經過磁場後，水滴的介面接觸角會出現降低之現象。觀察後發現：水滴的形狀越接近圓形，測得介面接觸角越大，代表表面張力越大；反之，如果水滴的形狀越接近碟形，測得介面接觸角越小，代表表面張力越低，如下圖所示。



水滴呈圓形，介面接觸角越大，  
表面張力越大



水滴呈碟形，介面接觸角越小，表  
面張力越小。

2.水分子間的內聚力與毛細現象有關，一但內聚力大，表面張力越大，其可支撐之水較多，液面高度較高，反之則液面高度較低。實驗證明磁化水液面的確較低，

證明了磁化水表面張力較小的事實。毛細管之實驗證實了磁化水的確會降低水的表面張力。

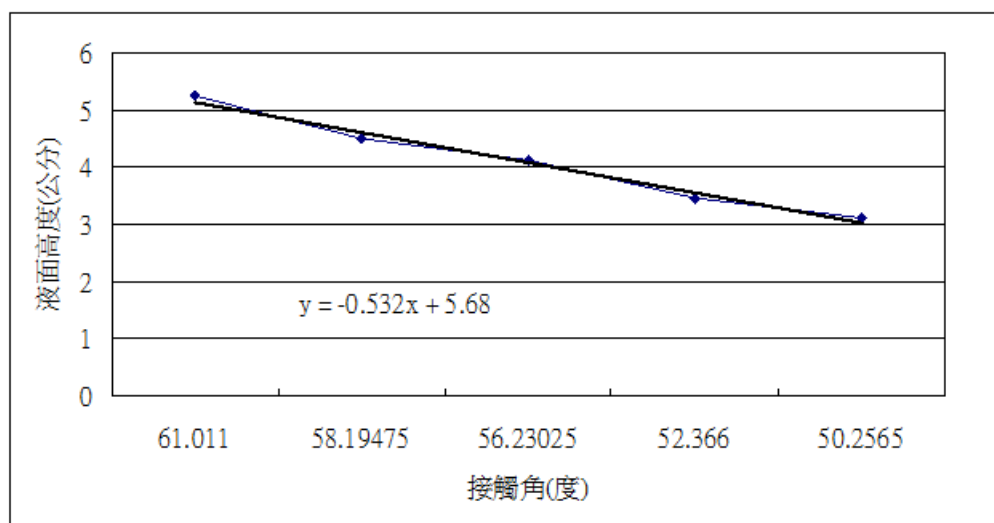


圖 1-2 水滴角度與液面高度之關係

3.最後我們比較水滴介接觸角度與毛細管液面高度，推算出一線性回歸方程式： $y = -0.532x + 5.68$ ，由此方程式，水滴介接觸角度可直接推算成毛細管之液面高度，因為其結果呈線性，所以這也印證了我們的表面張力觀測裝置是精確、可行的。

## 實驗二、永久磁鐵及不同電磁鐵對水表面張力之影響

我們在將水施一磁場，經過實驗一之表面張力測量器測量後，測得水滴的介接觸角會變得較小。我們便想知道，不同的磁場是否會造成不同的影響，於是便使用了電磁鐵通交流電、直流電及永久磁鐵來進行實驗。

### (一)實驗步驟：

#### 實驗 2-1 直流電 V. S. 交流電對磁處理效果之影響

以磁化槽 F，分別以直流電及交流電通以 0.5、1、1.5、2 安培的電流，並磁處理 3 分鐘取樣，分析並記錄結果。

#### 實驗 2-2 永久磁鐵對磁處理效果之影響

以磁化槽 F 及永久磁鐵對水磁處理，以直流電通 0.5、1、1.5 安培的電流，永久磁鐵間隔 2cm、1.5cm、1cm，並磁處理 3 分鐘取樣，分析並記錄結果。



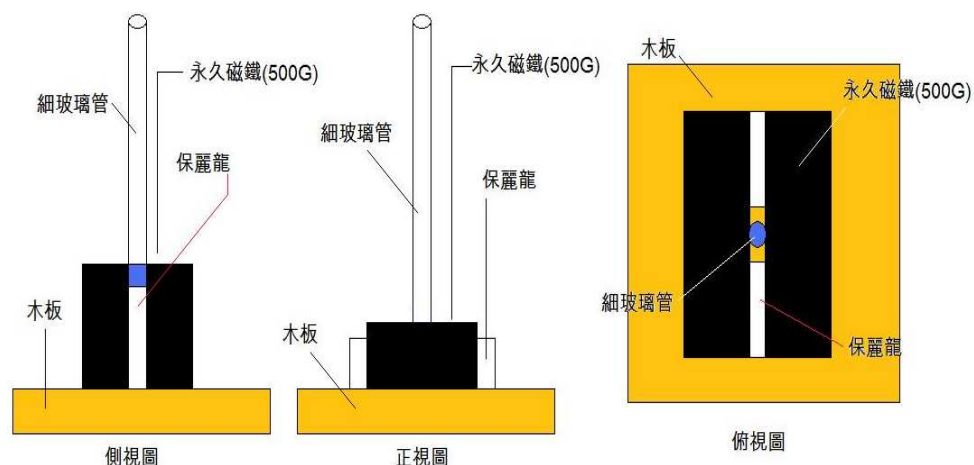


圖 2-2-1 天然磁鐵實驗裝置

### 實驗 2-3 以大磁場磁處理水尋找其最大極值

以 LakeShore(磁光柯爾顯微儀)施加磁場，施加不同磁力大小，尋找其極值，並磁處理 3 分鐘取樣，分析並記錄結果。

### (二)實驗結果:

(表 2-1 磁化槽 F、磁化 3 分鐘)

| 磁場種類\電流大小(A).兩永磁之間<br>距(cm) | 對照     | 0.5A/2cm | 1A/1.5cm | 1.5A/1cm | 2A     |
|-----------------------------|--------|----------|----------|----------|--------|
| 直流電                         | 61.011 | 58.276   | 56.661   | 52.754   | 47.789 |
| 交流電                         | 61.011 | 57.003   | 52.364   | 47.769   | 44.074 |
| 永久磁鐵                        | 61.011 | 59.0405  | 57.45275 | 55.72575 |        |

(表 2-2 LakeShore、磁化 3 分鐘)

|         |         |         |          |          |         |
|---------|---------|---------|----------|----------|---------|
| 1000.00 | 2500.00 | 3700.00 | 4100.00  | 4140.00  | 4150.00 |
| 42.87   | 41.43   | 39.80   | 39.23    | 39.00    | 38.30   |
| 4200.00 | 4500.00 | 5000.00 | 10000.00 | 15000.00 |         |
| 38.17   | 38.17   | 38.41   | 38.20    | 38.24    |         |

### (三)討論與分析:

由表 2-1 繪出圖 2-3、圖 2-4。



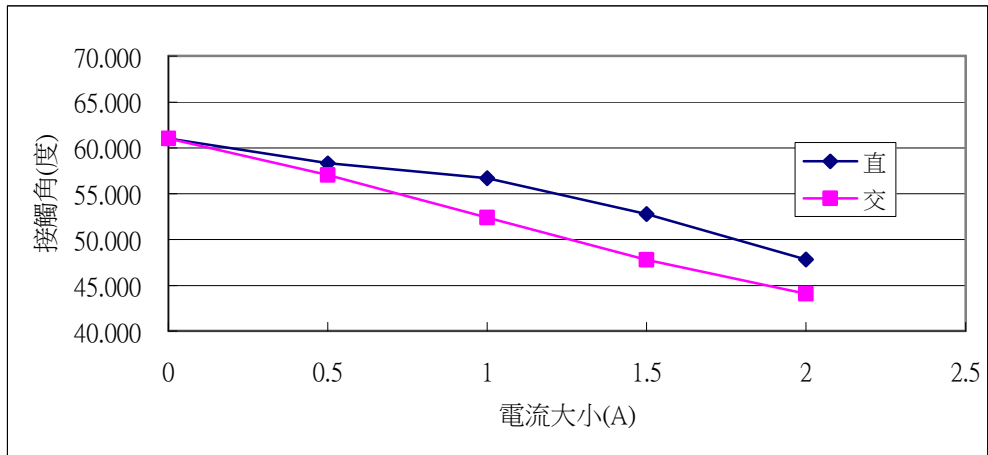


圖 2-3 不同電磁鐵對於水磁處理後表面張力改變之影響

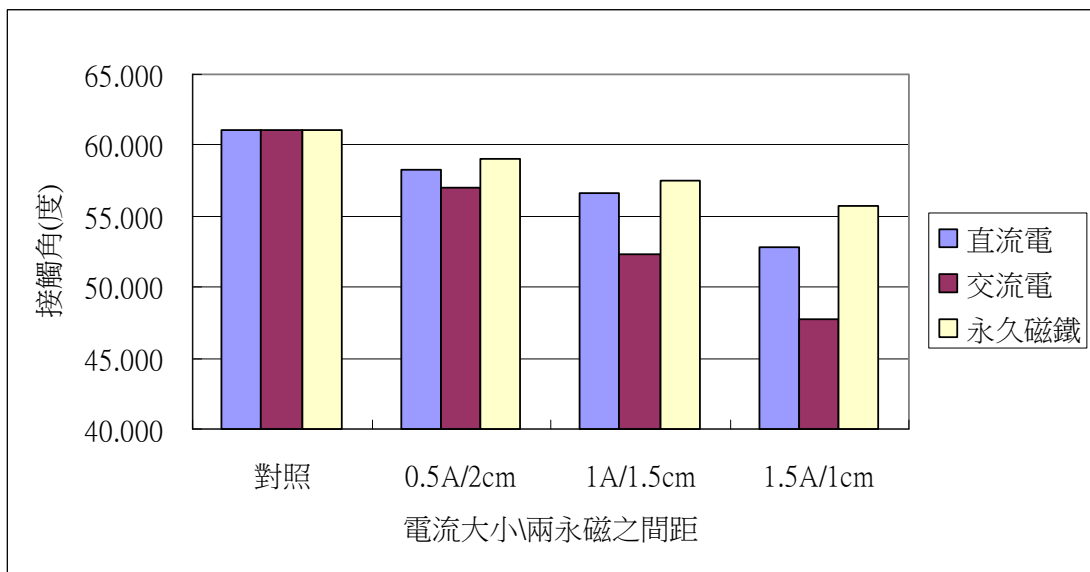


圖 2-4 不同磁場對於水磁處理後表面張力改變之影響

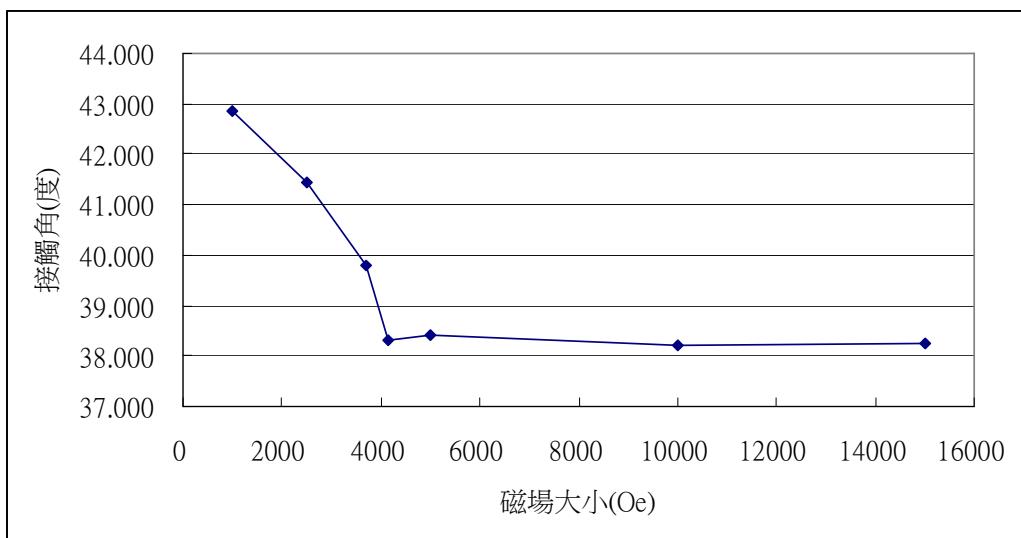


圖 2-5 不同強磁場對於水磁處理後表面張力改變之影響

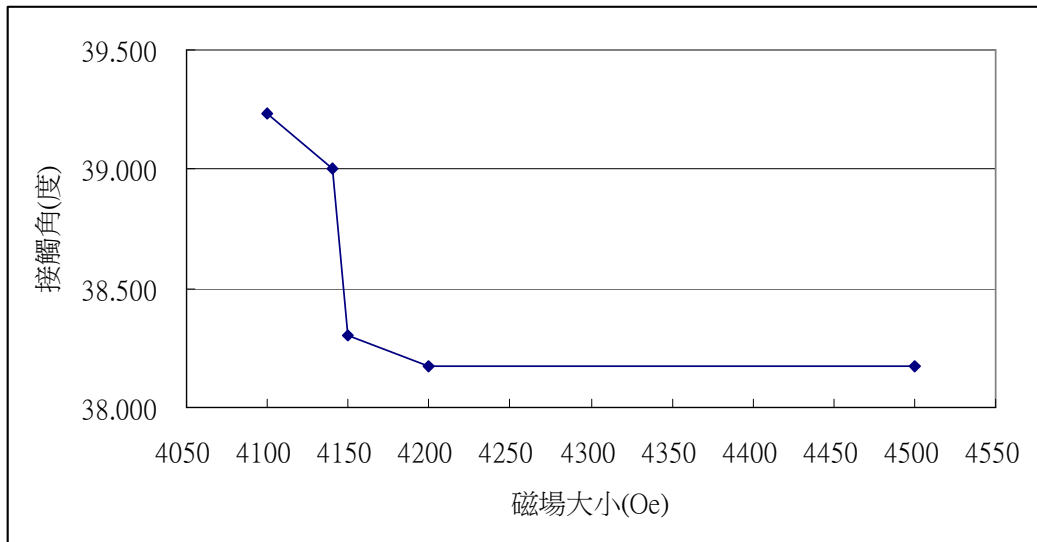


圖 2-6 施加 4100-4500Oe 中之磁場磁處理後表面張力改變之影響

1.由圖 2-3 可知 RO 水經過電磁場後，水滴的介面接觸角會出現降低之現象。從通直流電 0 到 2 安培，水滴的介面接觸角降低了 14 度，相當於電流增強 0.5 安培，水滴的介面接觸角就降低了 3.5 度。這代表，磁處理後的 RO 水表面張力較未經磁處理的 RO 水低許多。我們由文獻中得知：水分子為極性分子，有偶極之存在。由於本身電荷分布不平均，因此在移動時即會產生微量磁場，受到磁化槽之磁場影響，呈現與未加磁場前不同的排列模式。此模式排列將降低水分子間之氫鍵，原因為磁化使水分子排列趨向整齊，產生一類似假冰晶的結構，使分子間距加大而造成此現象。

2.由圖 2-4 可知，電磁鐵的磁處理效果優於永久磁鐵，又電磁鐵通交流電效果優於通直流電。經高斯計測量後發現，永久磁鐵的磁力較電磁鐵大上許多，但是電磁鐵的磁場較為均勻。因此我們推測在做磁處理水時，磁場均勻度較磁力大小更為重要。而交流電可產生規律的變動磁場，而直流電不能。我們推測交流電所產生的此種規律變動磁場會使磁處理效果更好，因此效果會略優於直流電。至於這方面進一步的探討與驗證，需要改變交流電的頻率，這也是我們未來研究的方向之一。在往後的實驗中，我們皆使用較安全的直流電進行實驗，因為在同頻率的電流大小中，交流電較直流電危險許多。

3.於圖 2-5 可得知，若施加 4150Oe 之磁場其表面張力會降至最低，但再提高磁場大小其並不會再有降低之趨勢如圖書 2-6 所示，因此磁場影響水之表面張力是具有最大之極值，推測是因為其排列已到最整齊，所以再施加磁場並不會再低。

### 實驗三、磁場影響水及水溶液表面張力降低機制之探討

由上一個實驗我們已經知道磁場能降低水的表面張力，因此我們進一步探討磁場能降低水表面張力的原因，以及水溶液磁處理後表面張力的變化。

(一)實驗步驟:

實驗 3-1 經磁場處理後水的密度

以磁化槽 A，通入 1 安培之電流，取 60g 測量其體積。

實驗 3-2 磁化水加溫後降溫表面張力的變化

以磁化槽 A，通入 1 安培之電流，置於酒精燈上方，加溫於 23、43、63、83、100 度時取出，將其降至室溫，分析並記錄結果。

實驗 3-3 水分子團大小對磁化效果之影響

以 G 磁化槽，電流 1A 水蒸汽、水霧冷凝時磁化(圖 1-4-3) 取樣，分析並記錄結果。並靜置測其表面張力降低持續時間。

實驗 3-4 不同水源磁化效果之影響

以 F 磁化槽，電流 1A，磁化去離子水、RO 水及自來水磁化 3 分鐘取樣，分析並記錄結果。

實驗 3-5 不同溶液及濃度對磁化效果之影響

以 F 磁化槽，電流 1A，磁化 0.001M、0.01M、0.1M 食鹽、蔗糖、硫酸銅、葡萄糖、醋酸鈉水溶液磁化 3 分鐘取樣，分析並記錄結果。

(二)實驗結果:

表 3-1 以 A 為磁化槽，一安培電流，60ml 測量其質量

|    |                         |                        |
|----|-------------------------|------------------------|
| 水  | 水                       | 1A 磁化水                 |
| 密度 | 0.9666g/cm <sup>3</sup> | 0.95 g/cm <sup>3</sup> |

表 3-2 以 A 為磁化槽，一安培電流加溫於 23、43、63、83、100 度時取出

|         |        |        |         |         |         |
|---------|--------|--------|---------|---------|---------|
| 溫度(度)°  | 23°    | 43°    | 64°     | 84°     | 100°    |
| 接觸角(度)° | 56.61° | 57.13° | 58.49 ° | 59.72 ° | 61.37 ° |

表 3-3-1，以 G 磁化槽，電流 1A 水蒸汽、水霧冷凝時磁化

|   |        |        |        |
|---|--------|--------|--------|
| ° | 水蒸汽°   | 水°     | 水氣°    |
| 0 | 61.011 | 61.011 | 61.011 |
| 1 | 50.685 | 54.231 | 53.721 |

表 3-4，以 F 磁化槽，電流 1A，磁化各種水源 30 秒

| 水源° \ 電流 | 對照°    | 1A°    |
|----------|--------|--------|
| 去離子°     | 60.01° | 57.45° |
| RO 水°    | 60.01° | 55.73° |
| 自來水°     | 60.02° | 53.06° |

表 3-5，以 F 磁化槽，電流 1A，磁化水溶液 30 秒

| 溶質<br>濃度 | RO 水 | 食鹽   | 蔗糖   | 硫酸銅  | 葡萄糖  | 醋酸鈉  |
|----------|------|------|------|------|------|------|
| 0.1M     | 4.35 | 9.32 | 4.56 | 9.24 | 4.46 | 9.16 |
| 0.01M    |      | 7.59 |      | 7.12 |      | 6.74 |
| 0.001M   |      | 4.91 |      | 5.14 |      | 4.46 |

(三)分析與討論：

以表 3-1 繪製圖 3-1

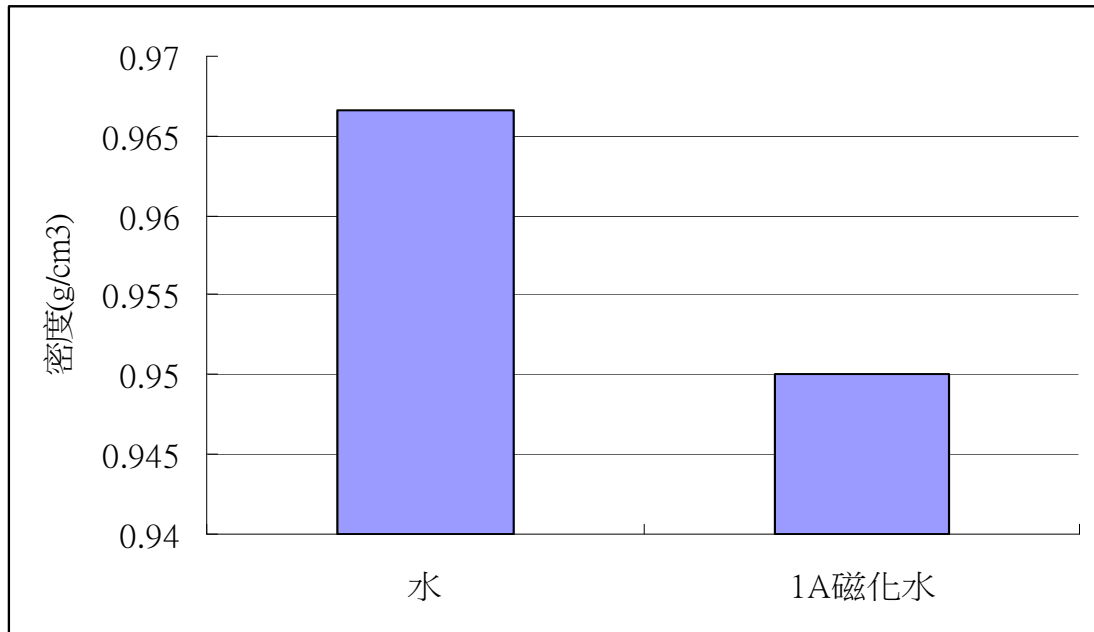


圖 3-1 磁處理後密度變化

1.由圖 3-1 可以明顯看出，磁化水密度較水小。這種情況存在於水在溫度上升與在 4°C 時溫度下降。因此我們針對這兩種情況模擬並設計實驗。

以表 3-2 繪製圖 3-2

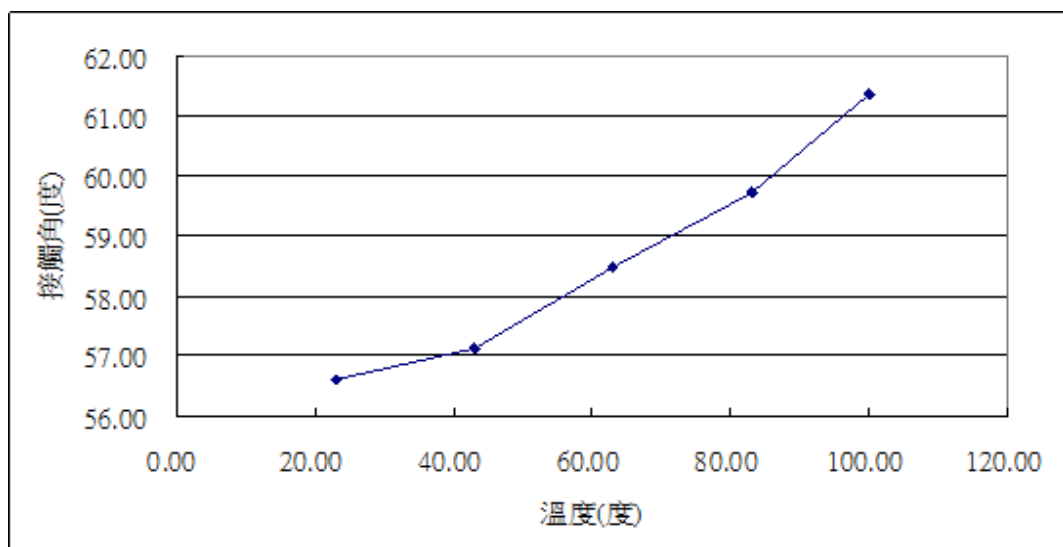


圖 3-2 磁化水加溫後降溫表面張力的變化

2. 我們猜測水磁化後表面張力的變小是如同溫度上升的原理。經過實驗，結果如圖 3-2。磁處理過的水再加溫後降溫其表面張力會回升，隨著溫度的上升磁場對水的影響被破壞，且在 100°C 降回室溫時表面張力完全恢復。因此我們推測磁場影響水表面張力與水溫度上升是不同的機制。

以表 3-3 繪製圖 3-3

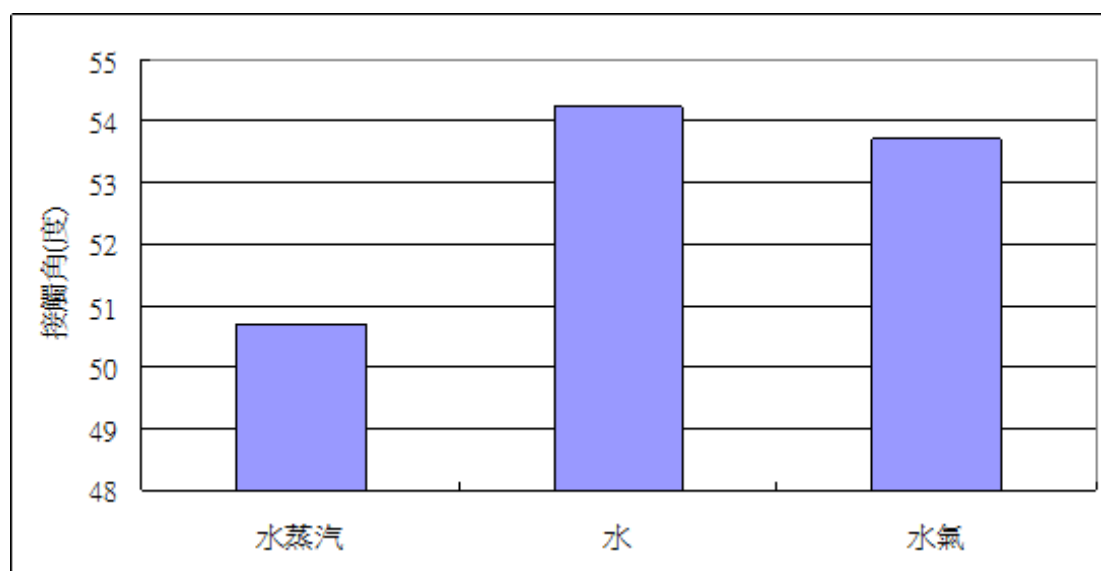


圖 3-3 凝結外加磁場水表面張力大小

1. 我們將水蒸汽凝結成水滴的過程加上均勻磁場，視其凝結後水表面張力的大小。由圖 3-3 可以明顯看到凝結外加磁場水表面張力遠較 RO 施加磁場水小。凝結是一個排列過程，我們推測磁化使水排列更整齊，因此凝結和磁化的雙重影響使水的表面張力降的更低。這種因磁場存在導致水的排列整齊、密度變小與表面張力變小的現象，我們推測就如 4°C 的水冷卻排列更整齊的機制相似。我們參考文獻推測，磁場使水形成類似假冰晶的排列。

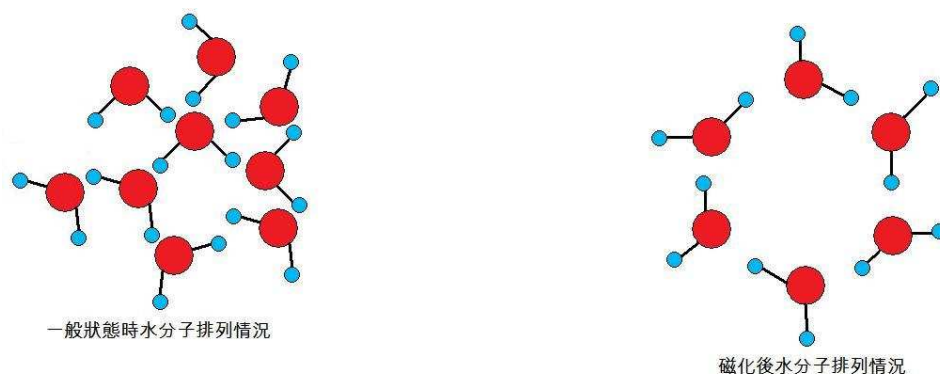
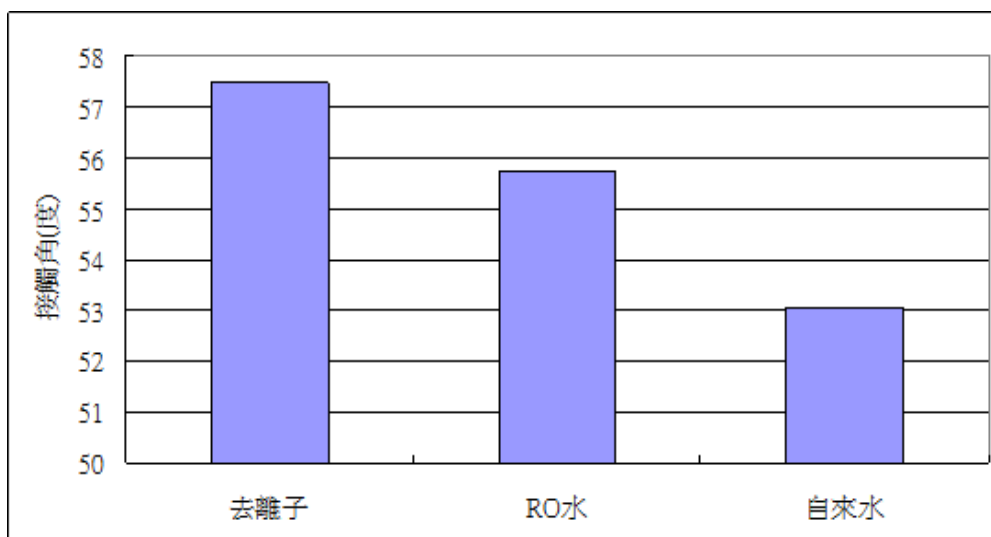


圖 3-4 磁場使水形成假冰晶的排列

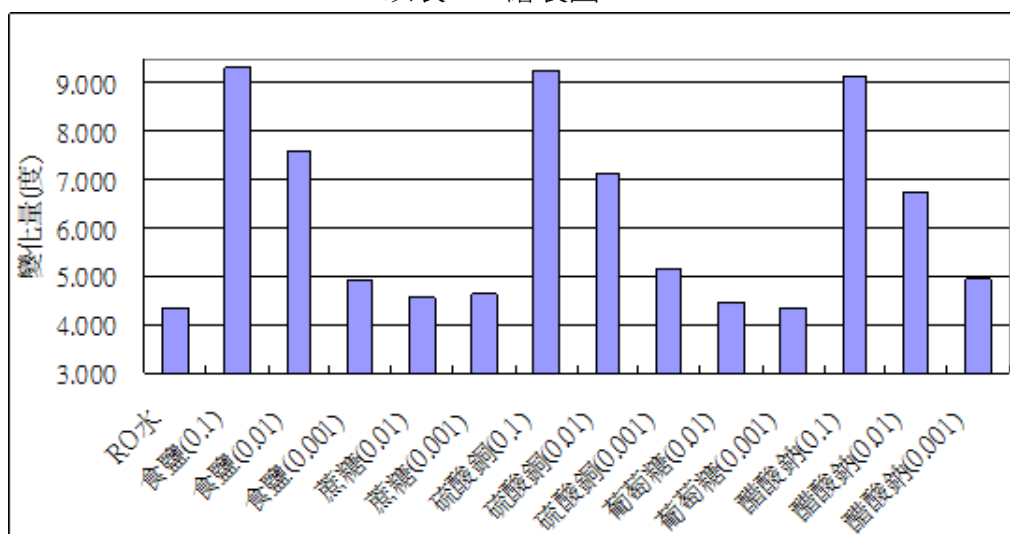
以表 3-4 繪製圖 3-5



(圖 3-5，不同水質對磁化效果的影響)

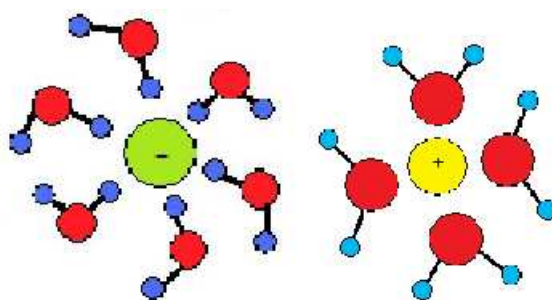
4.我們原先推測水的純度與磁場影響的效果成正；但由圖 3-5 可明顯看出，自來水>RO 水>去離子水。水中雜質量也是自來水>RO 水>去離子水。因此我們推測磁化效果和水中雜質量有關。

以表 3-5 繪製圖 3-6



(圖 3-5-1 水溶液之溶質對磁化效果的影響)

5.由圖 3-5-1 可明顯看出，離子化合物水溶液磁化效果遠比分子化合物水溶液及水好。且離子種類幾乎不對磁化效果造成影響。0.01M 時，因不同物質解離度不同，而造成差異。因此我們推測，磁化效果與水中離子數量有關，與離子種類無關；分子化合物溶於水則幾乎不影響。這是因為離子吸引水分子使水分子及離子形成一以離子為中心的水分子團(圖 3-5-2)。水分子帶電偶極，因此所有的氫端都朝向負離子，氧端及另一氫端朝外；所有的氧端都朝向正離子，氫端朝外。在外部同電荷的部分會互相排斥，而致使氫鍵減弱許多。而氫鍵減弱又致使外加磁場時水分子更加容易排列整齊。



(圖 3-5-2)

## 實驗四、如何製造高效能磁化水

從前面之實驗，我們發現增加磁場會使水表面變小，因此我們決定以這套測量方式，研究如何以最小之能源製造高效能磁化水。我們改變了線圈之垂直有效距離、半徑、水量、時間磁化水之有效時間與溫度。

### (一)實驗步驟:

#### 實驗 4-1 探討線圈磁場影響水表面張力之垂直有效距離

以磁化槽 F，線圈中心為 0 公分，向上以一公分遞增至 5 公分，電流一安培，磁化 3 分鐘取樣，分析並記錄結果。

#### 實驗 4-2 探討不同半徑磁化槽之磁處理效果

分別以磁化槽 A、B、C、D、E，加入等比例的水，電流一安培，磁化 3 分鐘取樣，分析並記錄結果。

#### 實驗 4-3 探討磁化不同水量之磁處理效果

以磁化槽 A，分別加入 30、60、90ml 的水，電流一安培，磁化 3 分鐘取樣，分析並記錄結果。

#### 實驗 4-4 探討磁場影響水表面張力之所需時間

以磁化槽 F 將其上方放置一培養皿，滴一滴水(40  $\mu$ l)於培養皿上，電流一安培，磁化同時錄影，完畢後以 Movie Maker 擷取每五秒之影像，分析並記錄結果。

#### 實驗 4-5 探討磁場影響水表面張力之持續時間

以磁化槽 A，分別通入 0.5、1、1.5、2 安培之電流，完畢後至於室內，每一小時取樣分析並記錄結果，並於 5、10 小時時取出適量水，在重新磁化並重複以上步驟。

### (二)實驗結果:

表 4-1 於距 F 磁化槽中心 0、1、2、3、4、5 公分，一安培電流，三分鐘

| 距離(公分) <sup>↗</sup> | 0 <sup>↗</sup>     | 1 <sup>↗</sup>     | 2 <sup>↗</sup>     | 3 <sup>↗</sup>     | 4 <sup>↗</sup>     | 5 <sup>↗</sup>     |
|---------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| 接觸角(度) <sup>↗</sup> | 56.47 <sup>↗</sup> | 57.04 <sup>↗</sup> | 59.44 <sup>↗</sup> | 61.07 <sup>↗</sup> | 60.88 <sup>↗</sup> | 61.19 <sup>↗</sup> |

表 4-2 以 A、B、C、D、E 五個磁化槽，一安培電流，三分鐘



|                     |                    |                    |                    |                    |                    |
|---------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| 磁化槽 <sup>↗</sup>    | A <sup>↗</sup>     | B <sup>↗</sup>     | C <sup>↗</sup>     | D <sup>↗</sup>     | E <sup>↗</sup>     |
| 接觸角(度) <sup>↗</sup> | 57.19 <sup>↗</sup> | 54.01 <sup>↗</sup> | 52.46 <sup>↗</sup> | 49.38 <sup>↗</sup> | 47.19 <sup>↗</sup> |

表 4-3 A 為磁化槽，加入 30、60、90ml 之水，一安培電流，三分鐘

|                     |                    |                    |                    |
|---------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| 水量(cc) <sup>↗</sup> | 30 <sup>↗</sup>    | 60 <sup>↗</sup>    | 90 <sup>↗</sup>    |
| 接觸角(度) <sup>↗</sup> | 57.39 <sup>↗</sup> | 57.38 <sup>↗</sup> | 57.40 <sup>↗</sup> |

表 4-4 F 為磁化槽，一安培電流，同步攝影

|                     |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |
|---------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| 時間 <sup>↗</sup>     | 0 <sup>↗</sup>     | 5 <sup>↗</sup>     | 10 <sup>↗</sup>    | 15 <sup>↗</sup>    | 20 <sup>↗</sup>    | 25 <sup>↗</sup>    | 30 <sup>↗</sup>    |
| 接觸角(度) <sup>↗</sup> | 60.96 <sup>↗</sup> | 60.95 <sup>↗</sup> | 60.60 <sup>↗</sup> | 58.71 <sup>↗</sup> | 58.05 <sup>↗</sup> | 57.37 <sup>↗</sup> | 56.21 <sup>↗</sup> |
| 時間 <sup>↗</sup>     | 35 <sup>↗</sup>    | 40 <sup>↗</sup>    | 45 <sup>↗</sup>    | 50 <sup>↗</sup>    | 55 <sup>↗</sup>    | 60 <sup>↗</sup>    | <sup>↗</sup>       |
| 接觸角(度) <sup>↗</sup> | 56.16 <sup>↗</sup> | 56.02 <sup>↗</sup> | 56.10 <sup>↗</sup> | 56.24 <sup>↗</sup> | 56.12 <sup>↗</sup> | 56.18 <sup>↗</sup> | <sup>↗</sup>       |

表 4-5-1 以 A 為磁化槽，通入 0.5、1、1.5、2 安培之電流大小，測其表面張力回復時間

|                     |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |
|---------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| 時間 <sup>↗</sup>     | 0 <sup>↗</sup>     | 5 <sup>↗</sup>     | 10 <sup>↗</sup>    | 15 <sup>↗</sup>    | 20 <sup>↗</sup>    | 25 <sup>↗</sup>    | 30 <sup>↗</sup>    |
| 接觸角(度) <sup>↗</sup> | 60.96 <sup>↗</sup> | 60.95 <sup>↗</sup> | 60.60 <sup>↗</sup> | 58.71 <sup>↗</sup> | 58.05 <sup>↗</sup> | 57.37 <sup>↗</sup> | 56.21 <sup>↗</sup> |
| 時間 <sup>↗</sup>     | 35 <sup>↗</sup>    | 40 <sup>↗</sup>    | 45 <sup>↗</sup>    | 50 <sup>↗</sup>    | 55 <sup>↗</sup>    | 60 <sup>↗</sup>    | <sup>↗</sup>       |
| 接觸角(度) <sup>↗</sup> | 56.16 <sup>↗</sup> | 56.02 <sup>↗</sup> | 56.10 <sup>↗</sup> | 56.24 <sup>↗</sup> | 56.12 <sup>↗</sup> | 56.18 <sup>↗</sup> | <sup>↗</sup>       |

表 4-5-2 以 A 為磁化槽，一安培電流，靜置 5hr、10hr 時加磁

|                          |                    |                    |                    |                   |
|--------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-------------------|
| <sup>↗</sup>             | 0hr <sup>↗</sup>   | 5hr <sup>↗</sup>   | 10hr <sup>↗</sup>  | 消磁時間 <sup>↗</sup> |
| 3 <sup>↗</sup>           | 56.17 <sup>↗</sup> | 58.18 <sup>↗</sup> | 61.53 <sup>↗</sup> | 10hr <sup>↗</sup> |
| 3 於 5hr 加磁 <sup>↗</sup>  | <sup>↗</sup>       | 56.27 <sup>↗</sup> | 58.86 <sup>↗</sup> | 10hr <sup>↗</sup> |
| 3 於 10hr 加磁 <sup>↗</sup> | <sup>↗</sup>       | <sup>↗</sup>       | 56.22 <sup>↗</sup> | 10hr <sup>↗</sup> |

(三)分析與討論：

以表 4-1 繪製圖 4-1。

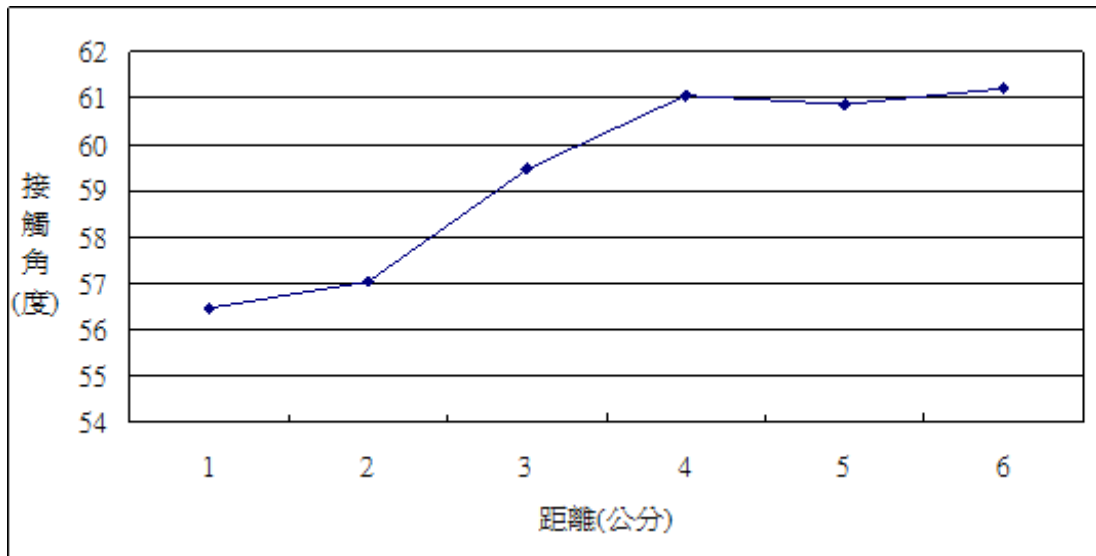


圖 4-1 探討線圈磁化水之垂直有效距離

1. 從圖 4-1 我們發現，將水置於線圈 3 公分處，表面張力並不會受到影響，而也可從 1-3 公分之曲線我們可以發現水被磁處理時離線圈越遠效果越差，這是因為離線圈中心越遠其磁力越大，因此會使其成這種情況，這使我們得知，要製備一杯高效能的磁化水需要在一線圈之中心位置會有最好之成效。

以表 4-2 繪製圖 4-2。

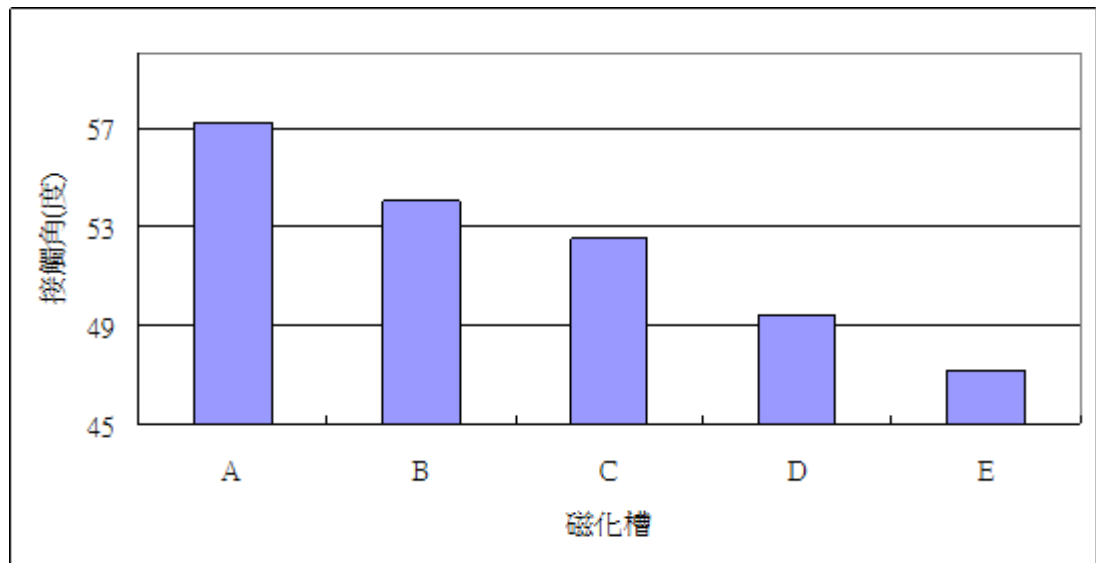


圖 4-2 探討不同半徑磁化槽之磁化效果

2. 以上實驗中半徑 A > B > C > D > E，而磁化效果卻反之，為 E > D > C > B > A，是因為中心磁場大小與半徑成反比，因此在製造一杯高效能的磁化水時，所使用之磁化槽管徑越小磁處理效果越好，但若管徑太小一次所製作的磁化水量將太小，其實不符合經濟效益。

以表 4-3 繪製圖 4-3。

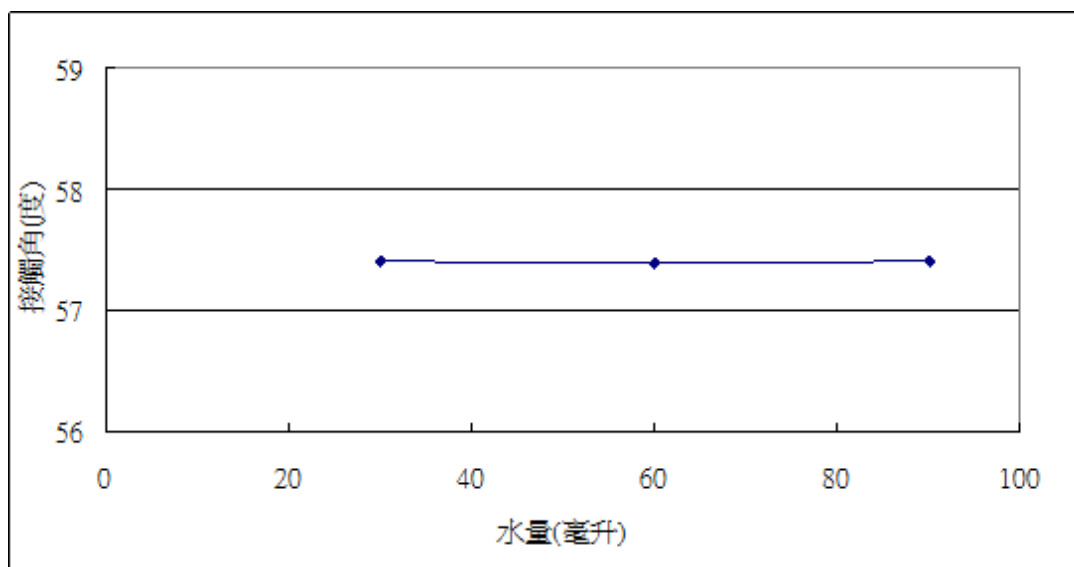


圖 4-3 探討磁化不同水量之磁化效果

3. 這個實驗主要是證明「在一固定範圍中水量並不影響施加磁場水之效果」，因此再用 F 線圈磁化時可以省略掉水量的誤差。這也使我們了解，我們可以一次製造大量的磁化水，較可以省下能源。

以表 4-4 繪製圖 4-4。

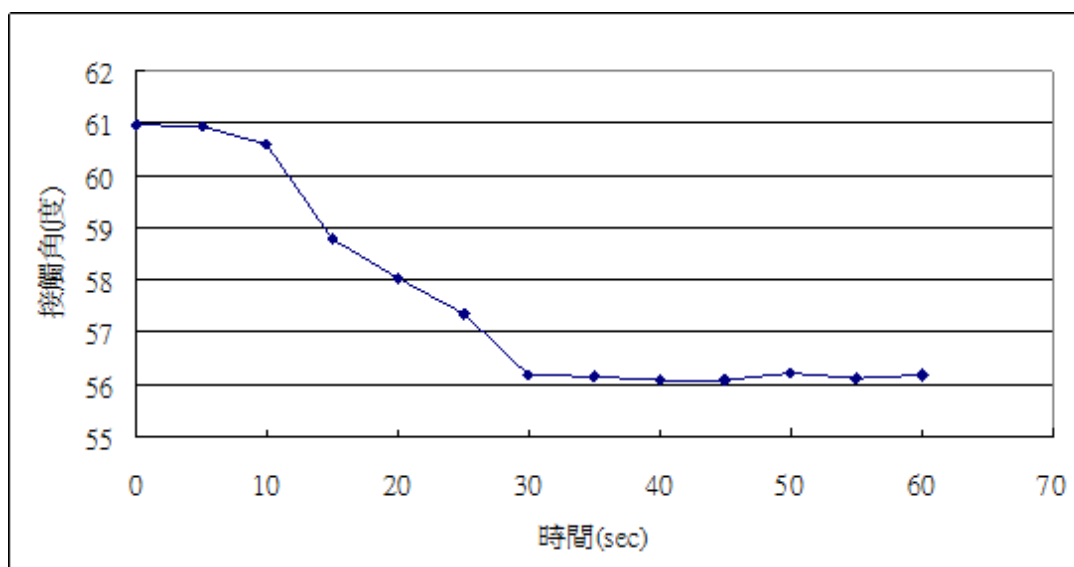


圖 4-4 探討水磁化所需時間

4. 從這條曲線我們可看出水磁處理是漸進式的，而非在一時間中突然角度急遽下降，而從以上數據中可得知，在 30 秒後磁場便不會再對水的表面張力造成影響。因此若要設計一個流動之磁化槽，只需在水流經全管時達到 30 秒，即可完成最佳磁化。

以表 4-5-1 繪製圖 4-5-1。

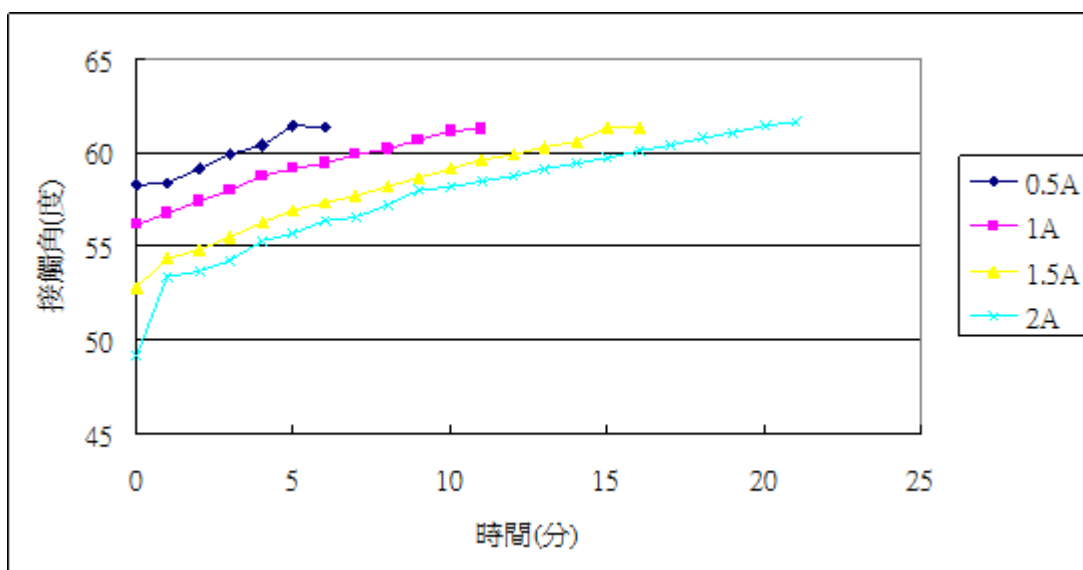


圖 4-5 探討磁化水表面張力回復時間

5.這實驗主要是在探討磁化水效力之持續時間，其中 1 安培之表面張力回復時間為 10 小時，我們實驗由磁化至拍照間的時間差距可以忽略。從曲線我們可以看到電流越大表面張力回復時間越久，而最後磁化水也會變回原本的 RO 水。

以表 4-5-2 繪製圖 4-5-2。

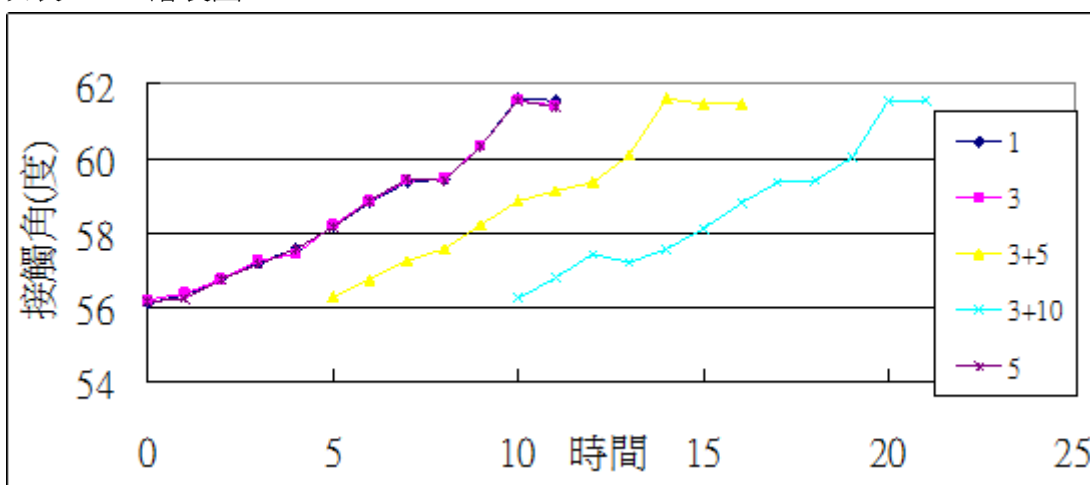
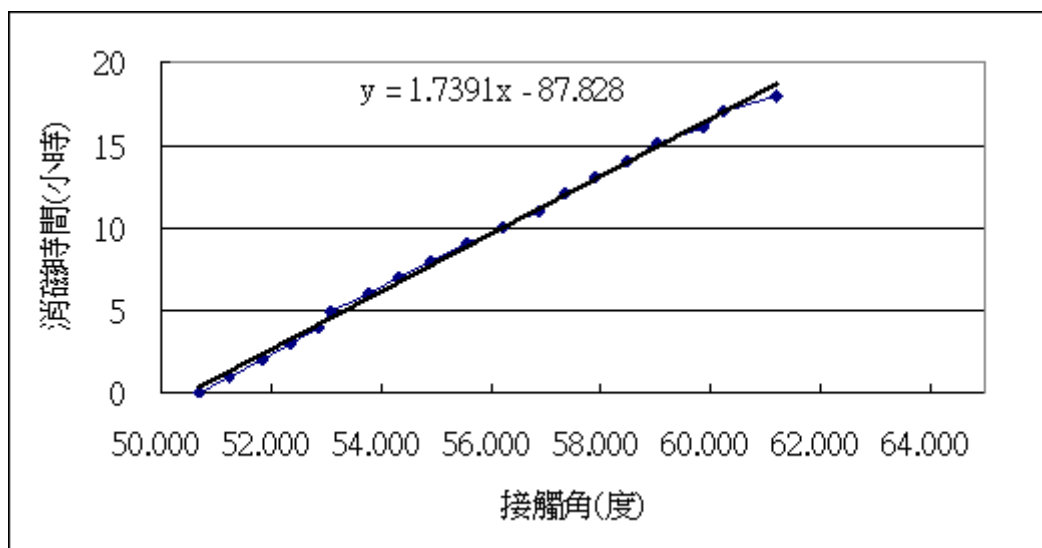


圖 4-5-2 一安培之磁化水放置重新磁化

6.從圖 4-5-1 中我們發現一段時間後之水表面張力會恢復，因此我們又重新磁處理正在恢復的水發現它會再度被影響，但卻始終突破不了極限值，因此我們可以推測，一種固定磁場，只會使水表面張力降低到某一程度後便停止了。



(圖 4-5-3 由角度推出磁化水回復時間)

7.而由圖 3-3-2 與圖 4-5 比較發現，回復時間與磁處理效果成正比，我們求出其線性方程式(圖 4-3-3)，可由之推出其它變因之回復時間。

### 實驗五、磁化水於日常生活之應用

從先前的實驗中我們發現磁化會使水的表面張力變小，因此我們將之應用於日常生活中。我們懷疑市售之磁化水是否會使表面張力降低，因此測量市售之磁化水之表面張力。而我們也懷疑電解與分子之間之內聚力有直接之關聯，於是我們也電解磁化水測其產氫量。我們也利用磁化會使水的表面張力變小之特性，製作磁化動力船，希望可以將之應用於更多日常生活上之其他方面。

#### (一)實驗步驟

##### 實驗 5-1 檢測市售水是否經磁化處理

購買市售水，在約一小時時取樣，分析並記錄結果。

| 市售水    | 地點    | 製作過程                             |
|--------|-------|----------------------------------|
| 優質純水   | 光復路一段 | 石英砂、軟水機、活性炭、精密磁化、 $O_3$ 強氧殺菌、紫外線 |
| 蒸水     | 科學園路  | PP 濾棉、顆粒活性炭、磁化                   |
| 磁礮活水   | 長春街   | 紫外線、過濾器、活性炭、遠紅外線磁化過濾             |
| 麥飯石活礮水 | 長春街   | 過濾器(四道)、紫外線、遠紅外線磁化過濾             |

##### 實驗 5-2 有無磁化處理的水電解的差異

以磁化槽 A，通以 1 安培的電流，磁化 3 分鐘，製成 0.1M 氫氧化鈉磁處理水溶液及同濃度 RO 水溶液，以 1 安培的電流電解 5 分鐘量測產氫高度並記錄結果。

##### 實驗 5-3 磁化動力船的製作

以磁化槽 F，分別通以 1、2、3 安培之電流，定時一分鐘，測其向前移動距離，

並推算出其速率。

## (二)實驗結果:

表 5-1，分析市售水

| 水種類  | 優質純水  | 汙水     | 磁礫活水  | 麥飯石活礫水 |
|------|-------|--------|-------|--------|
| 磁化效果 | 61.01 | 61.012 | 61.01 | 61.01  |

表 5-2 A 為磁化槽，磁化一公升，電解後測其陰極氫氣產量

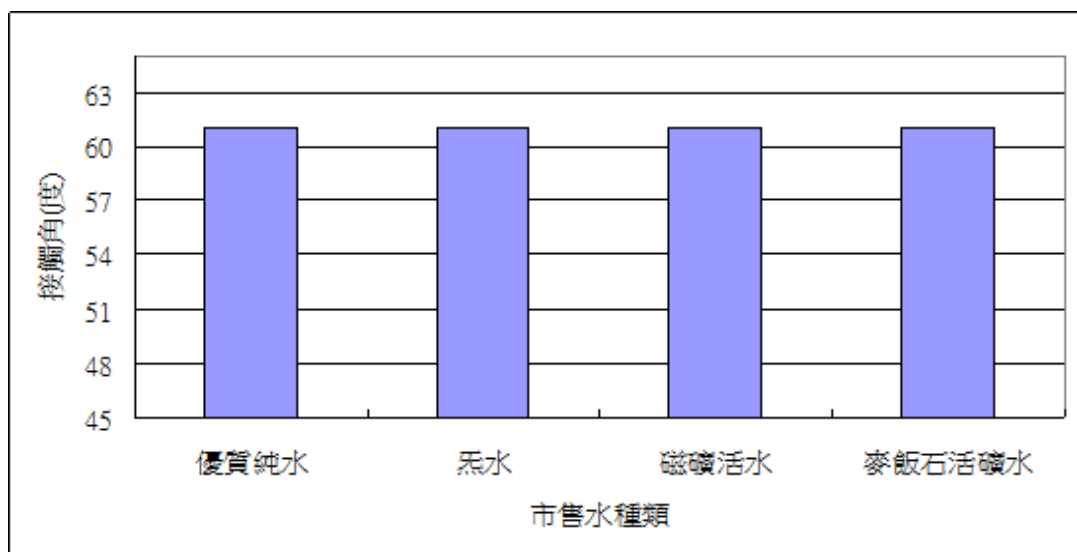
| 電流(A)\產氣量(毫升)時間(分) | 0 | 5 | 10  | 15 | 反應速率(毫升/分鐘) |
|--------------------|---|---|-----|----|-------------|
| 對照組                | 0 | 1 | 3   | 6  | 0.3         |
| 1A                 | 0 | 2 | 4.5 | 7  | 0.44        |

表 5-3 磁化槽 F，分別通以 1、2、3 安培之電流，一分鐘，測其向前移動距離

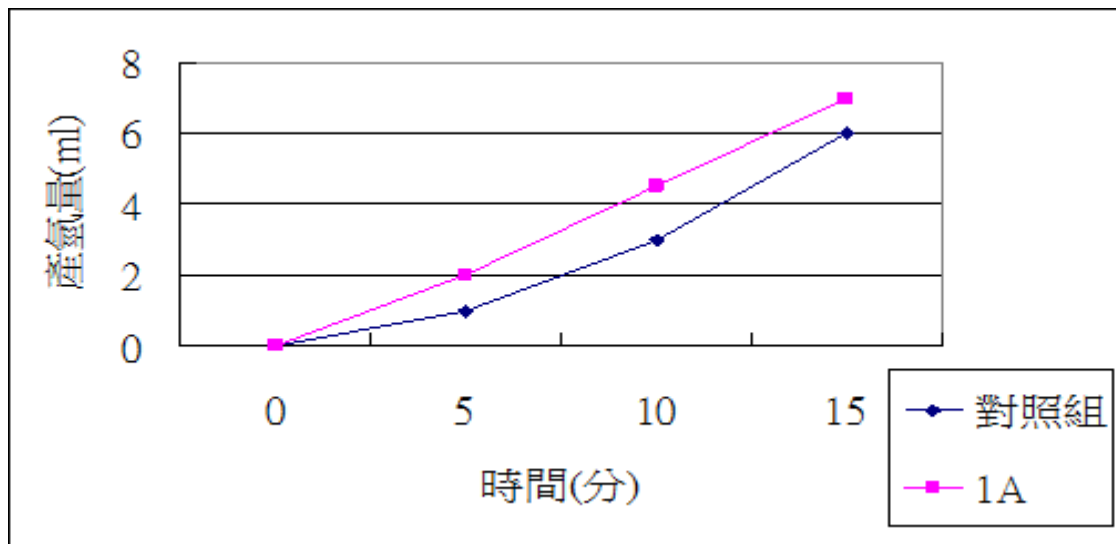
| 電流大小(A)    | 1 | 2 | 3 |
|------------|---|---|---|
| 速率(cm/min) | 3 | 5 | 8 |

## (三)結果與討論

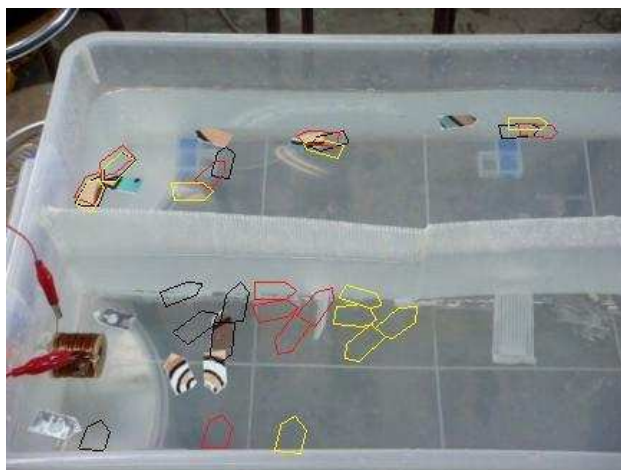
由表 5-1、5-2 繪出圖 5-1、5-2



(圖 5-1，市售磁處理水的表面張力)

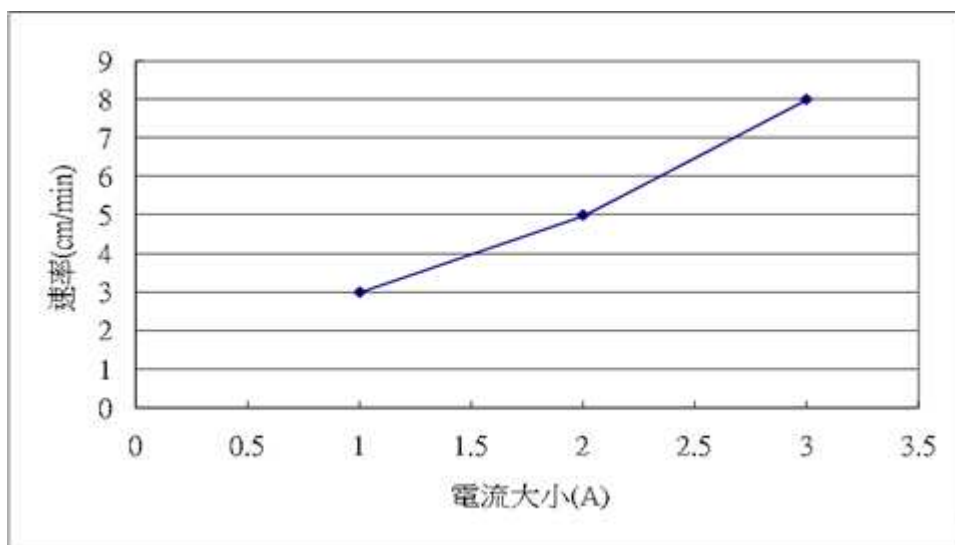


(圖 5-2，以磁化槽 A，通以 1 安培的電流，磁化 3 分鐘，製成 0.1M 氫氧化鈉水溶液，以 1A 電解)



圖中上方為對照組，下方為實驗組。一開始的船為照片中所顯示，黑色實線為兩分鐘過後之位置；紅色為四分鐘；黃色為六分鐘。

(圖 5-3 磁化動力船前進)



(圖 5-4 磁化動力船前進速率)



1. 坊間存在著許多不同品牌的磁化水，大多都標榜著具有高滲透、高溶解的神奇特性，加上繁複的處理程序，更是容易使一般民眾受到廣告的刺激，前去購買磁化水飲用，甚至有消費者飲用過後，出面印證其神奇的功效，使這些磁化水挺受民眾的歡迎。我們實驗室所製造出的磁化水，與一般水之不同處在於其表面張力較低。於是我們使用了自製的表面張力觀測器，來檢測坊間磁化水(圖 5-1-1)究竟有沒有經過磁化處理。由圖 5-1 可看出，市售磁化水實際上的表面張力大小，與一般 RO 水並無不同。這結果可能代表著，這些市售磁處理水可能並沒有經過磁化處理，或者是因為他們的磁化處理可能有缺陷。例如:磁場均勻度不足、磁場強度不夠、磁化時間太快、磁化後放置時間太久等。
2. 表面張力與分子跟分子之間之內聚力有直接之關聯，因此我們推測電解速率會增加。由圖 5-2 可知，磁化水的產氫速率大於 RO 水的速率 43%，因此，我們便可更快的產氫。這可以應用於氫引擎之氫氣來源，使用相同的能量在單位時間內產生更大量的氫氣，增加其實用性。而電解是一個化學反應，因此我們推測在水溶液進行之化學反應都會因磁處理而受到影響。
3. 小學時曾進行過一個科學遊戲：將一片小船置於水面上，以介面活性劑輕觸水面，小船便往介面活性劑加入點之相反方向移動。這是因為加入介面活性劑可使水的表面張力下降，進而使小船向前；磁化也可降低水的表面張力。我們將墊板小船置於電磁鐵之前，觀察小船的移動情況。由圖 5-3 可知，對照組的小船移動方向都是隨機的，距離也不遠；實驗組的小船雖然移動不快，但可看出是直線前進，並且有明顯的距離變化。由圖 5-4 可得知，磁化動力船之速率會因磁場大小而增加。這是因為磁化也可降低水的表面張力，而前方的水將磁化水及小船前拉。此外，由於線圈通電時會提高溫度造成熱對流，為了證明並非是熱對流造成小船的移動，我們在小船的後方放置一固定熱源造成水的熱對流，但是船並沒有移動，因此造成小船移動的並不是熱對流。在這之前，能夠使船產生動力的能量，只有風能、電能等等。現在又多了一項新的選擇，而且磁化動力船在前進時，並不會產生任何汙染物質，是種近乎一個零污染的移動方式。

## 伍、實驗結論:

1. 水滴之所以會呈現圓珠狀，是因為有表面張力的緣故，所以才會呈現圓珠形。如果水滴的形狀越接近圓形，也就是介面接觸角越大，代表表面張力越大；反之，如果水滴的形狀越接近碟形，就是介面接觸角越小，代表表面張力降低，因此我們可以利用此特性，來自製表面張力測量器。
2. 為了驗證我們的自製表面張力測量器之精準度，我們使用了毛細管來測試。水分子間的内聚力與毛細現象有關，一但內聚力大，其可支撐較多之水較多，因此高度較高，而表面張力較小時，其可支撐較多之水較少。再由公式

的換算可由接觸角直接換算實驗結果。

3. 在交流電、直流電及永久磁鐵之磁場作用下所製作的磁化水，效果最卓越的即為交流電，其次為直流電，最不顯著為永久磁鐵。交流電效果之所以顯著，推測為變動磁場產生另一穩定的感應電場，使水分子在磁場及電場的雙重作用下，排列將趨向更為整齊。而直流電效果之所以居中，原因為磁化使水分子排列趨向整齊，因而造成此現象。最後為永久磁鐵。經我們使用高斯計測量三者之磁場強度後，永久磁鐵的磁場強度最強，但是卻極不均勻。我們推測，這不均勻的磁場使得磁化水每一部分的水分子均無法整齊排列，導致其無法呈現一規律形態，使得效果不彰。
4. 由實驗三磁化後的水表面張力會變小，我們推測其原因為，水分子本身為極性分子有偶極之存在，由於本身電荷分布不平均，因此在移動時即會產生微量磁場，受到磁化槽之磁場影響，呈現與未加磁場前不同的另一排列模式。此模式排列將降低水分子間之氫鍵，原因為磁化使水分子排列趨向整齊，因而造成此現象。至於離子化合物水溶液磁化效果遠比分子化合物水溶液及水好，原因為水分子帶電偶極，因此所有的氫端都朝向負離子，氧端及另一氫端朝外；所有的氧端都朝向正離子，氫端朝外。在外部同電荷的部分會互相排斥，而致使氫鍵減弱許多。而氫鍵減弱又致使外加磁場時水分子更加容易排列整齊。
5. 欲製造一杯高效能之磁化水，需接近磁場最密集且均勻處，並於所使用之磁化槽管徑越小磁化效果越好，但若管徑太小一次磁化水量將太小，並不符合經濟效益，而一次磁化可以使用較大量(但不可超過有效距離)的水，較可以省下能源，而單次磁化需在水流經全管中時有 30 秒，即可完成最佳磁化。磁化是具有有效時間及溫度，有效時間之部分，其中 1 安培之回復時間為 10 小時，這又使我們可以忽略磁化及測量之時間的誤差，從曲線我們可以看到電流越大半衰期越久，而最後磁化水也會變回原本的 RO 水。
6. 我們將磁化後的水表面張力會變小之特性，應用於日常生活中，其中磁化後的 0.1M 氫氧化鈉水溶液，電解效果較 RO 水增加 43%。這推測是因為在電解水的過程中充斥著四種作用力：水分子間的氫鍵、水分子中氫與氧的共價鍵、氫分子中的單鍵及氧分子中的雙鍵。在水分子間的作用力，有水分子間的氫鍵及水分子中氫與氧的共價鍵。在電解中，這兩個鍵結將斷裂，形成吸熱反應。由於在磁化的過程中，我們已降低了水分子間氫鍵的作用，所以用相同的能量可拉開更多氫鍵。而電解是一個化學反應，因此我們推測在水溶液進行之化學反應都會因磁處理而受到影響。
7. 市售磁化水實際上的表面張力大小，與一般 RO 水並無不同。這結果可能代表著，這些市售磁處理水可能並沒有經過磁化處理，或者是因為他們的磁化處理可能有缺陷。例如：磁場均勻度不足、磁場強度不夠、磁化時間太快、磁化後放置時間太久等。我們也建議，建議有關磁化水的檢測將表面張力列入，以鑑定是否符合販售廣告。

8. 磁化也可將磁化動力船推動，推測原因為磁化後，靠近磁場部份的表面張力降低，船前段部份因磁場影響範圍不足，仍保持表面張力強度。前段部份的水便會將磁處理後的水前拉，進而將船推動。其速率會隨電流大小而增加。
- 9.

### 陸、參考資料:

1. 電潤濕，48 屆全國科展
2. <http://www.lsbu.ac.uk/water/magnetic.html>
3. The elusive mechanism of the magnetic ‘memory’ of water，Miroslav Colic \*, Dwain Morse
4. 磁鐵在非鐵金屬管中的磁浮現象與應用，44 屆全國科展
5. <http://www.aquatechnology.net/electromagnetic effects.html>
6. 磁化水科技的原理與應用，蕭志清
7. 探討磁化水之霍爾效應對於水泥砂漿抗壓強度之關係，馬宗佑
8. 觀念化學 2，蘇卡奇，第八章奇妙的水分子
9. 觀念物理 5，休伊特，電磁學

## 【評語】 030104

本研究為磁場對水表面張力之影響，結果顯示磁場可使水分子排列整齊而改變張力，導致水的體積改變約 10%，且沸點降低至 75°C 左右，本實驗報告非常詳細，實驗主題非常有創意，惟實驗數據可能需要更嚴謹的確認再下結論，否則太偏離物理常軌的結果使得本作品的可信度大打折扣，非常可惜。